Universidad Abierta Interamericana

TÍTULO DE LA TESIS: Relación de parámetros antropométricos: grasa corporal relativa, tejido adiposo, índice de masa corporal y endomorfismo.

NOMBRE DEL ALUMNO: Prof. José Luis Arcodia

NOMBRE DEL TUTOR: Lic. Enrique Rizzoli

TÍTULO A OBTENER: Licenciado en Educación Física

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

SEDE REGIONAL ROSARIO

LICENCIATURA EN EDUCACIÓN FÍSICA

FECHA: DICIEMBRE DE 2005

Resumen.

La cineantropometría tiene una implicancia directa en el campo de la educación física, de la salud y del entrenamiento deportivo. El estudio de los distintos componentes corporales, así como sus interrelaciones, constituyen un área de investigación fundamental para el desarrollo de nuevas metodologías. El objetivo de este trabajo es analizar la relación entre distintos parámetros antropométricos a saber: tejido adiposo (TA), grasa corporal (GC), índice de masa corporal (IMC) y endomorfismo (ENDO).

Método.

Estudio descriptivo transversal. Participaron 694 sujetos (326 varones, 368 mujeres). Se midieron 25 variables antropométricas en cada sujeto para el cálculo de TA (método de cinco componentes, Kerr y Ross), GC (ecuaciones de predicción), IMC (fórmula de Quetelet) y ENDO (1º componente del somatotipo de Heath y Carter). La relación se estableció mediante el coeficiente de correlación de Pearson, el análisis de valores poblacionales medios absolutos y relativos y la correspondencia entre las clasificaciones.

Resultados.

En varones el TA mostró una relación media con el ENDO (0.776) y la GC ($0.810^{(\text{Katch et. al.})}$, $0.755^{(\text{Sloan})}$, $0.818^{(\text{Wilmore et. al.})}$), pero muy débil con el IMC (0.385). La GC tuvo una relación fuerte con el ENDO ($0.974^{(\text{Katch et. al.})}$, $0.929^{(\text{Sloan})}$, $0.923^{(\text{Wilmore et. al.})}$). El IMC mostró una relación media tanto con el ENDO (0.830) como con la GC ($0.805^{(\text{Katch et. al.})}$, $0.807^{(\text{Sloan.})}$, $0.774^{(\text{Wilmore et. al.})}$).

En mujeres el TA tuvo una relación que fue de media a muy débil con la GC ($0.718^{(\text{Whiters et. al.})}$, $0.639^{(\text{Wilmore et. al.})}$ y $0.339^{(\text{Lewis et. al.})}$), débil con el ENDO (0.630) e inexistente con el IMC (0.179). La GC mostró una relación fuerte con el ENDO ($0.896^{(\text{Lewis et. al.})}$, $0.946^{(\text{Wilmore et. al.})}$ y $0.960^{(\text{Whiters et. al.})}$), y media-fuerte con el IMC ($0.842^{(\text{Lewis et. al.})}$, $0.789^{(\text{Wilmore et. al.})}$ y $0.750^{(\text{Whiters et. al.})}$). El IMC tuvo una relación media con el ENDO (0.773).

Las calificaciones del IMC no se correspondieron con los niveles de TA, GC y ENDO. Los valores medios de todos los parámetros, excepto el IMC, resultaron mayores en varones que en mujeres.

Palabras clave. Tejido adiposo, grasa corporal, índice de masa corporal, endomorfismo, obesidad.

Índice.

Resumen. 2
Índice. 3
Relación de parámetros antropométricos: grasa corporal relativa, tejido adiposo, índice de masa corporal y endomorfismo. 8
Parte introductoria. 8
Tema. 8
Introducción. 8
Problema. 11
Subproblemas. 11
Objetivo general. 12
Objetivos específicos. 12
Finalidad. 13
Hipótesis. 13
Hipótesis conceptuales. 13
Hipótesis operativas. 13
Hipótesis estadísticas. 14
Marco teórico. 15
Cineantropometría. Conceptos generales. 15
Definición. 15
Función y relación con otras áreas. 15
Composición corporal. 17
Antropometría. 17
Estado nutricional. 18
Composición corporal. 19
Niveles de organización de la composición corporal. 19
Métodos para evaluar la composición corporal. 24
Suposiciones implícitas en la medición de pliegues cutáneos. 33
Somatotipo. 35
Peso y grasa corporal. 37
Lípidos. 38
Definición. 38
Ácidos grasos (ag) 39
Clasificación de los lípidos. 39
Transporte de lípidos. 41
Acumulación de lípidos (tejido adiposo). 42
Dificultades conceptuales. 50
Obesidad. 52
Definición de obesidad. 52
Obesidad y estadística. 52
Causas de la obesidad. 53
Tratamiento de la obesidad. 55
Enfermedades asociadas a la obesidad. 55
Síndrome plurimetabólico. 56
Obesidad y peso. 56
Adipocitos. 56
Diferencias de raza y clase social. 57
Índice de masa corporal (IMC). 57
Definición del IMC. 57
Uso del IMC. 57
Fórmula del IMC. 58
Clasificación del IMC. 58
Limitaciones del IMC. 60
Índice de masa corporal y grasa corporal. 61
Índice de masa corporal y morbimortalidad. 62
Resultados y discusión. 63
En relación a las variables antropométricas medidas. 63
Estadísticos descriptivos de las variables antropométricas medidas. Población de varones. 63
Estadísticos descriptivos de las variables antropométricas medidas. Población de mujeres. 65
Histogramas de frecuencia de las variables antropométricas medidas. Población de varones. 66
Histogramas de frecuencias de las variables antropométricas medidas. Población de mujeres. 72

Comparación de pliegues cutáneos (rango de variación y media - varones).....78
Comparación de pliegues cutáneos (rango de variación y media - mujeres) 79
Valores medios de pliegues cutáneos (comparación entre poblaciones). 81
Valores medios de diámetros y perímetros (comparación entre poblaciones).....82
En relación a los cálculos realizados. 83
Método de cinco componentes. 83
Método de dos componentes. 91
Somatotipo. 100
Índice de masa corporal (IMC). 107
Relaciones principales. 109
Relaciones secundarias. 123
Síntesis de resultados. 139
Conclusiones. 141
1) El IMC no representa un indicador válido de obesidad. 143
Valores medios. 143
Correlación. 143
Correspondencia entre clasificaciones. 143
Relación con valores absolutos de masa adiposa y masa muscular. 144
2) El cálculo de la grasa corporal a través de las fórmulas de predicción de densidad corporal es cuestionable (sobre todo en la población de mujeres). 144
Correlación. 144
Concordancia. 144
Medias. 144
3) La relación entre el TA y el ENDO es escasa. 145
4) La relación entre la GC y el ENDO fue importante. 145
Correlación. 145
5) La correlación entre el TA y el resto de los parámetros estudiados (GC, ENDO e IMC) fue mayor en varones. 145
Correlación con el resto de los parámetros estudiados. 145
6) El TA correlacionó mejor con los pliegues cutáneos en varones, destacándose la alta sensibilidad del pliegue del tríceps y la baja del pliegue subescapular en ambas poblaciones. 145
Correlación con los pliegues cutáneos. 145
7) En promedio, todos los pliegues cutáneos fueron mayores en varones que en mujeres, con la notable excepción del pliegue abdominal. 146
Valores medios de pliegues cutáneos. 146
8) Si bien los valores medios de TA fueron similares, el tipo de distribución y el proceso de acumulación/movilización de este tejido fue diferente en ambas poblaciones. 146
Valores medios absolutos. 146
Distribución. 146
Proceso de acumulación/movilización. 146
9) En promedio, los varones presentaron mayores valores absolutos de masa muscular, ósea y residual; así como similar masa de piel y adiposa que las mujeres. 146
Valores medios de diámetros y perímetros. 146
Valores medios de las cinco masas. 147
Correlación masa muscular y adiposa. 147
10) El IMC constituiría más un indicador de masa muscular que adiposa. 147
Valores medios de masa muscular y adiposa. 147
11) Los varones mostraron características mesoendomórficas y las mujeres endomesomórficas. El componente endomórfico fue moderado en ambas poblaciones pero mayor en las mujeres. 147
Sugerencias para investigaciones ulteriores. 148
Consideraciones finales. 148
Anexos. 158
Breve descripción de los métodos analíticos usados en la determinación del tamaño de los compartimientos corporales. 158
Disección de cadáveres (análisis de anatómico y químico de sus componentes). 158
Densitometría. 158
Activación neutrónica in vivo Conteo corporal total. 160
Determinación del potasio corporal total (Conteo de 40 K). 160
Proteínas: conteo total del nitrógeno corporal. 161
Conteo total del carbono corporal. 161
Glucógeno. 162
Antropometría. 162
Modelos Cineantropométricos. 162

Bioimpedancia eléctrica. 163
Conductibilidad eléctrica corporal total (TOBEC). 165
Absorciometría fotónica dual (con rayos X de doble energía (DEXA)). 166
Determinaciones de creatinina plasmática total, excreción de creatinina urinaria y excreción de 3.metil-histidina endógena. 167
Excreción urinaria de nitrógeno ureico. 168
Tomografía Axial Computada (TAC). 168
Resonancia Magnética Nuclear. 168
Ultrasonidos. 169
Infrarrojo próximo. 169
Ecografía. 170
Pletismografía acústica. 170
Pletismografía de desplazamiento de aire. 170
Calorimetría directa. 170
Calorimetría indirecta (CI). 171
Excreción de metabolitos proteicos por orina 171
Algunas ecuaciones predictivas de la densidad corporal (DC) y % de grasa corporal (%GC). 172

Prólogo.

Sin duda, la ciencia se opone en absoluto a la opinión. Esta última no piensa, sino que traduce necesidades en conocimientos. Es decir, al designar a los objetos por su utilidad, se prohíbe conocerlos. *"Nada puede fundarse sobre la opinión: ante todo es necesario destruirla. Ella es el primer obstáculo a superar."*[1] En este sentido, lo real no es jamás lo que podría creerse, sino siempre lo que debería haberse pensado. *"Frente a lo real, lo que cree saberse claramente ofusca lo que debiera saberse."*[2] De esta forma, las ideas frecuentemente más útiles se valorizan indebidamente apareciendo como claras y naturales. Es por esto que *"El espíritu científico nos impide tener opinión sobre cuestiones que no comprendemos, sobre cuestiones que no sabemos formular claramente."*[3]

Este tipo de análisis destaca la necesidad de plantear los problemas correctamente, ya que éstos no se plantean por sí mismos. Es decir, la ciencia avanza fundamentalmente en base a las preguntas y no a las respuestas. Es de esta manera como los problemas se convierten en el punto de partida más importante de cualquier trabajo generador de conocimiento. Sin duda deseamos conocer, pero es siempre para poder interrogar mejor. El inconveniente se presenta cuando preferimos lo que confirma nuestro saber a lo que lo contradice, cuando preferimos las respuestas a las preguntas. Entonces nuestro espíritu conservativo domina, y el crecimiento espiritual se detiene dando paso a una visión conservadora.

Indudablemente,*"...Se conoce en contra de un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal adquiridos o superando aquello que en el espíritu mismo obstaculiza la espiritualización."*[4] Esta capacidad de arrepentimiento intelectual, de rejuvenecer espiritualmente, de transformación violenta (que contradice un pasado), es imprescindible para tener acceso a la ciencia. Esta catarsis mental y afectiva dará lugar a un estado de movilización permanente reemplazando el saber cerrado y estático, por otro abierto y dinámico. Sin duda, se trata de dialectizar todas las variables experimentales motivando a la razón a evolucionar.

En este sentido, *"... Las ciencias son algo más que programas de investigación, gremios de especialistas, redes de intercambio y literatura científica."*[5] La ciencia tiene

[1] Bachelard, G. (1994). La formación del espíritu científico. México: siglo veintiuno editores. p. 16
[2] ídem, p. 16
[3] ídem, p.16
[4] ídem, p. 15
[5] Palop Jonqueres, P. (1983). Epistemología de las ciencias humanas y ciencias de la educación, en estudios sobre epistemología y pedagogía. Anaya: Madrid.

relación con la idea del saber, es decir, con la búsqueda de la verdad y el conocimiento. Este último siempre es provisorio, ya que surge de la ignorancia contrariando viejas teorías en una espiral sin fin. Es por esta razón que se considera al conocimiento científico como abierto y dinámico. Sin duda, pensar bien lo real es aprovecharse de sus ambigüedades para modificar el pensamiento y alertarlo. Es decir, buscar aquello que contradice conocimientos anteriores, dialectizando todas las variables con el fin de crear "fenómenos completos". Como vemos, el trabajo del investigador es sumamente complejo. Pero cuando decimos que algo es complejo no estamos dando una explicación, sino señalando una dificultad para explicar. Es indudable que, *"En el fondo, quisiéramos evitar la complejidad, nos gustaría tener ideas simples, leyes simples, fórmulas simples, para comprender y explicar lo que ocurre alrededor nuestro y en nosotros. Pero como estas fórmulas simples y esas leyes simples son cada vez más insuficientes, estamos confrontados al desafío de la complejidad"*[6]

En este sentido, el argumento que pregona -en el área de la Antropometría- el uso del sentido común se apoya en el postulado de que las relaciones entre diferentes parámetros son elementales y naturales. Desde este punto de vista, una *relación sencilla* exige *explicaciones sencillas*. No obstante, cualquiera que haya intentado estudiar estas relaciones se ha dado cuenta, por el contrario, de la complejidad de los fenómenos. Sin duda, la fantasía de poder interpretar los hechos evidentes y naturales mediante el sentido común frena la auténtica investigación.

Por otro lado, en la actualidad a nadie se le ocurre utilizar "argumentos de autoridad" o hacer "interpretación de textos" para dirimir una discusión científica. Indudablemente, la verificación empírica debería ser el único juez, aunque solo sea provisional. En este sentido, apelar a "lo que dicen otros" es una manera de recubrir la propia indigencia cultural y el bajo nivel científico.

Por último, creemos que las circunstancias de nuestro trabajo profesional pueden determinar la necesidad de realizar una mayor o menor cantidad de investigaciones, pueden exigirnos un mayor o menor nivel técnico científico, pero de lo que no podemos eximirnos nunca es de asumir una actitud científica, como actitud presente en todas las manifestaciones de nuestra vida y como antesala para aprender a vivir con sabiduría.

José Luis Arcodia

Rosario, diciembre de 2005.

[6] Morín, E. (xx). Epistemología de la complejidad. En nuevos paradigmas, cultura y subjetividad. Paidós: Buenos Aires. Comp. Dora Fried Schnitman.

Relación de parámetros antropométricos: grasa corporal relativa, tejido adiposo, índice de masa corporal y endomorfismo.

Parte introductoria.

Tema.

Relación de parámetros antropométricos: grasa corporal relativa, tejido adiposo, índice de masa corporal y ENDO.

Introducción.

La cineantropometría es la especialidad científica que se encarga de evaluar la composición corporal. Esta disciplina constituye uno de los campos de mayor auge en las ciencias aplicadas al deporte. La misma posee implicancias tanto para el alto rendimiento deportivo como para la salud. En este sentido, la composición corporal humana en particular ha sido una de las áreas más estudiadas en las últimas décadas, por su inobjetable importancia social, y ha dado origen a una extensa gama de trabajos científicos.

La investigación de la composición corporal se centra en tres áreas interconectadas: 1) el estudio de sus componentes y sus interrelaciones, 2) el desarrollo y evaluación de métodos, y 3) el examen de los factores que la influencian. Nuestro trabajo está vinculado a la primera de estas áreas de investigación. Actualmente es posible reconstruir un sujeto a partir de componentes organizados jerárquicamente por niveles de complejidad creciente: atómico, molecular, celular e hístico. El estudio de la interrelación entre los componentes de distintos niveles de análisis es fundamental para el progreso de la base teórica y empírica de la disciplina.

Sin duda, el rendimiento humano es un fenómeno multivariado[7] en el que la composición corporal juega un rol fundamental. El tamaño absoluto y relativo, el somatotipo, la composición y la maduración, constituyen limitantes de la performance humana. La cuantificación del físico a través de la cineantropometría puede proveer una mejor base para el entendimiento de los límites relacionados con la biomecánica y la fisiología del ejercicio.

La valoración de la composición corporal nos brinda una información valiosa sobre los efectos de un programa de entrenamiento. Por ejemplo, puede que ante un peso total invariable de un deportista, se modifique la relación masa muscular/grasa del

[7] Incluye factores fisiológicos, biomecánicos, psicológicos, ambientales, socioculturales, etc.

mismo y, consecuentemente, su relación peso/potencia. No debemos olvidar que la grasa actúa como tejido inerte a efectos propulsores, aumentando el costo energético de aceleración y desaceleración de los segmentos corporales, y del cuerpo entero en actividades con desplazamientos horizontales y/o verticales.

Además, la valoración de la composición corporal forma parte de la evaluación del estado nutricional[8]. Esta última es de gran interés, tanto en individuos aislados como en grandes masas poblacionales, ya que influye en el mantenimiento de la salud y en la morbimortalidad asociada a múltiples procesos crónicos (obesidad, desnutrición, etc.). En este sentido, dos aspectos pueden considerarse en la evaluación del estado nutricional: 1) el estudio de la epidemiología y despistaje de sus cambios en grandes masas de población, y 2) estudios individuales realizados de forma habitual.

Ahora bien, la mayoría de los métodos de valoración de la composición corporal precisan la utilización de aparatos complejos, que requieren una gran infraestructura y cuyo coste hace que queden reservadas a grandes centros hospitalarios. Por tanto, el desafío sigue siendo cómo cuantificar los distintos compartimientos corporales usando métodos simples y eficientes en costo y tiempo. Sin duda, el desarrollo de una técnica ideal permitirá, en razón de su accesibilidad, su utilización corriente como herramienta de análisis por los profesionales de los distintos campos (educación física, entrenamiento deportivo, medicina, nutrición, kinesiología y rehabilitación, etc.).

En la práctica diaria actual, la aplicación de técnicas o medidas antropométricas para determinar la composición corporal es poco utilizada. Sin duda, este hecho contrasta con la importancia de su determinación, tanto en el campo del entrenamiento como en el de la salud (prevención y detección de sujetos y/o poblaciones de riesgo). Probablemente, la razón más importante para ello es que aún no se ha dado con una técnica óptima de valoración; la cual debería ser accesible, segura, sencilla, transportable, no invasiva, precisa, válida, estandarizada y de bajo costo (tecnológico, de personal y de tiempo). En la actualidad, estas características "ideales" son difíciles de alcanzar, razón por la cual se acepta un compromiso entre costo, facilidad de manejo y exactitud.

[8] La nutrición es el proceso de aporte y utilización, por parte del organismo, de nutrientes, materias energéticas y plásticas contenidas en los alimentos y necesarias para el mantenimiento de la vida. La condición básica para que se desarrollen de forma adecuada las funciones nutritivas es que la alimentación sea suficiente y equilibrada.

Hasta el momento, sólo la medición de los pliegues cutáneos y las ecuaciones basadas en medidas antropométricas cumplen parcialmente estos requisitos, y son los más promisorios en el camino hacia una óptima valoración de la composición corporal. Sin duda, los parámetros antropométricos constituyen mediciones sencillas, rápidas, inofensivas, económicas y fiables, que brindan información de los distintos componentes de la estructura corporal, entre los que destaca el componente graso y el tejido adiposo.

En este sentido, y desde un punto de vista epidemiológico, la evaluación de la composición corporal debe ser –en una primera etapa- generalizada y simple, permitiendo detectar rápidamente a aquellos individuos que se desvían de los valores generales. No obstante, para una valoración eficaz, resulta necesario combinar distintas variables antropométricas así como la experiencia acumulada en torno a ellas.

De esta forma, resulta de vital importancia superar la relación peso-talla (IMC) a fin de cuantificar por lo menos uno de los tejidos de mayor importancia en el campo de la salud y la actividad física, a saber, el tejido adiposo. Sin duda, necesitamos servirnos de un modelo válido que nos permita estimar la acumulación y describir la regionalización lipídica. Este método deberá valorar principalmente el tejido más que su componente químico predominante (grasa) ya que su asociación con la actividad física y la salud es más directa.

En principio, este estudio intenta relacionar la GC y el TA, para luego vincular ambas variables con el IMC y el endomorfismo. Cabe destacar ya en esta breve introducción, que la GC y el TA no son comparables ya que, como veremos en el desarrollo del trabajo, se encuentran en niveles de análisis diferentes. Sin embargo, este hecho no implica necesariamente que ambos elementos no se encuentren relacionados, máxime teniendo en cuenta que ambos componentes son calculados básicamente a partir de los mismos parámetros antropométricos (pliegues cutáneos).

Pocos pasos en vías de innovadoras técnicas de valoración serán dados hasta tanto no conozcamos en profundidad de qué manera se relacionan los distintos compartimientos del cuerpo humano. Este estudio, de tipo exploratorio transversal, intenta contribuir al conocimiento relacional de algunos de estos parámetros, específicamente a aquellos vinculados a los lípidos.

Problema.

Relación entre grasa corporal relativa (GC), tejido adiposo (TA), índice de masa corporal (IMC) y endomorfismo (ENDO) en una población de 694 sujetos medianamente activos de la ciudad de Rosario (Argentina).

Subproblemas.

Con relación a la correspondencia entre las clasificaciones:

¿Existe correspondencia entre el IMC y el endomorfismo?

¿Se ajustan las distintas calificaciones del IMC a los distintos niveles de grasa corporal y de tejido adiposo?

Con relación al TA:

¿Cómo son los valores medios y absolutos de tejido adiposo en la población de varones y de mujeres? ¿Qué tipo de distribución presenta? ¿Cuál es la región corporal de mayor acumulación/movilización de grasa subcutánea?

¿Qué correlación existe entre este tejido (adiposo) y los distintos pliegues cutáneos? ¿Qué características presenta dicha correlación en la población de varones y mujeres? ¿Cuáles son los pliegues cutáneos que mejor correlacionan con el tejido adiposo? ¿Son los mismos para ambas poblaciones? ¿Cuál es el pliegue que peor se vincula con la adiposidad relativa? ¿Cómo son los valores medios de los pliegues?

Con relación a la masa muscular y ósea:

¿Qué características presentan los diámetros y perímetros óseos? ¿Cómo son los valores medios relativos y absolutos de la masa muscular y ósea? ¿Qué relación existe entre la masa muscular y adiposa en términos relativos y absolutos?

Con relación a las masas de piel y residual:

¿Cómo son los valores promedio relativos y absolutos de las masas de piel y residual?

Con relación a la densidad corporal:

¿Cómo es la concordancia entre las distintas fórmulas de densidad corporal? ¿Cuál es el grado de acuerdo entre ellas?

Con relación al somatotipo:

¿Qué características promedio presenta el somatotipo en cada población? ¿Cuál es el componente predominante? ¿Qué nivel de mesomorfismo y ectomorfismo presentan las distintas poblaciones?

Objetivo general.

El objetivo general de este trabajo es de tipo exploratorio, y está dirigido principalmente a establecer el grado de relación entre las variables antropométricas antes descriptas, a saber: GC, TA, IMC y ENDO.

Objetivos específicos.

Confeccionar tablas poblacionales específicas con valores de referencia para todos los parámetros antropométricos estudiados.

Establecer los valores medios, tanto absolutos como relativos, de masa adiposa, muscular, ósea, residual y de piel para la población de varones y mujeres. Comparar estos cinco componentes entre ambas poblaciones.

Establecer y comparar los valores promedios de densidad y grasa corporal a través de tres fórmulas de predicción distintas para cada población. Verificar el nivel de concordancia entre estas ecuaciones.

Clasificar, tanto a la población de varones como a la de mujeres, de acuerdo a los niveles de IMC y de endomorfismo encontrados.

Determinar la característica promedio del somatotipo para ambas poblaciones.

Valorar y comparar los niveles promedio del endomorfismo, mesomorfismo y ectomorfismo tanto en la población de varones como de mujeres.

Clasificar a ambas poblaciones en función del componente predominante del somatotipo, así como también del grado de adiposidad relativa (ENDO).

Relacionar las distintas clasificaciones del IMC y del somatotipo, así como también del IMC y el ENDO, tanto en la población de varones como de mujeres.

Determinar y comparar los valores medios de los diferentes pliegues cutáneos, diámetros y perímetros óseos en ambas poblaciones.

Valorar la correlación entre el TA y los diferentes pliegues cutáneos. Precisar los pliegues que mejor se relacionan con este tejido, así como también individualizar el que peor conexión presenta con el mismo.

Determinar el tipo de distribución del TA así como la región de mayor acumulación/movilización de este tejido, tanto en varones como en mujeres.

Estudiar la relación entre la masa adiposa y la masa muscular, tanto en términos absolutos como relativos.

Finalidad.

Como dijimos anteriormente, desde un punto de vista ideal, los métodos para determinar la composición corporal deberían ser, de preferencia, no-invasivos, de bajo costo, transportables, precisos, válidos y estandarizados. Estas características permitirían, entre otras cosas, generar bases de datos mundiales en un mismo lenguaje metodológico, hecho de gran utilidad para la propagación de información confiable y el estudio de la composición corporal del ser humano.

Pensamos que investigaciones de tipo exploratorio como ésta, que persiguen la relación de distintas variables antropométricas, pueden contribuir al diseño de tales métodos.

Hipótesis.

Hipótesis conceptuales.

1. la GC y el TA están relacionados directamente.
2. la GC se encuentra racionada con el IMC y el ENDO.
3. el TA se encuentra relacionado con el IMC y el ENDO.
4. en general, el TA, la GC, el ENDO y el IMC son mayores en mujeres que en varones.
5. las calificaciones del IMC coinciden con las del ENDO, así como también con los diferentes valores de TA y GC.

Hipótesis operativas.

1. el porcentaje de GC (estimado a partir de distintas ecuaciones de predicción) y el porcentaje de TA (valorado a través del método de fraccionamiento corporal de cinco componentes de Kerr y Ross) presentan una relación significativa.
2. el porcentaje de GC (estimado a partir de distintas ecuaciones de predicción) presenta una relación significativa con el IMC (calculado a partir de la ecuación de Quételet) y el ENDO (valorado a través del método de Heath y Carter).

3. el TA (estimado a través del método de fraccionamiento corporal de cinco componentes de Kerr y Ross) presenta una relación significativa con el IMC (calculado a partir de la ecuación de Quételet) y el ENDO (valorado a través del método de Heath y Carter).

4. los promedios de los parámetros estudiados (TA, GC, ENDO e IMC) son más elevados en mujeres que en varones.

5. las calificaciones del IMC propuesta por la SEEDO[9] coinciden con las del ENDO (Heath y Carter), así como también con los diferentes valores de TA (fraccionamiento corporal de cinco componentes de Kerr y Ross.) y de GC (ecuaciones de predicción).

Hipótesis estadísticas.

1. el porcentaje de GC y de TA presentan un alto coeficiente de correlación.

2. el porcentaje de GC presenta un alto coeficiente de correlación con el IMC y el ENDO.

3. el TA presenta un alto coeficiente de correlación con el IMC y el ENDO.

4. las medias aritméticas simples de los parámetros estudiados (TA, GC, ENDO e IMC) son mayores en mujeres que en varones.

5. las calificaciones del IMC propuesta por la SEEDO[10] presentan una lógica coherente con las del ENDO (Heath y Carter), así como también con los diferentes valores de TA (fraccionamiento corporal de cinco componentes de Kerr y Ross.) y GC (ecuaciones de predicción).

[9] (SEEDO) Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (2000).

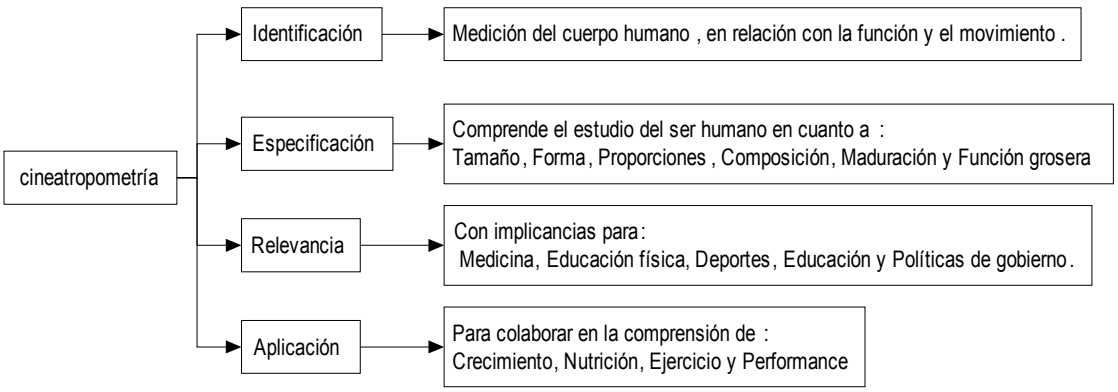
[10] ídem.

Marco teórico.

Cineantropometría. Conceptos generales.

Definición.

La palabra Cineantropometría deriva de las raíces griegas Kinein (moverse), Anthropos (hombre - especie humana) y Metrein (medir). Ha sido definida por William D. Ross[11] como una especialidad científica que aplica métodos para la medición del tamaño, la forma, las proporciones, la composición, la maduración y la función grosera de la estructura corporal. En otras palabras, la cineantropometría incluye distintas mediciones del cuerpo humano a fin de evaluar su estructura física y relacionarla tanto con su función como con su motricidad total. Se puede pensar a esta nueva rama de las ciencias aplicadas al deporte como un eslabón cuantitativo entre estructura y función, o una interfase entre anatomía y fisiología.



Función y relación con otras áreas.

Las ciencias aplicadas al deporte forman un amplio abanico, en el cual la Cineantropometría ha venido delimitando su marco de actuación. Esta disciplina científica es utilizada en numerosos campos, como la nutrición, educación física, medicina, antropología, biomecánica, fisiología, ergonomía, endocrinología, pediatría y genética. Sin duda, detenta un rol muy importante en la resolución de problemas relacionados con la salud y el entrenamiento deportivo. En este sentido, se encuentra estrechamente ligada a la salud, al deporte (recreativo, formativo y de alto nivel) y a la combinación de ambos (fitness, entrenamiento para la salud). Sin duda, la cineantropometría constituye una especialidad indispensable para la solución de problemas relacionados con el crecimiento, el desarrollo, el ejercicio, la nutrición, y el

[11]Ross W.D., Marfell Jones M.J. Kinanthropometry. In Physiol Testing of Elite Athl. Mac Dougall J.D. Wenger H.A., Green H.J. (eds.). Mov Publ, Inc., N. York Chap VI: pp 75-115, 1982.

alto rendimiento deportivo. Ciertamente, este área de conocimientos tiene implicancias directas para la medicina, la educación, y las políticas de gobierno.

Estrictamente en el ámbito deportivo, la cineantropometría permite describir la estructura morfológica del individuo en su desarrollo longitudinal, así como las modificaciones provocadas por el crecimiento y el entrenamiento. Sin duda, *"La cuantificación del físico a través de la cineantropometría puede proveer una mejor base para el entendimiento de los límites físicos relacionados con la biomecánica y la fisiología del rendimiento."*[12]

Las mediciones que se realizan sobre el cuerpo humano incluyen diámetros óseos, longitudes y segmentos, perímetros del tronco y miembros, y pliegues cutáneos. Cada medición nos aporta información sobre aspectos físicos de la persona, los diámetros, segmentos y alturas describen el aspecto genotípico de la estructura ósea. Los perímetros y pliegues brindan información sobre aspectos más fenotípicos como los tejidos adiposo y muscular. Los pliegues solo informan sobre la adiposidad subcutánea y su regionalización.

Una vez obtenidos, los datos antropométricos pueden utilizarse por sí mismos como indicadores de estado y cambios, o pueden generar índices específicos. La cineantropometría pretende derivar un conjunto de variables en métodos de valoración relativamente precisos y globales. Tanto con los datos medidos como con los derivados de los cálculos, se suelen construir tablas que describen los parámetros de una población específica.

La cineantropometría se apoya en tres pilares básicos a saber: el estudio de la proporcionalidad humana, la biotipología y la composición del cuerpo. Cada una de estas herramientas analíticas posee alcances y limitaciones. Sin duda, con estos instrumentos el profesional de la salud o del deporte puede estimar el estado actual del sujeto y compararlos con datos de referencia.

Existe una estandarización internacional de protocolos para la técnica y sitios de medición, regida por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (International Society for the Advancement of Kinanthropometry – ISAK-). Esta estructura académica avala la actividad de esta nueva disciplina.

[12] Carter, Lindsay J. Factores Morfológicos que limitan el Rendimiento Humano. PubliCE Standard. 28/07/2003. Pid: 139.

Composición corporal.

Antropometría[13].

La exploración antropométrica parte de un conjunto de mediciones corporales que permite conocer los diferentes niveles y grado de nutrición del individuo explorado. La antropometría tiene como ventajas la sencillez en la recogida de datos y su reproducción. Por ello, la evaluación de la composición corporal se ha convertido en un procedimiento importante en las valoraciones nutricionales.

Los datos y la información antropométricos permiten diagnosticar el estado morfológico y controlar los cambios producidos por un programa de actividad física (entrenamiento) o una intervención nutricional. La utilización de la antropometría en el estudio morfológico de los deportistas, y su vinculación con la performance, es en la actualidad indiscutible. Sin duda, el estudio de la composición corporal nos proporciona una valiosa información acerca de la estructura del atleta y sobre el efecto del entrenamiento en un determinado momento de la temporada. Por otro lado, en el ámbito estricto del alto rendimiento deportivo, se deben seleccionar a los deportistas atendiendo estrechamente al perfil antropométrico que representa el prototipo del deporte en cuestión.

La estimación de la composición corporal puede ser realizada por múltiples técnicas, pero sólo la exploración antropométrica resulta actualmente accesible a los profesionales de la educación física y de la salud como práctica sobre el terreno o la consulta clínica. Además, aunque se han desarrollado diferentes métodos, el enfoque antropométrico continúa siendo la alternativa de elección en grandes estudios poblacionales por su bajo costo económico (equipo, personal y tiempo), sencillez, inocuidad (no invasivo - seguro) y aceptable confiabilidad. Sin duda, los parámetros antropométricos son mediciones fáciles de realizar e informan de una manera muy sensible los diferentes componentes de la estructura corporal. Además, el equipo necesario es barato, portátil, duradero, y de fácil adquisición.

Dada la fácil accesibilidad al tejido adiposo subcutáneo, y el hecho de que éste contiene una gran fracción del total del contenido de grasas del cuerpo, la aplicación de los calibres de pliegues cutáneos aparece como el más razonable, no invasivo, método

[13] La antropometría constituye la medición de las dimensiones del cuerpo humano. Se diferencia de la antroposcopía (observación visual y descripción de las características físicas sin la utilización de mediciones objetivas), así como de la fotoscopía (antroposcopía a través del análisis de fotografías del cuerpo humano).

indirecto. De cualquier modo, lo que realmente ha sido medido es el grosor de un doble pliegue de piel y tejido adiposo subcutáneo comprimido. Como consecuencia de ello, la determinación de la masa de grasa (ej. lípidos) en el cuerpo, requiere una serie de suposiciones que serán analizadas más adelante. La medición de los pliegues cutáneos puede tener propósitos científicos (como en la presente investigación), o una finalidad eminentemente práctica como guía para la intervención en diversas áreas del conocimiento (salud, nutrición, deportes, etc.).

De cualquier manera, el método "ideal" debe ser seguro, no invasivo, barato, fácil de realizar, aplicable a individuos de diferentes edades y situaciones, con resultados exactos y reproducibles. Estas características ideales son difíciles de alcanzar en la práctica, razón por lo cual en la actualidad se acepta un compromiso entre costo, facilidad de manejo y exactitud. Sin duda, muy pocos progresos en la evaluación del cuerpo humano serán hechos hasta que podamos cuantificar con mayor exactitud, las variaciones humanas, no sólo del tejido adiposo, sino del tejido óseo, tendones y músculos, tejido conectivo, y otros compartimientos anatómicos o químicos del cuerpo humano. Este conocimiento resulta fundamental para poder relacionar la estructura total con variables biomecánicas y fisiológicas.

Estado nutricional.

La nutrición es *"... el proceso de aporte y utilización, por parte del organismo, de nutrientes, materias energéticas y plásticas contenidas en los alimentos y necesarias para el mantenimiento de la vida."*[14] En este sentido se entiende al estado nutricional como *"... la situación final del balance entre el ingreso, la absorción y la metabolización de los nutrientes y las necesidades del organismo."*[15] Es un hecho, que este estado tiene un gran impacto en la respuesta individual al entrenamiento, influyendo en el mantenimiento de la salud y en la morbimortalidad asociada a múltiples procesos crónicos.

La evaluación del estado nutricional consiste en la determinación del grado de salud de un individuo o de la colectividad desde el punto de vista de su alimentación. Esta valoración tiene como objetivos identificar los problemas de alimentación, detectar las situaciones de riesgo y comprobar los cambios evolutivos de la composición corporal. Sin duda, esta evaluación es fundamental para el diagnóstico y seguimiento de

[14] Cañete Estrada, R.; Cifuentes Sabio, V. Valoración del estado nutricional
[15] Lama More, R. (2001). Metodología para valorar el estado nutricional Series. Guías Prácticas sobre Nutrición (III) Volumen 55 - Número 03 p. 256 – 259 Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.

la obesidad y la desnutrición, así como factor pronóstico en la evolución de múltiples procesos crónicos. Clásicamente se ha realizado desde una vertiente antropométrica, siendo los indicadores más utilizados el IMC y el porcentaje de grasa estimado a partir de los pliegues cutáneos. En este sentido, la primera etapa de una valoración nutricional de un grupo poblacional importante debe ser generalizada y simple, para permitir de una forma rápida detectar aquellos individuos que se desvían de los valores generales.

Composición corporal.

El término de composición corporal denota un sistema de teorías y modelos (físicos, matemáticos y estadísticos), con sus respectivas expresiones de cálculo, y métodos analíticos de estudio. Todo este sistema intenta comprender, tanto la constitución del ser humano, como la interacción de sus distintos componentes a lo largo - y en cada fase - del proceso vital.

El análisis de composición corporal lleva a un conocimiento de las reservas energético-proteicas, así como a la detección de pérdida o ganancia en el valor de los diferentes compartimientos corporales con relación al mismo individuo y a determinados valores de normalidad. Como dijimos anteriormente, esta valoración suele realizarse habitualmente desde una vertiente antropométrica. El bajo costo y la accesibilidad de la antropometría justifican su predominio, relegando a un segundo plano a técnicas más precisas en la determinación de la composición corporal.

El cuerpo humano de un individuo tiene un componente genético importante; no obstante, se encuentra influenciado por diversos factores ambientales (nutrición, ejercicio, cultura, etc.). Es decir, la estructura corporal no está totalmente predeterminada y varía a lo largo del tiempo.

Niveles de organización de la composición corporal.

Sin duda, el ser humano es más que la suma estática de los elementos que lo constituyen. No obstante, en lo que a estructura corporal se refiere, es posible reconstruir un sujeto a partir de sus componentes.

En razón de su complejidad, los principales elementos del organismo se organizan jerárquicamente en cinco niveles: 1) atómico, 2) molecular, 3) celular, 4) hístico (orgánico - anatómico), y 5) global. Cada uno de estos niveles es distinto, y la suma de todos sus componentes equivale al peso corporal total. Esta organización tiene

connotaciones fisiológicas, ya que modificaciones en los componentes inferiores (ej.: nivel atómico) producen cambios en los superiores (ej.: nivel hístico).

Sin duda, la elección del nivel a estudiar dependerá principalmente de los objetivos que se persigan. No obstante, si entendemos a la Cineantropometría como una interfase entre estructura y función, reconoceremos la importancia del nivel orgánico, ya que la mayoría de las funciones están asociadas a los tejidos anatómicos. Por ejemplo: la masa muscular está vinculada con la fuerza, potencia, velocidad, estado nutricional; la masa adiposa con la nutrición (balance energético), el rendimiento físico (peso muerto); y la masa ósea con factores biomecánicos.

A continuación veremos con más detalle cada nivel.

Nivel atómico.

El 99 % del peso corporal del ser humano puede atribuirse a 11 átomos constituyentes, a saber:

Átomo	Participación[%]	Comentario
Oxígeno	60,0	El principal componente elemental del agua corporal
Carbono	23,0	El principal componente elemental de la grasa corporal
Hidrógeno	10,0	
Nitrógeno	2,6	El principal componente elemental de la proteína corporal
Calcio	1,4	El principal componente elemental de los huesos
Sodio, potasio, cloro, fósforo, magnesio, azufre.	3	
Total	99,0	

El peso corporal total del individuo puede reconstruirse a partir de la suma de los pesos parciales de estos 11 elementos.

El conocimiento de la existencia de proporciones estables en los triglicéridos entre el carbono (76,7%), hidrógeno (12,0%) y oxígeno (11,3%) nos sirve para deducir la masa corporal libre de carbono y el desarrollo de métodos para deducir la grasa corporal total a partir del carbono corporal total y otros elementos.

Nivel molecular (bioquímico).

El nivel molecular está integrado por 6 componentes principales.

Componente	Participación [%]	Comentario
Lípidos	Dependiente del sexo: hombre: 20 – 25, mujer: 25 – 35	Triglicéridos en su mayoría. Uno de los componentes con mayor variabilidad Interindividual: • en sujetos bien entrenados:=10 % del peso; • en obesos: hasta el 50 %
Proteínas	15,0 – 16,0	
Agua	60,0	• agua intracelular: 34,0 %; • agua extracelular: 26,0 %
Glucógeno	0,5 – 1,0	
Minerales [óseos + no Óseos]	5,3	

El peso corporal puede reconstruirse por la suma de los pesos de estos componentes → Peso corporal (kg.) = grasa + agua + proteínas + glucógeno + minerales óseos + minerales no óseos.

El modelo de dos componentes (bicompartimental) es un modelo molecular clásico de composición corporal. Según el mismo, el peso del individuo puede reconstruirse de acuerdo con la siguiente expresión:

Peso corporal (kg.) = compartimiento graso (masa lipídica) + compartimiento no-graso (masa magra – masa libre de grasa (fat free mass).

Como se mencionó anteriormente, el compartimiento no graso incluye agua, proteínas, minerales y otros compuestos no grasos que están presentes en cantidades más pequeñas.

Nivel celular.

A nivel celular se distinguen tres componentes:

- Células (grasa + masa celular)
- Líquidos extracelulares
- Sólidos extracelulares

La masa compuesta por las células corporales reúne el agua intracelular y los sólidos intracelulares. Debe destacarse que el potasio (K) es el principal sólido intracelular, en contraposición con el sodio (Na), que es el principal sólido extracelular.

Entonces, el peso corporal del sujeto se puede reconstruir como la suma de los pesos de los compartimientos estimados:

Peso corporal (kg.) = células + líquidos extracelulares + sólidos extracelulares

Los triglicéridos de los adipocitos se excluyen de la estimación de la masa celular corporal, ya que este término se refiere a la porción protoplásmica activa de las células. Podríamos decir, en definitiva, que este nivel se considera compuesto por grasa, masa celular corporal, líquido extracelular y sólidos extracelulares.

Tanto la masa celular corporal como la masa magra, a nivel molecular, se utilizan con frecuencia en estudios de investigación como medida de la masa tisular metabólicamente activa.

Nivel anatómico (hístico-orgánico o tejidos-sistemas).

El nivel hístico se organiza de la siguiente manera: tejidos muscular, adiposo, óseo, piel, órganos y vísceras. Se incluyen dentro de las vísceras al hígado, los riñones, el páncreas, el cerebro, el tracto gastrointestinal, el corazón y los pulmones; así como a los sistemas celulares (médula ósea, elementos celulares de la sangre), y residual.

El tejido adiposo incluye a los adipocitos con fibras de colágeno, fibroblastos, capilares y líquido extracelular. Existen cuatro tipos de tejido adiposo: subcutáneo, visceral, intersticial, y medular óseo. Al igual que en otros niveles, los componentes se agrupan en compartimentos metabólicamente activos como la "masa corporal libre de tejido adiposo".

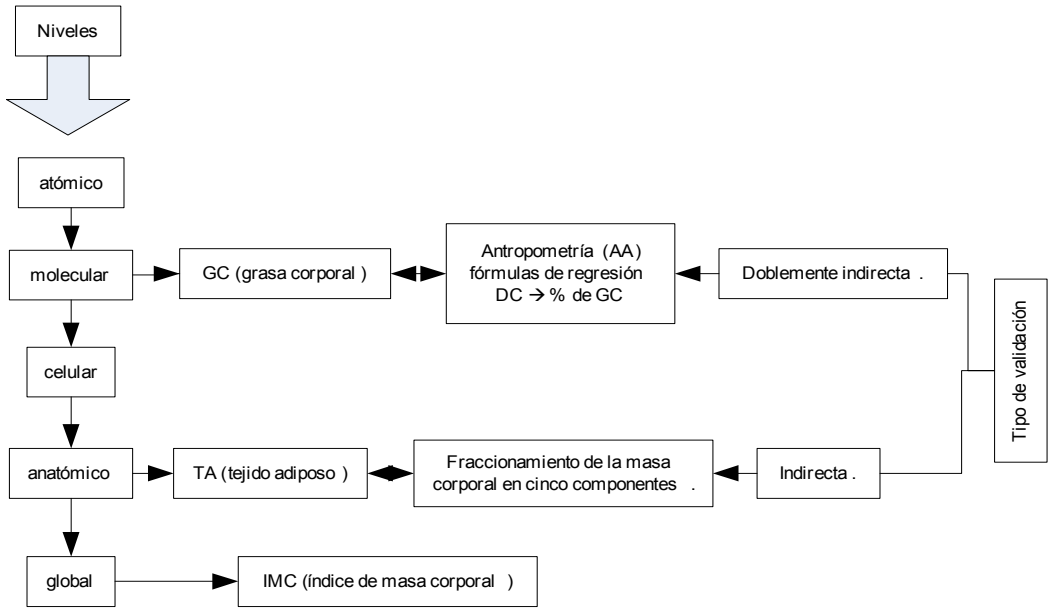
De esta forma, el peso corporal del sujeto puede reconstruirse a partir de la sumatoria de los pesos de los diferentes compartimientos estimados → Peso corporal (kg.) = tejido adiposo + músculo esquelético + huesos + órganos y vísceras+ residual.

Como veremos más adelante el nivel hístico de organización de la composición corporal permite integrar y comprender fundamentalmente los desórdenes en la economía, como la obesidad, la desnutrición y el envejecimiento.

Nivel global (cuerpo total).

Este nivel incluye propiedades y características del cuerpo como un todo: masa, volumen, densidad y superficie corporal. Gran parte de los trabajos de campo se realizan a este nivel de estudio.

Como muestra la figura siguiente, en esta investigación relacionaremos parámetros que se encuentran en diferentes niveles de división del cuerpo, así como distintos tipos de validación.



Resumen de ecuaciones para la reconstrucción del peso corporal.

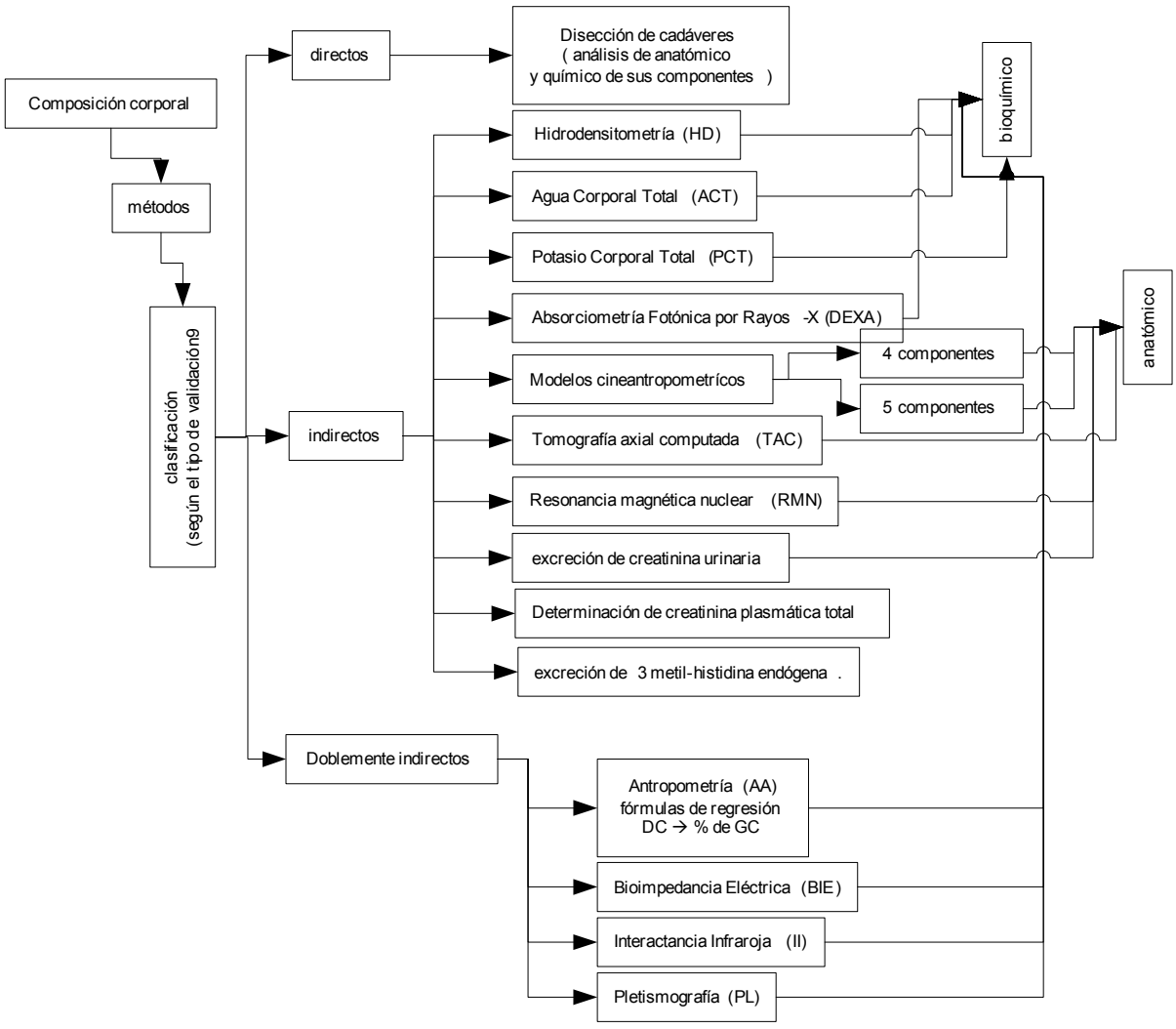
A manera de resumen, proponemos el siguiente cuadro que sintetiza los diferentes niveles de organización con sus respectivas ecuaciones de cálculo.

Nivel de organización	Ecuación
Atómico	PC = O + C + H + N + Ca + P + K + S + Na + Cl + Mg
Molecular	PC = grasa + agua + proteínas + glucógeno +minerales [óseos + no óseos]
Celular	PC = células + líquidos extracelulares+ sólidos extracelulares
Hístico	PC = tejido adiposo + músculo esquelético + huesos + órganos y vísceras + residual

Sin duda, todos y cada uno de los métodos de medición del cuerpo humano se basan en uno u otro modelo de composición corporal. Cada uno de estos paradigmas se encuentra influenciado por las suposiciones que asume, por lo que resulta fundamental revisar brevemente los distintos métodos de valoración.

Métodos para evaluar la composición corporal.

Los distintos métodos para valorar la composición corporal pueden clasificarse de acuerdo al tipo de validación que les dieron orígenes (directos, indirectos y doblemente indirectos), o bien en función del modelo o nivel de organización al que corresponden (atómico, molecular, celular, anatómico o global).



Clasificación de acuerdo al nivel de organización.

Los métodos principales para la estimación de la composición corporal se basan en los modelos bioquímicos y anatómicos descriptos anteriormente (ver Niveles de organización de la composición corporal).

Dentro de los métodos basados en el primer modelo (bioquímico) se encuentran los siguientes: la Hidrodensitometría, Agua Corporal Total, Potasio Corporal Total y Absorciometría Fotónica por Rayos-X (DEXA). Podemos agregar, además, otros métodos validados por hidrodensitometría, a saber: la Bioimpedancia Eléctrica, la Interactancia Infraroja, la Antropometría y la Pletismografía.

Todas estas técnicas valoran una masa corporal (la grasa corporal (GC) o la masa libre de grasa (MLG)) y calculan la otra por defecto. El DEXA permite además estimar la densidad mineral ósea del esqueleto y la regionalización de los llamados "tejidos blandos" (grasa y masa magra libre de grasa y hueso).

Por otro lado, dentro de los métodos basados en el modelo anatómico podemos mencionar: la antropometría y el diagnóstico por imágenes (Tomografía Axial Computada (TAC) y Resonancia Magnética Nuclear (RMN)).

Clasificación de acuerdo al tipo de validación.

En función del tipo de validación que le dio origen los métodos pueden clasificarse en:

1) Directos → Disección de cadáveres y análisis anatómico y químico de sus componentes.

2) Indirectos → Hidrodensitometría, Agua Corporal Total, Potasio Corporal Total y Absorciometría Fotónica por Rayos-X (DEXA), modelos cineantropométricos (fraccionamiento en cuatro masas corporales de Drinkwater y Ross; modelo geométrico de Drinkwater y fraccionamiento de cinco masas corporales de Kerr y Ross). Además podemos mencionar: determinación de creatina plasmática total, excreción de creatinina urinaria, excreción de 3 metil-histidina endógena, tomografía axial computada y la resonancia magnética nuclear.

3) Doblemente indirectos → Antropometría (y obtención de fórmulas de regresión a partir del modelo densitométrico, para obtener un valor de densidad corporal y de allí el porcentaje de masa grasa) y la bioimpedancia eléctrica.

Método bicompartimental (dos componentes).

Antecedentes.

Los primeros estudios en densitometría por inmersión datan de la década del 40. Albert Behnke, académico de las fuerzas armadas de Estados Unidos, tenía dos preocupaciones principales: 1) la selección de reclutas aptos aptos para ingresar a las

filas del ejército, ya que los individuos con grandes masas musculares eran rechazados por tener sobrepeso; y 2) la diferenciación de la composición del cuerpo, ya que los buzos de la marina con mucho tejido adiposo corrían el riesgo de padecer trastornos[16] debido a que el nitrógeno es soluble en los lípidos del cuerpo.

Behnke necesitaba un sistema para discriminar la composición corporal, por lo que se dedicó a investigar popularizando el modelo de dos componentes moleculares por medio de la determinación de la densidad corporal. El fundamento del uso de la densidad como factor predictivo de composición corporal es que los lípidos poseen una densidad menor que el tejido libre de contenido lipídico. Por esta razón, una persona con una mayor proporción de masa lipídica corporal, en comparación a una persona magra, tendrá una densidad corporal menor.

Como dijimos, la idea central de este método de dos componentes (método bioquímico – nivel 2), es medir la densidad corporal. El fundamento utilizado para ello fue el Principio de Arquímedes. Este principio establece que el volumen de un objeto es igual a la cantidad de agua que desplaza al ser sumergido. Debido a que la densidad de un objeto se define como su peso por unidad de volumen, entonces la densidad corporal (Dc) se puede determinar si se conoce el peso del sujeto en el aire y cuando está completamente sumergido en el agua. Ahora bien, si la flotabilidad de un individuo refleja su cantidad de masa lipídica en relación al peso total y a la masa libre de contenido lipídico, se hace evidente que existe una relación directa entre la densidad del cuerpo humano y su contenido de masa lipídica (siempre según el modelo de dos componentes).

El valor de densidad de 0.9 g/ml para los lípidos fue obtenido a partir de estudios de Rathbum y Pace (1945) sobre el análisis químico de unos 50 cerdos de la India eviscerados y afeitados. Estudios posteriores realizados en el análisis químico de tres cadáveres masculinos de 25, 35 y 46 años de edad, arrojaron una densidad para la masa libre de contenido lipídico de $1.1 g/cm^{-3}$ (Brozek y col. 1963).

Si bien fue Behnke quien en 1942 introdujo el concepto de división corporal en dos componentes (masa magra y grasa), fueron Rathbum y Pace quienes desarrollaron la primera ecuación para determinar el porcentaje de contenido lipídico.

$$\textit{Porcentaje de contenido lipídico} = ((5.548 / \textit{densidad corporal}) \; 5.044) \times 100$$

[16] La afinidad a la narcosis del nitrógeno depende en gran medida a la cantidad y distribución del tejido adiposo.

Las dos ecuaciones más conocidas para el cálculo de contenido lipídico a partir de los valores de densidad corporal son las siguientes:

Siri (1961)

$$Porcentaje\ de\ contenido\ lipídico = \left(\frac{4.95}{Dc} - 4.50\right) \times 100$$

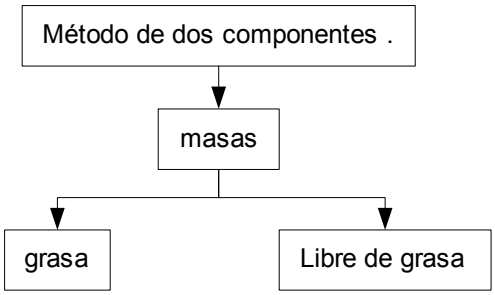
Brozek (1963)

$$Porcentaje\ de\ contenido\ lipídico = \left(\frac{4.57}{Dc} - 4.142\right) \times 100$$

Donde: Dc → densidad corporal.

La fórmula más popular es la de William Siri de 1961, que supone que la densidad de la masa libre de contenido lipídico es de 0.901gr.cm^{-3} y la de la masa lipídica de 1.1. gr.cm^{-3}. La ecuación de Brozek asigna a estos componentes los valores de 1.1033gr.cm^{-3} y de 0.88876gr.cm^{-3} respectivamente. Estas dos formulas de conversión, de densidad corporal a porcentaje de contenido lipídico, producen estimaciones similares (entre 0.5 y 1.0 en el porcentaje de contenido lipídico) en un rango de entre 1.0300 a 1.0900gr.cm^{-3}.

Los métodos que determinan la densidad corporal total han sido ampliamente utilizados en investigación para estimar la composición corporal humana de poblaciones sanas. Estos métodos se basan, como dijimos anteriormente, en el modelo bicompartimental según el cual el organismo está compuesto por masa grasa y masa libre de grasa, pudiendo conocerse la proporción de cada uno de ellos en función de su distinta densidad. Por tanto, la densitometría constituye el método indirecto de laboratorio más ampliamente utilizado.



Ecuaciones de regresión para la predicción de la dc y la gc.

Como vimos anteriormente, (en Métodos para evaluar la composición corporal.) la variedad de métodos para valorar la GC es amplia. No obstante, la mayoría de estos métodos son costosos si consideramos el tiempo que insumen, el equipamiento que requieren, los evaluadores experimentados necesarios para llevarlos a cabo, etc. Por el

contrario, la evaluación de sitios antropométricos es segura (no invasiva) e implica un número menor de recursos, gracias a lo cual puede utilizarse regularmente y en una gran cantidad de sujetos.

La utilización de modelos matemáticos (generalmente de regresión simple ó múltiple) ha permitido la construcción de distintas ecuaciones de predicción a partir de variables antropométricas. Estas fórmulas fueron desarrolladas utilizando equipos más sofisticados (densitometría, pletismografía) como patrón de referencia.

De esta manera, la Densidad corporal (Dc), obtenida por hidrodensitometría o por pletismografía (desplazamiento de aire) es entonces convertida en porcentaje de grasa corporal (% GC) usando diversas ecuaciones. Estas asumen una densidad constante de la masa corporal grasa y magra. Además, una vez que el porcentaje de GC es calculado, el de masa corporal magra (% MCM) puede ser derivado de la siguiente fórmula: % MCM = 100 - %GC. De esta forma, conociendo el peso del sujeto, pueden deducirse también los kilogramos de grasa y masa corporal magra.

Sin duda, la simplicidad de esta estrategia de cálculo ha conducido a la proliferación de ecuaciones basadas en mediciones antropométricas para estimar la grasa corporal total. Existen más de cien ecuaciones en la literatura especializada para la predicción de la densidad corporal y, consecuentemente, del porcentaje de GC, a partir de distintas mediciones antropométricas. Este hecho refleja hasta que punto cada ecuación resulta específica de la población que le dio origen. En este sentido, podemos decir que la especificidad de las fórmulas de predicción de GC a través de la medición de pliegues cutáneos es, en parte, el resultado de amplias variaciones en la comprensibilidad del tejido, de las relaciones entre adiposidad interna y subcutánea, y de la composición del tejido adiposo.

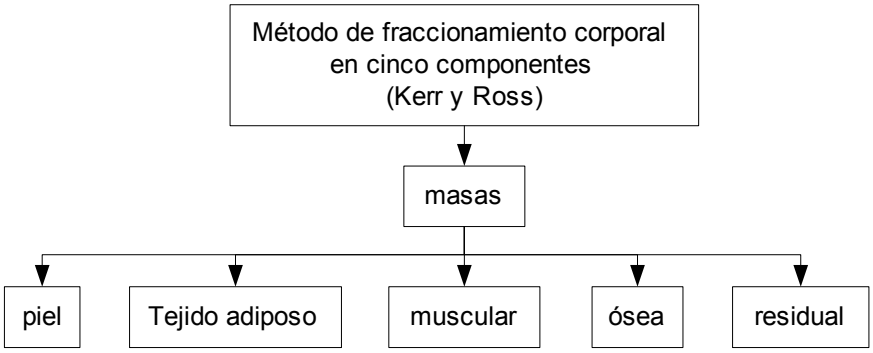
Los parámetros antropométricos más usados son los pliegues cutáneos, los cuales constituyen la base para calcular el porcentaje de grasa corporal desde las ecuaciones de regresión antes mencionadas. Sin duda, la medición de pliegues cutáneos brinda una información relativamente precisa y directa del espesor de la piel y el tejido adiposo subyacente (predominantemente grasa), por lo que tiene una validez considerable.

El fácil acceso al tejido adiposo subcutáneo, el hecho de que éste contiene una gran fracción del contenido lipídico total del organismo, y la difusión del uso de plicómetros, indican la valoración de los pliegues cutáneos como el método indirecto más razonable para la determinación de la GC. No obstante, lo que en realidad medimos con esta técnica, es el grosor de una doble capa de piel y tejido adiposo

subcutáneo comprimido. Como veremos posteriormente, la determinación de la GC total a partir de estas mediciones implica una serie de suposiciones cuestionables. Además, todas las ecuaciones de predicción son validadas por técnicas cuyos errores indefectiblemente se suman a aquellos inherentes al uso del calibre. En razón de este hecho, la corriente actual dentro de la cineantropometría es la de usar directamente los datos de los pliegues cutáneos, en lugar de intentar hacer estimaciones de la composición total del cuerpo a través de las ecuaciones de regresión. Estos pliegues, son indicadores por sí mismos del estado estructural, y pueden ser usados para monitorear cambios en el crecimiento, el ejercicio, la dieta, etc. Aun cuando tales ecuaciones puedan proveer estimaciones poblacionales útiles, parece claro que son poco confiables para predicciones individuales. Este punto será desarrollado en apartados posteriores.

Método de fraccionamiento corporal en cinco componentes.

El método de fraccionamiento corporal en cinco masas se basa en un modelo anatómico. Por esta razón, puede ser comparado con técnicas de visualización avanzadas como la resonancia magnética nuclear o la tomografía axial computada. Es importante resaltar que este método no debe compararse directamente con los métodos de determinación de la composición corporal definida químicamente (ver Niveles de organización de la composición corporal.). El método de fraccionamiento en cinco componentes incluye las siguientes masas: piel, tejido adiposo, muscular, óseo y residual.



Dado que es el método empleado en nuestro estudio para determinar el tejido adiposo (TA), conviene recordar cuales son las variables medidas para la derivación de las distintas masas fraccionales.

Variables para la derivación de masas fraccionales.

1. Masa de piel

- peso corporal
- estatura

2. Masa de tejido adiposo

- pliegue cutáneo triccipital
- pliegue cutáneo subescapular
- pliegue cutáneo supraspinal
- pliegue cutáneo abdominal
- pliegue cutáneo de la parte frontal del muslo
- pliegue cutáneo de la pantorrilla medial

3. Masa muscular

- perímetro del brazo relajado corregido por el pliegue cutáneo triccipital
- perímetro del antebrazo (no corregido)
- perímetro de la caja torácica, corregido por el pliegue subescapular
- perímetro del muslo, corregido por el pliegue de la parte frontal del muslo
- perímetro de la pantorrilla, corregido por el pliegue cutáneo de la pantorrilla medial

Fórmula General:

Perímetro corregido = Perímetro total - (π x Pliegue) / 10

4. Masa ósea

- diámetro biacromial
- diámetro biiliocristal
- diámetro biepicondilar del húmero
- diámetro biepicondilar del fémur
- perímetro de la cabeza (la masa ósea del cráneo se predice independientemente)

5. Masa residual

- perímetro de la cintura, corregido por el pliegue cutáneo abdominal
- diámetro antero-posterior de la caja torácica
- diámetro transversal de la caja torácica

A continuación, y a fin de que no quede lugar a dudas sobre los conceptos de cada una de las masas, transcribimos las definiciones y el razonamiento para la selección de las variables del artículo original de los creadores del método (Kerr y Ross[17]).

1. Piel: masa anatómicamente diseccionable de tejido conectivo, músculo liso, algo de músculo estriado superficial, pelo, glándulas, tejido adiposo asociado, nervios y vasos sanguíneos con sangre coagulada. La piel así definida, es considerada en función de la superficie corporal, el grosor y la densidad de la misma. Datos obtenidos de cadáveres muestran que la superficie de la piel disecada obtenida, es mayor en hombres que en mujeres, respecto a lo esperado, aplicando reglas geométricas teóricas. Se calcularon nuevas variables para las relaciones dimensionales de M0.425 y H0.725 en la fórmula de superficie de DuBois y DuBois (1916). El grosor de la piel fue estimado a partir de la relación de la masa de la piel obtenida respecto ala superficie de piel disecada, multiplicada por la densidad de piel obtenida. Esta fracción es la única que utiliza el peso corporal obtenido. Mantiene similitud geométrica, por ejemplo, con la suma de exponentes 0,425 + 3.(0,725) = 2 (que es la dimensión de un área).

2. Tejido adiposo: tejido separable por disección grosera y que incluye la mayor parte de tejido adiposo subcutáneo, el tejido adiposo omental que rodea a los órganos y las vísceras y una pequeña cantidad de tejido adiposo intramuscular. No es equivalente a la masa de grasa extraíble por éter químicamente[18], definida en el método densitométrico bicompartamental. En el modelo fraccional, el tejido adiposo fue basado en pliegues cutáneos de las extremidades y los lados del torso, reconociendo que las adiposidades de las extremidades predominan en las mujeres y las del torso en los hombres. Una subestimación sistemática en las

[17] Ross, W. y Kerr, D. (1993). Fraccionamiento de la Masa Corporal: Un Nuevo Método para Utilizar en Nutrición, Clínica y Medicina Deportiva. Revista de Actualización en Ciencias del Deporte Vol. 1 Nº3.

[18] Tal como lo definen Ross y Kerr. (1993), op. cit.

mujeres y una sobreestimación sistemática en los hombres ha hecho pensar que en el uso de pliegues cutáneos y perímetros musculares corregidos puede ser de utilidad para predecir este tejido, si se optimiza la fórmula.

3. Músculo: todo el músculo esquelético del cuerpo, incluyendo tejido conectivo, ligamentos, nervios, vasos sanguíneos y sangre coagulada y una cantidad indeterminada de tejido adiposo no separable físicamente del músculo. Excepto para el perímetro del antebrazo, el músculo fue estimado a partir de perímetros corregidos por el pliegue cutáneo (es decir, sustrayendo al perímetro, n x el grosor del pliegue cutáneo adyacente, en cm.). En el caso del perímetro del antebrazo no se hizo ninguna corrección porque en la mayoría de protocolos no se incluye la medida del pliegue cutáneo adyacente.

4. Hueso: tejido conectivo, incluyendo cartílago, periosteo y músculo que no hayan podido ser completamente eliminados por raspado; nervios, vasos sanguíneos con sangre coagulada y lípidos contenidos en la cavidad medular. Los diámetros biacromial y biiliocristal están incluidos, ya que son indicadores importantes del dimorfismo entre hombres y mujeres (Ross y Ward, 1982). Los diámetros del fémur y el húmero se duplican para que representen a las dos extremidades. Dado que los niños tienen una cabeza relativamente ancha, una escala por alturas de la medida de la cabeza se determinó independientemente al resto de la masa del esqueleto, basándose en la escala Phantom de perímetros de cabeza (no corregida por la estatura).

5. Masa de tejido residual: órganos vitales y vísceras consistentes en tejido conectivo, nervios, vasos sanguíneos con sangre coagulada y tejido adiposo que no pudo ser físicamente diseccionado de los órganos del tracto gastrointestinal (excluyendo la lengua que se considera parte de la masa muscular de la cabeza), los órganos sexuales, remanente del mesenterio, el tracto bronquial, los pulmones, el corazón y los vasos mayores y todos los tejidos restantes y los fluidos no incluidos en las otras cuatro fracciones. La suposición básica es que la masa de tejido residual llena la cavidad del tórax y pelvis, en volumen. Ya que esto es independiente de la longitud de extremidades, los valores Z de Phantom fueron relacionados a la talla sentado y no a la estatura.

Suposiciones implícitas en la medición de pliegues cutáneos.

Compresibilidad del tejido adiposo subcutáneo.

La variación en la comprensibilidad es probablemente el factor que presenta mayores dificultades. La compresibilidad del tejido adiposo puede dividirse en:

1) Compresibilidad Dinámica → La lectura del calibre declina luego de la compresión inicial del pliegue cutáneo. Aparentemente la causa más importante de esta declinación, es la cambiante proporción de agua intersticial en el tejido adiposo. Por ello, la mayoría de los antropometristas adoptan alguna técnica para estandarizar la lectura.

2) Compresibilidad Estática → Algunos estudios[19] muestran importantes diferencias interindividuales en el grado de compresibilidad de los pliegues cutáneos.

Grosor de la piel.

Todas las mediciones de pliegues incluyen una doble capa de piel. Se han encontrado diferencias importantes en las proporciones de piel que, aunque la contribución de la piel en relación al grosor total de los pliegues cutáneos no es muy grande, puede llevar a un error significativo (especialmente en aquellos lugares y sujetos con pequeñas cantidades de tejido adiposo).

Patrón de distribución del tejido adiposo.

El patrón de distribución de tejido adiposo subcutáneo exhibe una elevada variación interindividual. Por ello, es razonable usar la mayor cantidad posible de pliegues cutáneos para la predicción de este tejido.

Algunos trabajos muestran que el pliegue tricipital, sitio considerado como el mejor indicador de la grasa corporal, no es un buen predictor de la masa grasa, ya que presenta una elevada variación en este patrón de distribución.

Contenido lipídico del tejido adiposo.

Otro inconveniente para la estimación del contenido de grasa por calibres de pliegues cutáneos, reside en el hecho de que dos tejidos adiposos con idéntico grosor pueden contener concentraciones de grasa significativamente diferentes. En este sentido, está generalmente aceptado que, ante el incremento de los niveles de

[19] Martin AD, Ross WD, Drinkwater DT, Clarys JP. (1993). Predicción sobre tejido adiposo corporal, mediante técnica de calibre para pliegues cutáneos: suposiciones y evidencia cadavérica. Revista Actualización en Ciencias del Deporte. Vol. 1. Nº 4.

adiposidad, el contenido de agua disminuya y el de grasa aumente (relación inversa entre el contenido de agua y de grasa).

Tejido adiposo (TA) interno y externo.

Algunos estudios[20] muestran que existen elevadas correlaciones, tanto en hombres (r = 0.75) como en mujeres (r = 0.89), entre el TA interno y externo. Las pendientes de ambas líneas de regresión son casi idénticas, sugiriendo que para ambos, la deposición de cada kilogramo de tejido adiposo subcutáneo está asociado con la acumulación de alrededor de 200 grs. de tejido adiposo interno.

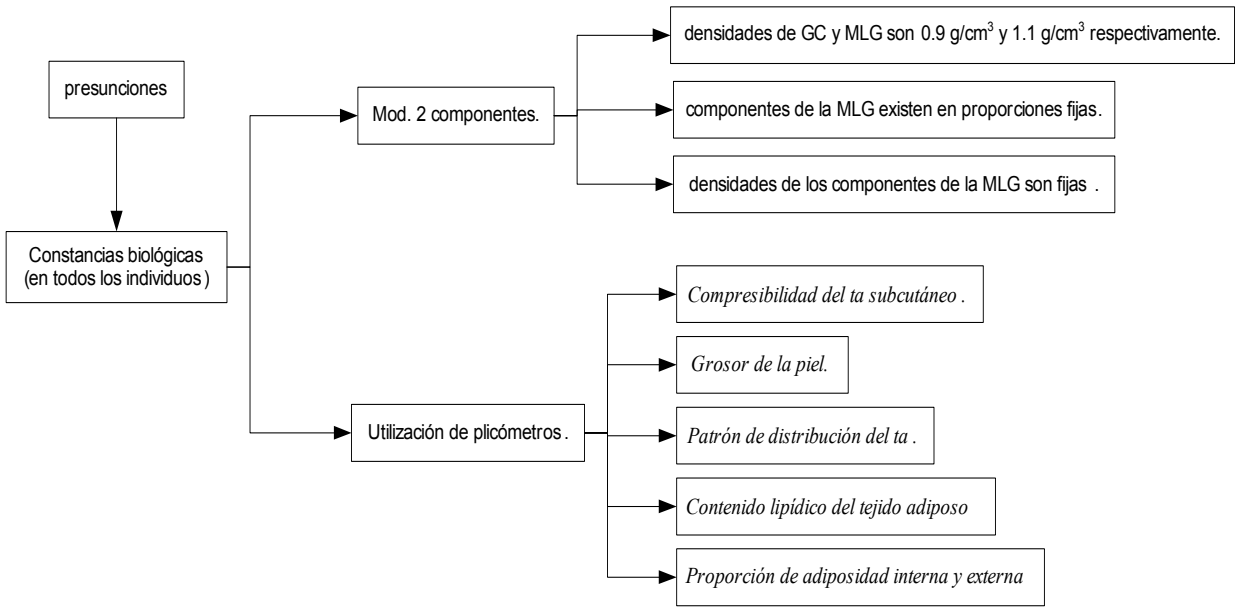
Por otro lado, y desde un punto de vista molecular, la grasa subcutánea representaría en relación a la grasa corporal total:

1) para Brozek → el 50%;

2) para Lohman → entre el 20 y el 70%;

3) para Martin → el 80%.

El siguiente diagrama muestra en forma sintética, tanto las presunciones del método de dos componentes como las del uso del plicómetro (calibres para pliegues).



Una de las variables a relacionar en nuestra investigación es el endomorfismo (ENDO), razón por la cual nos adentramos a continuación en el estudio del somatotipo.

[20] Martin AD, Ross WD, Drinkwater DT, Clarys JP. (1993). Predicción sobre tejido adiposo corporal, mediante técnica de calibre para pliegues cutáneos: suposiciones y evidencia cadavérica. Revista Actualización en Ciencias del Deporte. Vol. 1. Nº 4.

Somatotipo.

Una técnica utilizada para valorar el físico es el somatotipo. Este se define como "la cuantificación de la forma y composición actual del cuerpo humano"[21]; y se expresa en una escala de tres números que representan tres componentes: la endomorfia (adiposidad relativa), la mesomorfia (desarrollo músculo-esquelético) y la ectomorfia (linealidad ó delgadez relativa). Los valores para cada componente ubicados entre 2 y 2½ son considerados bajos, entre 3 y 5 moderados y aquellos que van de 5½ a 7 se consideran altos. La singular combinación de tres aspectos del físico, en una única expresión de tres números constituye el punto fuerte del concepto del somatotipo. Sin duda, el somatotipo constituye un método cuali-cuantitativo que define y califica las formas corporales del individuo; no obstante, no informa objetivamente sobre proporciones o porcentajes de masas corporales.

La escala de calificación y características del somatotipo se detallan a continuación:

	De 1 a 2,5	De 3 a 5	De 5.5 a 7	De 7.5 a 8.5
Endomorfia Adiposidad relativa.	Baja adiposidad relativa, poca grasa subcutánea; contornos musculares y óseos visibles.	Moderada adiposidad relativa, la grasa subcutánea cubre los contornos musculares y óseos, apariencia más blanda.	Alta adiposidad relativa, grasa subcutánea abundante, redondez en tronco y extremidades, mayor acumulación de grasa en el abdomen.	Extremadamente alta adiposidad relativa, muy abundante grasa subcutánea y grandes cantidades de grasa abdominal en el tronco, concentración proximal de grasa en extremidades.
Mesomorfia Robustez músculo-esquelética.	Bajo desarrollo músculo esqueléticos relativo, diámetros óseos estrechos, pequeñas articulaciones en las extremidades	Moderado desarrollo músculo-esquelético relativo, mayor volumen muscular y huesos y articulaciones de mayores dimensiones.	Alto desarrollo músculo-esquelético relativo, diámetros óseos grandes, músculos de gran volumen, articulaciones grandes.	Desarrollo músculo –esquelético relativo extremadamente alto, músculos muy voluminosos, esqueleto y articulaciones muy grandes.
Ectomorfia linearidad relativa.	Gran volumen por unidad de altura, extremidades relativamente voluminosas	Linearidad relativa moderada, menos volumen por unidad de altura, más estirado.	Linearidad relativa elevada, por volumen por unidad de altura.	Linearidad relativa extremadamente alta, muy estirado, volumen mínimo por unidad de altura.

(Adaptado de Carter y Heath, 1990)

[21] Norton y Olds "Antropométrica"; ediciones Biosystem, Argentina, 2000. Cap. 6 "Somatotipo" por Lindsay Carter.

Para realizar el cálculo del somatotipo mediante el método antropométrico se necesitan diez dimensiones:

- talla máxima, peso corporal.
- pliegues de: tríceps, subescapular, supraespinal y pantorrilla medial.
- diámetros de: fémur y húmero.
- circunferencias de: pantorrilla y de bíceps flexionado y contraído.

La valoración del somatotipo constituye una importante herramienta que permite valorar la forma física, y tener una visión objetiva de cómo modificar el peso corporal en pro de un mejor rendimiento. En palabras de Carter: "La morfología es la ciencia de la estructura y la forma, independientemente de la función, pero es un dictamen biológico básico que condiciona las funciones subsecuentemente, y por ello hay una relación entre ambos aspectos."[22] "... la morfología o el físico, están relacionados a la fisiología y a la biomecánica del cuerpo humano en movimiento. Masa, palancas y fuerzas son las piedras angulares del movimiento humano, y la cuantificación de éstas es el cimiento para la construcción de un más completo conocimiento del rendimiento humano."[23]

Sin duda, la falta de un físico adecuado puede impedir que un atleta alcance un elevado rendimiento deportivo. Estudios extensivos en atletas con variables niveles de rendimiento, han demostrado que las características "de forma" de los atletas constituyen un factor limitante en distintas especialidades deportivas. Sin duda, existe un encadenamiento lógico entre la fisiología, la biomecánica y las estructuras anatómicas, de ahí el valor de cuantificar objetivamente estas últimas.

Varios métodos de medición de la forma o perfil del cuerpo han sido aplicados al estudio de los atletas, pero sin duda el más importante sigue siendo el somatotipo de Heath y Carter.

Algunas de las ventajas de este método son las siguientes: 1) Es un método confiable y objetivo, 2) Cuando se combina con la técnica fotoscópica sus resultados se potencian, 3) Las mediciones pueden ser utilizadas para otros cálculos antropométricos, y 4) Su aplicación es amplia: deporte, nutrición, salud, obesidad, etc.

El somatotipo puede utilizarse para:

[22] Carter, Lindsay J. Factores Morfológicos que limitan el Rendimiento Humano. PubliCE Standard. 28/07/2003. Pid: 139.
[23] Ídem

1) describir y comparar deportistas en distintos niveles de competencia;

2) caracterizar los cambios del físico durante el crecimiento, el envejecimiento y el entrenamiento;

3) comparar la forma relativa de hombres y mujeres y

4) el análisis de la imagen corporal.

La somatocarta (carta somática), es una forma de graficación del somatotipo que permite visualizar y comparar distintos somatopuntos (puntos en el espacio somático). El somatotipo es en realidad tridimensional, no obstante tradicionalmente la calificación de los tres componentes es graficada en forma bidimensional en un esquema con forma de triángulo, y utilizando coordenadas X e Y. El cálculo de las coordenadas se ajusta a las siguientes fórmulas:

Coordenada X = ectomorfismo – endomorfismo

Coordenada Y = 2 x mesomorfismo – (endomorfismo + ectomorfismo)

A fin de integrar algunos de los conceptos ya tratados, a continuación abordaremos las diferencias entre valorar peso y grasa corporal en los sujetos.

Peso y grasa corporal.

El peso ideal debe estar basado en la composición corporal, es decir, ajustado a los porcentajes de grasa de la especialidad deportiva. De ninguna manera el peso debe estar sujeto a tablas que no contemplen las diferencias interindividuales entre los atletas. Sin duda, los deportistas deben ajustar su porcentaje de grasa al ideal del deporte, a fin de obtener el mejor rendimiento.

El conocer sólo el peso y la talla de un atleta resulta insuficiente para valorar las posibilidades de rendimiento del mismo. A pesar que el peso y el tamaño son importantes para la mayoría de los deportistas, el exceso de peso de acuerdo a los estándares de las tablas suele no ser un problema si el peso adicional está constituido por tejido muscular. Por este motivo, el peso “objetivo” (a alcanzar) debe estar basado en la composición corporal, a fin de evitar una reducción del nivel de rendimiento del atleta.

Por otro lado, la evidencia empírica muestra que muchos deportistas tienen niveles de adiposidad extremadamente bajos. Como consecuencia de los bajos niveles

de adiposidad, las diferencias entre los atletas de alto nivel que participan en la misma especialidad se estrechan. Por lo tanto, en estos casos sería más interesante cuantificar las diferencias interindividuales de los pesos magros.

No obstante, para muchos atletas sigue siendo importante la identificación de los más bajos niveles de pliegues cutáneos compatibles con una óptima performance y salud. El monitoreo de los pliegues cutáneos de los atletas puede servir para indicar qué tan cerca se encuentran de los niveles mínimos aceptables de adiposidad total.

Sin embargo, en muchos deportes de elite la preocupación por el peso es continua. Los deportistas de combate (boxeo, lucha), de disciplinas en donde existe un marcado interés estético (gimnasia, saltos ornamentales ó nado sincronizado), o de especialidades en donde se debe transportar el peso a través de largas distancias (maratón; ciclismo de ruta), mantienen una lucha constante por mantener un peso bajo. Por el contrario, en otros deportes el aumento del peso corporal se asocia con incrementos de la fuerza y la potencia[24], lo cual conferirá una ventaja sobre los oponentes. El control del peso corporal es también una inquietud frecuente dentro de los atletas colegiales, la cual se manifiesta por la consulta permanente a los entrenadores.

La diferencia entre peso y grasa corporal es evidente, pero a juzgar por la lectura de la bibliografía especializada, la divergencia entre esta última y la adiposidad es menos clara. En razón de esto, y para entender en profundidad el desacuerdo entre tejido adiposo y grasa corporal, deberemos abordar el concepto de lípidos.

Lípidos.

Definición.

Los lípidos constituyen un grupo heterogéneo de sustancias cuya característica común es ser insolubles - o poco solubles - en agua, y solubles en solventes orgánicos. Los lípidos son componentes esenciales de los seres vivos. A nivel molecular, casi todos estos elementos están formados por ácidos orgánicos monocarboxílicos, comúnmente llamados ácidos grasos.

[24] Potencia=fuerza * velocidad.

Ácidos grasos (ag)

Los ácidos grasos que se obtienen a partir de lípidos de animales son monocarboxílicos de cadena lineal; la gran mayoría tiene un número par de átomos de carbono entre 14 y 24; los más abundantes son los de 16 y 18 carbonos. Pueden ser saturados o insaturados (una, dos o más doble ligaduras), éstos son monoetilénicos o polietilénicos. Los más importantes son: saturados, monoetilénicos, dietilénicos, trietilénicos, tetraetilénicos. Los tres ácidos grasos más comunes en el cuerpo humano son: ac. Esteárico, ac. Oleico y ac. Palmítico. A medida que la cadena carbonada se hace más larga, predomina la porción hidrófoba y la solubilidad en agua disminuye. Los puntos de fusión y ebullición aumentan con la longitud de la cadena. La rigidez del doble enlace crea la posibilidad de isomeria geométrica. Al aumentar el número de carbonos disminuye el carácter acídico. Si se reemplaza el hidrógeno del grupo –cooh por un metal, se forma una sal (jabones). Los ácidos grasos reaccionan con alcoholes formando ésteres.

El valor calórico de los ácidos grasos (9 Kcal./g) es más del doble del de los glúcidos y las proteínas (4 kcal/g), debido a que son compuestos altamente reducidos.

Los ácidos grasos de cadena larga son precursores de hormonas y mensajeros intracelulares, constituyendo además, una importante fuente de energía (almacenados como tg).

Los ácidos grasos linolénico, linoleico y araguidónico (poliinsaturados), a causa de su acción, son denominados ácidos grasos esenciales. Estos son necesarios para la salud y deben ingerirse con la dieta (el organismo no los sintetiza).

Clasificación de los lípidos.

Los lípidos se clasifican en: 1) Lípidos simples → acilgliceroles. Son esteres de ácidos grasos con glicerol. Según el número de funciones alcohólicas esterificadas se tienen: manoacilgliceroles, diacilgliceroles y triacilgliceroles. Los triacilgliceroles, son también llamados triglicéridos o grasa neutras. Estos son los lípidos más abundantes en la constitución de los seres vivos. Representan un material de reserva energética y, como integrantes del panículo adiposo, cumplen también funciones de protección mecánica y aislamiento térmico. 2) Lípidos complejos → Fosfolípidos, glicerofosfolípidos, plasmalógenos, esfingofosfolípidos, glicolípidos, gangliósidos, sulfolípidos y lipoproteínas. 3) Sustancias asociadas a lípidos → Terpenos y esteroles.

Sintéticamente, podríamos decir que los lípidos biológicamente importantes son: 1) triglicéridos (grasas neutras), 2) fosfolípidos[25] (lípidos estructurales inherente de las membranas y otras partes de la célula), y 3) colesterol. Químicamente la parte lipídica básica de los TG y los fosfolípidos son los ácidos grasos (el colesterol no contiene ácidos grasos)

Es importante destacar que durante el ayuno se movilizan las grasas neutras, pero se preservan los lípidos estructurales.

Triglicéridos (TG - grasa neutra)

La estructura química básica de los TG consiste en la unión de tres moléculas de ácidos grasos a una molécula de glicerol.

Fosfolípidos.

Los tres principales tipos de fosfolípidos corporales son las licitinas, las cefalinas y las esfingomielinas. Los fosfolípidos contienen una o varias moléculas de ácidos grasos, un radical de ac. Fosfórico y, a menudo, una base nitrogenada. Su estructura química es variable, pero sus propiedades físicas son semejantes; son liposolubles, transportados por sangre como lipoproteínas, y utilizados con fines estructurales (integración en membranas celulares e intracelulares). Además los fosfolípidos desempeñan las siguientes funciones aisladas: 1) constituyentes importantes de las lipoproteinas y del sistema nervioso (esfingomielinas – vaina de mielina), 2) necesarias para iniciar la coagulación (tromboplastinas), y 3) donantes de radicales fosfato precisos para diferentes reacciones químicas.

Colesterol.

La estructura básica del colesterol es un núcleo esteroide. Es una molécula muy liposoluble pero poco hidrosoluble, y puede formar esteres con ácidos grasos (el 70% del colesterol presente en las lipoproteínas se encuentra en forma de esteres). Además del colesterol que se absorbe diariamente en el aparato gastrointestinal (colesterol exógeno), se forma una cantidad aún mayor en las células (colesterol endógeno). Básicamente todo el colesterol circulante en las lipoproteínas plasmáticas es de procedencia hepática, pero también se sintetiza en el resto de las células del organismo. El colesterol se emplea fundamentalmente para formar ácido cólico en el hígado; el cual se combina con otras sustancias para dar origen a sales biliares que facilitan la digestión y absorción de las grasas. Una pequeña cantidad es utilizada por las glándulas

[25] Y glicolípidos

suprarrenales para formar hormonas corticosuprarrenales, por los ovarios para formar progesterona y estrógenos, y por los testículos para formar testosterona. Además, en la capa córnea de la piel precipita gran cantidad de colesterol que la protege de agentes químicos y disminuye la evaporación.

Transporte de lípidos.

Casi todas las grasas de la alimentación pasan del intestino al sistema linfático. La mayoría de los TG se desdobla en monoglicéridos y ácidos grasos. Luego de ser absorbidos atravesando las células epiteliales intestinales, se resintetizan nuevas moléculas de TG que pasan a la linfa como diminutas gotitas dispersas, los quilomicrones. Estos llevan absorbidas a su superficie externa una pequeña cantidad de aproteina b, la cual aumenta su estabilidad y previene su adherencia a los vasos linfáticos. Lo quilomicrones alcanzan la unión de las venas subclavia y yugular a través del conducto torácico pasando a la sangre.

Los quilomicrones están compuestos mayoritariamente por TG pero contiene un 9% de fosfolípidos, 3% de colesterol y 1% de apoproteina b.

La grasa de la sangre se extrae mediante la hidrólisis de los TG de los quilimicrones por la enzima lpl (lipoproteinlipasa) situada en los capilares del TA y el hígado. Los ácidos grasos difunden de inmediato al interior de las células de estos tejidos, y una vez en su interior se resintetizan para formar TG.

El transporte de la grasa almacenada en el TA hacia otros tejidos (principalmente para proporcionar energía) sucede fundamentalmente en forma de ácido graso libre (AGL o por sus siglas en inglés FFA – free fat acid), el cual se obtiene por hidrólisis de los triglicéridos dando ácidos grasos y glicerol. Cuando abandonan las células grasas, los ácidos grasos se combinan inmediatamente con moléculas de albúmina de las proteínas plasmáticas. La cantidad de FFA presentes en la sangre es pequeña, pero se renueva con gran rapidez. En síntesis, los FFA circulan unidos a la albúmina, y los TGs, el colesterol y los fosfolípidos en forma de complejos vitamínicos.

Los quilomicrones y sus remanentes son un sistema de transporte para los lípidos exógenos ingeridos. Existe también un sistema endógeno constituido por lipoproteínas de muy baja densidad, de densidad intermedia, de baja densidad y de alta densidad, que transportan TG y colesterol por todo el cuerpo. La mayor parte de las lipoproteínas se sintetizan en el hígado.

Acumulación de lípidos (tejido adiposo).

"El tejido adiposo se considera un órgano difuso de gran actividad metabólica, aproximadamente el 15% del peso corporal de una persona adulta esta compuestos por lípidos, que representa una importante reserva energética"[26]

Composición del tejido adiposo (TA).

Los adipocitos están compuestos no solo por TGs, sino también por agua, electrolitos y proteínas en proporciones variables. Los adipocitos representan entre uno y dos tercios del TA. El resto del tejido está constituido por células sanguíneas, endoteliales y nerviosas; periocitos y precursores de los adipocitos con distintos grados de diferenciación: fibroblastos, preadipocitos, mesenquimales y células grasas pequeñas.

Localización, acumulación, y distribución del TA.

El TA se encuentra localizado en distintas partes del organismo, a saber: a escala dérmica subcutánea[27], mediastínica, mesentérica, perigonadal, perirrenal y retroperitoneal.

La acumulación de grasa en distintas zonas del organismo viene determinada por diferencias regionales en el balance entre los procesos de movilización y almacenamiento lipídico. En este sentido, las mujeres presentan una acumulación preferentemente periférica, y los varones una distribución central o abdominal.

La grasa subcutánea varía de una zona a otra de acuerdo con la edad, el sexo y el estado nutricional. La distribución diferencial de las zonas de preferencia de la grasa subcutánea constituye uno de los caracteres sexuales secundarios. En las mujeres se ubica en las mamas, las caderas, las nalgas y los muslos; en el hombre, en la nuca, la parte inferior del vientre y los flancos. Cabe destacar que en las regiones donde la función principal es de tipo mecánico, las células adiposas no liberan los lípidos en caso de ayuno.

Importancia de la distribución del tejido adiposo.

La grasa abdominal puede dividirse en subcutánea e intraabdominal y ésta última en retroperitoneal (aproximadamente el 25%) y visceral o intraperitoneal (75% restante). Las relaciones encontradas entre índice de masa corporal (IMC) y morbi-

[26] Finn,G. (1997). Tejido Adiposo. En: Histologia. De. Panamericana. México. pg 163-168.

[27] Aproximadamente la mitad de la grasa del cuerpo se deposita debajo de la piel (tejido celular subcutáneo).

mortalidad, incidencia de diabetes e hipertensión arterial en distintos grupos poblacionales son inconstantes. En general, se han encontrado relaciones más fuertes entre factores de riesgo cardiovascular y cantidad de grasa intraabdominal, que con la grasa total o el valor de IMC. Por ejemplo, el sobrepeso suele considerarse como un factor de riesgo de accidente cerebrovascular, pero varios estudios sí han mostrado relación de este último con la grasa intraabdominal.

La grasa visceral aumenta con la edad en ambos sexos, especialmente y de forma acelerada en mujeres postmenopáusicas, y su incremento se asocia a la elevación de triglicéridos. En este sentido, el porcentaje de grasa interna o visceral se eleva con el aumento de peso.

En algunos grupos de población se ha mostrado que la grasa visceral es un predictor de diabetes mellitus tipo 2, de forma mucho más clara que la grasa subcutánea o que el IMC. De la misma forma, se asocia el aumento de esta grasa con el descenso de HDL y el incremento de triglicéridos. No obstante, la relación entre grasa visceral y variaciones de las LDL no es tan clara.

La valoración de la grasa visceral implica la realización de técnicas radiológicas, como la tomografía axial computada (ver anexo) a nivel de L4-L5, lo que limita su empleo en estudios epidemiológicos o clínicos extensos. Por esta razón, se propuso la medida del índice cintura/cadera., admitiendo como marcadores de grasa visceral diferentes valores. En España, se apuntaron valores superiores a 1 en varones y a 0,85-0,9 en mujeres 5,9; en tanto que en EEUU se propusieron los límites en 0,95 y 0,80 respectivamente.

La estimación de la grasa perivisceral en obesos es importante porque nos permite predecir el riesgo metabólico en estos pacientes. Algunos estudios muestran que existe una buena correlación entre antropometría y tomografía axial computada (TAC) respecto al diámetro sagital y perímetro de cintura. Aunque se ha desarrollado una fórmula de estimación, es preciso aumentar el número de casos y estratificar el grupo por sexos para aumentar la fiabilidad de las ecuaciones predictivas.

La acumulación de grasa intraabdominal (obesidad del segmento corporal superior, también llamada central, visceral, androide o tipo manzana), se encuentra más asociadas con la diabetes mellitus tipo 2 y la ateroesclerosis, que cuando la

acumulación de grasa se produce preferentemente en caderas y extremidades inferiores (obesidad del segmento corporal inferior, también llamada periférica o ginecoide)[28].

En la actualidad está claramente aceptado que la obesidad del segmento corporal superior va asociada con el desarrollo de una serie de patologías, componentes todas del llamado síndrome plurimetabólico o síndrome X.

Recientemente, varios trabajos han indicado una mejor correlación de la grasa visceral con el perímetro de la cintura (medido en la horizontal que pasa por la distancia media entre la última costilla y el borde iliaco superior), que sería una de las variables más importantes en la estimación de la mortalidad coronaria. El 90% de la varianza del perímetro de la cintura se atribuiría a la modificación de la grasa (corporal total, subcutánea y abdominal profunda), mientras que estas variables explicarían sólo el 50% de las variaciones del índice cintura/cadera. En España, según el percentil 90 de la población adulta, se ha apuntado como riesgo cardiovascular moderado los perímetros de cintura superiores a 95 cm en varones y 82 cm en mujeres y, como riesgo elevado, si se sobrepasan los 102 cm y 90 cm respectivamente, lo que equivaldría a superar los 25 cm de diámetro sagital abdominal. Algunos estudios norteamericanos, han señalado que la circunferencia de la cintura que supere los 102 cm en varones y los 88 cm en mujeres sirve para identificar el componente ponderal del síndrome metabólico como marcador de riesgo cardiovascular.

Por otro lado, existe una clara correlación (casi lineal) entre la edad y el volumen de grasa visceral en varones, a partir de la juventud. En mujeres, la correlación es menor antes de la menopausia, pero se incrementa tras el climaterio.

Como ya hemos señalado, existen diferencias importantes en el depósito visceral de grasa entre personas con similar IMC. La correlación entre grasa corporal total y volumen de grasa visceral solamente mantiene un cierto poder predictivo en pacientes con sobrepeso importante. Además, el depósito de grasa visceral se incrementa relativamente con el balance energético positivo, pero con una amplia variabilidad interidividual.

En la obesidad, especialmente en grados moderados, las relaciones encontradas entre IMC y morbi-mortalidad cardiovascular en varios grupos de población son inconstantes; al igual que con la incidencia y prevalencia de diabetes e hipertensión

[28] López, L.; Morales, C. (2002) Obesidad en la infancia y adolescencia: síndrome plurimetabólico en el niño obeso. Unidad de Endocrinología Pediátrica y Crecimiento. Hospital Militar de Sevilla. Facultad de Medicina. Univesidad de Sevilla VOX PAEDIATRICA, 10,2 (46-51).

arterial. En general, se han encontrado relaciones más fuertes entre factores de riesgo cardiovascular y cantidad de grasa intraabdominal, que entre los mismos factores y la grasa total o el valor de IMC. Por ejemplo, el sobrepeso no se suele considerar como un factor de riesgo de accidente cerebrovascular, pero varios estudios sí han mostrado relación de este riesgo con la grasa intraabdominal.

En este contexto, sería importante que cada grupo de personas tuviera marcadores de grasa abdominal propios, pues varios trabajos han mostrado marcadas diferencias poblacionales y etarias. También se ha comunicado que la influencia de la grasa troncal total constituye un mejor marcador de la resistencia insulínica que la grasa abdominal.

Distribución de tejido adiposo. (androide – ginecoide).

Uno de los avances más importantes en el conocimiento de los riesgos para la salud que se asocian con el exceso de peso, proceden de estudios sobre la ubicación predominante de la grasa corporal. Como mencionamos anteriormente, de acuerdo a la distribución de la grasa, las personas pueden clasificarse en:

1) androide → obesidad del segmento corporal superior del cuerpo. También es llamada central, visceral, abdominal, tipo masculino o tipo manzana; o

2) ginecoide → obesidad en la parte inferior del cuerpo (caderas y extremidades inferiores), también llamada periférica o tipo femenino.

El tipo de distribución depende de numerosos factores. Algunos estudios[29] muestran que, en mujeres premenopáusicas, el hábito de fumar cigarrillos promueve la adiposidad androide vía efectos interactivos con los esteroides sexuales. Otros trabajos[30], indican que la distribución relativa de la grasa subcutánea se encuentra muy influenciada por la cantidad absoluta de tejido adiposo corporal.

Hormonas sexuales y distribución del tejido adiposo.

Sin duda, los esteroides sexuales están implicados en la distribución del tejido adiposo, influyendo directamente en el tamaño y número de los adipocitos humanos. Los esteroides sexuales intervienen en la diferenciación sexual de la pubertad. Las

[29] Daniel, M.; Martin, A.; Fainman, C. (1993) Hormonas sexuales y distribución de tejido adiposo en mujeres fumadoras pre-menopáusicas. Revista de Actualización en Ciencias del Deporte Vol. 1 Nº 4.

[30] Demarchi, D.; Zurlo de Mirotti, S. y Marcellino, A. (2001). Pautas de la distribución corporal del tejido adiposo en adolescentes Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba Rev Cubana Invest Biomed; 20(2):87-92

niñas toman una distribución ginecoide (glúteo-femoral), los varones una distribución androide (abdominal). Esta variación puberal de distribución ginecoide-androide, es causada por las modificaciones en las concentraciones séricas de estradiol y testosterona. El dimorfismo sexual de la distribución de grasa corporal en adultos, parece estar directamente mantenido por efectos regionales específicos de las hormonas reproductivas sobre los adipocitos. Las mujeres post menopáusicas cambian la distribución ginecoide a androide, concomitantemente con el incremento relativo de los niveles de andrógenos sobre los estrógenos. Tales observaciones sugieren la hipótesis de que la distribución del tejido adiposo se encuentra en función del balance androgénico/estrogénico.

Indudablemente, las hormonas reproductivas están relacionadas con la distribución de la grasa corporal. Algunos trabajos sugieren además que, en mujeres jóvenes, el fumar cambia la distribución del tejido adiposo (de una configuración ginecoide a una androide) a través de efectos interactivos con las hormonas sexuales. Otras investigaciones[31] indican que las hormonas sexuales parecen asociarse con la distribución de la grasa abdominal de diferente manera en ambos sexos, y en las distintas localizaciones adiposas.

A fin de valorar el grado de distribución del tejido adiposo se construyeron diversos índices, entre los que se destaca la relación cintura/cadera.

Relación cintura/cadera.

Cómo dijimos, la pertenencia del sujeto a los diferentes subgrupos de obesidad (androide o ginecoide), es fácil de definir en el adulto por la relación cintura/cadera[32]. Este índice es utilizado frecuentemente en estudios epidemiológicos, ya que presenta una buena correlación con la grasa visceral. La relación cintura/cadera, proporciona un índice de la distribución regional de la grasa corporal. Esta localización de la grasa, constituye un indicador importante para valorar los riesgos que ocasiona el exceso de

[31] Garaulet, M. (1), Pérez-Llamas, F.(l), García, V. (1), Zamora, S. (1) y Tebar, F. (2) Tamaño de adipocitos y distribucion de la grasa corporal en sujetos obesos: su relación con las hormonas sexuales. PONENCIAS DEL IV CONGRESO NACIONAL DE LA SEEDO Area: Composición corporal y distribución de la grasa Centro (1) Departamento de fisiología. (2)Servicio de endocrinología. H.U. Virgen de la Arrixaca. Universidad de Murcia.

[32] Indice Cintura Cadera: Se obtiene: perímetro abdominal perímetro de las caderas Perímetro abdominal: medir a nivel umbilical o en un punto equidistante del borde inferior de la última costilla y de la cresta ilíaca anterior. Perímetro de las caderas: se mide a nivel de los trocánteres femorales mayores ó 4 cm por debajo de la espina ilíaca antero superior . Hay mayor riesgo cardiovascular (C.V.) cuando el ICC >0.9 - 1 (hombres) y >0.8 – 0.85 en mujeres.

peso para la salud. La relación cintura/cadera evalúa el patrón de distribución de la grasa corporal y establece el nivel de riesgo de sufrir enfermedades crónicas degenerativas no transmisibles en el adulto. Sin duda, presenta características técnicas de poca complejidad y bajo costo. Además, como dijimos, es sensible a las predicciones de riesgo de salud, y se correlaciona muy bien con la edad y el sexo.

La medida del índice cintura/cadera constituye una expresión de la cantidad de grasa intra-abdominal. Como tal, ha adquirido un valor predictivo importante de riesgo de alteraciones y consecuencias metabólicas de la obesidad, por lo cual su uso como diagnóstico de tal patología casi iguala en importancia al IMC.

El índice cintura/cadera se determina dividiendo la circunferencia a nivel del ombligo por el perímetro máximo de las caderas y los glúteos. Este índice es mayor en el hombre que en la mujer, precisamente por la diferente distribución de la grasa en ambos sexos, y tiende además a aumentar con la edad. Se considera que un índice mayor de 0,95 en el hombre y de 0,80 en la mujer ya predice riesgos de anormalidades metabólicas. Sin embargo, en los últimos años la circunferencia de la cintura es reconocida como el mejor marcador de sobrepeso y obesidad, dada su estrecha relación con la grasa abdominal. Ésta, como dijimos anteriormente, es responsable en mayor medida de las consecuencias metabólicas directas relacionadas con tal patología. Una circunferencia de la cintura mayor de 94 mm en el hombre y de 80 mm en la mujer, es diagnóstico de sobrepeso u obesidad abdominal, aun cuando el IMC no lo evidencie, y resulta un marcador importantísimo de futuras complicaciones

Función del tejido adiposo.

Como mencionamos anteriormente, la grasa se almacena fundamentalmente en el tejido adiposo (depósito graso) y el hígado. El tejido adiposo tiene varias funciones, siendo la más importante la de almacenamiento[33] de ácidos grasos (en forma de triglicéridos dentro de los adipocitos) y su liberación como combustible metabólico cuando se requieran en alguna otra parte del cuerpo para producir energía. Pero además, el tejido adiposo protege al cuerpo contra variaciones de temperatura y desarrolla una gran actividad endocrinometabólica.

El depósito de grasa visceral sirve primordialmente para la movilización fácil y rápida de reservas energéticas. En la mujer, el depósito glúteo-femoral de grasa sirve

[33] Más de 90% de la energía corporal se almacena en forma de triglicéridos en el tejido adiposo.

fundamentalmente como sitio de almacenamiento durante los períodos de estrés fisiológico, tales como el embarazo y la lactancia. Esta especialización anatómica y funcional se regula por un balance de hormonas sexuales.

Evolución del tejido adiposo.

El cuerpo humano tiene al momento de nacer una importante cantidad de grasa (aproximadamente 12%). Durante el período neonatal el tejido adiposo corporal aumenta rápidamente hasta alcanzar un máximo de 25% hacia los seis meses, momento en que comienza a declinar hasta el período prepuberal. Durante la pubertad se produce un aumento significativo del tejido adiposo en las mujeres y una reducción igualmente grande en los varones. Hacia los 18 años de edad los hombres tienen entre 15% y 18% de grasa en su organismo y las mujeres entre 20% y 25%. La grasa aumenta en ambos sexos después de la pubertad, y durante la vida adulta llega a alcanzar entre 30% y 40% del peso corporal. Entre los 20 y los 50 años el contenido de grasa de los hombres se duplica y el de las mujeres aumenta aproximadamente un 50%. Sin embargo, el peso total sólo se eleva de 10% a 15%, lo cual indica que se produce una reducción de la masa magra corporal. El hecho de que la sumatoria de las mediciones de pliegues cutáneos permanezca constante indica que la grasa se acumula en áreas distintas del tejido adiposo a medida que la edad avanza. Sin duda, la obesidad aumenta con la edad, experimentando un brusco ascenso durante los últimos diez años de vida.

Clasificación del tejido adiposo.

El tejido adiposo puede dividirse en blanco y pardo. El balance entre ambos depende de factores tales como el calor, el frío, la obesidad, etc. Estos tejidos presentan diferencias morfológicas, fisiológicas, genéticas y de distribución; algunas de las cuales se analizan a continuación.

Tejido adiposo común (blanco, amarillo o unilocular).

Este tejido está formado por adipocitos uniloculares[34]. Estas células producen leptina, hormona que regula la ingesta, el gasto y distribución de la energía a otros tejidos. Las células uniloculares varían mucho de tamaño. Los adipocitos esféricos se deforman entre sí adaptando formas poliédricas. Cada célula contiene una única gota grande central y el citoplasma se reduce a un fino reborde. El núcleo se encuentra

[34] Contienen una única gota grande de lípido.

desplazado hacia la periferia y adopta una forma oval aplanada. Los lípidos son casi en su totalidad triglicéridos. Se distinguen escasas organelas. El tejido adiposo blanco tiene gran importancia como productor de sustancias con acción endocrina, paracrina y autocrina; así como una rica vascularización. Estas sustancias se encuentran implicadas con la regulación del peso corporal, con el sistema inmune, la función vascular, la resistencia a la insulina, la función reproductora, etc. El tejido adiposo blanco se encuentra distribuido como grasa subcutánea y panículo adiposo en el mesenterio en la zona retroperitoneal.

Tejido adiposo pardo (marrón o multilocular).

Este tejido posee adipocitos multiloculares con abundantes mitocondrias que expresan cantidades de proteínas desacoplantes 1 (ucp 1), responsables de la actividad termogénica de este tejido. Las células constituyentes del tejido adiposo pardo son más pequeñas que la del tejido adiposo blanco. El citoplasma es más abundante y granulado, conteniendo numerosas gotas de lípidos (TG) de distintos tamaños. En el citoplasma se distinguen grandes mitocondrias. El escaso tejido conectivo presenta muchos más capilares (mayor irrigación sanguínea). Posee, además, numerosas fibras nerviosas entre las células. Este tejido es muy escaso en adultos, y se encuentra muy desarrollado en el feto y en el recién nacido (de 2 al 5 % del peso corporal). Se ubica entre los escápulas, en las axilas, la nuca y a lo largo de los grandes vasos sanguíneos. Con el paso del tiempo se transforma en tejido adiposo blanco. La estimulación por inervación simpática libera noradrenalina, la cual incrementa la lipólisis del tejido adiposo pardo aumentando la producción de calor.

Diferencias en los adipocitos.

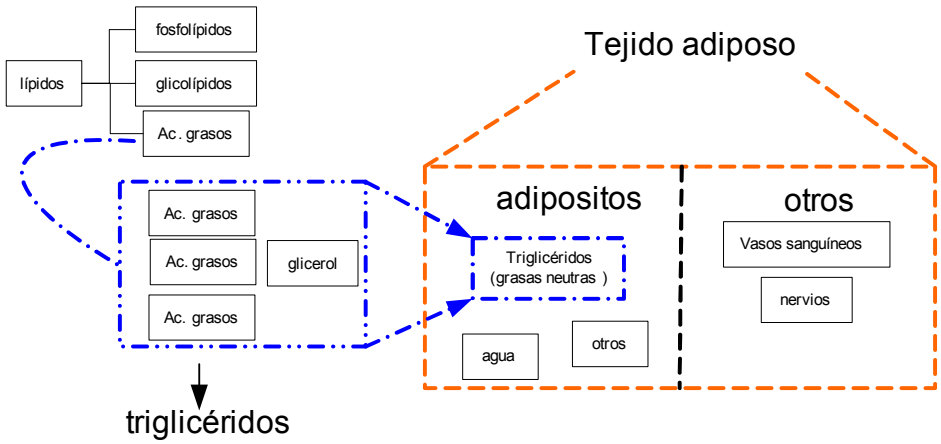
Los adipocitos del tejido graso abdominal presentan importantes diferencias endocrinológicas y metabólicas en relación a los adipocitos del tejido graso subcutáneo. Estas diferencias pueden contribuir al inicio y desarrollo del síndrome plurimetabólico (o síndrome X). Los adipocitos de la región subcutánea tienen más capacidad de síntesis de leptina, mayores efectos antilipolíticos de la insulina, y mayor afinidad por el receptor de insulina que los de la región abdominal. Por otro lado, los adipocitos de la región visceral poseen un mayor turnover de triglicéridos, más receptores andrógenos, adrenérgicos y de glucocorticoides que los adipocitos de la región subcutánea. De esta manera, la resistencia a la acción de la insulina puede estar presente de forma selectiva en los adipocitos del tejido graso visceral y no estarlo en los adipocitos del tejido graso subcutáneo. Sin duda, la acumulación excesiva de

triglicéridos, condiciona cambios importantes en el metabolismo de las células grasas, contribuyendo a la instauración de una resistencia a la acción de la insulina. Esta resistencia puede dar origen a una hiperinsulinemia y favorecer el desarrollo de la diabetes mellitus tipo 2.

Dificultades conceptuales.

Como mencionamos anteriormente, uno de los principales objetivos en el análisis de la composición corporal es el de valorar la grasa y la adiposidad de los sujetos. Pero estos dos conceptos, que designan elementos diferentes, con frecuencia son confundidos y utilizados erróneamente (aún en la bibliografía especializada). Utilizar estos términos en forma intercambiable constituye un importante error que dificulta la interpretación teórica y, en consecuencia, el ejercicio investigativo de la disciplina.

Como vimos, los conceptos de grasa corporal y tejido adiposo refieren a elementos distintos. Por grasa se definen los triglicéridos (extraíbles por éter) que se localizan en el tejido adiposo, tejido muscular y médula ósea. No comprende esteroles y fosfolípidos que, cómo vimos, pertenecen al grupo de los lípidos (ver Clasificación de los lípidos.). En cambio, el tejido adiposo está compuesto no solo por triglicéridos, sino también por agua, electrolitos y proteínas que se hallan dentro del adipocito; además de células sanguíneas, endoteliales, etc., las cuales se encuentran por fuera del mismo.



Por otro lado, la expresión “tejido graso” es imprecisa, y se presta a confusión. Es decir, el vocablo tejido nos refiere a un "... conjunto de células semejantes entre sí

que tienen un origen común y la misma fisiología..."[35]. Por lo tanto, el complemento terminológico correcto de la palabra tejido sería adiposo, en relación a las células constituyentes del mismo (adipocitos); y no graso, que es el elemento molecular predominante, pero no exclusivo. Si aceptamos el término "tejido graso" deberíamos también incluir el de "tejido mineral" o "tejido proteico", para referirnos al tejido óseo y muscular respectivamente. Como vemos, un error surge de utilizar intercambiablemente conceptos distintos, y otro de fusionarlos en una única expresión.

La grasa corporal (nivel molecular) no debe ser confundida con las células grasas o adipocitos (nivel celular) o el tejido adiposo (nivel anatómico), ya que cada uno de estos términos responde a un nivel de organización corporal diferente (ver Niveles de organización de la composición corporal). Muchos estudios presentan, en este sentido, cierta confusión a la hora de definir a que nivel de división corporal hacen referencia.

Por otro lado, grasa corporal y contenido lipídico tampoco son sinónimos, ya que este último incluye, además de los triglicéridos, fosfolípidos y colesterol (ver Clasificación de los lípidos.)

Los lípidos presentes en el cuerpo no sólo se almacenan en el tejido adiposo subcutáneo, sino también en los músculos, los huesos (tuétano), el corazón, los pulmones, el hígado, el bazo, los riñones, los intestinos y el sistema nervioso central. A este contenido lipídico se lo denomina "grasa esencial", ya que permite el funcionamiento fisiológico normal del organismo. Behnke estimó que la "grasa esencial" debería estar en un 3% en varones y un 12% en mujeres, valores debajo de los cuales no sería posible la vida.

En las mujeres, a esta "grasa esencial" hay que adicionarle la grasa "específica del sexo", la cual se acumula en las glándulas mamarias (pechos), la zona pélvica (órganos reproductivos) y el contenido lipídico subcutáneo situado en caderas, glúteos y muslos. No obstante, los depósitos de contenido lipídico sustanciales específicos del sexo en la mujer lo constituyen las regiones pélvicas y de los muslos, ya que el aporte de los senos presenta importantes diferencias interindividuales.

Ahora bien, el contenido lipídico de la "grasa esencial", al formar parte de órganos y huesos, fue incluido dentro del término "masa magra" o "libre de grasa", razón por la cual ambas expresiones resultan ambiguas. En este sentido, la diferencia

[35] Hib, Jose (2001). Histología de Di Fiore. Buenos Aires: Morillo.

entre los conceptos masa magra y masa libre de contenido lipídico, estriba en que el primero excluye y el segundo incluye los lípidos constituyentes de las membranas celulares y el sistema nervioso. Por esta razón, tanto el concepto de "masa magra" como el de masa libre de contenido lipídico, resultan ambiguos y problemáticos desde el punto de vista de su valoración.

De la revisión de diversas publicaciones nos surgen algunos interrogantes, a saber: 1) ¿cómo determinar cuáles son los lípidos esenciales y cuáles no? 2) ¿cuál es la justificación para mezclar, bajo un mismo concepto ("masa magra") proteínas, minerales y lípidos? Estas problemáticas no serán abordadas ya que exceden los límites del presente trabajo.

Como se mencionó en la parte introductoria de este escrito nuestro objetivo es analizar la relación entre el tejido adiposo (TA), la grasa corporal (GC), el índice de masa corporal (IMC) y endomorfismo (ENDO). Queda claro que, si bien no es parte de las variables a relacionar, que el trabajo gira en torno al problema de la obesidad.

Obesidad.

Definición de obesidad.

La obesidad ha sido definida como "la situación en la que el almacenamiento de grasa se acompaña de riesgos para la salud, claramente mayores"[36] o bien como "... el aumento de tejido adiposo, de forma patológica, en relación al tejido magro..."[37]. Sin duda, la obesidad es el trastorno metabólico y nutricional más antiguo que se conoce en la historia de la humanidad.

Obesidad y estadística.

La obesidad es una condición patológica muy común en el ser humano, que se ha ido incrementando hasta convertirse actualmente en una pandemia con consecuencias nefastas. Sin duda, la obesidad se ha transformado en un serio problema de salud a nivel mundial, por su estrecha vinculación con las principales causas de morbimortalidad. A pesar de existir un mayor conocimiento clínico y epidemiológico del problema, su prevalencia ha aumentado significativamente en países industrializados y en desarrollo. La población de los Estados Unidos, por ejemplo, es

[36] Organización Mundial de la Salud (OMS). Comité de Expertos. El Estado Físico: uso e interpretación de la antropometría. Serie de Informes Técnicos, nº 854. Ginebra, 1995.
[37] Escobar F, Fernandez M, Barrado F. Epidemiología de la obesidad. En: Soriguer F, ed. La Obesidad. Madrid, Díaz de Santos, 1994: 27-33.

una de las más gordas del mundo, lo cual puede deberse a la mayor proporción de automóviles y a la gran cantidad de tiempo que se dedica a la televisión, con la consiguiente disminución del gasto energético. A esto se agrega que existen diferencias marcadas en la cantidad y calidad de la ingesta alimentaria, con una inclinación al exceso calórico. En las últimas décadas, el número de hombres y mujeres con sobrepeso y obesidad ha aumentado en forma considerable, aparentemente por la elevada disponibilidad de alimentos y por la sedentarización progresiva gracias a los avances tecnológicos. Se estima que 97 millones de adultos en los Estados Unidos tiene sobrepeso o sufren de obesidad, lo cual aumenta substancialmente el riesgo de morbilidad. El peso corporal elevado se asocia con el aumento de todas las causas de muerte. Los individuos obesos pueden sufrir además de discriminación y estigmatización social. El sobrepeso y la obesidad, como factor de riesgo en la prevención de la mortalidad, constituyen hoy en día un importante reto de salud pública, no sólo en los países industrializados sino también en los países en desarrollo. Según algunos estudios[38], treinta y cuatro millones de adultos en los Estados Unidos tienen un IMC mayor de 27.8 (hombres) y 27.3 (mujeres).

Los mayores riesgos de salud debidos a la obesidad se proyectan gráficamente en una relación curvilínea, con prevalencias que se elevan de manera progresiva y desproporcionada con el aumento de peso. Los incrementos de peso durante la edad adulta y que continúan durante varios años, son los que producen mayores efectos adversos.

Causas de la obesidad.

La obesidad es un fenómeno específico y heterogéneo que tiene múltiples causas. Su desarrollo es el resultado de una compleja interacción de factores genéticos, metabólicos, psicológicos, socioeconómicos, culturales y ambientales. Sintéticamente podemos decir que la obesidad es una enfermedad crónica multifactorial compleja, que se desarrolla por la interacción del genotipo y el medio ambiente.

En términos generales, la obesidad constituye un problema de desequilibrio de nutrientes, que se traduce en un mayor almacenamiento de alimentos (en forma de grasa) que los requeridos para satisfacer las necesidades energéticas y metabólicas del individuo. La obesidad resulta cuando se aumenta el tamaño y el número de las células grasas (adipocitos) de una persona.

[38] Daza, C. (2002). La obesidad: un desorden metabólico de alto riesgo para la salud Colombia Médica Vol. 33 Nº 2, 72.

No obstante, el ser humano tiene mayor riesgo de volverse obeso cuando la población dispone de gran variedad de alimentos, incluyendo los de proceso industrial, y la vida se hace más fácil, mecanizada y ociosa. Estos cambios en los estilos de vida propician el sedentarismo y, a su vez, el desequilibrio entre la energía que se ingiere y el gasto calórico necesario para satisfacer las necesidades metabólicas, termogénicas y de actividad física. Un desequilibrio calórico excesivo y sostenido ocasiona incremento exagerado de peso gracias al aumento de los depósitos grasos.

De acuerdo con la primera ley de la termodinámica, la obesidad es el resultado del desequilibrio entre el consumo y el aporte de energía. La energía que el organismo utiliza proviene de tres fuentes: carbohidratos, proteínas y grasas. La capacidad de almacenar carbohidratos en forma de glucógeno, igual que la de proteínas, es limitada. Solo los depósitos grasos se pueden expandir con facilidad para dar cabida a niveles de almacenamiento superiores a las necesidades. Los alimentos que no se consumen como energía se almacenan y, por lo tanto, es la grasa la principal fuente de almacén y origen de la obesidad. Todo exceso de energía introducida produce modificaciones orgánicas transformándose en energía química almacenada en el tejido graso. Un ingreso energético mayor que el gasto o consumo energético total, inevitablemente causará un aumento del tejido adiposo. Este último siempre se acompaña del incremento de la masa grasa, así como también del peso corporal, en cuyo control el consumo energético total desempeña una función importante. Por lo tanto, el peso corporal puede variar en relación con la ingestión y/o el consumo total. Este último es igual al consumo energético en reposo o basal más el consumo energético durante la actividad física más el consumo energético en la termogénesis.

Uno de los efectos del extraordinario desarrollo tecnológico de nuestra civilización ha sido una drástica disminución del grado de actividad física de la población. Como consecuencia, la condición física general de la población ha empeorado, aumentando la predisposición a enfermedades asociadas al sedentarismo Para disminuir la obesidad es necesario que el balance energético diario sea negativo, lo que implica disminuir la ingesta calórica y/o aumentar el gasto de calorías a través del incremento de la actividad física. Sin embargo, las dietas estrictas para la pérdida de peso han demostrado en general ser ineficaces y en algunos casos desencadenantes de otras enfermedades (ej.: anorexia). Sin duda, la actividad física contribuye al mantenimiento y aumento de la masa corporal magra, tanto como a la reducción de la grasa, con el consiguiente efecto beneficioso en la prevención de enfermedades

crónicas y degenerativas. En parte, el porcentaje de grasa corporal depende del grado de actividad de cada individuo. Durante el ejercicio físico la grasa corporal suele disminuir a la vez que aumenta el tejido muscular. Sin embargo, cuando el entrenamiento concluye, el proceso se invierte. Estas diferencias entre grasa corporal y tejido magro pueden aparecer sin cambios en el peso corporal, pero si se mantiene una actividad física regular durante la vida adulta, puede evitarse el aumento de grasa en el organismo. La importancia del ejercicio se aprecia sobre todo después del adelgazamiento.

Tratamiento de la obesidad.

Existen pautas estandarizadas para el diagnóstico clínico-nutricional y el tratamiento multifactorial de la obesidad con énfasis en la promoción de estilos de vida saludable. Este tratamiento incluye, entre otras cosas, una alimentación balanceada, una mayor actividad física y la disminución del sedentarismo. Estos puntos no serán desarrollados ya que exceden los límites del presente trabajo.

Enfermedades asociadas a la obesidad.

La obesidad, a pesar de algunas tendencias favorables en los estilos de vida, constituye uno de los factores más importantes de riesgo para la salud, tanto en la población de países industrializados como en el mundo en desarrollo.

Se reconoce el alto riesgo que representa la obesidad en la incidencia de varias enfermedades crónicas. Actualmente, la evidencia con respecto a que la obesidad tiene efectos adversos sobre la salud y la longevidad es abrumadora. En términos generales podemos decir que los problemas médicos (incluida la mortalidad), se correlacionan positivamente con la severidad de la obesidad.

Dentro de las enfermedades asociadas a la misma, podemos mencionar las de tipo:

1) Cardiovascular: hipertensión arterial[39], enfermedad coronaria, insuficiencia cardiaca congestiva.

2) Pulmonar: Defectos restrictivos, apnea del sueño obstructiva, hipoventilación por obesidad.

3) Endocrino y metabólica : Diabetes mellitus tipo 2[40], dislipedemia, gota.

[39] En adultos jóvenes obesos entre 20 y 45 años, la prevalencia de hipertensión arterial es seis veces mayor que en individuos de la misma edad con peso normal. la grasa localizada en la mitad superior del cuerpo tiene mayor probabilidad de elevar la presión arterial que la localizada en la parte inferior (Daza, C. (2002).

4) Gastroentestinal: colelitiasis, hígado graso.

5) Otros: venas varicosas, insuficiencia venosa crónica, accidentes cerebrovasculares, osteoartritis, riesgo aumentado de cáncer de endometrio, mamas, próstata y colon.

Síndrome plurimetabólico.

En la actualidad está claramente aceptado que la obesidad del segmento corporal superior va asociada con el desarrollo de una serie de patologías, componentes todas del llamado síndrome plurimetabólico (síndrome de Reaven, X o de multiriesgo vascular). Dentro de estas patologías se cuentan: el desarrollo de intolerancia a la glucosa, hiperinsulinemia, diabetes mellitus tipo II, niveles plasmáticos disminuidos de colesterol-HDL, y elevados de colesterol VLDL, incremento en la concentración de triglicéridos, y aumento de la presión arterial. Aparentemente la resistencia a la insulina[41] sería el factor inicial en el síndrome X, pero la obesidad puede dar origen a la cascada metabólica existente en éste síndrome.

Obesidad y peso.

El aumento de la grasa corporal se traduce en un incremento del peso si la masa libre de grasa se mantiene constante. En la práctica médica diaria el concepto de obesidad está relacionado directamente con el peso corporal, entendiéndose comúnmente por "sobrepeso" a las formas leves de obesidad (IMC de 25 a 27 kg/m2 o de 25 a 30 kg/m2). De esta manera, clásicamente se considera obesa a la persona cuyo peso excede el 120% del peso teórico. En la actualidad, el grado de obesidad se establece a través del cálculo del índice de masa corporal (IMC), por ser el que mejor correlación tiene con el porcentaje de grasa. No obstante, no todo incremento del peso corporal se debe a un aumento del contenido graso. Para determinar si una persona es obesa o simplemente tiene exceso de peso por aumento de su masa muscular, es necesario utilizar técnicas antropométricas y normas de referencia que permitan cuantificar la grasa corporal o el tejido adiposo del cuerpo.

Adipocitos.

Un individuo adulto de tamaño y peso promedio tiene entre 25 y 30 billones de adipocitos, pero cuando su peso se eleva, estas células aumentan de tamaño

[40] la obesidad abdominal, puede elevar diez veces el riesgo de padecer diabetes no-insulino dependiente ((Daza, C. (2002)).
[41] la resistencia a la insulina puede definirse como una respuesta inferior frente a niveles normales o superiores de insulina independientemente del nivel de glucosa circulante.

inicialmente y luego su número se multiplica. Cuando una persona comienza a perder peso, las células grasas disminuyen de tamaño pero el número se mantiene constante, lo cual explica la dificultad de bajar en forma permanente el peso excesivo. Cada célula grasa pesa muy poco (alrededor de 0.4 a 0.6 microgramos). Sin embargo, el peso de billones y billones de células grasas elevan significativamente el peso corporal. El exceso de peso es su aumento en relación con la talla por encima del esperado, de acuerdo a la población de referencia utilizada, y la obesidad consiste en un porcentaje anormalmente elevado de grasa corporal, que puede ser general o localizado.

Diferencias de raza y clase social.

Los resultados del NHANES III indican que: La obesidad y el sobrepeso son comunes en ambos sexos y en todos los grupos de edad, pero particularmente en: 1-a) México americanos (hombres) 1-b) Mujeres negras y México americanas. 1-c) Mujer de status socioeconómico bajo. En este sentido, las mujeres de origen hispano y de raza negra muestran porcentajes mucho más altos de exceso de peso que las de raza blanca (estas diferencias raciales son mucho menos marcadas en los varones). Si bien, la obesidad no respeta ninguna clase social, el exceso de peso es mucho más frecuente en las mujeres de los grupos de bajos ingresos, en comparación con las clases altas. Cabe destacar que, en los varones, la relación entre la clase social y racial, por un lado, y el exceso de peso por el otro, es mucho menor.

Índice de masa corporal (IMC).

Definición del IMC.

Índice de masa corporal (IMC) (Índice de Quételet, de Kaup o BMI [Body Mass Index]). El índice de masa corporal es un indicador sensible y de gran utilidad en la evaluación antropométrica del estado nutricional. Se obtiene, mediante el cociente del peso (en kg.) por la talla al cuadrado (m^2). Sin duda, tiene un claro antecedente en las teorías formativo-descriptivas de Quetelet (considerado por muchos el primer antropometrista), hacia 1883. El cambio de nombre se produce en 1953, debido a las publicaciones de Keys y Brozek.

Uso del IMC.

Éste índice goza de una gran incidencia en el ámbito de la Salud Pública, debido a su facilidad de medida y rapidez de cálculo. Es, sin duda, uno de los indicadores más utilizados en la práctica clínica diaria y en la literatura médica. Constituye actualmente

el método de referencia como parámetro de obesidad, utilizándose en casi todos los estudios clínicos.

Fórmula del IMC.

Como mencionamos anteriormente el IMC se calcula de la siguiente forma:

I.M.C. = peso [Kg.] / talla^2 [mts.]

Donde:

I. M. C → índice de masa corporal.

Peso → peso del sujeto en Kilogramos.

Talla → estatura del sujeto en metros.

Clasificación del IMC.

A continuación se describen algunas de las clasificaciones de la obesidad para los distintos valores del IMC.

NHANES[42] (1976)	
Varones	27.8
Mujeres	27.3

FAO – OMS (1985)	
Varones	30
Mujeres	28.6

Van Itallie (1992)[43]	
Sobrepeso leve	25 – 27.9
Sobrepeso moderado	28 – 31.9
Sobrepeso severo	32 – 41.9
Obesidad mórbida	=> 42

[42] La primera encuesta nacional de salud y nutrición norteamericana (National Health and Nutrition Examination Survey I) realizada en el periodo 1971-74

[43] Van Itallie TB. Body weight, morbidity and longevity. En: Obesity. Björntorp P, Brodoff BN, eds. JB Lippincott Company, Philadelphia, 1992

OMS (1995)[44]	
Obesidad grado 1 – sobrepeso	25 – 29.9
Obesidad grado 2 – obesidad	30 – 39.9
Obesidad grado 3 – obesidad mórbida	=> 40

NHANES (1998)	
Preobesidad	25 – 29.9
Obesidad grado 1	30 – 34.9
Obesidad grado 2	35 – 39.9
Obesidad grado 3	=> 40

OMS (1998)	
Obesidad grado 1 – sobrepeso	25 – 29.9
Obesidad grado 2	30 – 34.9
Obesidad grado 3	35 – 39.9
Obesidad grado 4	=> 40

SEEDO (1995)[45]		SEEDO (2000)[46]	
Obesidad grado 1	27 – 29.9	Sobrepeso grado 1	25 – 26.9
Obesidad grado 2	30 – 34.9	Sobrepeso grado 2 (preobesidad)	27 – 29.9
Obesidad grado 3	35 – 39.9	Obesidad tipo 1	30 – 34.9
Obesidad grado 4	=> 40	Obesidad tipo 2	35 – 39.9
		Obesidad tipo 3 (mórbida)	40 – 49.9
		Obesidad tipo 4 (extrema)	=> 50

Aunque otros parámetros antropométricos[47] poseen una mejor relación con la desnutrición calórico-proteica, el IMC también es utilizado para este fin de acuerdo a la siguiente clasificación:

[44] Organización Mundial de la Salud (OMS). Comité de Expertos. El Estado Físico: uso e interpretación de la antropometría. Serie de Informes Técnicos, nº 854. Ginebra, 1995.
[45] Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO). Consenso español para la evaluación de la obesidad y la realización de estudios epidemiológicos. Med Clin (Barc) 1996
[46] Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO). Consenso SEEDO 2000 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. Med Clin (Barc) 2000
[47] Por ejemplo, la circunferencia del brazo, cuyos valores de 26 cm en el hombre y 24 cm en la mujer poseen alta sensibilidad y especificidad (alrededor del 80%) para clasificar la malnutrición por defecto.

Desnutrición calórico-proteica.	IMC
Grado 1	17 18.4
Grado 2	16 – 16.9
Grado 3	< 16

Los valores de referencia del IMC en función de la edad son los siguientes:

IMC y edad	
Edad [años]	IMC [kg/m^2]
19 – 24	19 – 24
25 - 34	20 – 25
35 – 44	21 – 26
45 – 54	22 – 27
55 – 65	23 – 28
> 65	24 - 29

Limitaciones del IMC.

La evaluación del estado nutricional es útil tanto para el diagnóstico como para el seguimiento de la obesidad y la desnutrición; y también como factor pronóstico en la evolución de múltiples procesos crónicos. Clásicamente, la evaluación del estado nutricional y del riesgo metabólico-cardiovascular se ha realizado desde una vertiente antropométrica, siendo los indicadores más utilizados el índice de masa corporal (IMC), la circunferencia de la cintura y el cociente cintura-cadera.

Ahora bien, el IMC es un indicador que para diagnóstico individual de desnutrición y obesidad presenta algunas limitaciones. La problemática del IMC, se deriva de no ser más que una manipulación estadístico-matemática de dos variables de distinta dimensión: Peso (volumen) y talla^2 (superficie). En esta relación de proporciones corporales, la longitud de las piernas influye considerablemente. Dicho de otra manera, el IMC depende de la altura, por lo que individuos más altos tendrán valores más elevados sin que esto implique necesariamente mayor porcentaje de grasa corporal.

La otra gran limitación de este método se debe al hecho de estar basado en el supuesto cuestionable de que todo el peso que excede los valores determinados por las

tablas talla-peso corresponde a masa grasa. No obstante, el sobrepeso (sobre todo en deportes de fuerza) puede deberse tanto al aumento de la masa grasa, como al aumento de masa muscular y ósea. En otras palabras, el IMC es una medida que no discrimina masa muscular o masa grasa, y ambas se excluyen recíprocamente para un mismo valor del IMC. Sin duda, este índice puede llegar a considerar como obeso o individuos con gran desarrollo muscular (Por ejemplo: deportistas de disciplinas en las que predomine la fuerza máxima)

Algunos autores[48] plantean que el IMC tiene solamente una eficiencia del 15% en la predicción de la suma de los cinco espesores del pliegue cutáneo, y un porcentaje ligeramente superior en la predicción de la suma de espesores de los pliegues cutáneos corregidos.

En el ámbito epidemiológico el IMC es utilizado como indicador de obesidad y de factores de riesgo y mortalidad relacionados con la misma. Estos valores son relevantes a nivel poblacional pero, como dijimos anteriormente, su uso e interpretación a nivel individual debe relativizarse, ya que resulta inapropiado como procedimiento exclusivo para el diagnóstico por su baja fiabilidad.

Para determinar si un individuo es obeso o simplemente tiene sobrepeso por aumento de su masa muscular, se requieren técnicas apropiadas para cuantificar la grasa corporal. Esta es la razón más importante por la que el IMC no debería utilizarse como único parámetro para identificar sujetos con riesgo de complicaciones metabólicas y cardiovasculares. Sin duda, es necesario agregar a este dato otras medidas antropométricas, como la circunferencia de la cintura o los pliegues cutáneos, a fin de valorar eficientemente el estado nutricional individual.

Índice de masa corporal y grasa corporal.

Como mencionamos anteriormente, desde un punto de vista práctico, se considera al IMC como el método ideal para el diagnóstico de la obesidad por su buena correlación con la grasa corporal total. No obstante, aunque esta correlación es relativamente fuerte, utilizar el peso y la talla del individuo sin tomar en cuenta las diferencias individuales en la composición corporal puede llevar a clasificaciones equivocadas de los sujetos. Conocer solo el IMC de un deportista resulta insuficiente para valorar sus posibilidades de rendimiento si se desconoce, por ejemplo, el porcentaje de tejido muscular. Además, hay que tener en cuenta que la relación entre

[48] William D. Ross y Deborah A. Kerr, quienes con una amplia muestra de mujeres, comprendidas entre los 20 y los 70 años de edad

IMC y masa grasa no es completamente lineal, de manera que no puede usarse el IMC en la evaluación clínica de individuos como indicador de masa grasa (especialmente en niños, jóvenes, ancianos o personas enfermas).

Como dijimos, se admite en general que el IMC posee una buena correlación (0.7 – 0.8) con la grasa corporal total en poblaciones de adultos de países desarrollados. No obstante, esta relación no es tan buena en poblaciones de niños, jóvenes, adolescentes, ancianos y poblaciones de razas no blancas. Además, la influencia de la edad y el sexo es determinante. En promedio los varones disponen de un 30% de masas grasa a los 20 años y un 40% a los 60 años; en cambio, las mujeres muestran valores más altos (40% y 50% respectivamente)[49].

Índice de masa corporal y morbimortalidad.

De acuerdo con los estudios poblacionales, la menor mortalidad para los varones de raza blanca correspondió a un IMC de 24,8 kg/m^2, en tanto que para los de raza negra se situó en 27,1 kg/m^2. Por otro lado, en mujeres los valores fueron de a 24,3 kg/m^2 y a 26,8 kg/m^2 respectivamente.

Estos trabajos[50] señalan también diferencias entre mujeres anglosajonas e hispano-americanas. Las primeras mostrarían más grasa para iguales valores de IMC, aún discriminando los grupos por clases socioeconómicas.

El riesgo de complicaciones metabólicas y de salud según el Índice de Masa Corporal (IMC) es el siguiente:

IMC	Riesgo
18.5-24.9	Promedio
25.0-29.9	Aumentado
30.0-34.9	Alto
35.0-39.9	Muy alto
>40.0	Extremadamente alto

[49] Organización Mundial de la Salud (OMS). Comité de Expertos. El Estado Físico: uso e interpretación de la antropometría. Serie de Informes Técnicos, nº 854. Ginebra, 1995.
[50] Casas YG, Schiller BC, De Souza CA, Seals DR. Total and regional body composition across ageing in healthy Hispanic and white women of similar socio-economic status. Am J Clin Nutr 2001; 73: 13-18.

La más baja morbilidad y mortalidad para ambos sexos se presenta en personas con un IMC de 22 a 25. Los estudios para seguros de vida y otros estudios epidemiológicos sugieren que las tasas de mortalidad empiezan a elevarse significativamente con pesos mayores del 20% que el deseable, lo cual corresponde a un IMC de 27. Sin duda, Individuos con un IMC de 30 ó más tienen un mayor riesgo de mortalidad.

Resultados y discusión.

En relación a las variables antropométricas medidas.

Estadísticos descriptivos de las variables antropométricas medidas.

Población de varones.

La tabulación de los datos nos brinda una idea detallada del fenómeno aleatorio estudiado. Los estadísticos constituyen valores que nos permiten concretar, en una cifra, las características más importantes de una serie de datos; por tanto, resulta esencial resumirla en unos pocos valores significativos. Esto nos permite, entre otras cosas, compararlos con las características de otras series. Además, para completar la información dada por las medidas de posición (media, valor mínimo, valor máximo, etc.), se presenta también una medida de dispersión[51] (desvío estándar o desviación típica) que nos indica si los casos de la serie están o no agrupados alrededor de la media.

A continuación (tabla nº 1) presentamos los estadísticos descriptivos más relevantes de las mediciones efectuadas en la población de varones.

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
edad [años]	326	43	14	57	25,60	7,842
W = masa corporal expresada como peso, [Kg]	326	65,1	51,3	116,4	75,534	13,2550
HT = Altura o talla del evaluado [cm]	326	46	151	198	175,22	7,374
BIAC = diámetro biacromial [cm]	326	13	34	47	40,17	2,104

[51] Grado de alejamiento o separación respecto de la media, de los casos y observaciones de una serie estadística. La desviación de un valor es el resultado de restar a este valor la media aritmética simple.

BIIL = diámetro biiliocristal [cm]	326	11,2	23,5	34,7	28,626	1,9869
HUM = diámetro del húmero [cm]	326	3,5	5,9	9,4	7,036	,4033
FEM = diámetro del fémur [cm]	326	5,2	7,0	12,2	9,936	,6066
perímetro de la cabeza [cm]	326	8,2	53,0	61,2	56,848	1,5794
perímetro del brazo (relajado) [cm]	326	19	23	42	31,43	3,353
P FA = perímetro del antebrazo (no corregido) [cm]	326	10,5	23,3	33,8	27,665	2,0535
perímetro de la caja torácica [cm]	326	39,9	81,1	121,0	97,781	8,0884
perímetro del muslo [cm]	326	31	42	72	53,20	5,186
perímetro de la pantorrilla [cm]	326	15,4	30,8	46,2	37,325	2,9837
TPSF = pliegue cutáneo del tríceps [mm]	326	33,4	3,0	36,4	11,329	5,3836
SSSF = pliegue cutáneo subescapular [mm]	326	50,0	4,5	54,5	12,905	7,5262
SISF = pliegue cutáneo supraespinal [mm]	326	37,1	2,9	40,0	11,451	7,7651
ABSF = pliegue cutáneo abdominal [mm]	326	57,9	4,5	62,4	21,713	12,6009
THSF = pliegue cutáneo frontal del muslo [mm]	326	40	5	45	13,24	6,369
MCSF = pliegue cutáneo de la pantorrilla media [mm]	326	28,4	2,5	30,9	9,363	4,8636
talla de sentado [cm]	326	19,8	80,0	99,8	90,854	3,7429
D APCH = Diámetro anteroposterior de la caja torácica [cm]	326	11,4	16,0	27,4	20,794	2,1496
perímetro de la cintura [cm]	326	54	65	119	82,57	9,881
D TRCH = Diámetro transversal de la caja torácica [cm]	326	12,0	23,5	35,5	29,028	2,2735
N válido (según lista)	326					

Tabla nº 1 estadísticos descriptivos de las datos antropométricos medidos – población de varones.

Estadísticos descriptivos de las variables antropométricas medidas. Población de mujeres.

Seguidamente (tabla nº 2) presentamos los estadísticos descriptivos más importantes de las mediciones realizadas en la población de mujeres.

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad [años]	368	60	14	74	27,74	10,161
W = masa corporal expresada como peso, [Kg]	368	57	40	96	59,12	9,963
HT = Altura o talla del evaluado [cm]	368	38,8	144,2	183,0	161,130	6,6888
BIAC = diámetro biacromial [cm]	368	11,2	30,0	41,2	35,739	1,7811
BIIL = diámetro biiliocristal [cm]	368	12,7	22,5	35,2	27,833	1,8534
HUM = diámetro del húmero [cm]	368	2,8	5,3	8,1	6,074	,3619
FEM = diámetro del fémur [cm]	368	3,7	8,0	11,7	9,118	,5952
perímetro de la cabeza [cm]	368	9,3	50,2	59,5	54,660	1,5327
perímetro del brazo (relajado) [cm]	368	29,9	19,3	49,2	26,915	3,0653
P FA = perímetro del antebrazo (no corregido) [cm]	368	13,6	19,6	33,2	23,440	1,6637
perímetro de la caja torácica [cm]	368	32,8	72,2	105,0	85,780	6,3217
perímetro del muslo [cm]	368	36,4	40,6	77,0	50,398	5,3709
perímetro de la pantorrilla [cm]	368	21,8	24,2	46,0	35,062	2,9181
TPSF = pliegue cutáneo del tríceps [mm]	368	40	8	47	18,57	5,767
SSSF = pliegue cutáneo subescapular [mm]	368	48	3	51	13,42	7,307
SISF = pliegue cutáneo supraespinal [mm]	368	35,0	2,0	37,0	12,826	6,4176
ABSF = pliegue cutáneo abdominal [mm]	368	55	5	60	21,50	9,513
THSF = pliegue cutáneo frontal del muslo [mm]	368	56	11	67	24,87	9,582

MCSF = pliegue cutáneo de la pantorrilla media [mm]	368	43	7	50	17,44	6,971
talla de sentado [cm]	368	21,2	75,0	96,2	85,627	3,5250
D APCH = Diámetro anteroposterior de la caja torácica [cm]	368	13,2	13,5	26,7	18,157	1,9004
perímetro de la cintura [cm]	368	46,2	58,0	104,2	71,242	8,0295
D TRCH = Diámetro transversal de la caja torácica [cm]	368	13,4	19,8	33,2	25,407	1,9022
N válido (según lista)	368					

Tabla nº 2 estadísticos descriptivos de las datos antropométricos medidos – población de mujeres.

Histogramas de frecuencia de las variables antropométricas medidas. Población de varones.

Seguidamente se presenta la distribución de los datos recogidos para cada variable antropométrica, a fin de adentrarnos en su naturaleza. A cada uno de los histogramas se le superpuso la campana de Gauss, con el objeto de visualizar la distribución teórica de probabilidad.

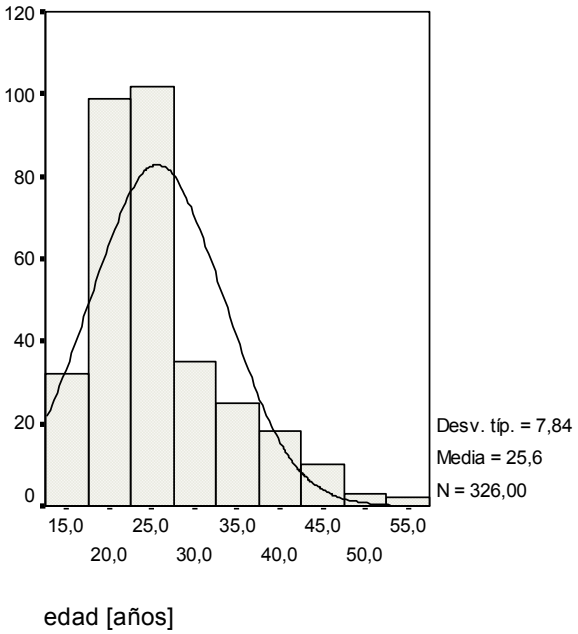


Fig. nº 1 Histograma de edad - varones

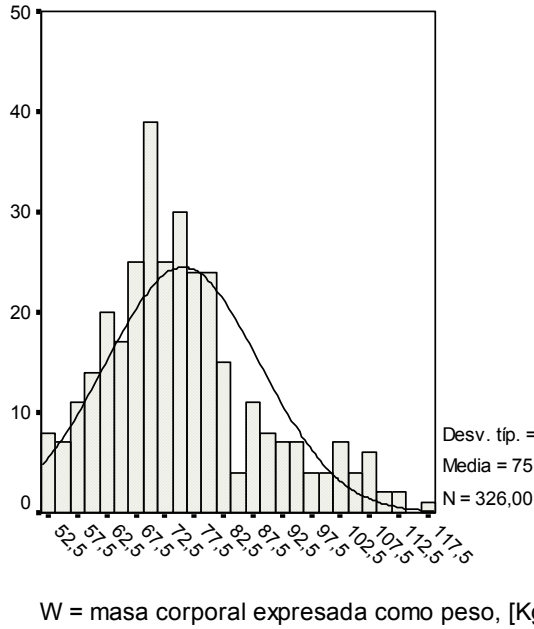


Fig. nº 2 histograma de peso - varones

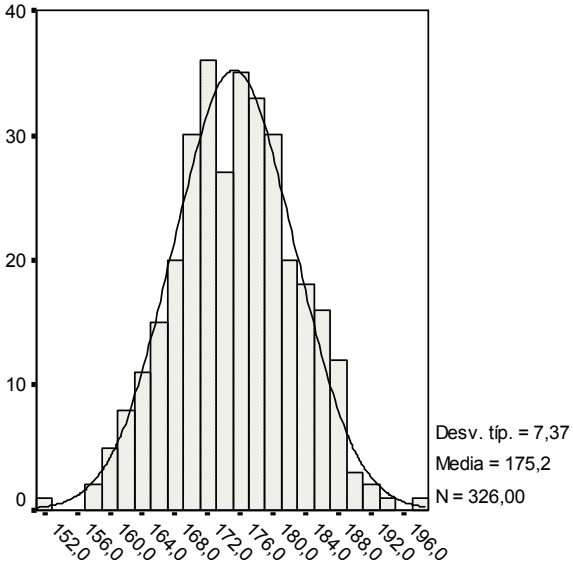


Fig. nº 3 histograma de altura - varones

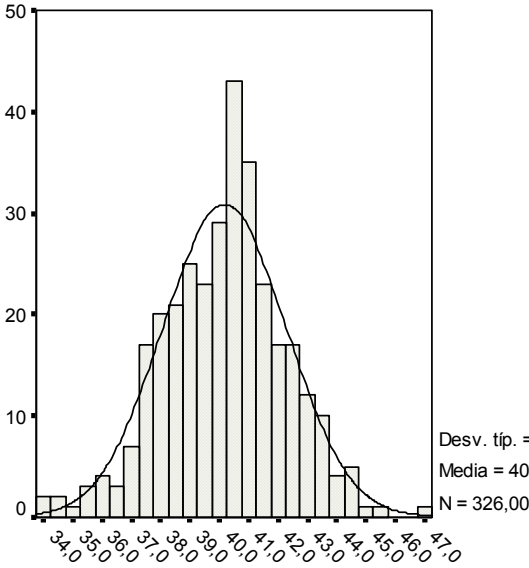


Fig. nº 4 histograma de diámetro biacromial - v

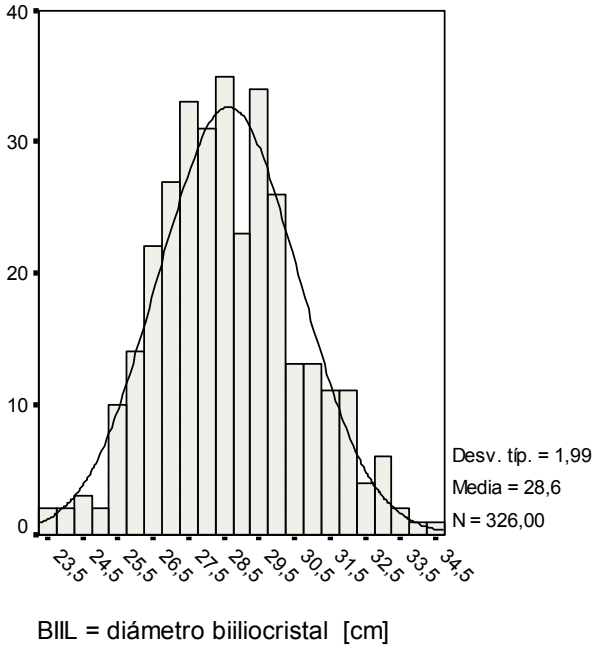


Fig. nº 5 histograma del diámetro biiliocristal. – varones.

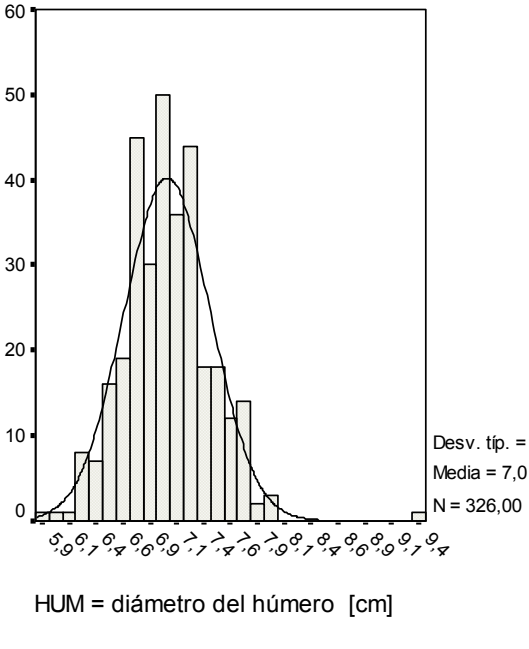


Fig. nº 6 histograma del diámetro del húmero. -

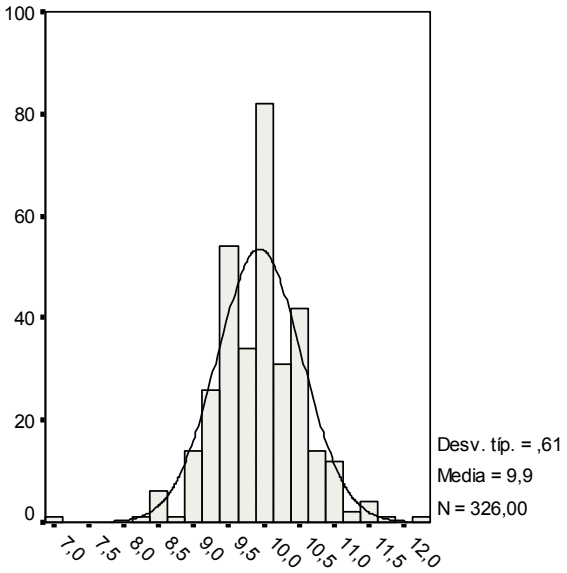


Fig. nº 7 histograma del diámetro del fémur. – varones.

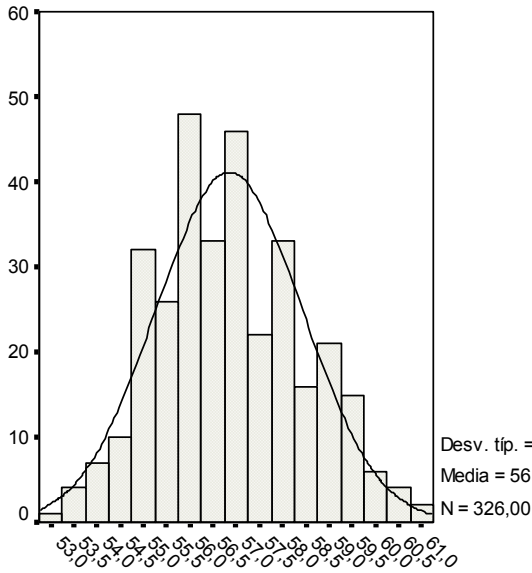


Fig. nº 8 histograma del perímetro de la cabeza. varones.

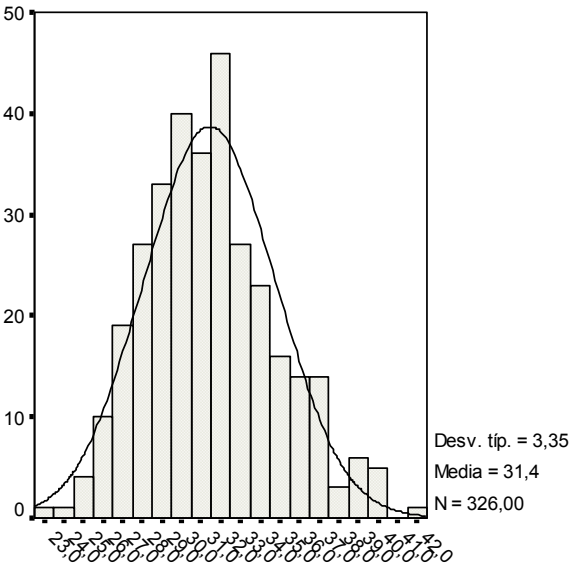


Fig. nº 9 histograma del perímetro del brazo (relajado). – varones.

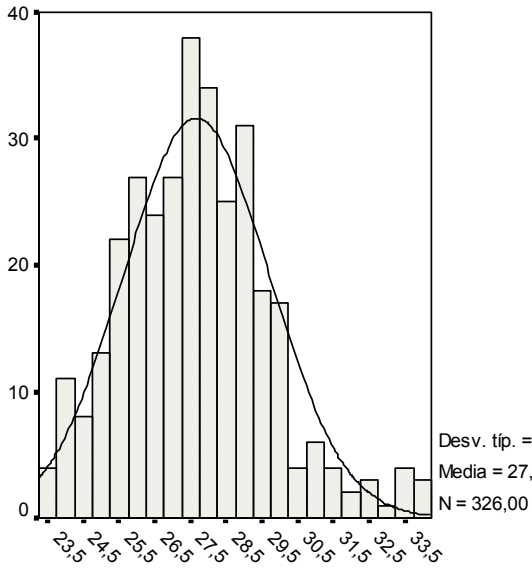


Fig. nº 10 histograma del perímetro del antebra corregido). – varones.

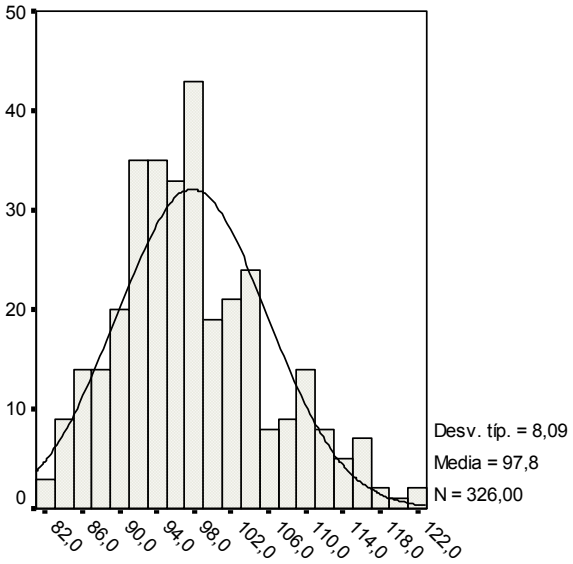


Fig. nº 11 histograma del perímetro de la caja toráxica. – varones.

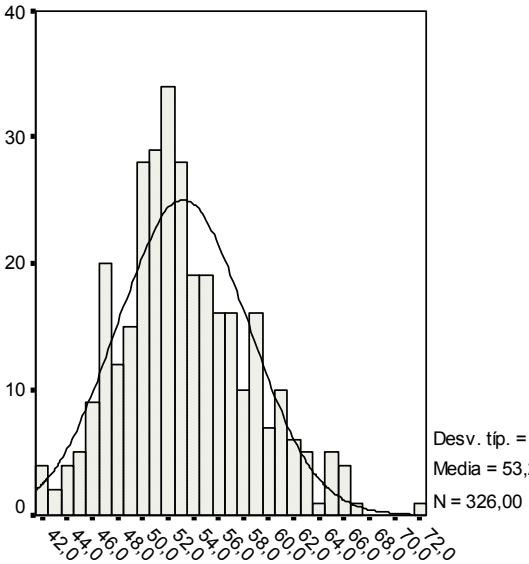


Fig. nº 12 histograma del perímetro del muslo. – varones.

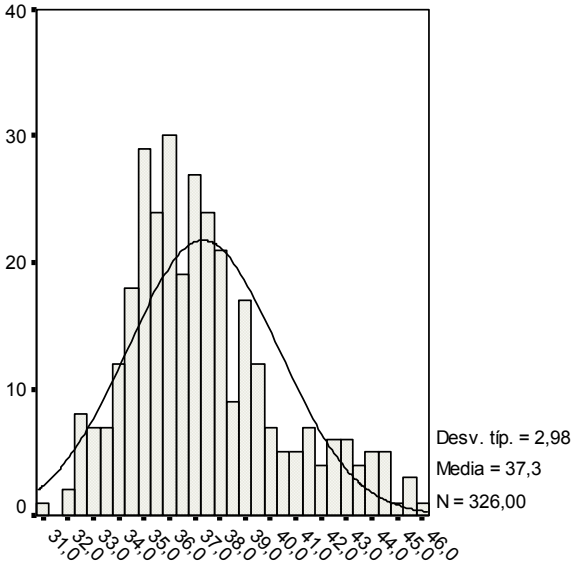


Fig. nº 13 histograma del perímetro de la pantorrilla. – varones.

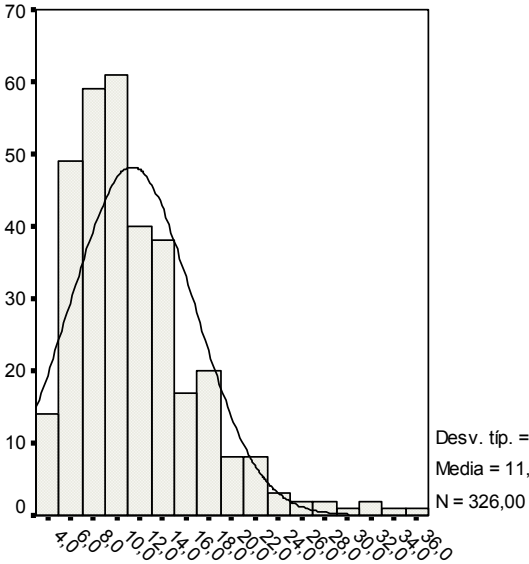


Fig. nº 14 histograma del pliegue cutáneo del tr varones.

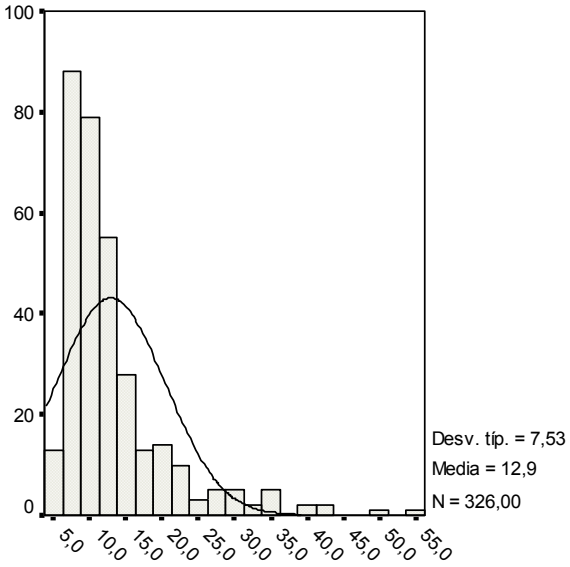


Fig. nº 15 histograma del pliegue cutáneo subescapular. – varones.

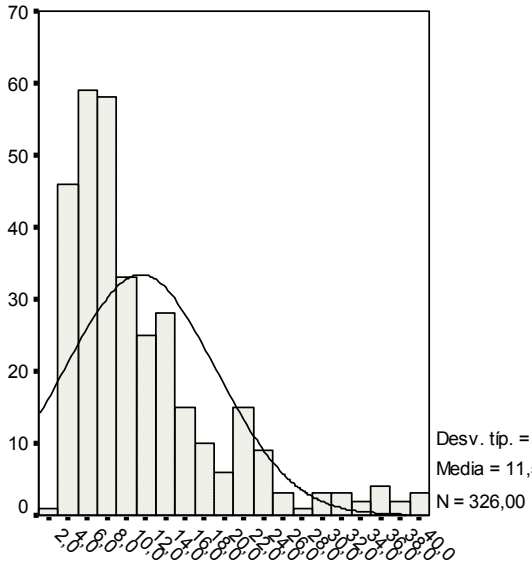


Fig. nº 16 histograma del pliegue cutáneo supra – varones.

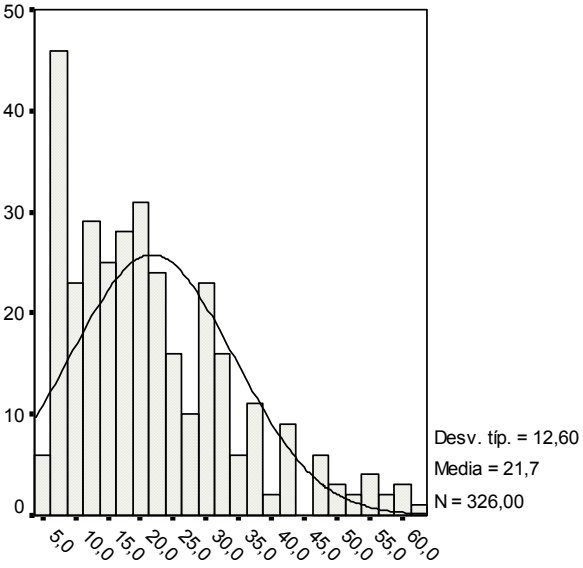


Fig. nº 17 histograma del pliegue cutáneo abdominal. – varones.

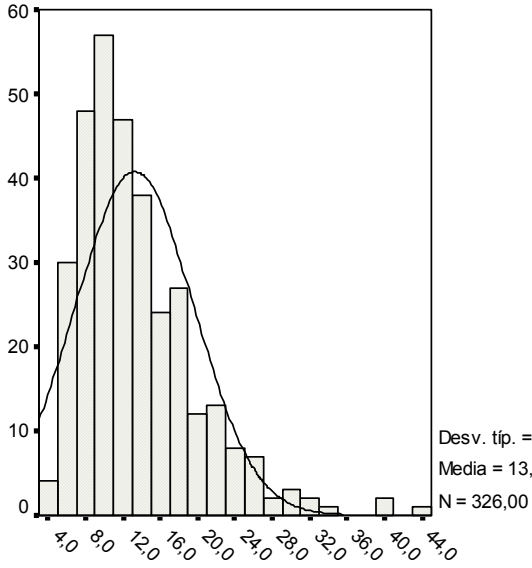


Fig. nº 18 histograma del pliegue cutáneo fronta muslo. – varones.

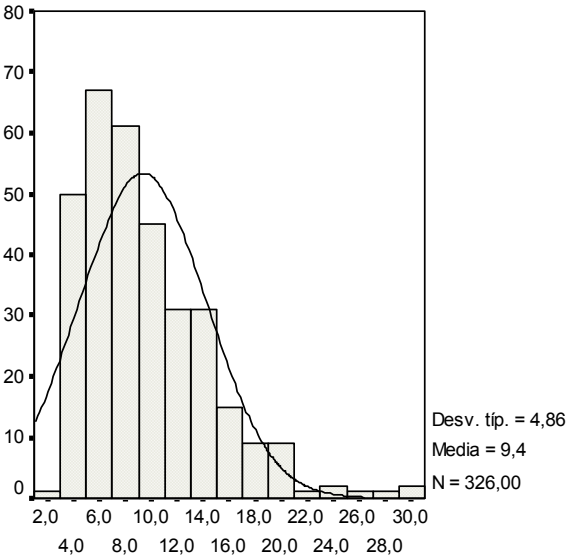


Fig. nº 19 histograma del pliegue cutáneo de la pantorrilla. – varones.

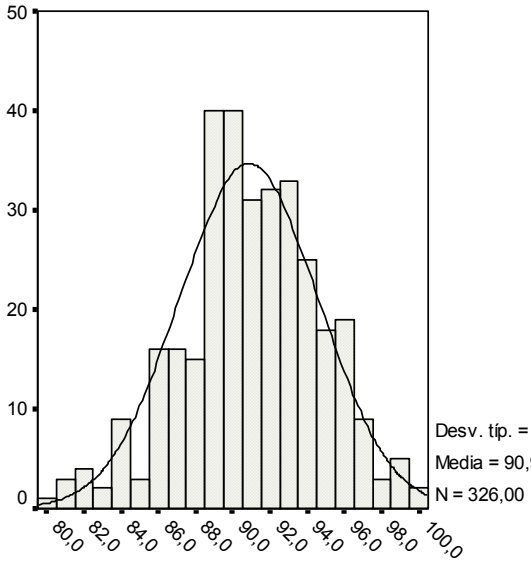


Fig. nº 20 histograma de la talla sentado. – varo

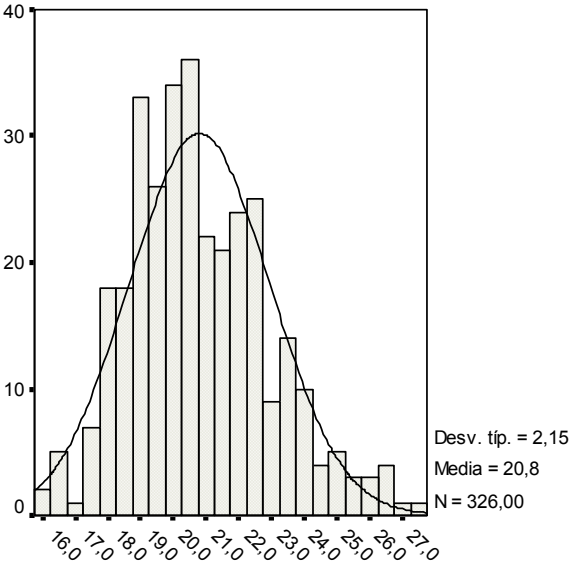


Fig. nº 21 histograma del diámetro anteroposterior de la caja toráxica. – varones.

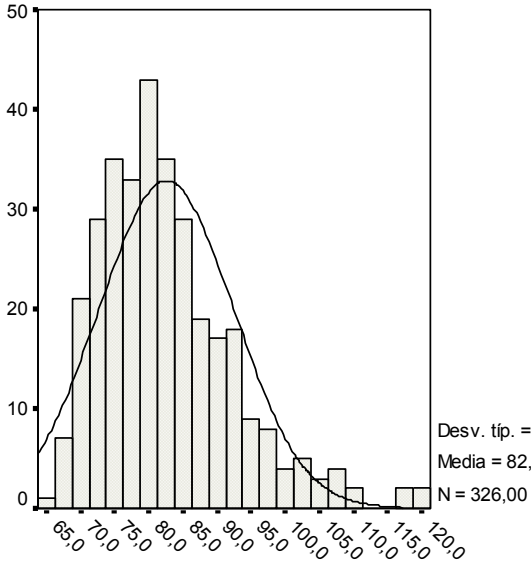


Fig. nº 22 histograma de la cíntura. – varones.

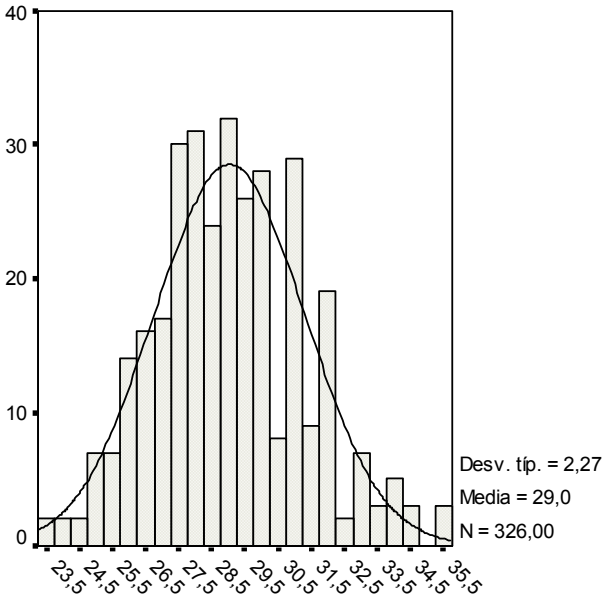


Fig. nº 23 histograma del diámetro transversal de la caja toráxica. – varones.

Histogramas de frecuencias de las variables antropométricas medidas. Población de mujeres.

Seguidamente mostramos la distribución de los datos correspondientes a las distintas variables antropométricas medidas en la población de mujeres. Igual que en el caso de varones, a cada histograma se le superpuso la campana de Gauss con el objeto de distinguir la distribución teórica de probabilidad.

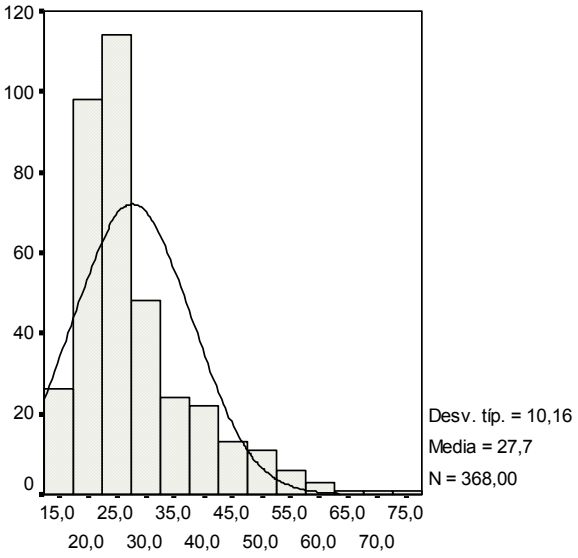


Fig. nº 24 histograma de edad. – mujeres

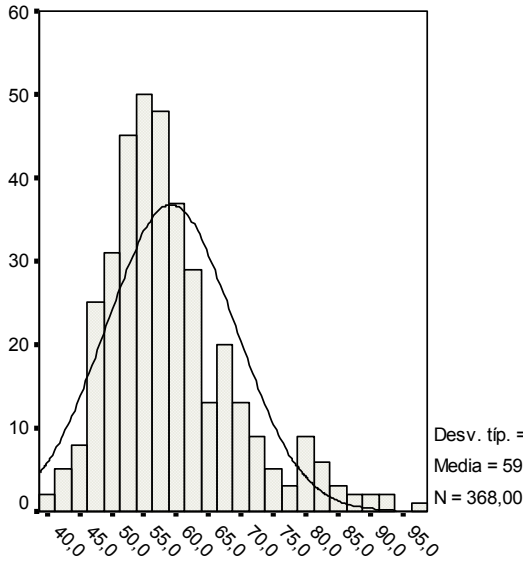


Fig. nº 25 histograma de peso. – mujeres

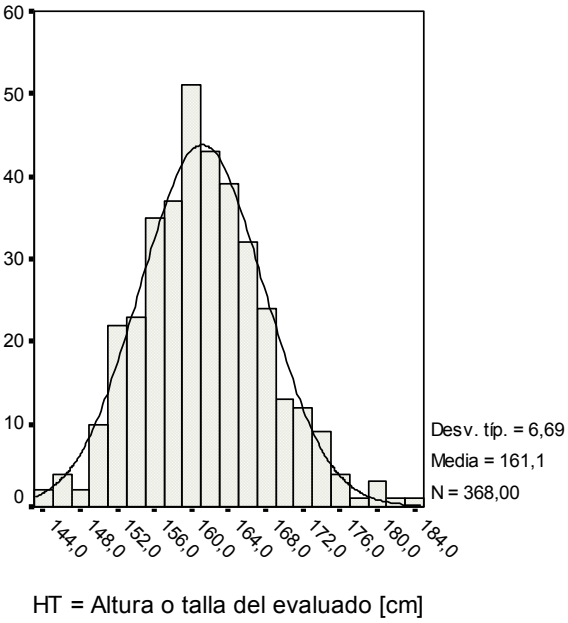


Fig. nº 26 histograma de la talla. – mujeres

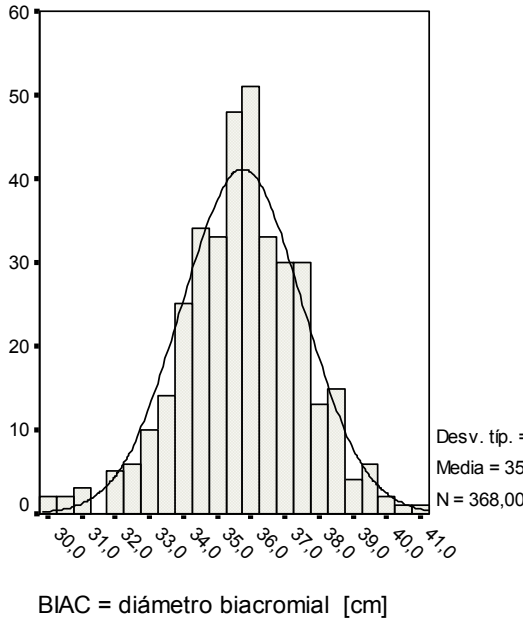


Fig. nº 27 histograma del diámetro biacromial. mujeres

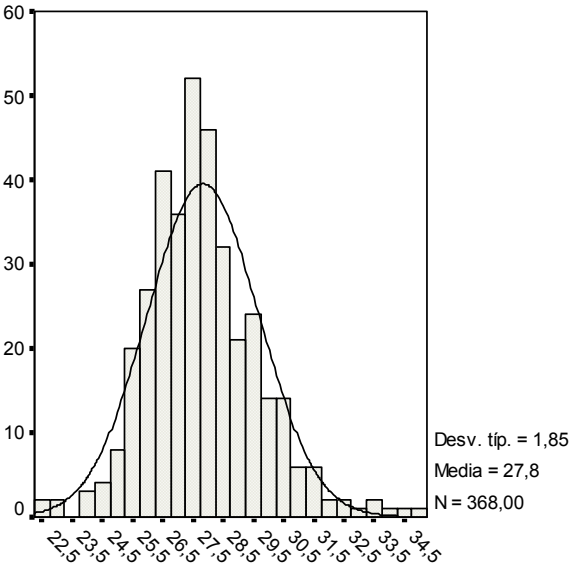


Fig. nº 28 histograma del diámetro biiliocristal. – mujeres

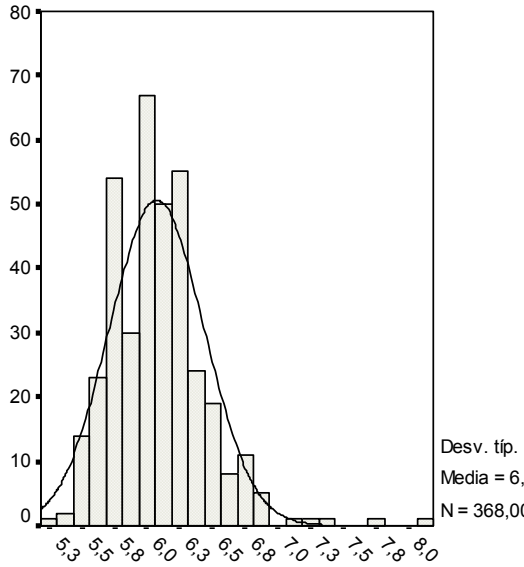


Fig. nº 29 histograma del diámetro del húmero mujeres

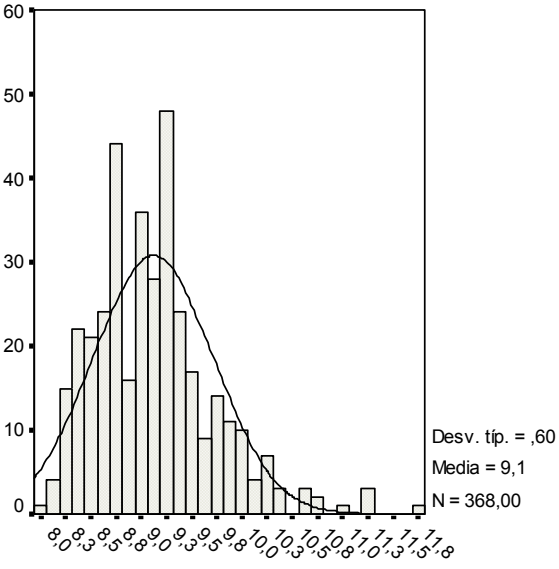


Fig. nº 30 histograma del diámetro del fémur. – mujeres

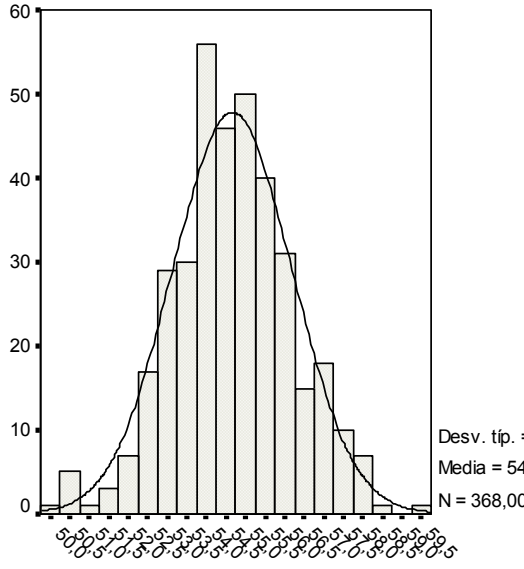


Fig. nº 31 histograma del perímetro de la cabez mujeres

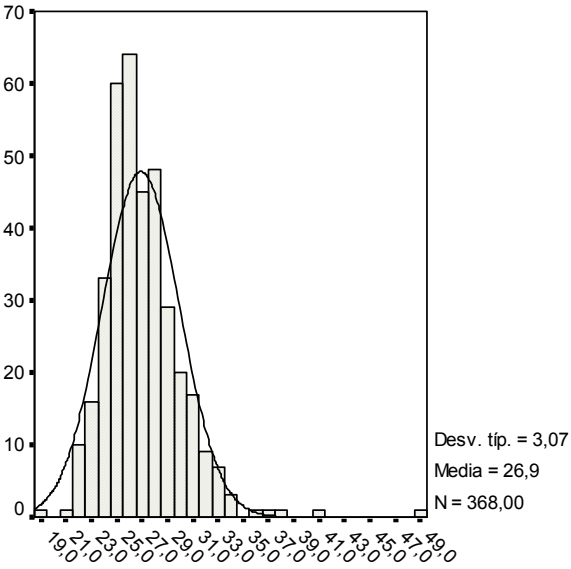


Fig. nº 32 histograma del perímetro del brazo (relajado). – mujeres

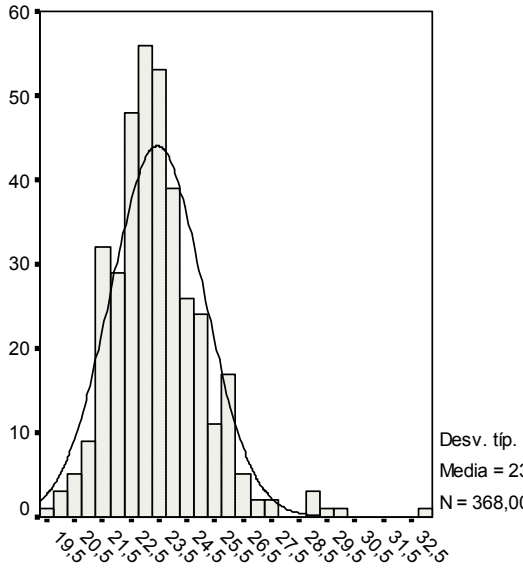


Fig. nº 33 histograma del perímetro del antebra corregido). – mujeres

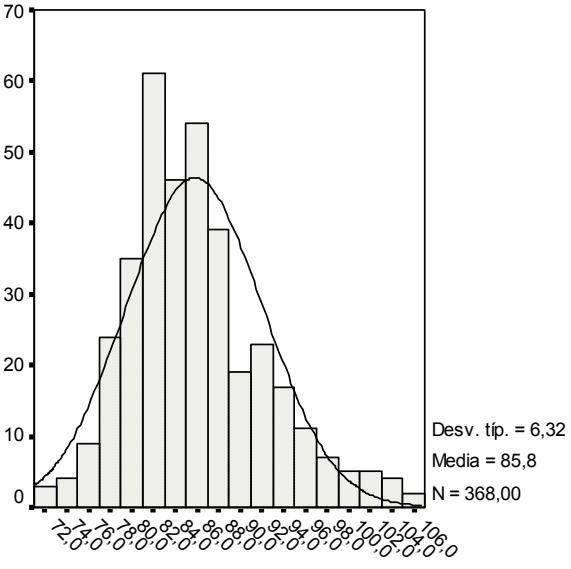


Fig. nº 34 histograma de perímetro de la caja toráxica. – mujeres

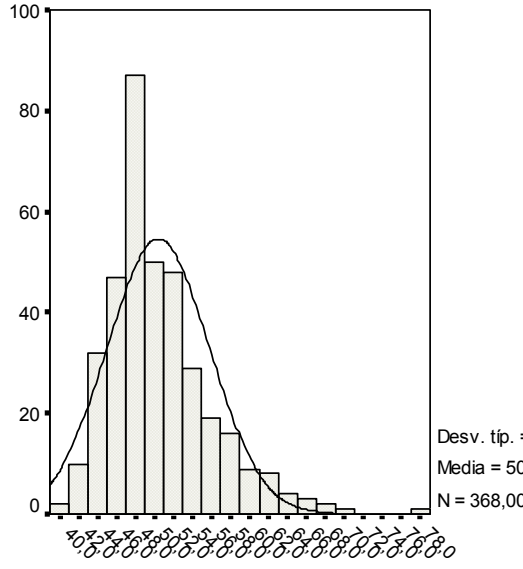


Fig. nº 35 histograma del perímetro del muslo. mujeres

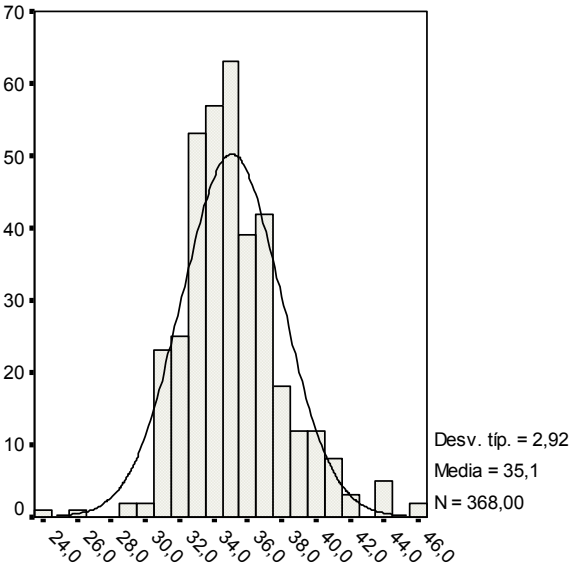


Fig. nº 36 histograma de la pantorrilla. – mujeres

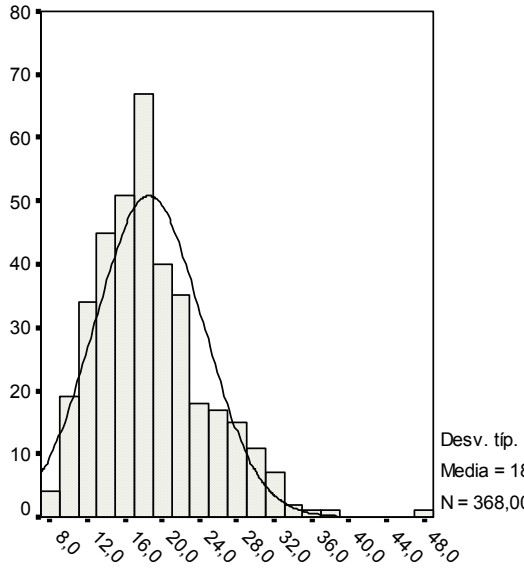


Fig. nº 37 histograma del pliegue cutáneo del t
mujeres

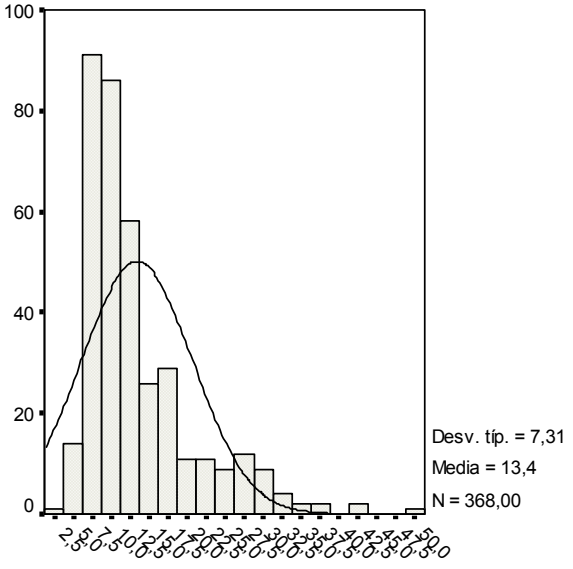


Fig. nº 38 histograma del pliegue cutáneo subescapular. –
mujeres

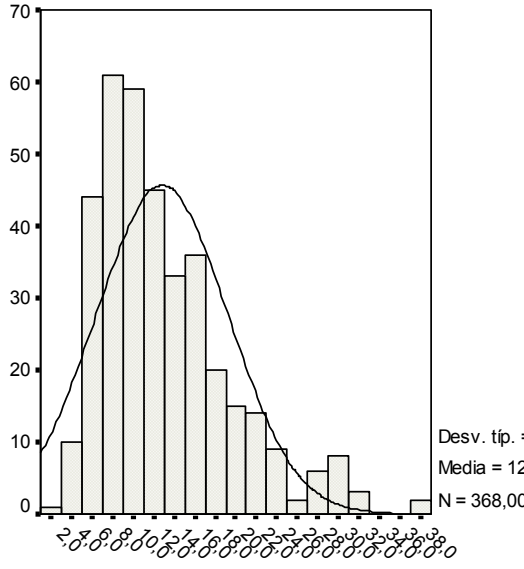


Fig. nº 39 histograma del pliegue cutáneo supr
– mujeres

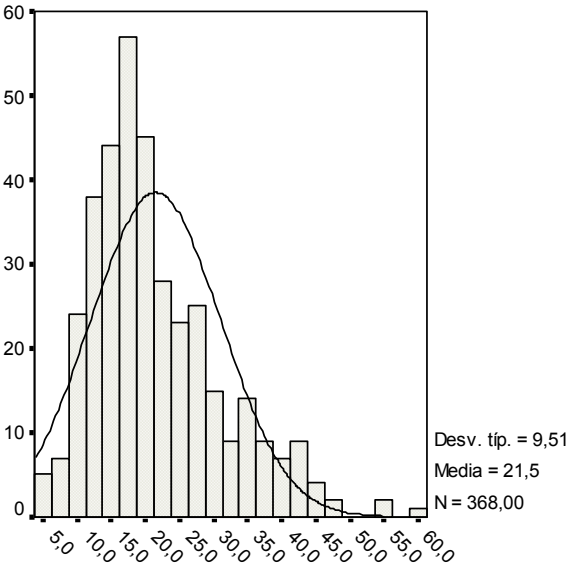


Fig. nº 40 histograma del pliegue cutáneo abdominal. – mujeres

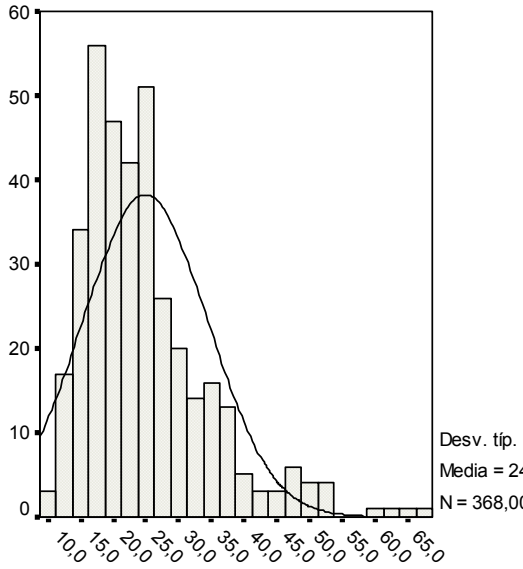


Fig. nº 41 histograma del pliegue cutáneo fron muslo. – mujeres

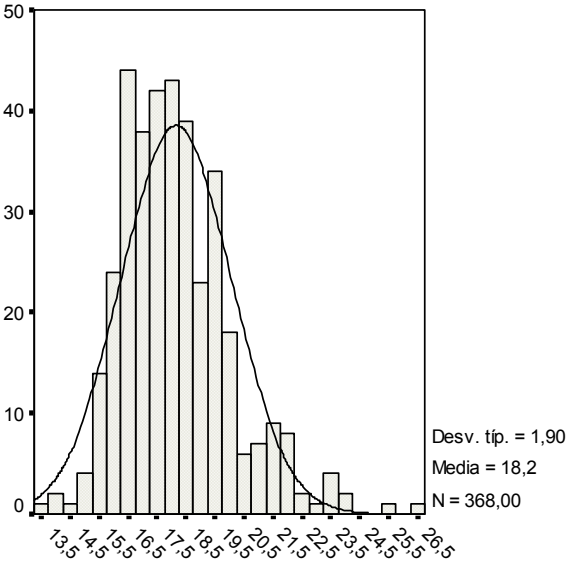


Fig. nº 42 histograma del diámetro anteroposterior de la caja toráxica. – mujeres

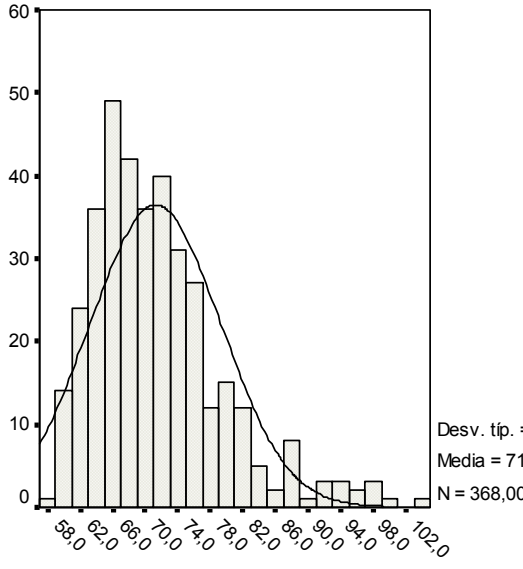


Fig. nº 43 histograma del perímetro de la cintu mujeres

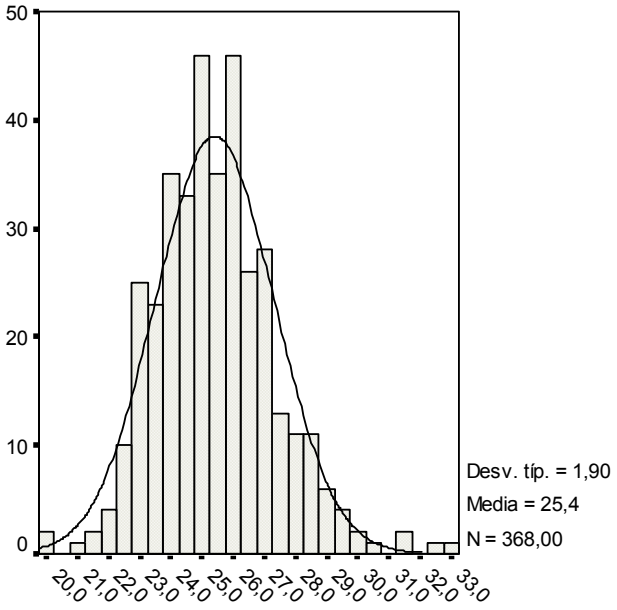


Fig. nº 44 histograma del diámetro transversal de la caja toráxica. – mujeres

Comparación de pliegues cutáneos (rango de variación y media - varones)

Si comparamos los valores medios de los pliegues cutáneos (cuadrados) y los respectivos rangos de variación (segmentos que los atraviesan) obtendremos el siguiente gráfico.

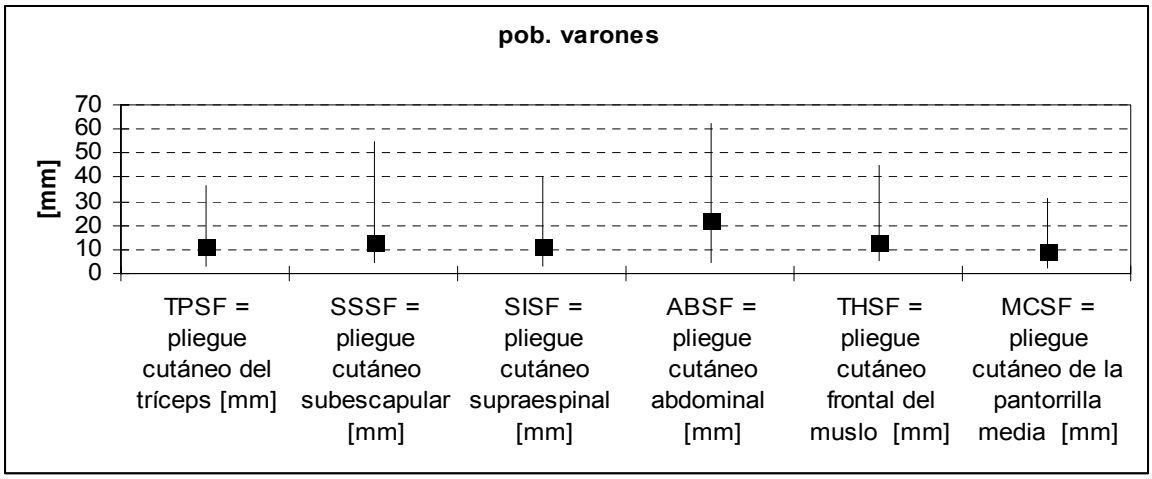


Fig. nº 45 comparación de pliegues cutáneos – valores medios y rango de variación – población de varones.

Como vemos, en varones el pliegue cutáneo abdominal presentó el valor medio más alto (21.7mm) en relación al total de pliegues medidos (fig. nº 45). Este hecho confirma una distribución de TA de tipo androide (central, visceral o abdominal) en esta población. Además, este pliegue abdominal mostró, en varones, el más amplio rango de variabilidad (57.9mm); lo que indicaría un mayor grado de acumulación y movilización de la grasa en esta región corporal.

Comparación de pliegues cutáneos (rango de variación y media - mujeres)

Si ahora comparamos los valores medios de los pliegues cutáneos y los correspondientes rangos de variación obtendremos el siguiente gráfico.

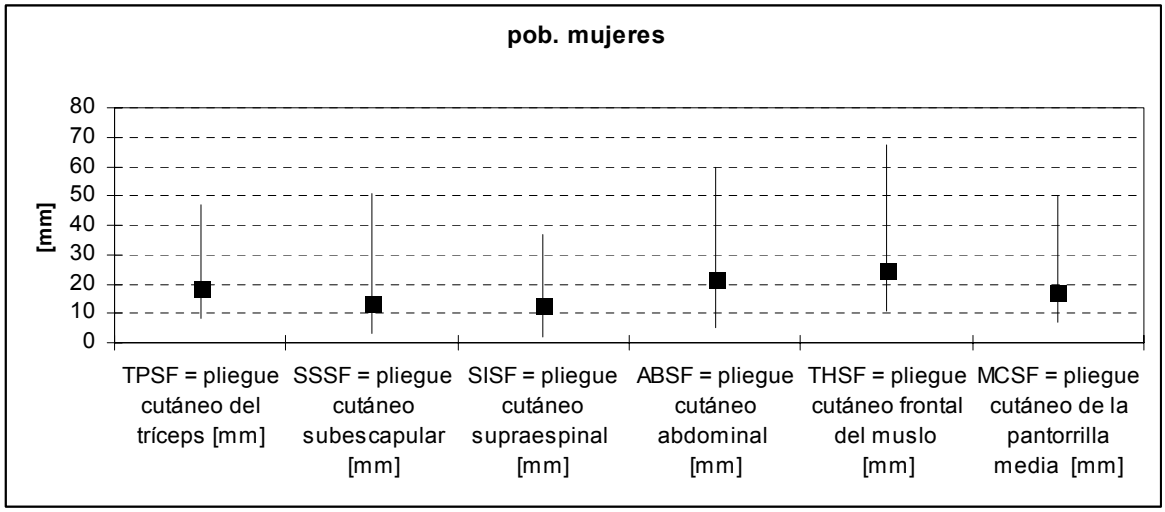


Fig. nº 46 comparación de pliegues cutáneos – valores medios y rango de variación – población de mujeres.

Como vemos, en la población de mujeres (fig. nº 46) fue el valor medio del pliegue cutáneo frontal del muslo el que se destacó por encima del resto (24.87mm). Esto coincide con una distribución del TA de tipo ginecoide (periférica). Además, este pliegue (frontal del muslo) presentó en esta población el mayor rango de variabilidad (56mm), lo cual indicaría un proceso de acumulación/movilización más amplio de la grasa en esta región corporal.

En síntesis, el pliegue abdominal y el pliegue del muslo evidenciaron, en varones y mujeres respectivamente, no solo los mayores valores medios (21.7 y 24.87mm) sino

también los más amplios grados de variabilidad (57.9 y 56mm). Esto sin duda confirma la distribución diferencial de las zonas de preferencia de la grasa subcutánea (dimorfismo sexual), lo cual constituye uno de los caracteres sexuales secundarios.

Esta mayor acumulación de TA en la región abdominal (en varones) y del muslo (en mujeres) podría estar relacionada con las hormonas reproductivas. Dicho de otra manera, el dimorfismo sexual de la distribución de grasa corporal encontrado, podría mantenerse por efectos regionales específicos de las hormonas sexuales sobre los adipositos. Sin duda, esta diferente especialización anatómica encontrada, podría estar regulada por un balance distinto de hormonas sexuales en varones y en mujeres.

Por otro lado, el mayor rango de variabilidad obtenido en ambos pliegues (abdominal y del muslo) muestran procesos de movilización y almacenamiento lipídico más amplios en esas regiones corporales.

Estos resultados mostrarían, desde un punto de vista epidemiológico, la importancia de valorar la cantidad de grasa intraabdominal, fundamentalmente en la población de varones, ya que la misma presenta una mayor localización de TA en esta región. Recordemos que, como vimos en el marco teórico, la obesidad del segmento corporal superior se encuentra asociada al síndrome plurimetabólico. Resultaría substancial entonces, evaluar el patrón de distribución de la grasa corporal a través del índice cintura/cadera, especialmente en la población masculina. No obstante, como veremos a continuación, si comparamos los valores medios absolutos del pliegue abdominal en las dos poblaciones (varones y mujeres), veremos que estos no difieren significativamente; por lo que sería importante estimar también este índice en la población femenina.

Valores medios de pliegues cutáneos (comparación entre poblaciones).

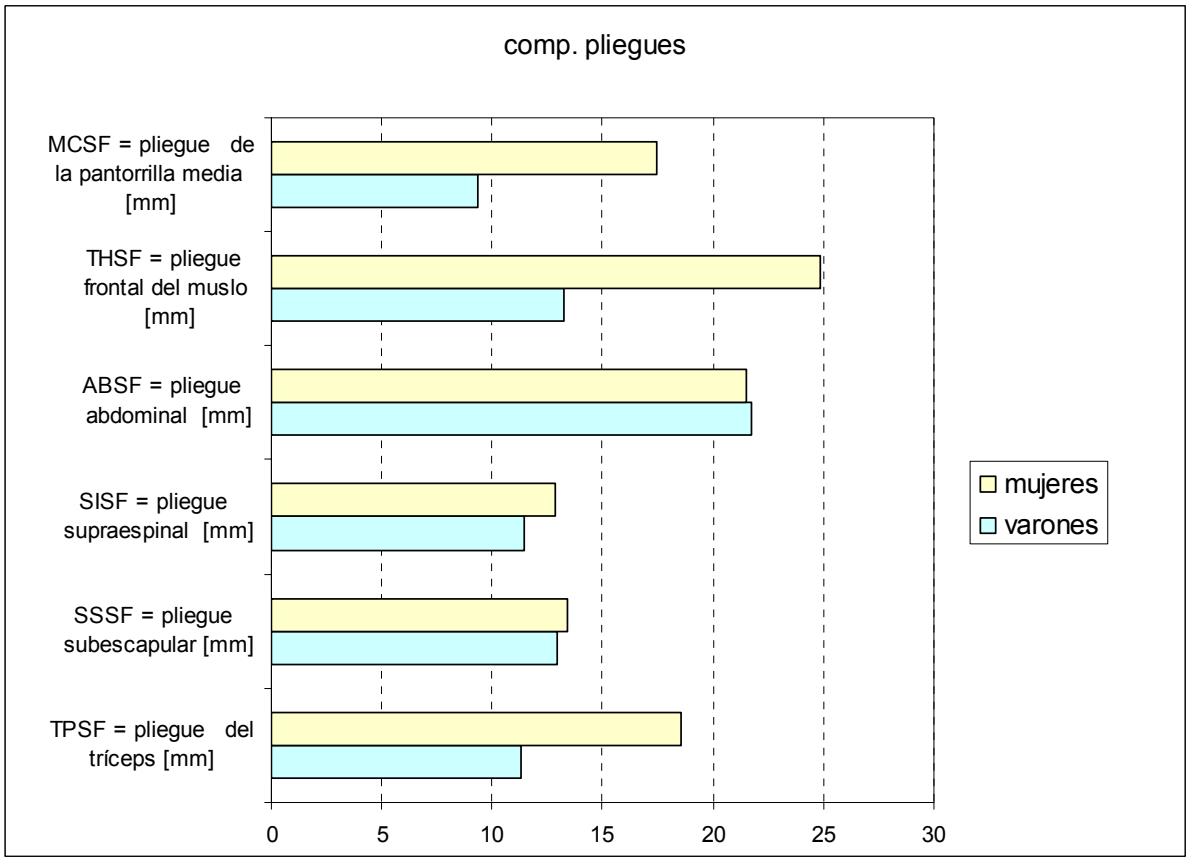


Fig. nº 47 comparación de pliegues cutáneos entre las poblaciones de varones y mujeres.

Si comparamos las medias estadísticas de los pliegues cutáneos (fig. nº 47) de la población de varones y mujeres, veremos que esta última presenta valores más altos en todos los pliegues, con la notable excepción del pliegue abdominal. Esto nos confirma en principio mayores valores de TA subcutáneo en mujeres que en varones. Además, nos muestra la gran diferencia de la grasa subcutánea en las extremidades (pliegues de la pantorrilla, del muslo y del tríceps) y la escasa diferencia en la cintura y el tronco (pliegues abdominal, supraespinal y subescapular) entre ambos sexos.

Por un lado, esta comparación nos permite confirmar la distribución periférica del TA en las mujeres. Pero por otro lado, los valores medios absolutos casi idénticos del pliegue abdominal nos indicarían la relevancia de valorar tanto la localización (mediante el índice cintura/cadera) como la magnitud del TA tanto en la población de varones como en la de mujeres.

En síntesis, la evaluación de la cantidad de tejido adiposo como su distribución resulta trascendental en ambos sexos a la hora de prevenir posibles complicaciones

metabólicas. En varones, porque la acumulación lipídica es preferentemente abdominal; y en mujeres, porque los niveles medios de adiposidad absoluta no difieren con respecto al sexo opuesto.

Valores medios de diámetros y perímetros (comparación entre poblaciones).

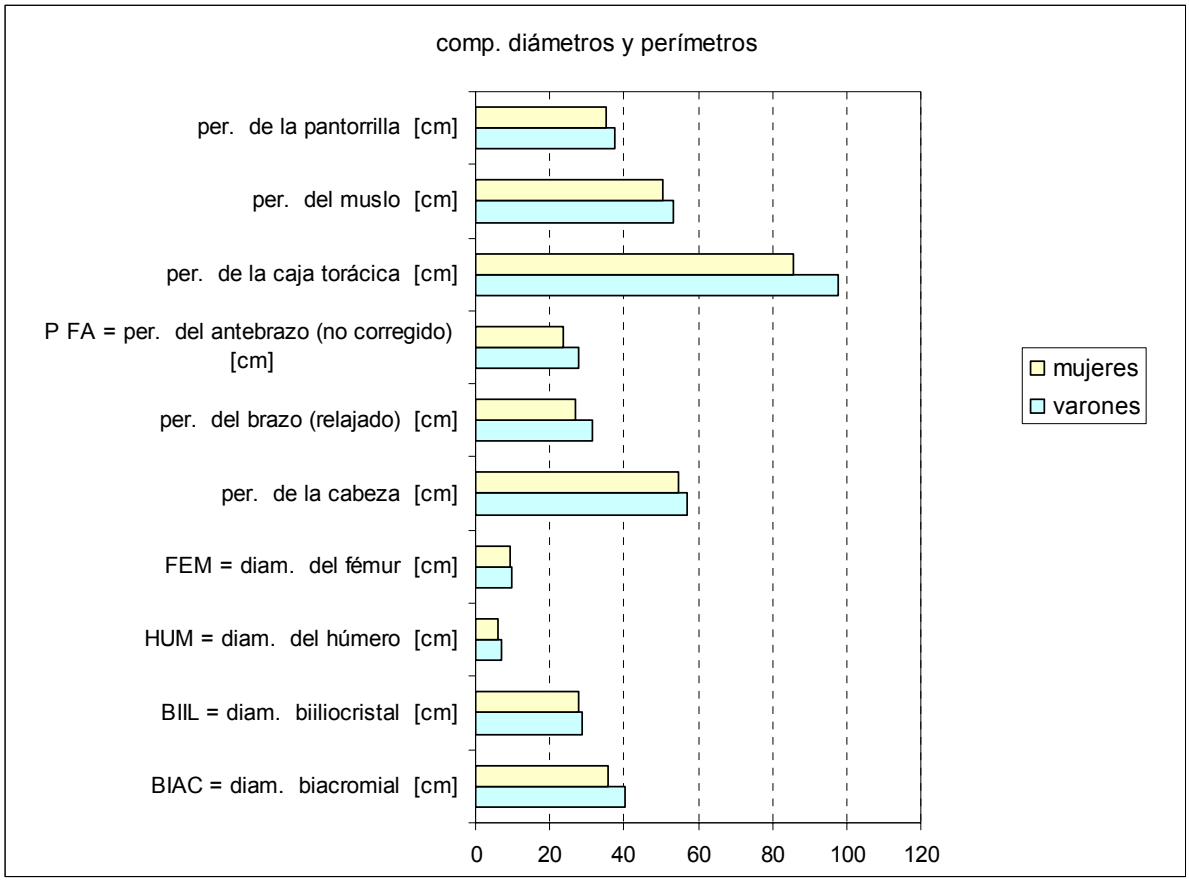


Fig. nº 48 comparación de diámetros y perímetros óseos entre poblaciones de varones y mujeres.

Si contrastamos los valores medios de diámetros óseos y perímetros (fig. nº 48) observaremos que todos fueron mayores en varones. Esto indicaría, en principio, que los valores absolutos de masa ósea y masa muscular son más elevados para esta población. Además, teniendo en cuenta el hecho de que las mujeres presentaron mayores valores de pliegues cutáneos (fig. nº 47), concluimos que, en términos relativos, los varones presentarían una mayor masa muscular y una menor masa adiposa que las mujeres.

Como dijimos, todos los valores medios de diámetros óseos y perímetros musculares fueron mayores en varones que en mujeres (fig. nº 48). Si a estos datos le sumamos el hecho de que esta última población presentó mayores valores de pliegues cutáneos (fig. nº 47), podríamos ya deducir que los varones tienen una mayor masa muscular y ósea en términos absolutos (peso en kg.).

En relación a los cálculos realizados.

Método de cinco componentes.

Estadísticos descriptivos para las masas fraccionales de tejidos (método de cinco componentes – población de varones y mujeres).

A continuación presentamos los estadísticos descriptivos derivados del estudio de fraccionamiento corporal en cinco masas de Kerr y Ross para ambas poblaciones.

varones	% tejido adiposo	% muscular	% óseo (total)	% piel	% residual
n	326	326	326	326	326
min	14,67	26,70	8,65	3,86	7,76
max	49,84	55,23	15,39	7,92	15,86
media	26,49	45,08	11,61	5,19	11,62
ds	5,24	4,23	1,30	0,61	1,09

Tabla nº 3 estadísticos descriptivos para las masas fraccionales – método de cinco componentes de Kerr y Ross – población de varones.(donde n: número de casos; min: valor mínimo de la serie; max: valor máximo de la serie; media: media aritmética simple; ds: desvío Standard).

Mujeres	% tejido adiposo	% muscular	% óseo (total)	% piel	% residual
N	368	368	368	368	368
Min	22,36	22,47	8,52	4,11	6,35
Max	52,70	48,25	15,73	8,34	13,86
Media	36,08	36,49	11,63	5,88	9,92
ds	5,44	4,43	1,23	0,63	1,22

Tabla nº 4 estadísticos descriptivos para las masas fraccionales – método de cinco componentes de Kerr y Ross – población de mujeres. (donde n: número de casos; min: valor mínimo de la serie; max: valor máximo de la serie; media: media aritmética simple; ds: desvío Standard).

Histogramas de frecuencia para el fraccionamiento corporal en cinco masas (varones).

Seguidamente graficamos la distribución de cada masa fraccional (tejido adiposo, muscular, óseo, piel y residual) para la población de varones.

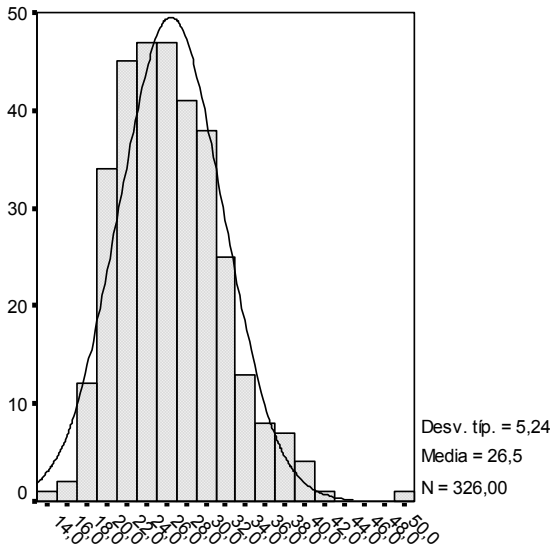


Fig. nº 49 distribución porcentual de la masa adiposa – población de varones.

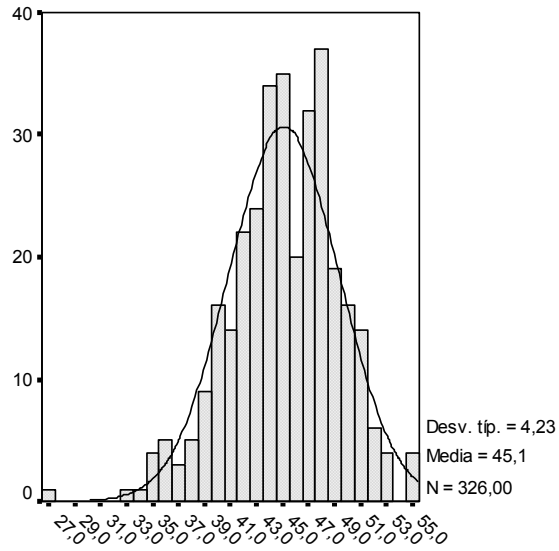


Fig. nº 50 distribución porcentual de la masa muscular – población de varones.

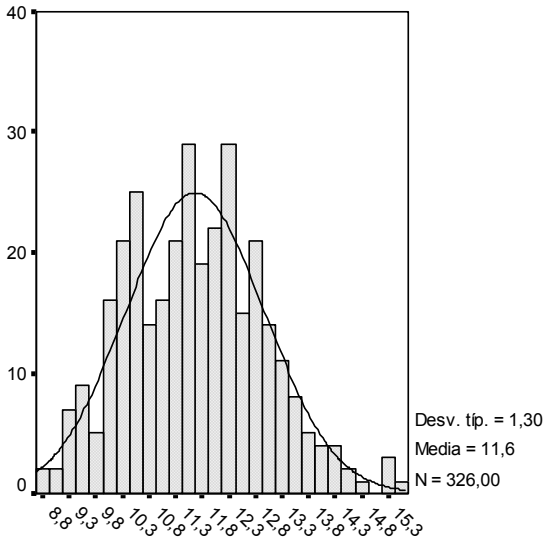


Fig. nº 51 distribución porcentual de la masa ósea– población de varones.

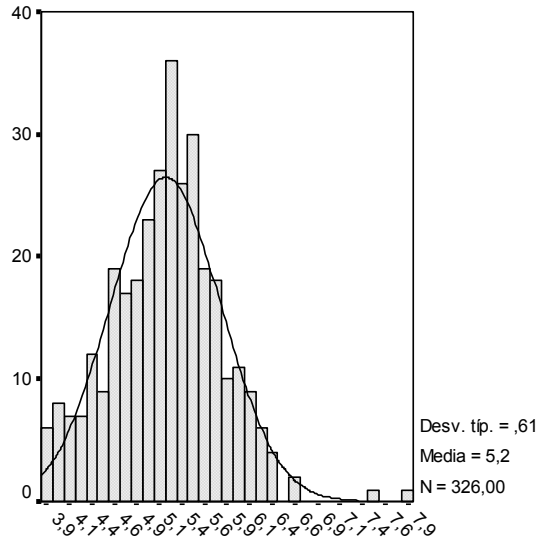


Fig. nº 52 distribución porcentual de la masa de piel población de varones.

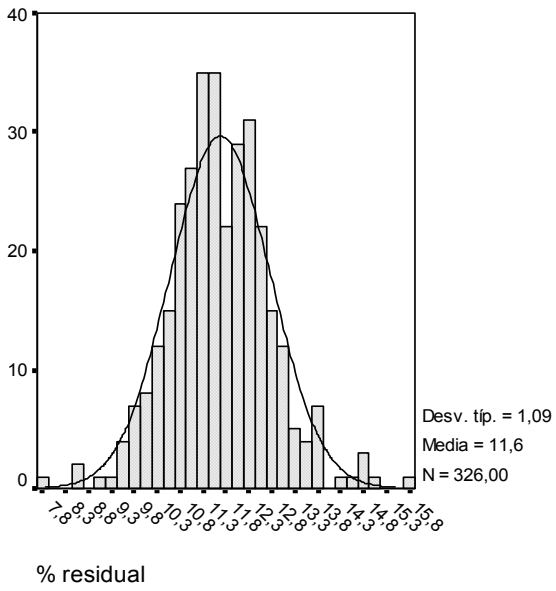


Fig. nº 53 distribución porcentual de la masa residual – población de varones.

Histogramas de frecuencia para el fraccionamiento corporal en cinco masas (mujeres).

A continuación presentamos la distribución de las masas fraccionales (tejido adiposo, muscular, óseo, piel y residual) en la población de mujeres.

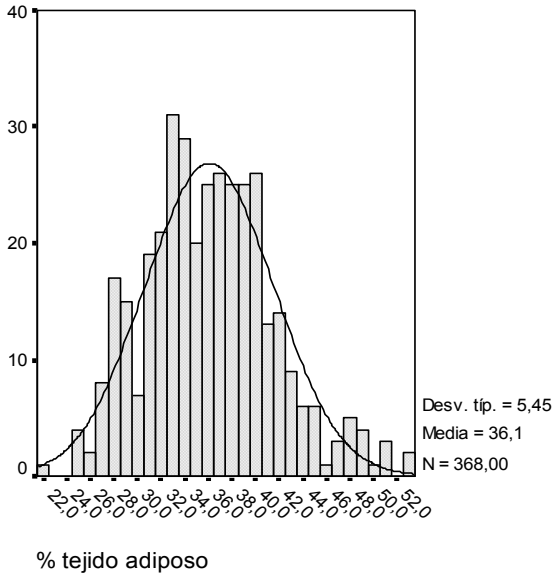


Fig. nº 54 distribución porcentual de la masa adiposa – población de mujeres.

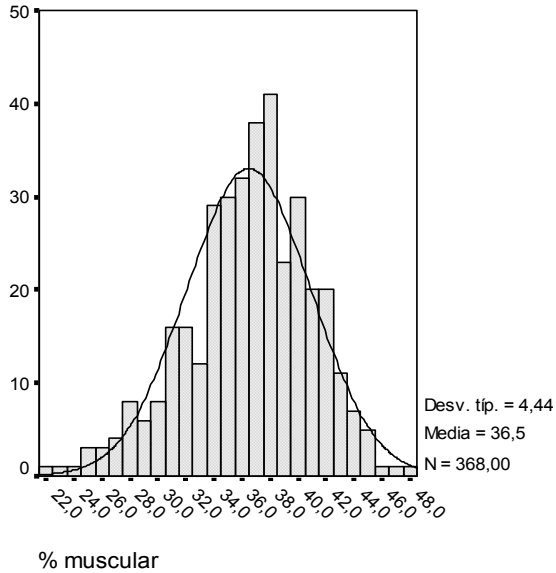


Fig. nº 55 distribución porcentual de la masa muscul – población de mujeres.

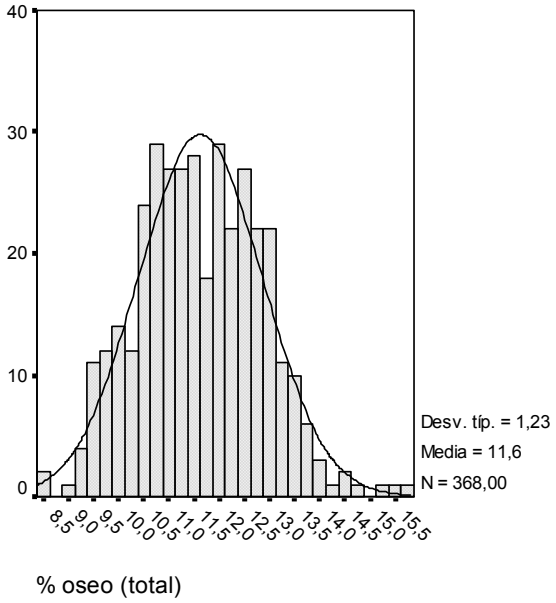


Fig. nº 56 distribución porcentual de la masa ósea – población de mujeres.

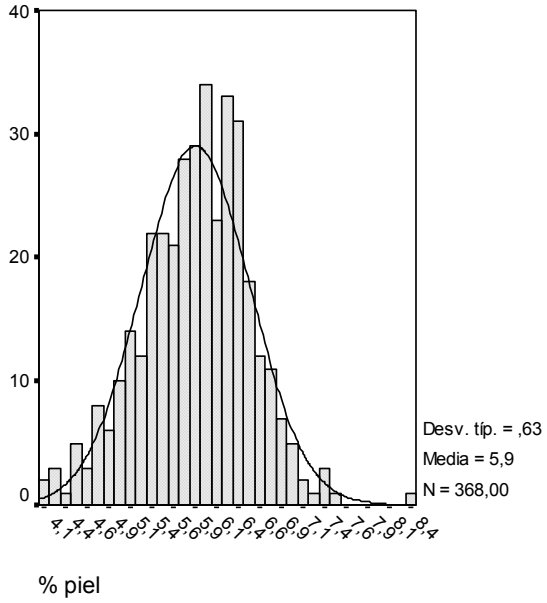


Fig. nº 57 distribución porcentual de la masa de piel población de mujeres.

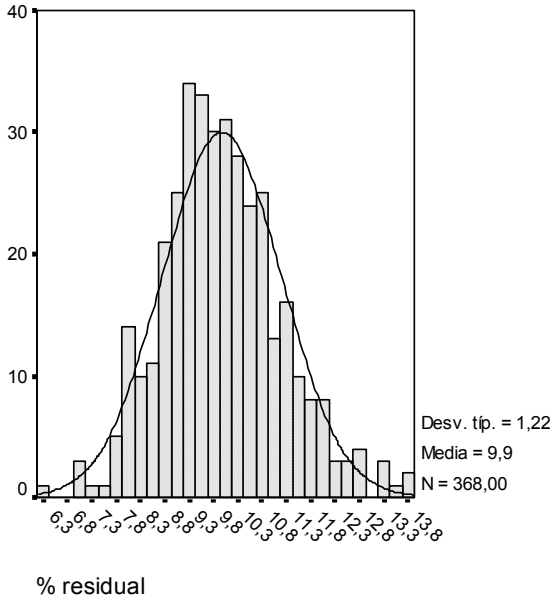


Fig. nº 58 distribución porcentual de la masa residual – población de mujeres.

Gráficos fraccionamiento en cinco componentes – población varones.

Si comparamos las medias aritméticas simples (tablas nº3 y nº4) de las masa fraccionales (valores relativos) en ambas poblaciones, confirmaremos el hecho de que los varones presentaron mayor masa muscular (45.1% contra 36.5%) y menor masa adiposa (26.5% contra 36.1%) que las mujeres. Las masas de piel, ósea y residual mostraron, sin embargo, muy poca diferencia (masa ósea 11.61% y 11.63%; piel 5.19% y 5.88%, residual 11.62%, 9.92%; varones y mujeres respectivamente). Esto se refleja claramente en los gráficos circulares (de torta) que siguen a continuación (fig. nº 59, 60 y 61)

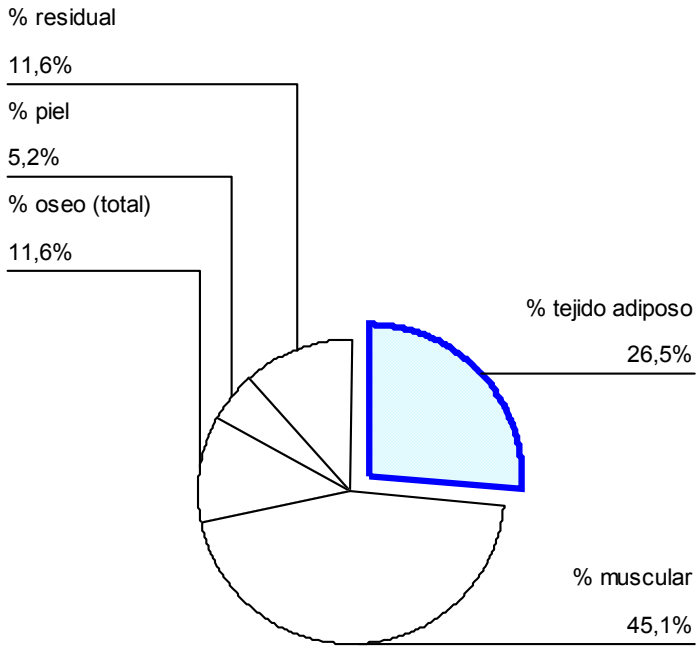


Fig. nº 59 valores porcentuales medios de masas fraccionales – población de varones.

Gráficos fraccionamiento en cinco componentes – población mujeres

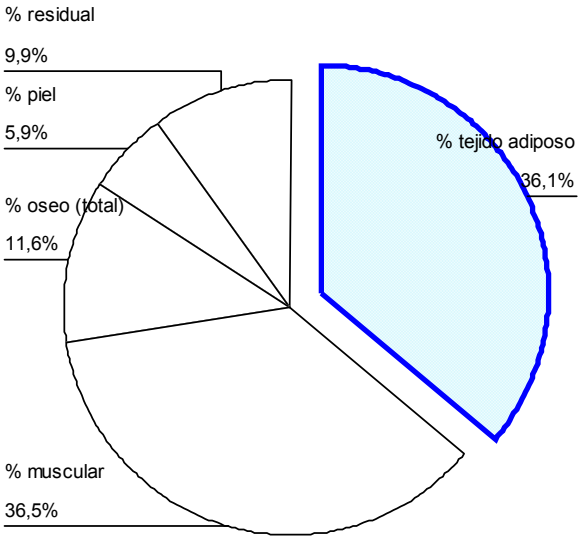


Fig. nº 60 valores porcentuales medios de masas fraccionales – población de mujeres.

Valores medios absolutos (kg.) y relativos (%) de las distintas masas calculadas (método de cinco componentes - Comparación entre la población de varones y Mujeres).

Sin duda, un elemento esencial que no debemos perder de vista es que los gráficos anteriores se refieren a valores relativos expresados en porcentajes (peso de la masa considerada respecto del peso total del cuerpo). En este sentido, si queremos completar el análisis debemos relacionar tanto los valores relativos (porcentaje) como los absolutos (peso de la masa en sí, expresada en kilogramos). Veamos la tabla y el gráfico siguientes.

	masa de piel	masa ósea	masa adiposa	masa muscular	masa residual
varones [kg]	3,94	8,88	20,94	34,81	9,01
mujeres [kg]	3,41	6,79	21,54	21,5	5,88
varones [%]	5,19	11,61	26,49	45,08	11,62
mujeres [%]	5,88	11,63	36,08	36,49	9,92

Tabla nº 4b Valores medios absolutos (kg.) y relativos (%) de las distintas masas calculadas (método de cinco componentes)

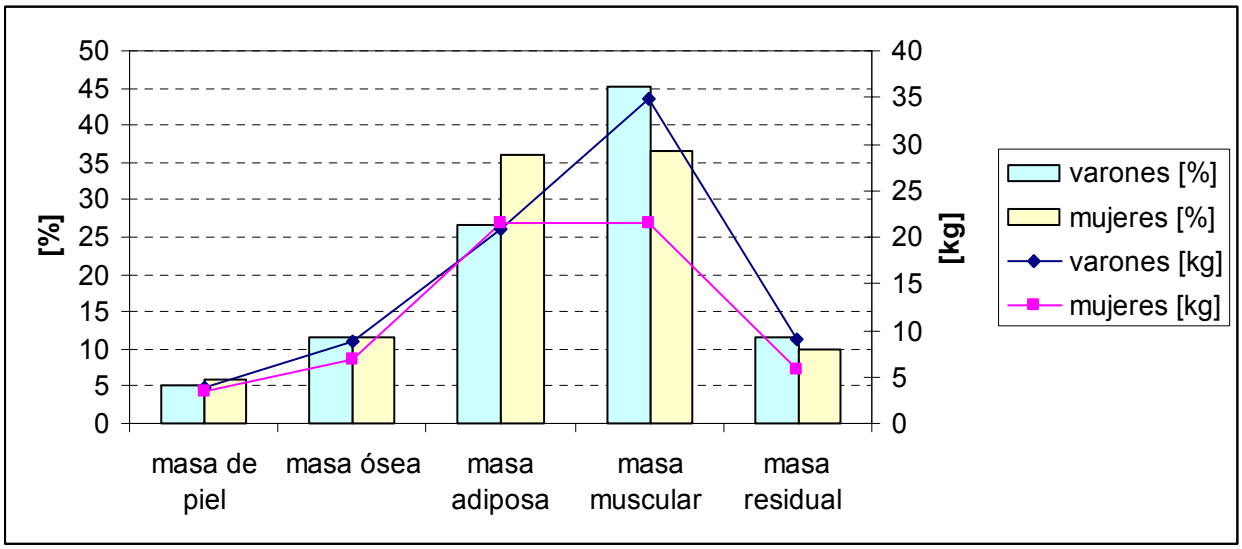


Fig. nº 61 Valores medios absolutos (kg.) y relativos (%) de las distintas masas calculadas (método de cinco componentes - Comparación entre la población de varones y Mujeres).

Como vemos (fig. nº 61), las suposiciones a partir del análisis de los pliegues cutáneos, los perímetros musculares y los diámetros óseos, se cumplen a la perfección. La población de varones mostró una mayor masa muscular y residual tanto en términos absolutos como relativos (tabla nº 4b). Las mujeres, por su parte, presentaron mayores valores de masa de piel y adiposa, pero sólo en relación al porcentaje total del peso corporal, y no al peso absoluto de la masa en sí. Por último, la masa ósea, evidenció un valor escasamente superior en términos absolutos en varones, pero igual en ambas poblaciones en términos relativos.

Relación entre tejido adiposo y masa muscular (población de varones y mujeres).

Siguiendo con la lógica anterior analizaremos a continuación la relación entre la masa muscular y adiposa, tanto en términos relativos como absolutos.

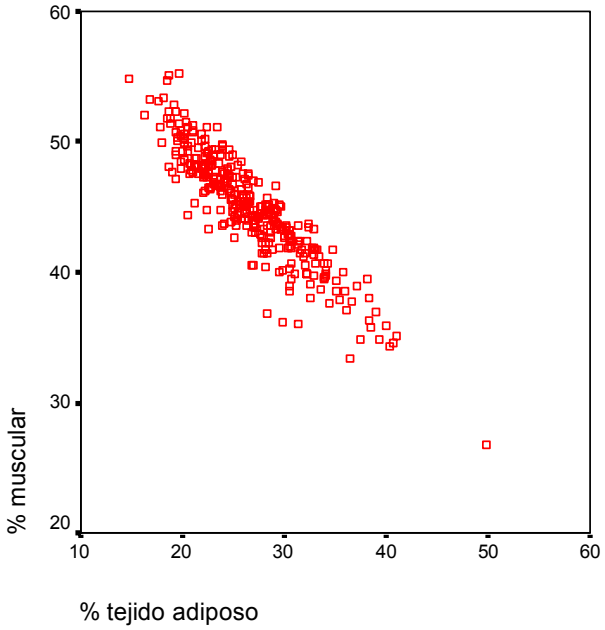


Fig. nº 62 a Relación entre masa adiposa y muscular relativa – población de Varones (r = -0.914)

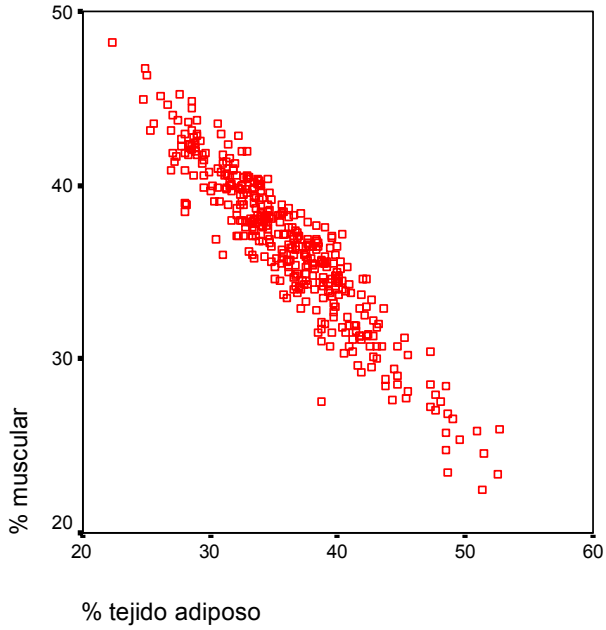


Fig. nº 63 a Relación entre masa adiposa y muscular relatva – población de Mujeres (r = -0.935)

Como vemos, los valores porcentuales de masa muscular y masa adiposa se relacionaron fuertemente en forma inversa, tanto en varones como en mujeres (fig. nº 62 a y 63 a). Esto indicaría que, para ambas poblaciones, a mayor porcentaje de masa muscular menor de masa adiposa y viceversa. Este hecho, aunque aparentemente significativo, no resulta muy valioso, ya que al ser valores relativos (porcentaje del peso total), cualquier modificación del peso absoluto (kg.) de una de las masas produce una variación en el porcentaje de ambas (positiva en la primera y negativa en la segunda). Sin duda, no necesariamente los sujetos con mayor masa muscular presentarán menor masa adiposa o viceversa en términos absolutos (fig. nº 62 b y 63 b).

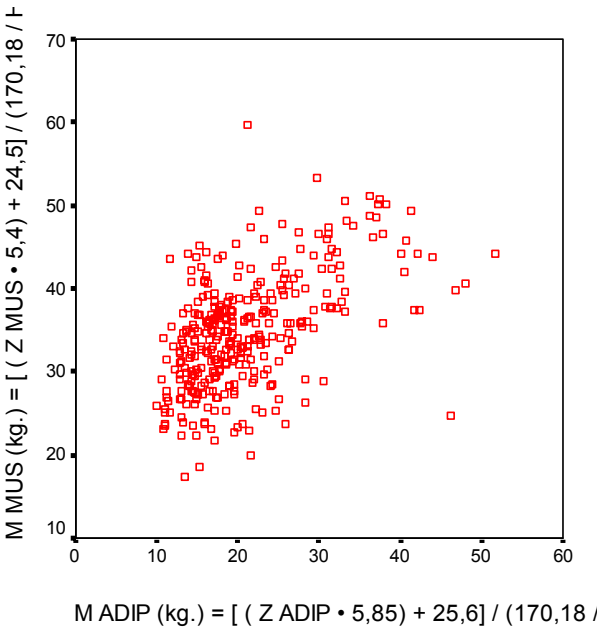


Fig. nº 62 b Relación entre masa adiposa y muscular absoluta – población de Varones (r =0.528)

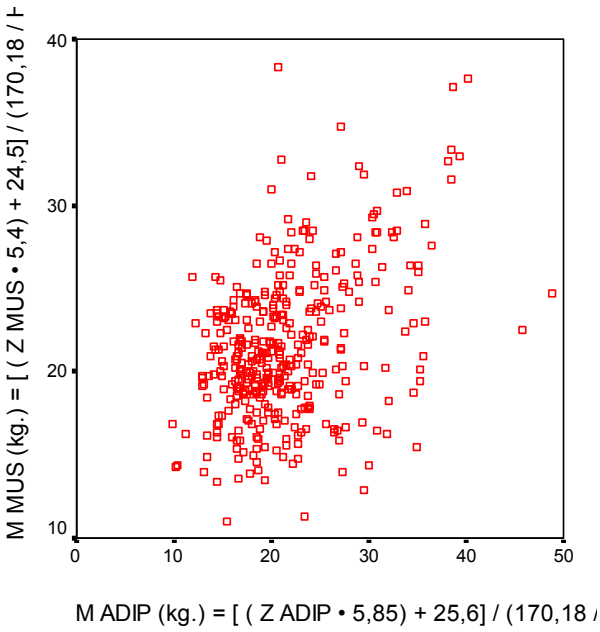


Fig. nº 63 b Relación entre masa adiposa y muscular absoluta – población de mujeres (r =0.409)

Método de dos componentes.

Estadísticos descriptivos para la densidad corporal y la grasa corporal relativa (%gc) – varones.

Pasamos a continuación a estudiar los estadísticos descriptivos de las variables de densidad y grasa corporal relativa. Recordemos que se utilizaron tres ecuaciones distintas, tanto para varones como para mujeres, para el cálculo de densidad corporal; y una única fórmula para transformar este valor a porcentaje de grasa corporal (Siri).

varones	DC - Katch y McArdle (1973)	DC - Sloan (1967)	DC - Wilmore y Behnke (1969)	% GC - Katch y McArdle (1973)	% GC - Sloan (1967)	% GC - Wilmore y Behnke (1969)
n	326	326	326	326	326	326
min	1,02	1,00	1,02	4,87	3,66	8,67

mujeres	DC - Lewis, Hakell, Perry, Kovacevic, y Wood (1978)	DC - Wilmore y Behnke (1970)	DC - Whiters, Whittingham, Norton, Laforgia, Ellis, y Crockett (1987c)	% GC - Lewis, Hakell, Perry, Kovacevic, y Wood (1978)	% GC - Wilmore y Behnke (1970)	% GC - Whiters, Whittingham, Norton, Laforgia, Ellis, y Crockett (1987c)
n	368	368	368	368	368	368
min	0,93	0,99	1,02	9,54	20,59	12,03

max	1,09	1,09	1,08	37,36	43,52	36,32
media	1,07	1,07	1,06	14,48	12,80	16,66
ds	0,02	0,02	0,01	6,71	7,23	5,80

Tabla nº 5 estadísticos descriptivos de densidad corporal y porcentaje de grasa corporal para cada ecuación de predicción utilizada – población de varones.

max	1,08	1,05	1,07	79,84	50,85	37,25
media	1,04	1,04	1,05	27,39	27,39	22,79
ds	0,02	0,01	0,01	8,05	4,64	4,93

Tabla nº 6 estadísticos descriptivos de densidad corporal y porcentaje de grasa corporal para cada ecuación de predicción utilizada – población de mujeres.

Los valores de densidad corporal para varones oscilaron entre 1 y 1.09 $g.cm^{-3}$ con una media de 1.06 - 1.07 $g.cm^{-3}$ dependiendo de la fórmula utilizada. En mujeres la densidad corporal fue de 0.93 a 1.08 $g.cm^{-3}$ con un valor medio de 1.04 – 1.05 $g.cm^{-3}$ dependiendo de la ecuación usada (tabla nº 5 y 6).

Este hecho refleja hasta que punto cada ecuación resulta específica de la población que le dio origen. Además muestran la poca confiabilidad para realizar predicciones individuales, ya que pequeñas variaciones en la densidad corporal provocaron grandes variaciones en el porcentaje de grasa corporal (fig. nª 70 y 71). Por ejemplo, si comparamos las medias aritméticas simples de densidad corporal en mujeres, veremos que estas difieren levemente (0.0101 $g.cm^{-3}$ → de 1,0370 $g.cm^{-3}$ (Lewis et. al.) y (Wilmore et. al.) a 1.0471 $g.cm^{-3}$ (Whiters et. al.)). No obstante, cuando trasladamos este valor a grasa corporal relativa nos da como resultado una diferencia importante (4.5964 % → de 27,3875% a 22,7911%). En otras palabras, una variación de la dc de 0.0101 $g.cm^{-3}$ provoca una diferencia de grasa corporal de 4.5964 %.

Histogramas de frecuencias – método de dos componentes (varones).

Veamos ahora la distribución de los distintos porcentajes de grasa corporal obtenidos a partir de las tres fórmulas diferentes de cálculo de la densidad corporal para la población de varones.

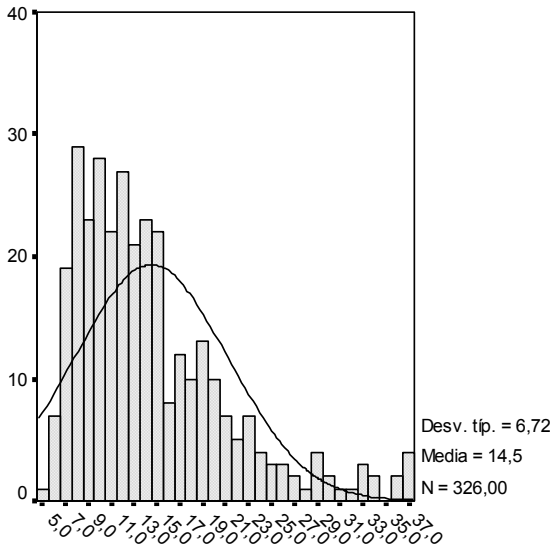


Fig. nº 64 distribución del porcentaje de grasa corporal – ecuación de Katch y McArdle – población de varones.

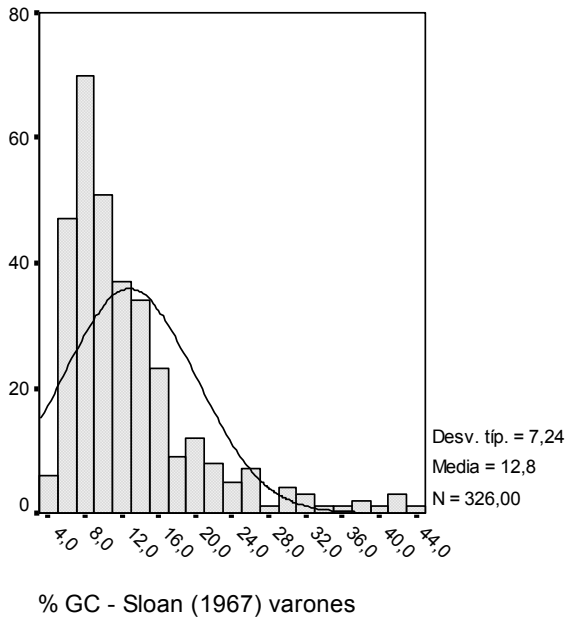


Fig. nº 65 distribución del porcentaje de grasa corpo – ecuación de Sloan – población de varones.

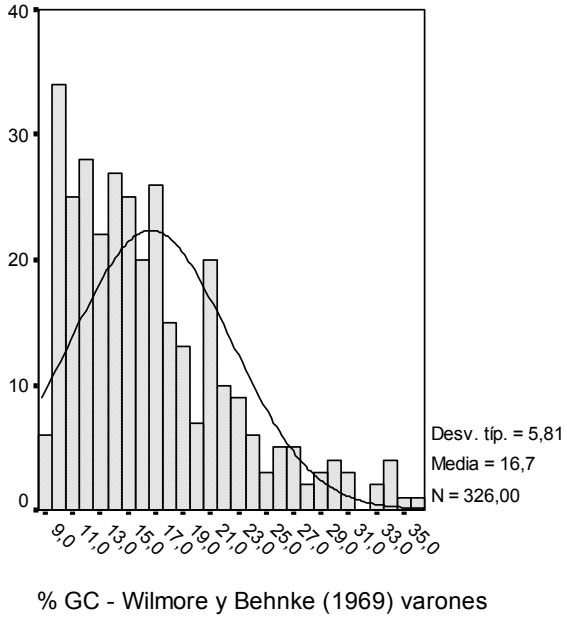


Fig. nº 66 distribución del porcentaje de grasa corporal – ecuación de Wilmore y Behnke – población de varones.

Histogramas de frecuencias – método de dos componentes (mujeres)

Observemos a continuación los histogramas de los distintos porcentajes de grasa corporal calculados a partir de las tres fórmulas diferentes de densidad corporal para la población de mujeres.

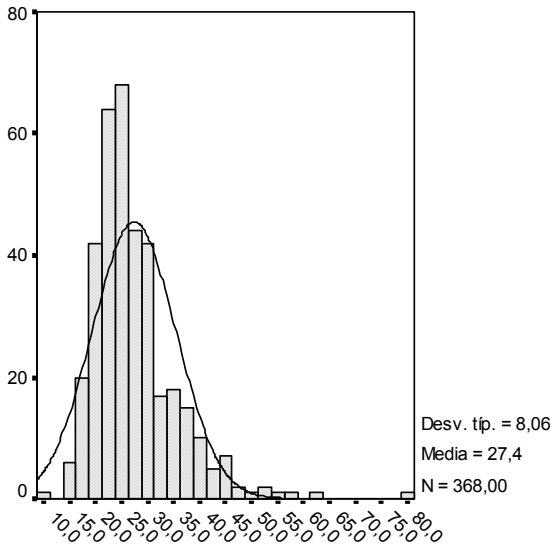


Fig. nº 67 distribución del porcentaje de grasa corporal – ecuación de Lewis et al. – población de mujeres.

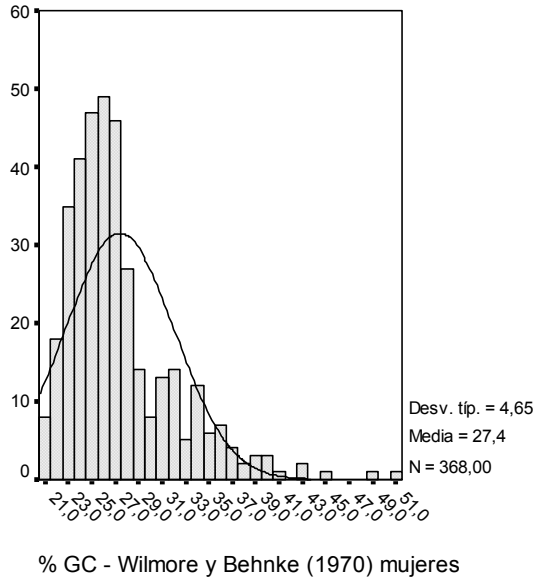


Fig. nº 68 distribución del porcentaje de grasa corporal – ecuación de Wilmore y Behnke. – población de mujeres.

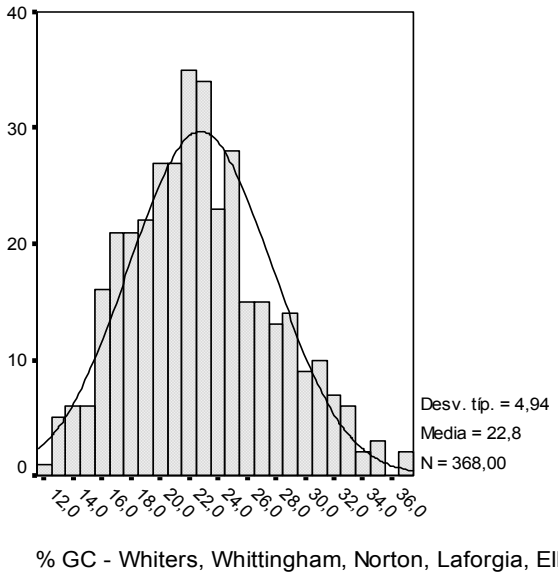


Fig. nº 69 distribución del porcentaje de grasa corporal – ecuación de Whiters et al. – población de mujeres.

Comparación del porcentaje de grasa corporal (valores medios – varones y mujeres).

A continuación comparamos los valores medios de densidad y grasa corporal calculados a partir de las tres formulas para varones (fig. nº 70) y mujeres (fig. nº 71) respectivamente.

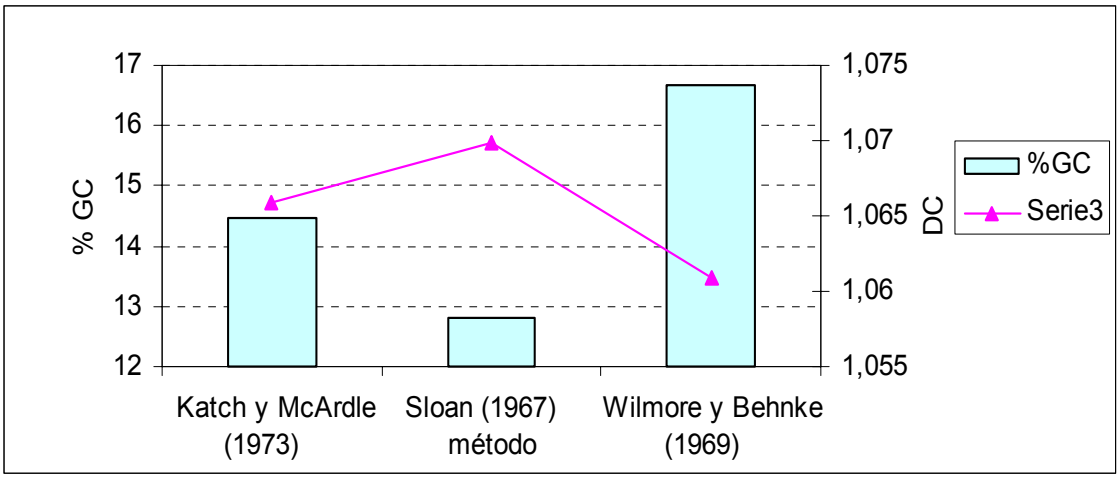


Fig. nº 70 Valores medios de densidad y porcentaje de grasa corporal – población de varones.

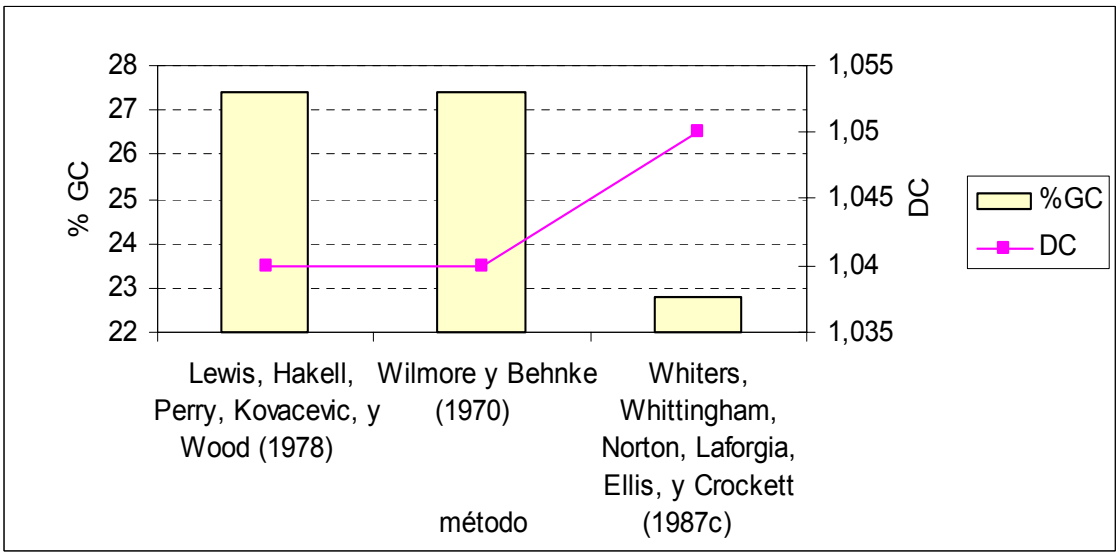


Fig. nº 71 Valores medios de densidad y porcentaje de grasa corporal – población de mujeres.

Como señalamos anteriormente, pequeñas modificaciones en los valores de densidad corporal provocan grandes variaciones en el porcentaje de grasa corporal. Recordemos que mayores valores de densidad corporal se traducen en menores valores de grasa corporal relativa (a través de la ecuación de Siri) y viceversa.

Como vemos (fig. nº 70 y 71) la predicción de la densidad y, consecuentemente la de grasa corporal, varía en función de la ecuación utilizada para su cálculo. Este hecho indicaría una gran especificidad poblacional de la fórmula.

Sin duda, la evaluación del grosor de los pliegues cutáneos es un método adecuado para controlar los niveles de adiposidad. El uso del plicómetro resulta un procedimiento confiable y relativamente simple, que evita los errores de transformación del espesor de pliegues (mm), a densidad corporal ($gr.cm^{-3}$) y, finalmente, a porcentaje de grasa corporal (%). Este error de transformación de las mediciones antropométricas a porcentaje de grasa corporal, puede ser evitado reportando simplemente la sumatoria de pliegues cutáneos, y comparando este valor con tablas de referencia de la población específica.

Valores medios de grasa corporal. Comparación entre la población de varones y mujeres.

Seguidamente compararemos los valores medios de grasa corporal relativa en varones y mujeres (tres valores para cada población).

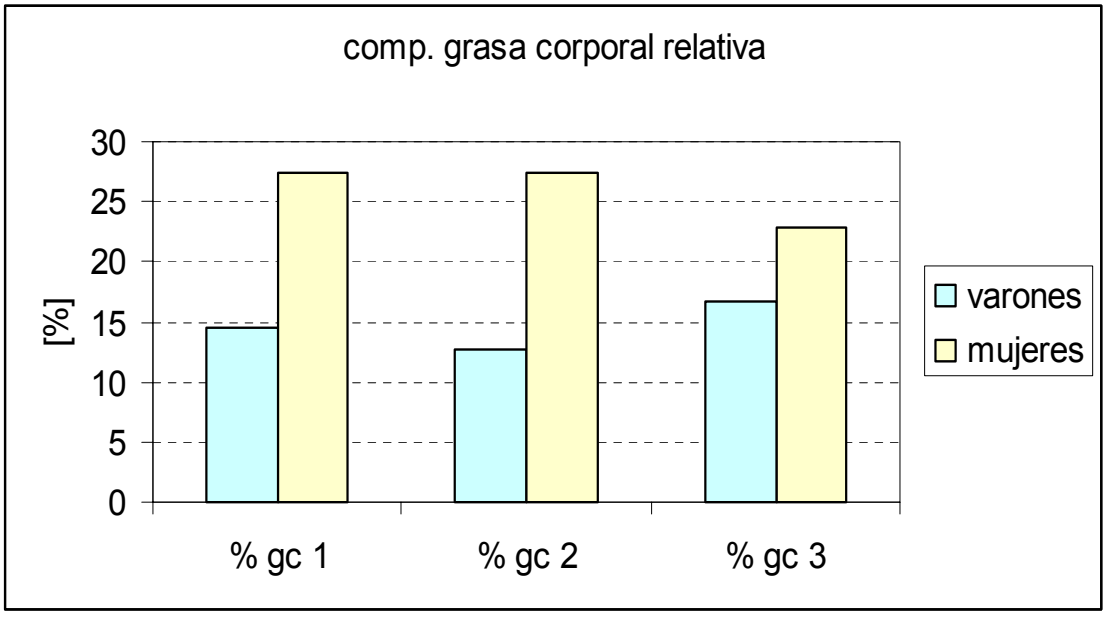


Fig. nº 72 Valores medios de porcentaje de grasa corporal – tres ecuaciones para varones y tres para mujeres.

Si tomamos en cuenta solo los valores medios de los porcentajes de grasa corporal calculados a partir de las tres ecuaciones de predicción diferentes para cada sexo, vemos

que estos fueron menores en varones que en mujeres (fig. nº 72). En esta última población dos de las ecuaciones coinciden en su estimación de la densidad corporal y, por ende, de la grasa corporal relativa (Lewis et al y Wilmore et al). No obstante, que las medias aritméticas simples de las series de densidad corporal coincidan, no ofrece mayor información sobre el grado de acuerdo de las distintas ecuaciones de predicción. Para ver hasta qué punto los resultados obtenidos con los diferentes instrumentos son equivalentes, es necesario realizar un análisis de la concordancia entre estas fórmulas. A fin de visualizar claramente las diferencias observadas y evaluar el grado de acuerdo entre las distintas ecuaciones de densidad corporal, se siguió el procedimiento gráfico (Bland y Altman) que veremos a continuación.

Concordancia entre diferentes métodos de predicción de la grasa corporal (método de Bland y Altman). Varones.

Ahora bien, como mencionamos anteriormente, el coeficiente de correlación resulta una medida inadecuada para determinar el grado de acuerdo entre dos métodos de cálculo distintos. Ya que si estos valoran sistemáticamente cantidades diferentes uno del otro, la correlación puede ser perfecta, a pesar de que la concordancia sea nula. En otras palabras, el coeficiente de correlación solamente mide la asociación lineal entre dos variables, pero no proporciona información sobre el acuerdo entre ambas. A esto se le suma, que una modificación en la escala de medición no afecta la correlación, pero sí modifica la concordancia. Por esta razón, analizamos a continuación el grado de acuerdo entre las tres ecuaciones de cálculo de la densidad corporal (expresadas en porcentaje de grasa corporal a través de la ecuación de Siri) utilizadas en nuestro estudio.

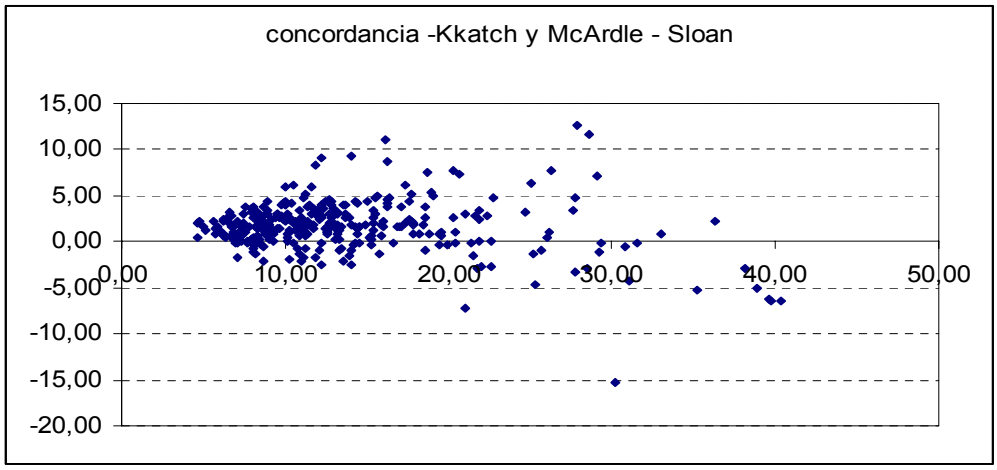


Fig. nº 73 análisis de las diferencias individuales de porcentaje de grasa corporal (método de Bland y Altman) - Ecuación de Katch y McArdle vs. Ecuación de Sloan – población de varones.

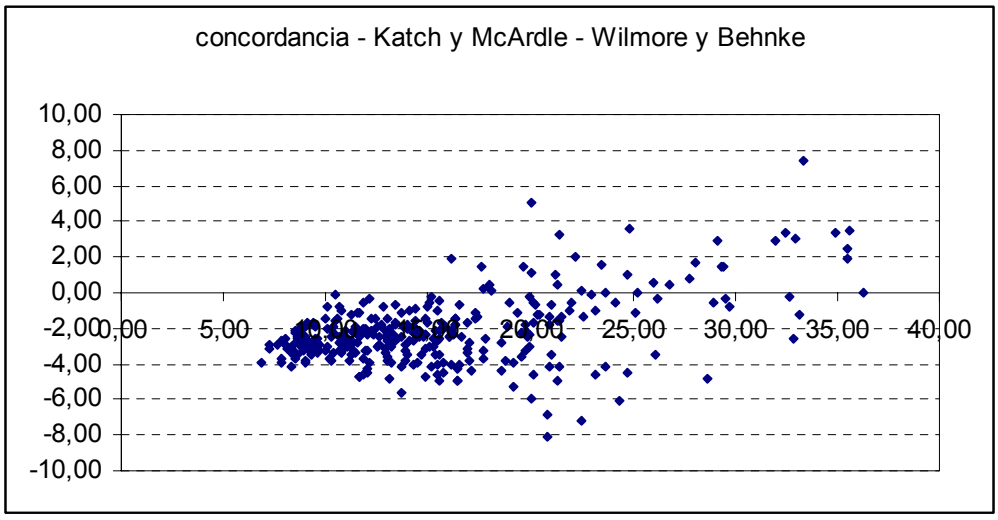


Fig. nº 74 análisis de las diferencias individuales de porcentaje de grasa corporal (método de Bland y Altman) - Ecuación de Katch y McArdle vs. Ecuación de Wilmore y Behnke – población de varones.

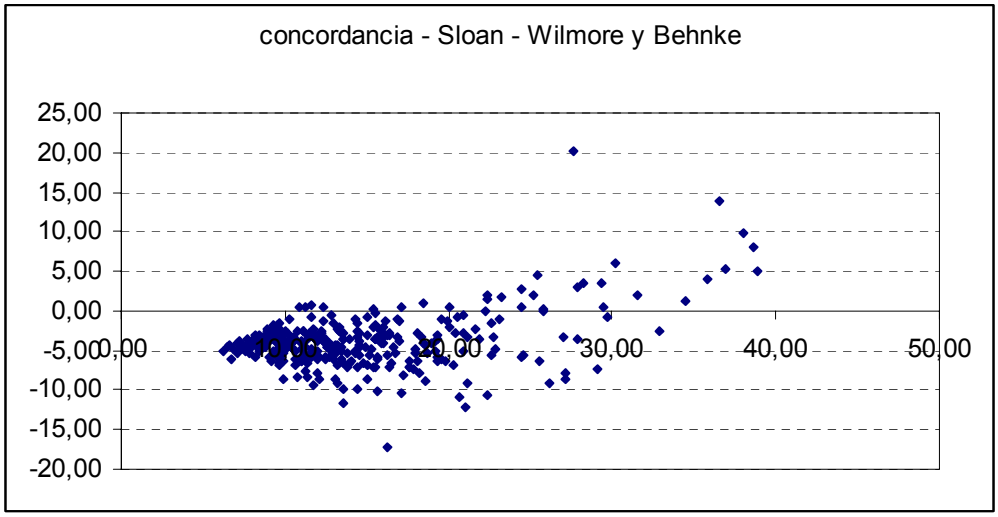


Fig. nº 75 análisis de las diferencias individuales de porcentaje de grasa corporal (método de Bland y Altman) - Ecuación de Sloan vs. Ecuación de Wilmore y Behnke – población de varones.

Concordancia entre diferentes métodos de predicción de la grasa corporal (método de Bland y Altman). Mujeres.

Veamos a continuación los gráficos de concordancia para las tres fórmulas de densidad corporal (expresadas en porcentaje de grasa corporal a través de la ecuación de Siri) utilizadas en la población de mujeres.

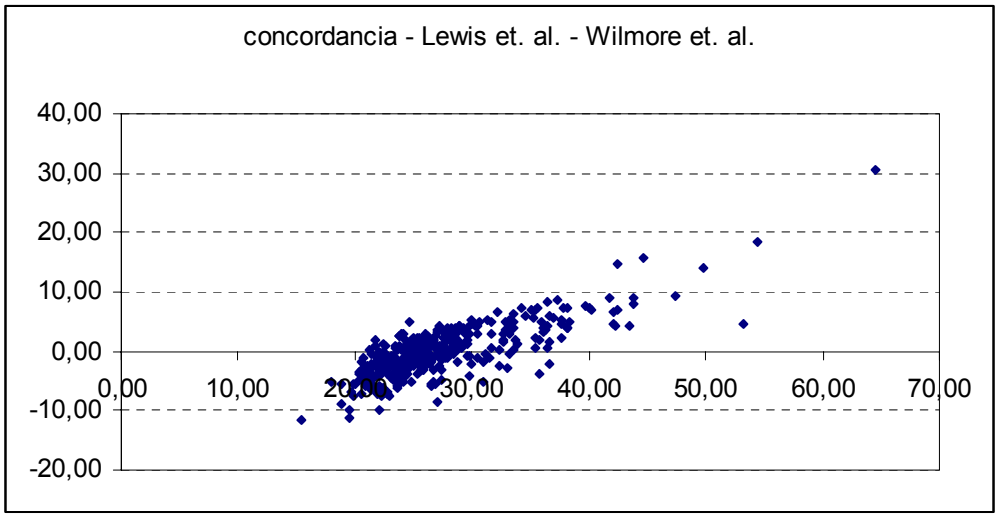


Fig. nº 76 análisis de las diferencias individuales de porcentaje de grasa corporal (método de Bland y Altman) - Ecuación de Lewis et al. vs. Ecuación de Wilmore et al. – población de mujeres.

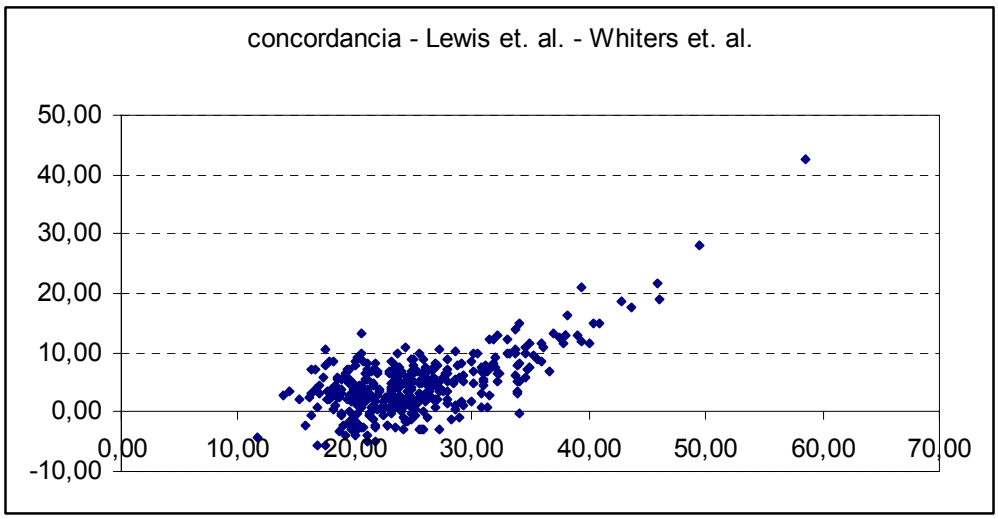


Fig. nº 77 análisis de las diferencias individuales de porcentaje de grasa corporal (método de Bland y Altman) - Ecuación de Lewis et al. vs. Ecuación de Whiters et al. – población de mujeres.

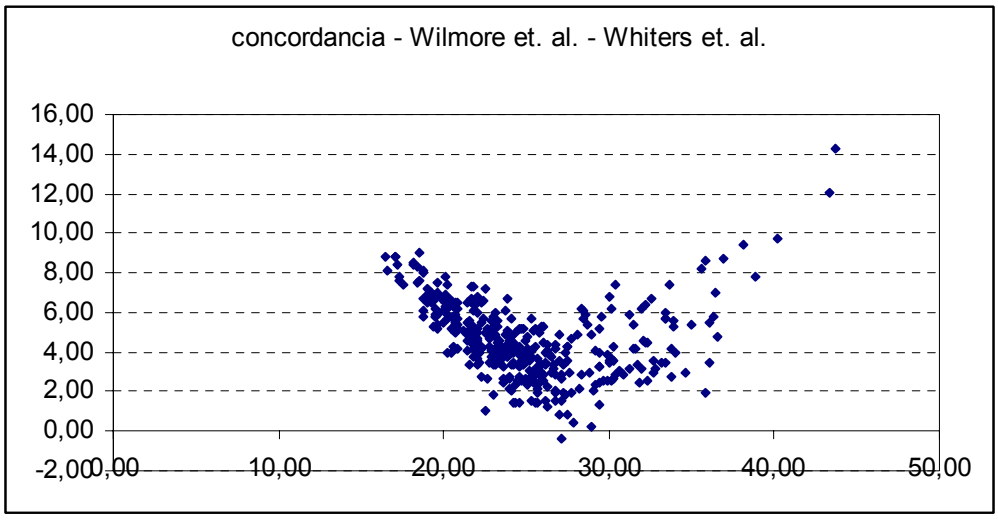


Fig. nº 78 análisis de las diferencias individuales de porcentaje de grasa corporal (método de Bland y Altman) - Ecuación de Wilmore et al. vs. Ecuación de Whiters et al. – población de mujeres.

La ausencia de un método de referencia válido y fiable (gold standard) para la medición de la densidad corporal, nos lleva a abstenernos de emitir un juicio de valor sobre las bondades de una u otra ecuación de predicción. No obstante, queda sumamente clara la amplitud de las diferencias individuales de la densidad corporal calculada a partir de estas ecuaciones. Sin duda, el grado de acuerdo entre las distintas estrategias para el cálculo de la densidad corporal no es muy bueno. Esta falta de concordancia tal vez se deba a que cada ecuación fue desarrollada a partir de una población específica; hecho que invalidaría su aplicabilidad a otros grupos humanos distintos de aquel que le dio origen a la fórmula.

Somatotipo.

Estadísticos descriptivos para el somatotipo – Varones y mujeres.

Pasemos ahora a analizar los estadísticos descriptivos de cada componente del somatotipo, tanto en varones como en mujeres.

varones	Endomorfismo	Mesomorfismo	Ectomorfismo
n	326	326	326
min	0,80	0,63	0,09
max	8,81	7,79	6,63
media	3,39	4,33	2,08
ds	1,66	1,22	1,28

Tabla nº 7 estadísticos descriptivos de cada componente del somatotipo para la población de varones.

mujeres	Endomorfismo	Mesomorfismo	Ectomorfismo
N	368	368	368
Min	1,59	-0,43	0,10
Max	9,85	9,16	6,53
Media	4,62	2,81	2,02
Ds	1,56	1,18	1,17

Tabla nº 8 estadísticos descriptivos de cada componente del somatotipo para la población de mujeres.

Tomando en cuenta los valores medios de cada componente del somatotipo (tabla nº 7 y 8), podemos decir que la población de varones presentó características mesoendomórficas y las mujeres endomesomórficas.

Si bien, de acuerdo a la clasificación del somatotipo, ambas poblaciones presentaron una moderada adiposidad relativa (v. 3.39 – m. 4.62), en el caso de las mujeres este valor fue mayor. En este sentido, la grasa subcutánea cubriría, más en mujeres que en varones, los contornos musculares y óseos dando una apariencia más blanda.

Por otro lado, los varones mostraron un moderado (4.33) mesomorfismo, lo que indica un mediano desarrollo músculo-esquelético relativo (mayores dimensiones de músculo, huesos y articulaciones), en contraste con las mujeres que presentaron un valor entre bajo y moderado (2.81) de este componente.

Por último, en lo que a linearidad relativa se refiere, los dos grupos evidenciaron un gran volumen por unidad de altura, así como extremidades relativamente voluminosas (v. 2.08 – m. 2.02).

Histogramas de frecuencias para los componentes de somatotipo (varones).

A fin de tener una visión global de los distintos componentes del somatotipo, presentamos en forma seguida los siguientes gráficos.

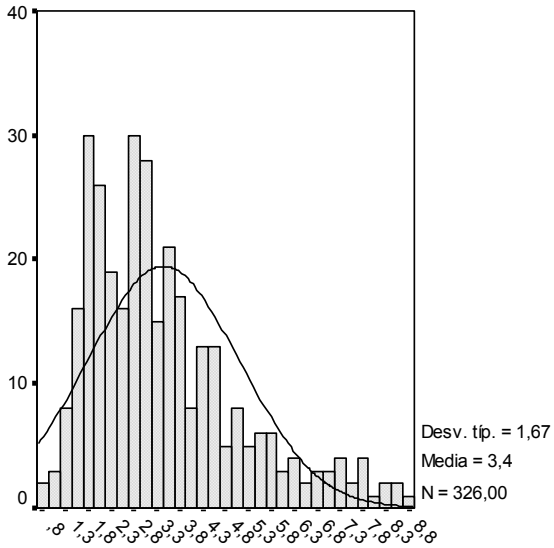


Fig. nº 79 distribución de frecuencias para el componente endomórfico del somatotipo – población de varones.

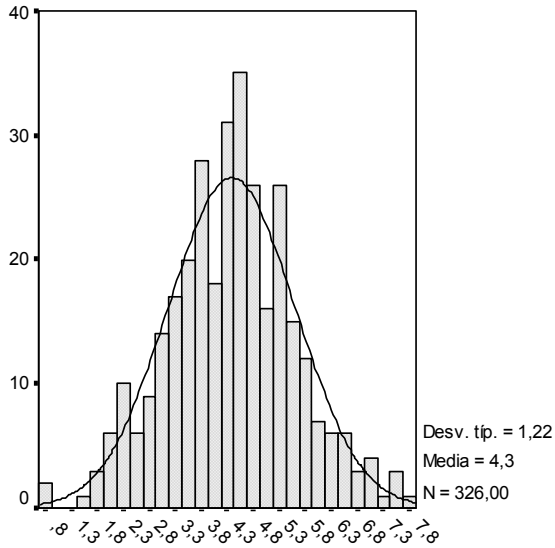


Fig. nº 80 distribución de frecuencias para el componente mesomórfico del somatotipo – poblaci de varones.

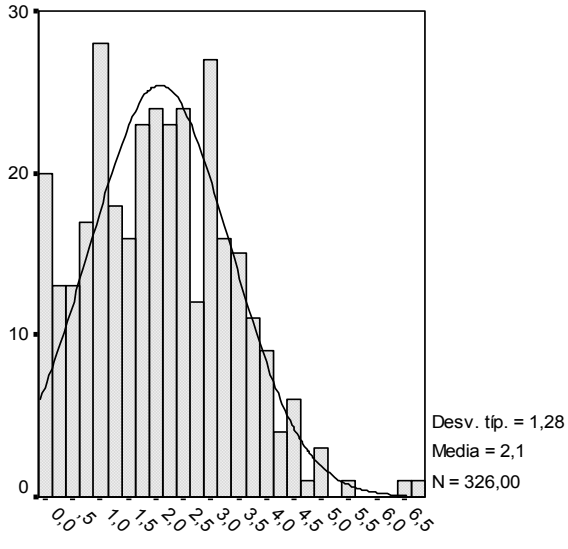


Fig. nº 81 distribución de frecuencias para el componente ectomórfico del somatotipo – población de varones.

Histogramas de frecuencias para los componentes de somatotipo (mujeres)

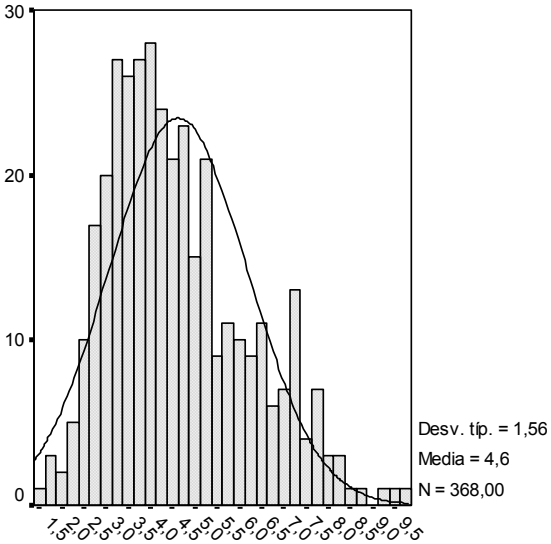


Fig. nº 82 distribución de frecuencias para el componente endomórfico del somatotipo – población de mujeres.

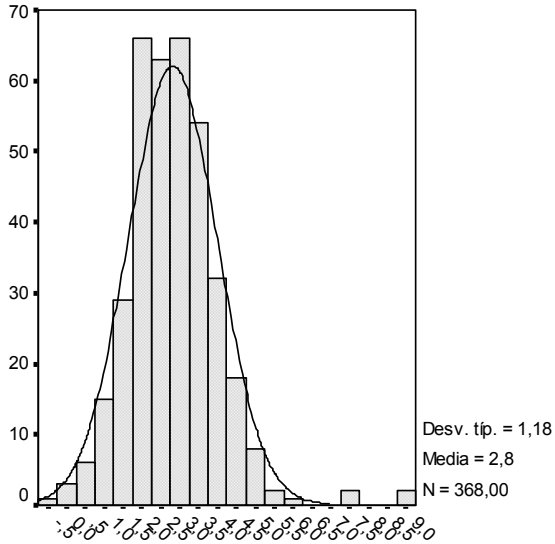


Fig. nº 83 distribución de frecuencias para el componente mesomórfico del somatotipo – población de mujeres.

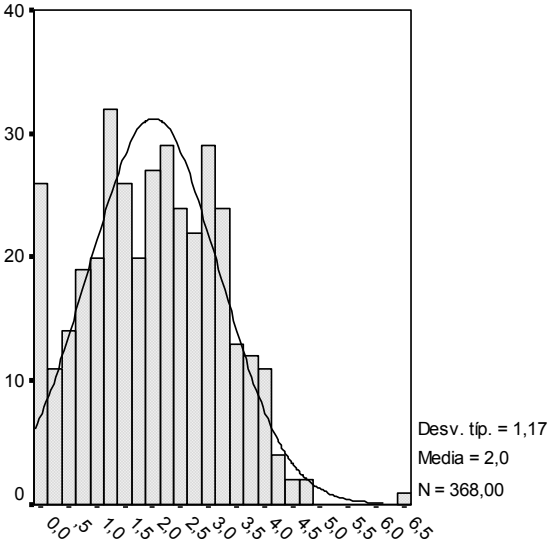


Fig. nº 84 distribución de frecuencias para el componente ectomórfico del somatotipo – población de mujeres.

Somatocartas (Varones y mujeres).

En las somatocartas siguientes, se ponen de manifiesto las diferentes formas corporales interindividuales dentro de cada población (varones y mujeres, figuras nº 85 y 86 respectivamente). Cada punto de la figura representa a un sujeto de estudio.

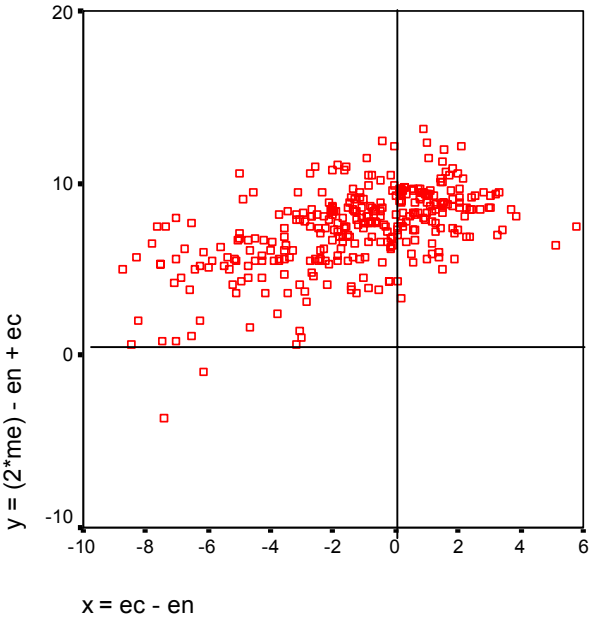


Fig. nº 85 carta somática para la población de varones

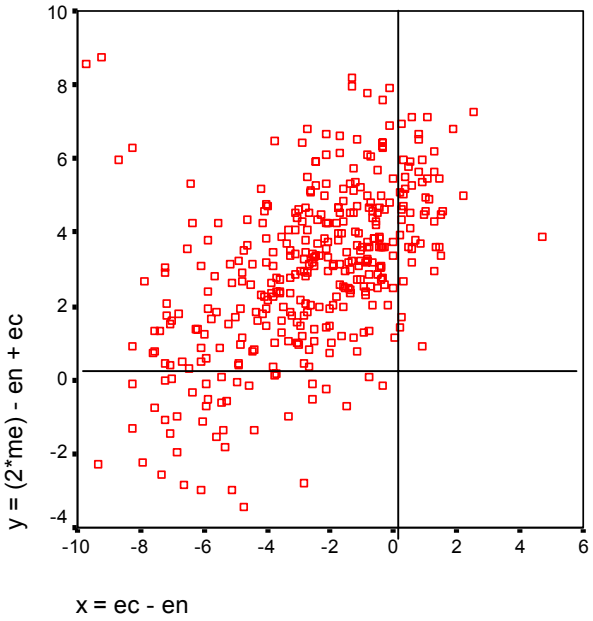


Fig. nº 86 carta somática para la población de mujeres.

Como dijimos, en las cartas somáticas anteriores se reflejan las características morfológicas de cada individuo en ambas poblaciones (varones y mujeres). No obstante, si deseamos tener una visión más clara de las diferencias entre varones y mujeres deberemos superponer las dos figuras, dando como resultado el siguiente gráfico (fig. nº 86 b).

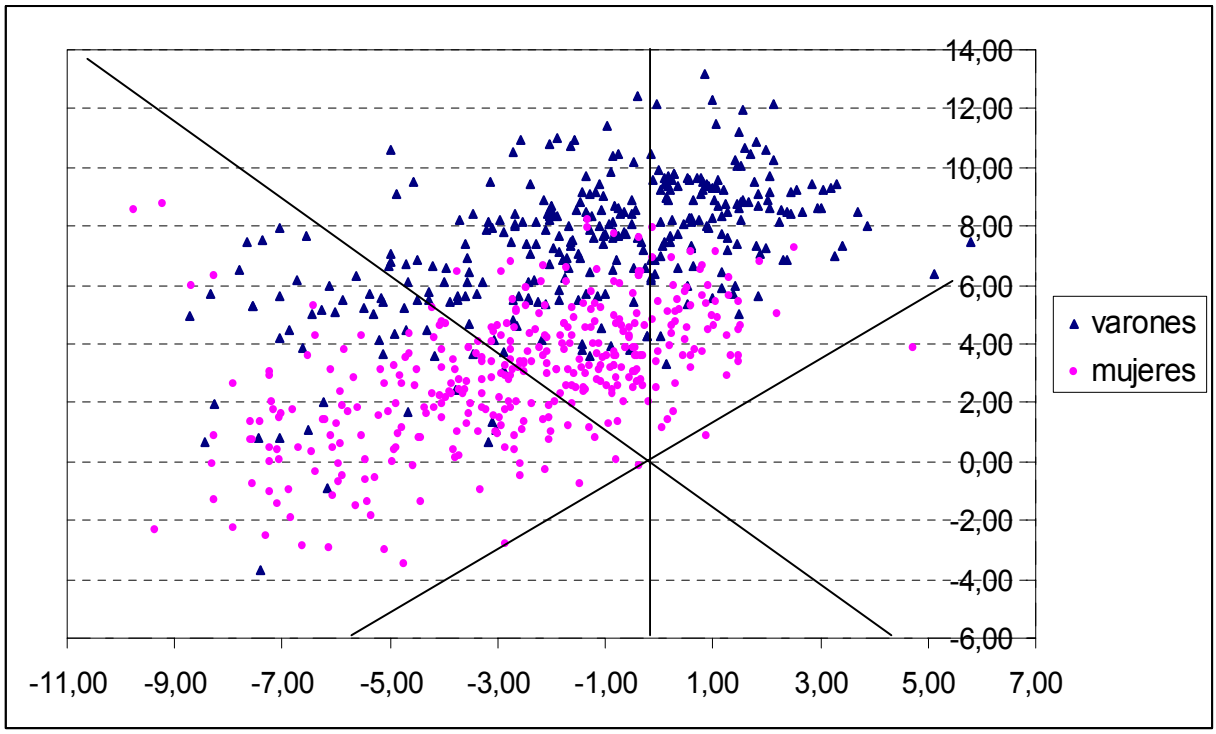


Fig. nº 86 b – Somatocarta comparativa entre población de varones y mujeres.

Como vemos en la somatocarta comparativa (fig. nº 86 b), la nube de puntos de la población de varones evidenció un claro desplazamiento hacia la región mesomórfica, y la de mujeres hacia la región endomórfica.

Valores medios del somatotipo. Comparación entre la población de varones y mujeres.

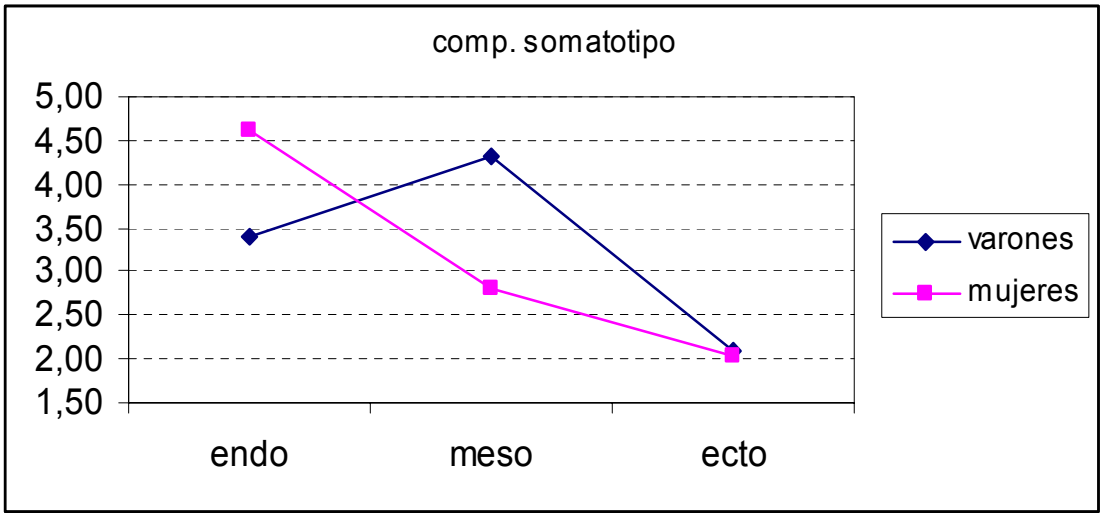


Fig. nº 87 comparación de los valores medios de los distintos componentes del somatotipo.

Si comparamos los valores medios de los componentes del somatotipo de cada población (fig. nº 87), observaremos el entrecruzamiento del endomorfismo en las mujeres (4.62) y el mesomorfismo en los varones (4.33) (similar ectomorfismo). Este predominio distinto de los dos primeros componentes del somatotipo para cada población concuerda, como veremos posteriormente, con los valores relativos de tejido adiposo y grasa corporal encontrados.

Componente principal del somatotipo (varones y mujeres).

Ahora bien, si clasificamos a los grupos (masculinos y femeninos) separadamente en función del componente principal del somatotipo obtendremos los siguientes gráficos:

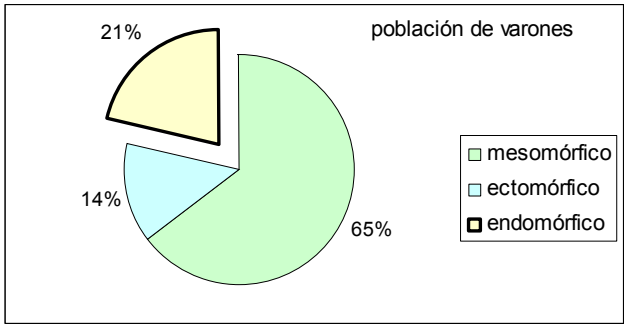


Fig. nº 88 componentes principales del somatotipo para la población de varones.

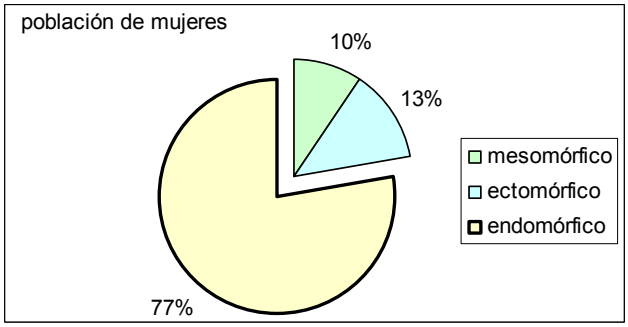


Fig. nº 89 componentes principales del somatotipo para la población de mujeres.

Como se puede observar, del total de la población de varones, el 65% tuvo como componente principal el mesomórfico, el 21% el endomórfico y el 14% restante el ectomórfico.

Del total de mujeres, el 77% mostró como componente principal el endomorfismo, el 13% el ectomórfico y el 10% restante el mesomórfico.

Sin duda, estos datos confirman la mayor robustez músculo esquelética de los varones, así como la mayor adiposidad relativa de las mujeres.

Nivel de adiposidad relativa (endomorfismo) - varones y mujeres.

Si clasificamos los valores del primer componente del somatotipo (endomorfia), en función de su calificación (baja, moderada y alta) obtendremos los siguientes gráficos:

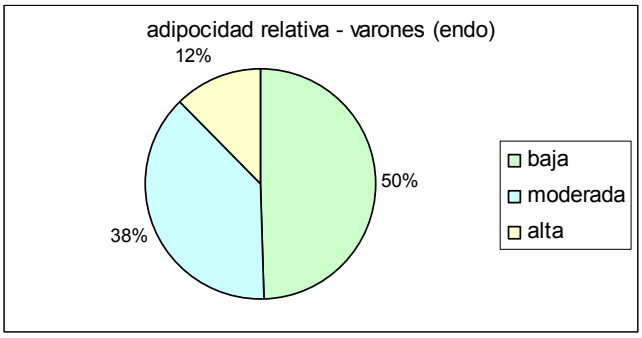


Fig. nº 90 calificación del endomorfismo para la población de varones.

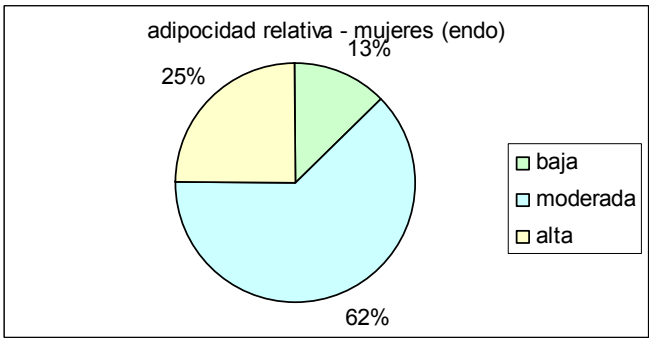


Fig. nº 91 calificación del endomorfismo para la población de mujeres.

Teniendo en cuenta sólo el componente endomórfico, podemos decir que la mitad de la población de varones presentó un bajo nivel de adiposidad, y la mitad restante mostró una adiposidad relativa que fue de moderada (38%) a alta (12%) (fig. nº 90).

Las mujeres evidenciaron, en comparación con los varones, una adiposidad relativa mayor. Esto queda claro al analizar los distintos porcentajes del endomorfismo en el sexo femenino, a saber: el 13% presentó una baja, el 62% una moderada y el 25% una alta adiposidad (fig. nº 91).

En síntesis, el análisis del primer componente del somatotipo muestra que la mayor cantidad de individuos con alta y moderada adiposidad relativa correspondió a la población de mujeres.

Índice de masa corporal (IMC).

IMC (clasificación según la SEEDO - varones y mujeres).

Ahora bien, si clasificamos los valores de IMC encontrados en función de su calificación (normal, sobrepeso, etc.) y del sexo (varones y mujeres) obtendremos los gráficos siguientes:

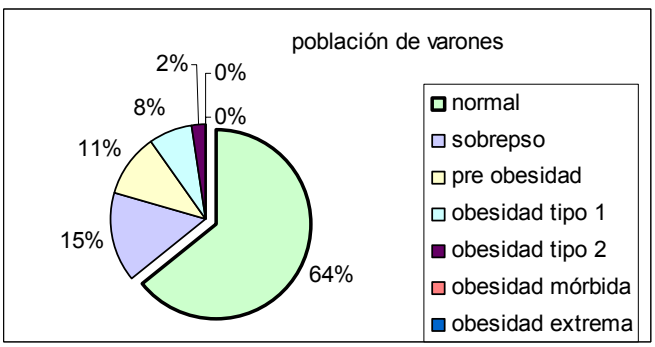


Fig. nº 92 clasificación del imc para la población de varones.

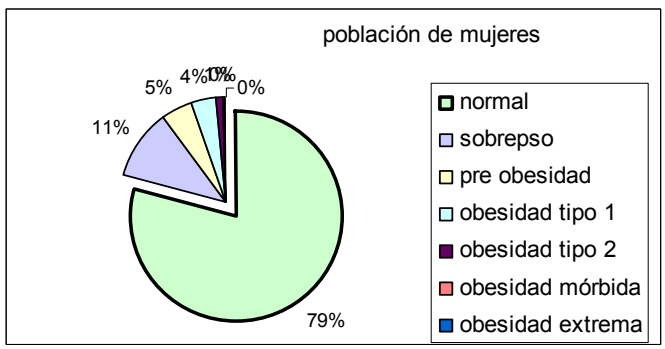


Fig. nº 93 clasificación del imc para la población de mujeres.

Según la clasificación de la SEEDO, un 64% de la población de varones mostró un peso normal, un 15% presentó sobrepeso y un 11 y 8% pre-obesidad y obesidad tipo 1 respectivamente.

En mujeres, un 79% de la población evidenció peso normal, un 11% sobrepeso y un 5 y 4% pre obesidad y obesidad tipo 1 respectivamente.

Comparando ambos grupos, y siempre desde una clasificación del IMC, podemos decir que el porcentaje de mujeres (21%) con algún grado de obesidad fue menor que en varones (36%). Este hecho indudablemente cuestiona, por lo menos en este estudio, la relevancia del IMC como predictor de obesidad no sólo a nivel individual sino también poblacional.

Histograma de frecuencias para los valores de IMC (varones y mujeres).

A continuación presentamos los gráficos de distribución correspondientes al IMC, para varones y mujeres respectivamente.

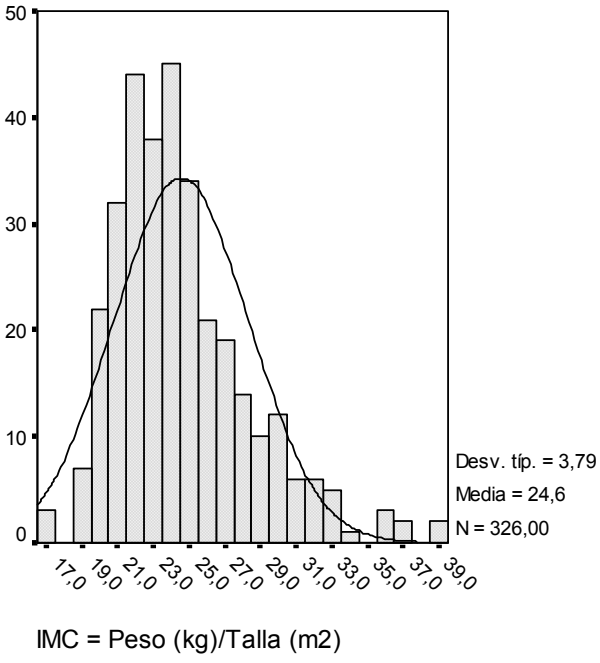


Fig. nº 94 distribución del imc para la población de varones.

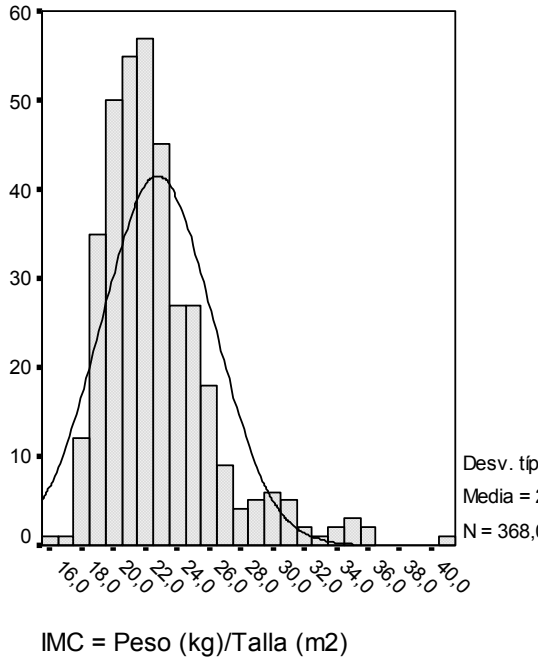


Fig. nº 95 distribución del imc para la población mujeres.

Relaciones principales.

Estadísticos descriptivos de las variables a relacionar –Varones y mujeres.

Seguidamente se presentan los estadísticos descriptivos más relevantes de las variables a relacionar (tejido adiposo, grasa corporal, endomorfismo e índice de masa corporal) tanto para varones como para mujeres.

mujeres	% tejido adiposo	% GC - Lewis, Hakell, Perry, Kovacevic, y Wood (1978) mujeres	% GC - Wilmore y Behnke (1970) mujeres	% GC - Whiters, Whittingham, Norton, Laforgia, Ellis, y Crockett (1987c) mujeres	Endomorfismo	IMC = Peso (kg)/Talla (m^2)
n	368	368	368	368	368	368
min	22,36	9,54	20,59	12,03	1,59	15,78
max	52,70	79,84	50,85	37,25	9,85	41,48
media	36,08	27,39	27,39	22,79	4,62	22,75
ds	5,44	8,05	4,64	4,93	1,56	3,52

Tabla nº 9 estadísticos descriptivos de: porcentaje de tejido adiposo, porcentaje de grasa corporal, endomorfismo e índice de masa corporal para la población de varones.

varones	% tejido adiposo	% GC - Katch y McArdle (1973)	% GC - Sloan (1967)	% GC - Wilmore y Behnke (1969)	Endomorfismo	IMC = Peso (kg)/Talla (m^2)
n	326	326	326	326	326	326
min	14,67	4,87	3,66	8,67	0,80	16,88
max	49,84	37,36	43,52	36,32	8,81	38,79
media	26,49	14,48	12,80	16,66	3,39	24,56
ds	5,24	6,71	7,23	5,80	1,66	3,78

Tabla nº 10 estadísticos descriptivos de: porcentaje de tejido adiposo, porcentaje de grasa corporal, endomorfismo e índice de masa corporal para la población de mujeres.

Si comparamos ambas poblaciones (tabla nº 9 y 10) veremos que las mujeres presentaron en promedio un mayor porcentaje de tejido adiposo (36.08% vs. 26.49%), mayor porcentaje de grasa corporal (27.39%, 27.39% y 22.79% vs. 14.48%, 12.80% y 16.66%), mayor endomorfismo (4.62 vs. 3.39), pero menor índice de masa corporal

(22.75 vs. 24.56). Esto invalidaría al IMC como indicador de obesidad, si la entendemos como almacenamiento patológico de grasa o de tejido adiposo.

Valores medios de los principales parámetros a relacionar (población de varones y mujeres)

Si comparamos las medias aritméticas de las variables a relacionar en este estudio (grasa corporal, tejido adiposo, endomorfismo e índice de masa corporal) obtendremos el siguiente gráfico:

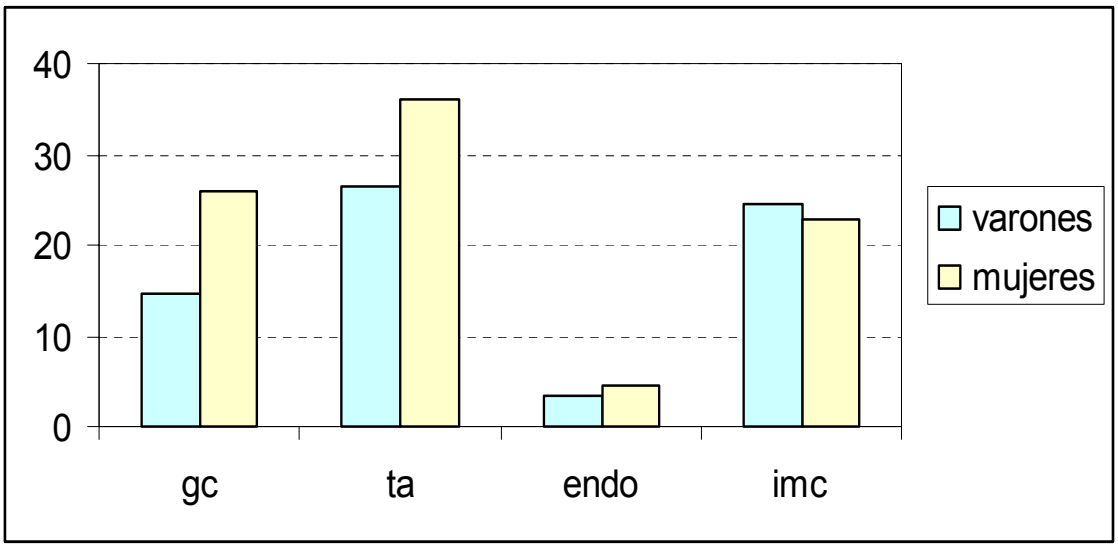


Fig. nº 96 comparación de valores medios de porcentaje de tejido adiposo, porcentaje de grasa corporal (promedio de los tres métodos), endomorfismo e índice de masa corporal entre la población de varones y mujeres.

Como vemos (fig. nº 96), la lógica de la relación entre los componentes queda rota por el índice de masa corporal. Este parámetro antropométrico fue el único que resultó más alto en varones que en mujeres. Es decir, los varones mostraron menor porcentaje de grasa corporal, menor porcentaje de tejido adiposo, menor endomorfismo, pero mayor índice de masa corporal. Sin duda, esto cuestiona la validez y fiabilidad de este índice como marcador de obesidad, tanto en estudios epidemiológicos como individuales.

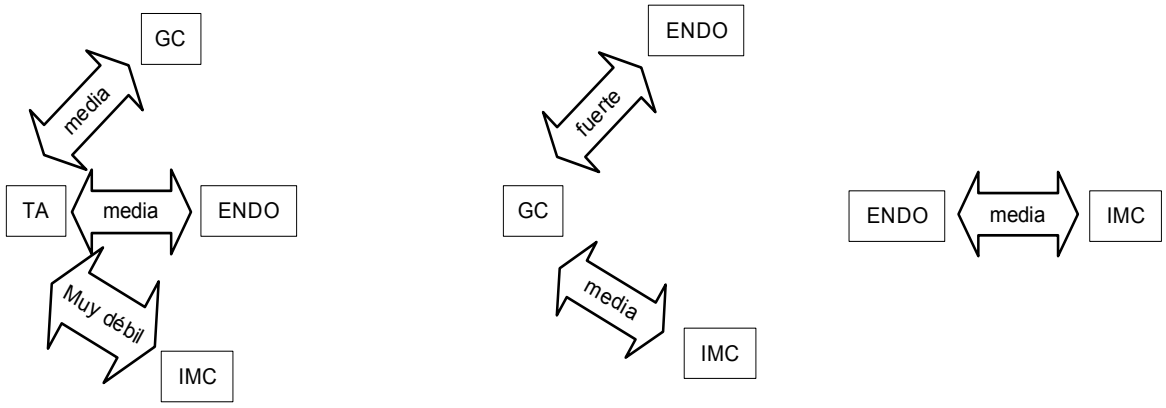
Correlaciones – Población de varones.

Si calculamos, en el caso de los varones, los coeficientes de correlación entre el índice de masa corporal, el endomorfismo y el porcentaje, tanto de grasa corporal como de tejido adiposo, obtendremos la siguiente tabla.

		% tejido adiposo	% GC - Katch y McArdle (1973) varones	% GC - Sloan (1967) varones	% GC - Wilmore y Behnke (1969) varones	Endomorfismo	IMC = Peso (kg)/Talla (m2)
% tejido adiposo	Correlación de Pearson	1	,810(**)	,755(**)	,818(**)	,776(**)	,385(**)
	Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,000	,000	,000
	N	326	326	326	326	326	326
% GC - Katch y McArdle (1973) varones	Correlación de Pearson	,810(**)	1	,926(**)	,965(**)	,974(**)	,805(**)
	Sig. (bilateral)	,000	.	,000	,000	,000	,000
	N	326	326	326	326	326	326
% GC - Sloan (1967) varones	Correlación de Pearson	,755(**)	,926(**)	1	,883(**)	,929(**)	,807(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,000	.	,000	,000	,000
	N	326	326	326	326	326	326
% GC - Wilmore y Behnke (1969) varones	Correlación de Pearson	,818(**)	,965(**)	,883(**)	1	,923(**)	,774(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	.	,000	,000
	N	326	326	326	326	326	326
Endomorfismo	Correlación de Pearson	,776(**)	,974(**)	,929(**)	,923(**)	1	,830(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	.	,000
	N	326	326	326	326	326	326
IMC = Peso (kg)/Talla (m2)	Correlación de Pearson	,385(**)	,805(**)	,807(**)	,774(**)	,830(**)	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	.
	N	326	326	326	326	326	326

Tabla nº 11 coeficiente de correlación de Pearson entre el porcentaje de tejido adiposo, porcentaje de grasa corporal (tres métodos), endomorfismo e índice de masa corporal, para la población de varones. ** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Como podemos observar (tabla nº 11), en varones, el TA mostró una relación media con el ENDO (0.776) y la GC (0.810[Katch et. al.], 0.755[Sloan], 0.818[Wilmore et. al.]), pero muy débil con el IMC (0.385). La GC tuvo una relación fuerte con el ENDO (0.974[Katch et. al.], 0.929[Sloan], 0.923[Wilmore et. al.]). El IMC mostró una relación media tanto con el ENDO (0.830) como con la GC (0.805[Katch et. al.], 0.807[Sloan.], 0.774[Wilmore et. al.]).



Correlaciones. Población de mujeres.

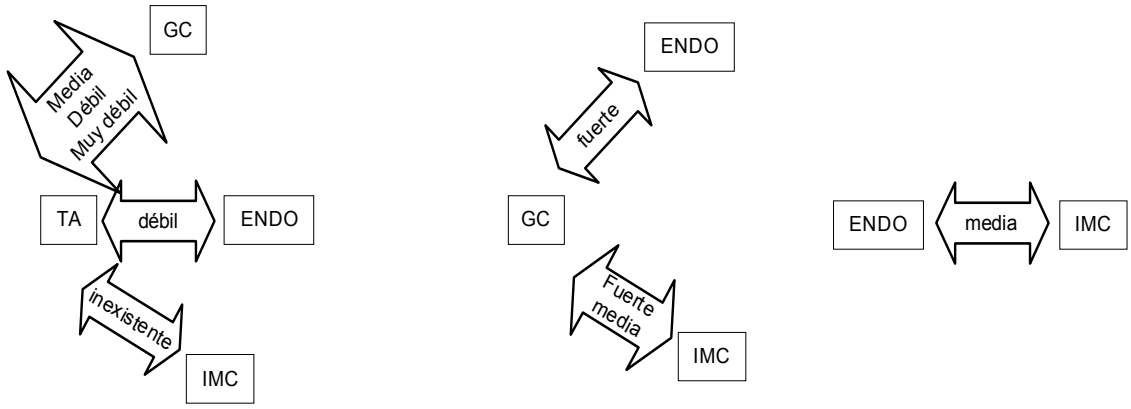
Para la población de mujeres, los coeficientes de correlación entre las variables estudiadas fueron los siguientes:

		% tejido adiposo	% GC - Lewis, Hakell, Perry, Kovacevic, y Wood (1978) mujeres	% GC - Wilmore y Behnke (1970) mujeres	% GC - Whiters, Whittingham, Norton, Laforgia, Ellis, y Crockett (1987c) mujeres	Endomorfismo	IMC = Peso (kg)/Talla (m2)
% tejido adiposo	Correlación de Pearson	1	,339(**)	,639(**)	,718(**)	,630(**)	,179(**)
	Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,000	,000	,001
	N	368	368	368	368	368	368
% GC - Lewis, Hakell, Perry, Kovacevic, y Wood (1978) mujeres	Correlación de Pearson	,339(**)	1	,901(**)	,810(**)	,896(**)	,842(**)
	Sig. (bilateral)	,000	.	,000	,000	,000	,000
	N	368	368	368	368	368	368

% GC - Wilmore y Behnke (1970) mujeres	Correlación de Pearson	,639(**)	,901(**)	1	,923(**)	,946(**)	,789(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,000	.	,000	,000	,000
	N	368	368	368	368	368	368
% GC - Whiters, Whittingham, Norton, Laforgia, Ellis, y Crockett (1987c) mujeres	Correlación de Pearson	,718(**)	,810(**)	,923(**)	1	,960(**)	,750(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	.	,000	,000
	N	368	368	368	368	368	368
Endomorfismo	Correlación de Pearson	,630(**)	,896(**)	,946(**)	,960(**)	1	,773(**)
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	.	,000
	N	368	368	368	368	368	368
IMC = Peso (kg)/Talla (m2)	Correlación de Pearson	,179(**)	,842(**)	,789(**)	,750(**)	,773(**)	1
	Sig. (bilateral)	,001	,000	,000	,000	,000	.
	N	368	368	368	368	368	368

Tabla nº 12 coeficiente de correlación de Pearson entre el porcentaje de tejido adiposo, porcentaje de grasa corporal (tres métodos), endomorfismo e índice de masa corporal, para la población de mujeres. Tabla nº ** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Como vemos (fig. nº 12), en mujeres, el TA tuvo una relación que fue de media a muy débil con la GC (0.718$^{(\text{Whiters et. al.})}$, 0.639$^{(\text{Wilmore et. al.})}$ y 0.339$^{(\text{Lewis et. al.})}$), débil con el ENDO (0.630) e inexistente con el IMC (0.179). La GC mostró una relación fuerte con el ENDO (0.896$^{(\text{Lewis et. al.})}$, 0.946$^{(\text{Wilmore et. al.})}$ y 0.960$^{(\text{Whiters et. al.})}$), y media-fuerte con el IMC (0.842$^{(\text{Lewis et. al.})}$, 0.789$^{(\text{Wilmore et. al.})}$ y 0.750$^{(\text{Whiters et. al.})}$). El IMC tuvo una relación media con el ENDO (0.773).



Como vemos, se encontró una fuerte relación de la grasa corporal y el endomorfismo en ambas poblaciones. Esto se debe, por lo menos en parte, al hecho de que los dos parámetros antropométricos relacionados fueron calculados a partir de variables comunes (pliegues o talla). No obstante, llama la atención que la ecuación de Wilmore y Behnke (1969) para varones no tiene ningún elemento común de cálculo con el endomorfismo, a pesar de lo cual presentó una fuerte correlación (0.92). (tabla nº 12b)

Ecuación de DC para el cálculo del % de GC	*Cantidad y nombre de las variables comunes al cálculo del endomorfismo.*	*Correlación con el endomorfismo*
Katch y McArdle (1973) varones	2 (tríceps, subescapular)	0.97
Sloan (1967) varones	1 (subescapular)	0.92
Wilmore y Behnke (1969) varones	0 (ninguno)	0.92
Wilmore y Behnke (1970) mujeres	3 (tríceps, subescapular, talla)	0.89
Whiters, Whittingham, Norton, Laforgia, Ellis, y Crockett (1987c) mujeres	2 (tríceps, subescapular)	0.94
Lewis, Hakell, Perry, Kovacevic, y Wood (1978) mujeres	3 (triceps, subescapular, supraespinal)	0.96

Tabla nº 12 b. – Endomorfismo y densidad corporal. Variables comunes para el cálculo y coeficientes de correlación obtenidos.

Gráficos de dispersión. – población varones.

El examen de la distribución de una variable es esencial, pero lo que nos interesa en este trabajo es examinar las relaciones entre las variables. Para ello recurrimos a los gráficos de dispersión como método de análisis de las relaciones bivariantes. Estos gráficos son fundamentales para corroborar si existe una relación lineal o no lineal, o bien si no hay relación entre las variables. Como ya mencionamos, los errores más comunes en la aplicación del coeficiente de correlación de Pearson pueden evitarse mediante la simple interpretación visual de los gráficos de dispersión.

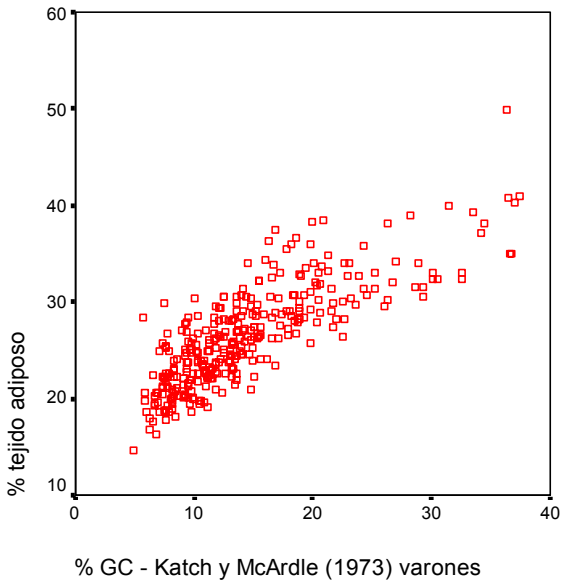


Fig. nº 97 relación entre porcentaje de tejido adiposo y porcentaje de grasa corporal (ecuación de Katch y McArdle) – población de varones.

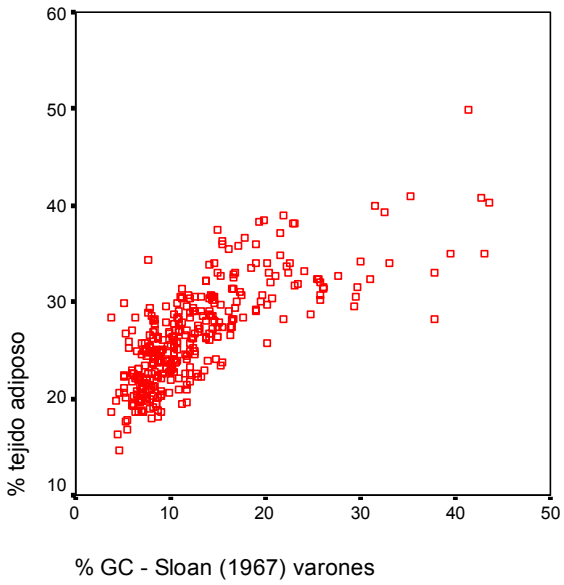


Fig. nº 98 relación entre porcentaje de tejido adiposo y porcentaje de grasa corporal (ecuación de Sloan) – población de varones.

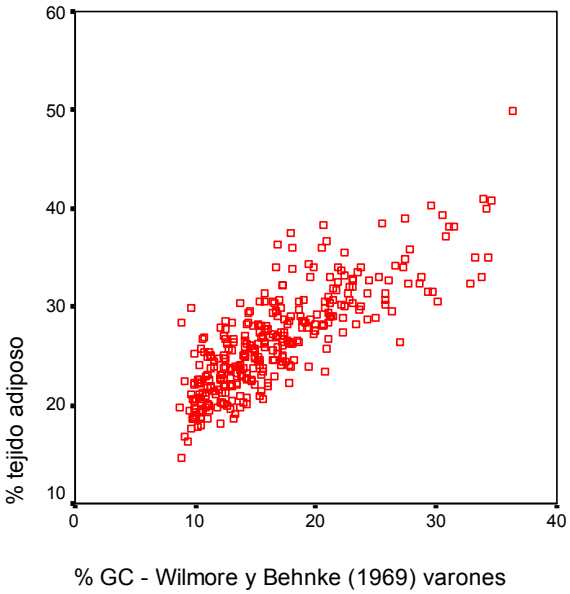


Fig. nº 99 relación entre porcentaje de tejido adiposo y porcentaje de grasa corporal (ecuación de Wilmore y Behnke) – población de varones.

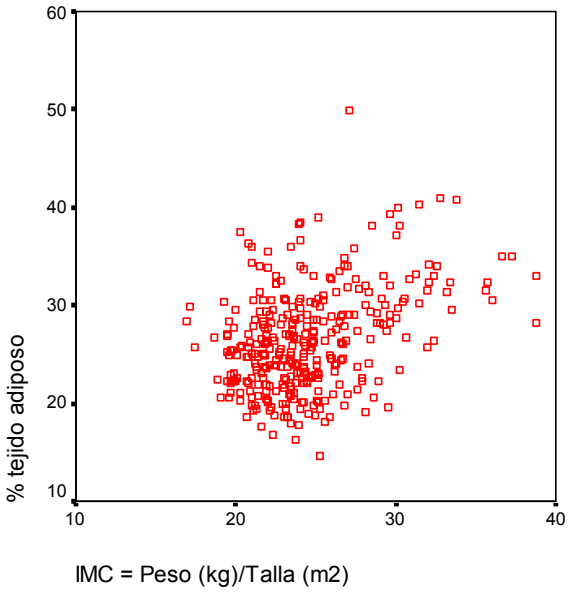


Fig. nº 100 relación entre porcentaje de tejido adiposo e índice de masa corporal – población de varones.

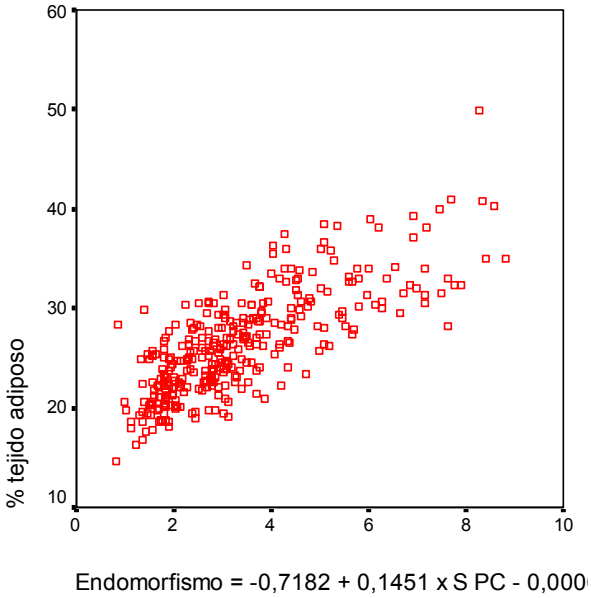


Fig. nº 101 relación entre porcentaje de tejido adiposo y endomorfismo – población de varones.

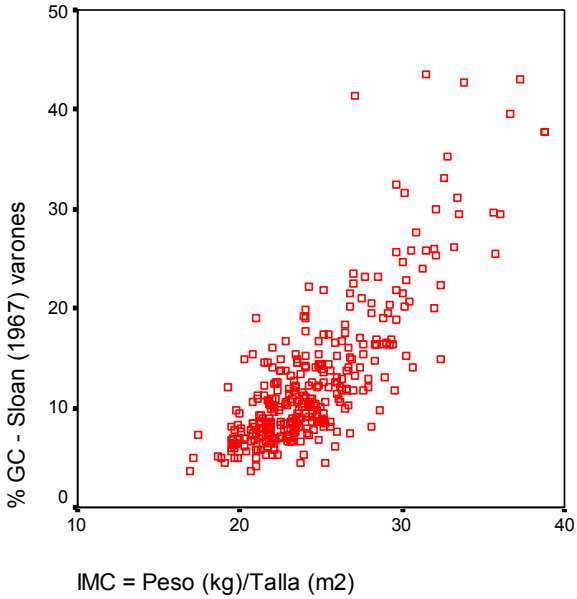


Fig. nº 102 relación entre porcentaje de grasa corporal (ecuación de Sloan) e índice de masa corporal - población de varones.

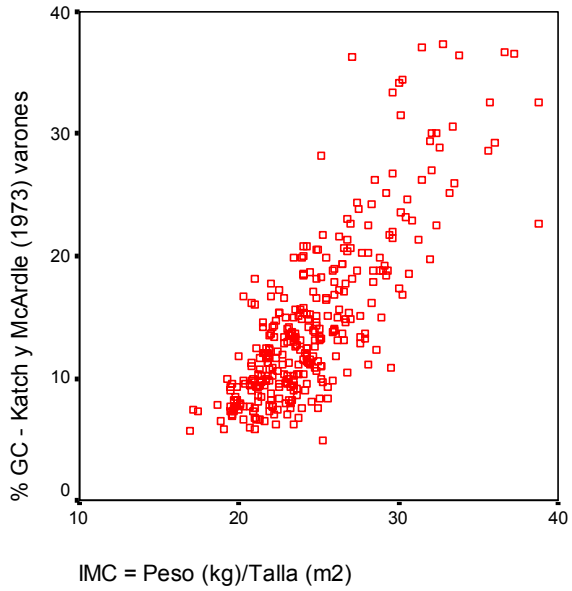


Fig. nº 103 relación entre porcentaje de grasa corporal (ecuación de Katch y McArdle) e índice de masa corporal - población de varones.

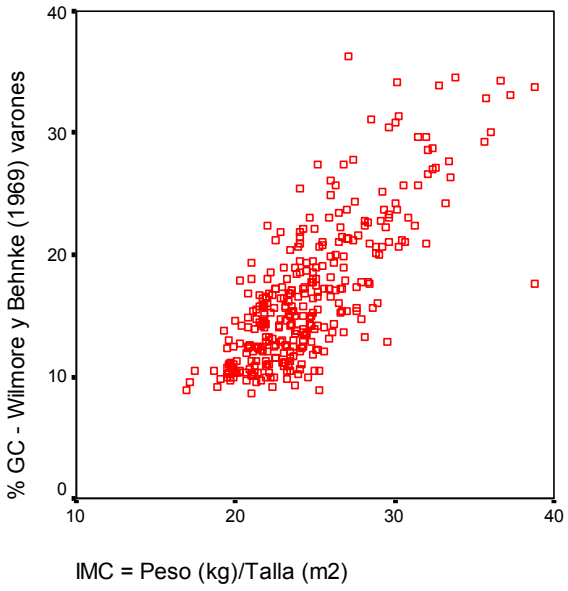


Fig. nº 104 relación entre porcentaje de grasa corporal (ecuación de Wilmore y Behnke) e índice de masa corporal - población de varones.

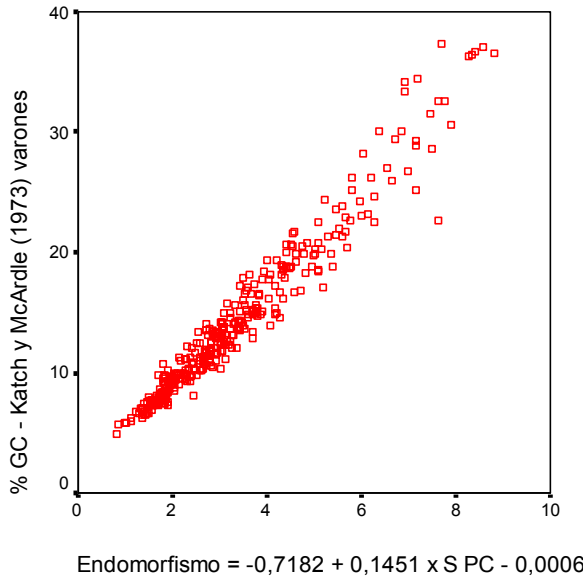


Fig. nº 105 relación entre porcentaje de grasa corporal (ecuación de Katch y McArdle) y endomorfismo - población de varones.

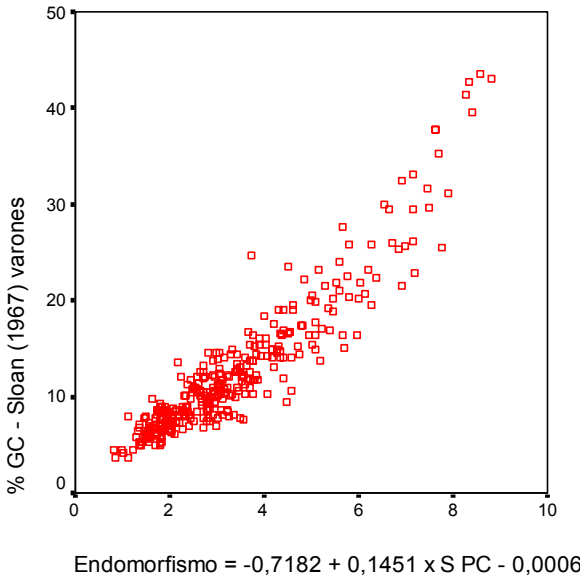


Fig. nº 106 relación entre porcentaje de grasa corporal (ecuación de Sloan) y endomorfismo - población de varones.

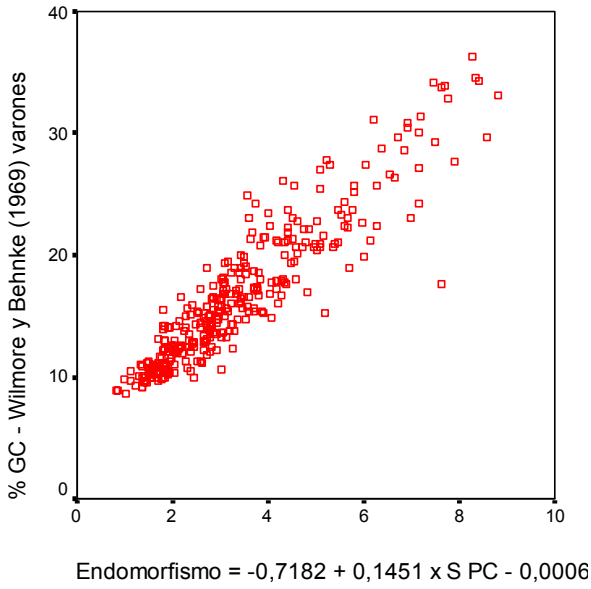


Fig. nº 107 relación entre porcentaje de grasa corporal (ecuación de Wilmore y Behnke) y endomorfismo - población de varones.

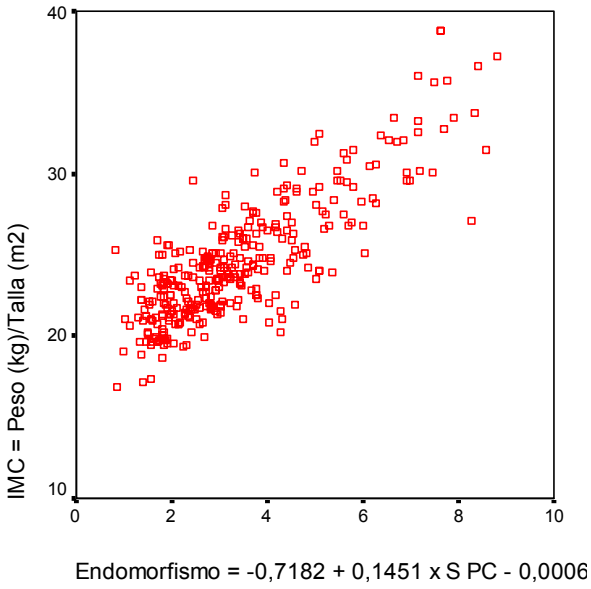


Fig. nº 108 relación entre índice de masa corporal y endomorfismo - población de varones.

Gráficos de dispersión – población mujeres.

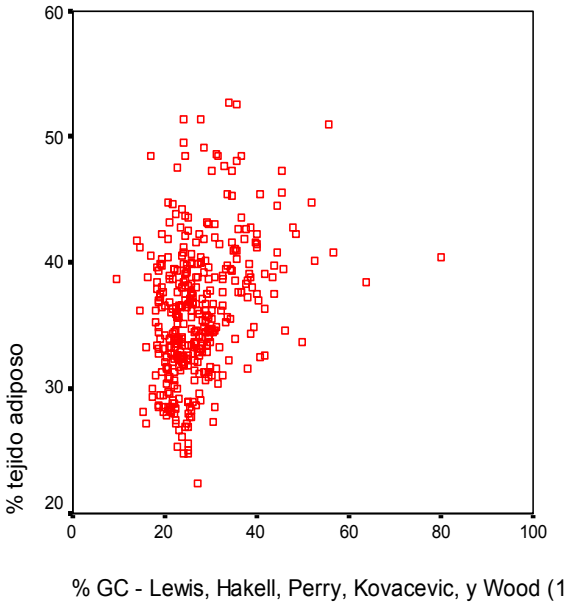


Fig. nº 109 relación entre porcentaje de tejido adiposo y porcentaje de grasa corporal (ecuación de Lewis et al.) – población de mujeres.

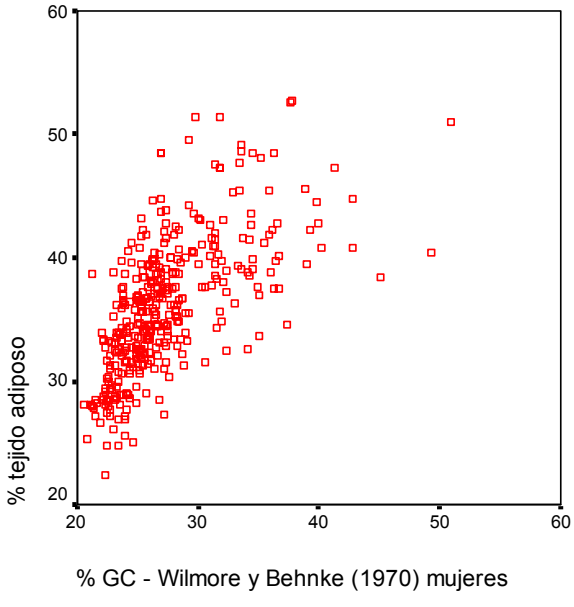


Fig. nº 110 relación entre porcentaje de tejido adiposo y porcentaje de grasa corporal (ecuación de Wilmore y Behnke) – población de mujeres

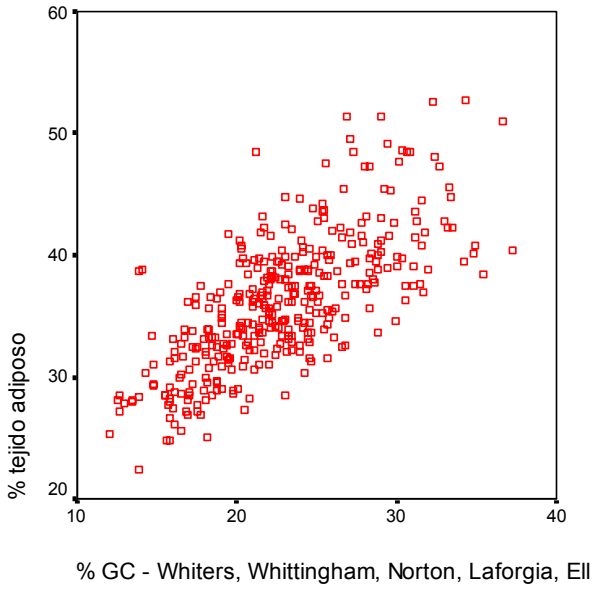


Fig. nº 111 relación entre porcentaje de tejido adiposo y porcentaje de grasa corporal (ecuación de Whiters et al.) – población de mujeres

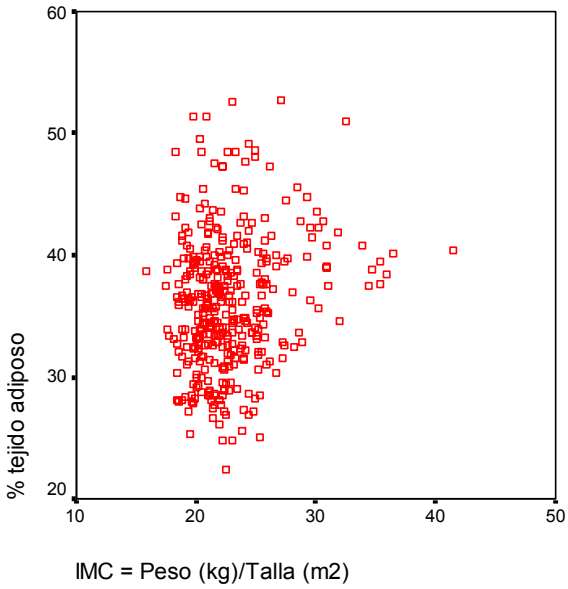


Fig. nº 112 relación entre porcentaje de tejido adiposo e índice de masa corporal - población de mujeres.

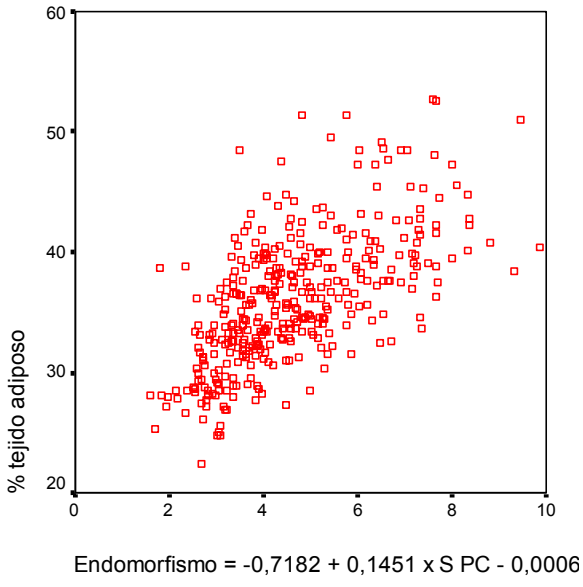


Fig. nº 113 relación entre porcentaje de tejido adiposo y endomorfismo – población de mujeres.

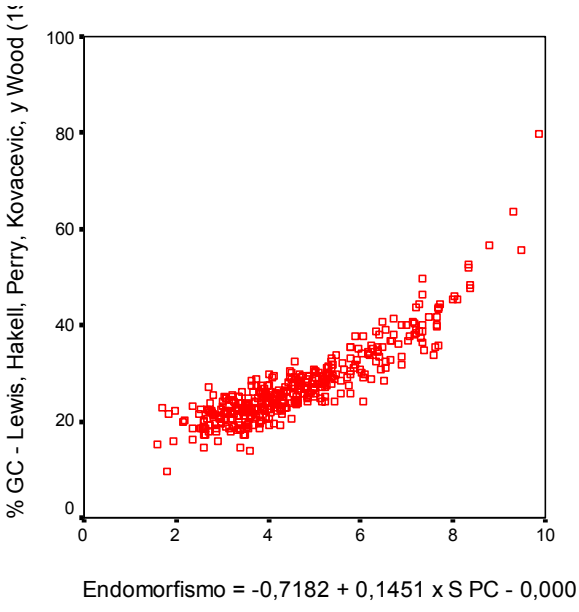


Fig. nº 114 relación entre porcentaje de grasa corporal (ecuación de Lewis et al.) y endomorfismo – población de mujeres.

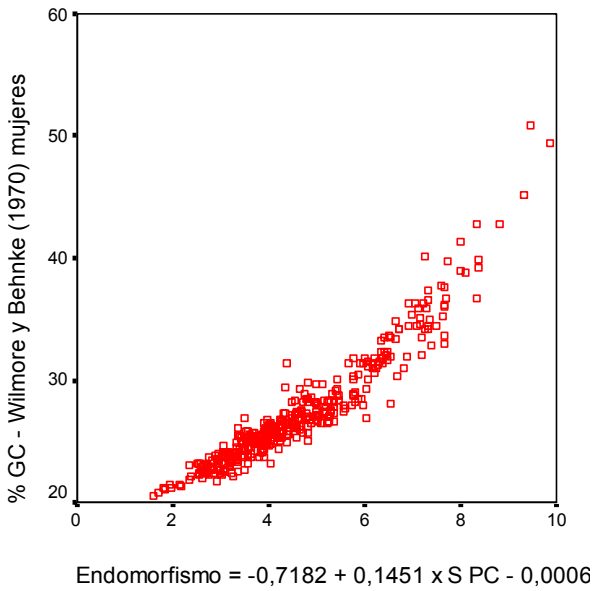


Fig. nº 115 relación entre porcentaje de grasa corporal (ecuación de Wilmore y Behnke) y endomorfismo – población de mujeres.

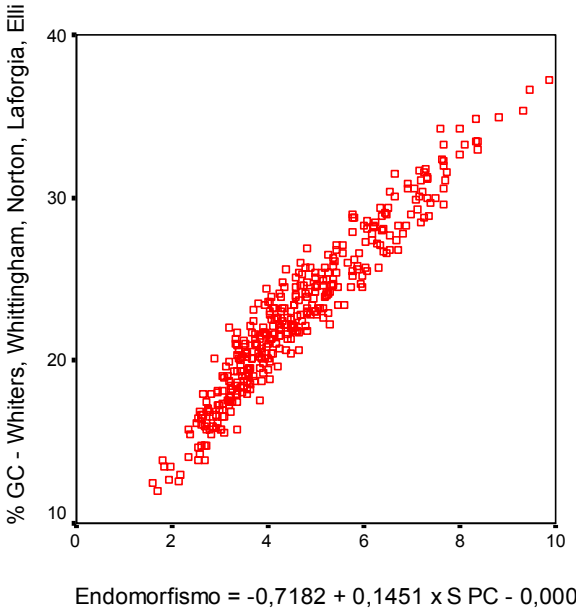


Fig. nº 116 relación entre porcentaje de grasa corporal (ecuación de Whiters et al.) y endomorfismo – población de mujeres.

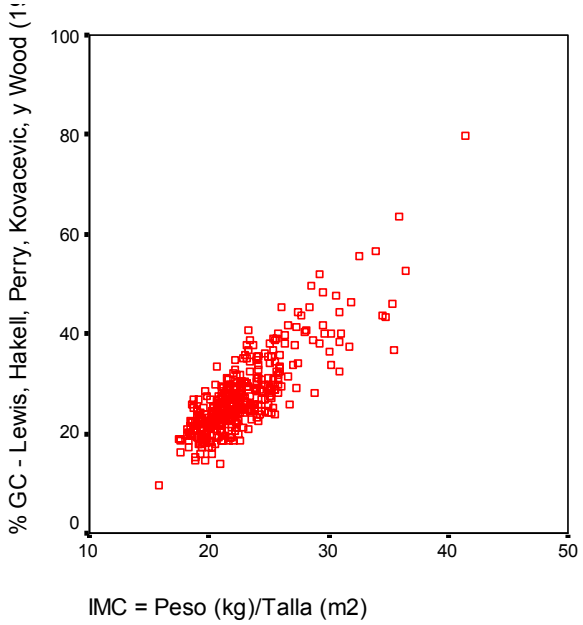


Fig. nº 117 relación entre porcentaje de grasa corporal (ecuación de Lewis et al.) e índice de masa corporal – población de mujeres.

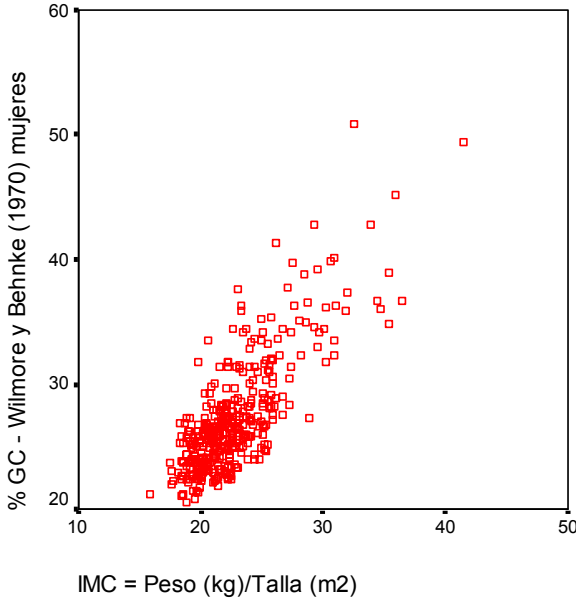


Fig. nº 118 relación entre porcentaje de grasa corporal (ecuación de Wilmore y Behnke) e índice de masa corporal – población de mujeres.

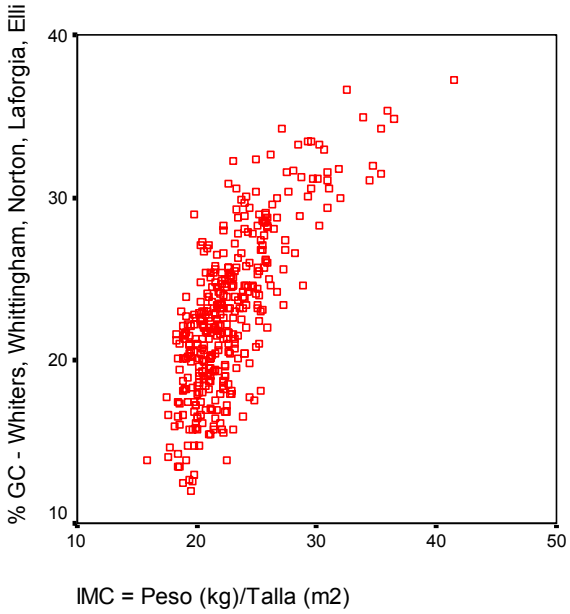


Fig. nº 119 relación entre porcentaje de grasa corporal (ecuación de Whiters) e índice de masa corporal – población de mujeres.

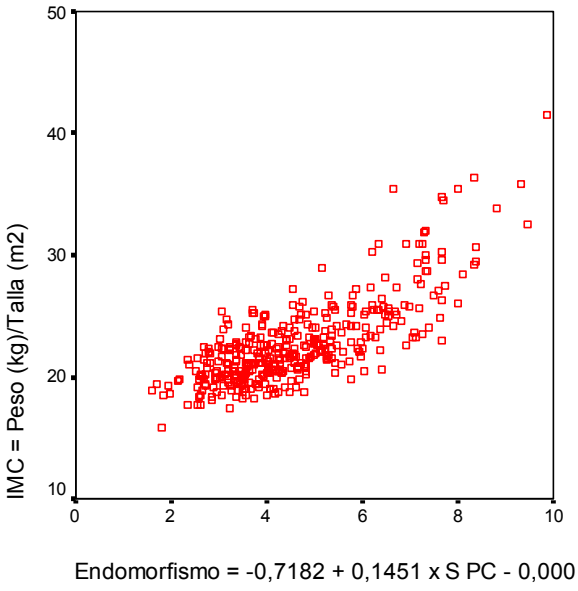


Fig. nº 120 relación entre índice de masa corporal y endomorfismo – población de mujeres.

Correlación de los principales parámetros a relacionar. (TA vs. IMC, ENDO y %GC - poblaciones de varones y mujeres).

Sin duda, la determinación del tejido adiposo implica cálculos más complejos y numerosos que las demás variables aquí estudiadas. Por esta razón, nos pareció importante analizar comparativamente los coeficientes de correlación entre este tejido y el resto de los parámetros investigados, tanto en varones como en mujeres.

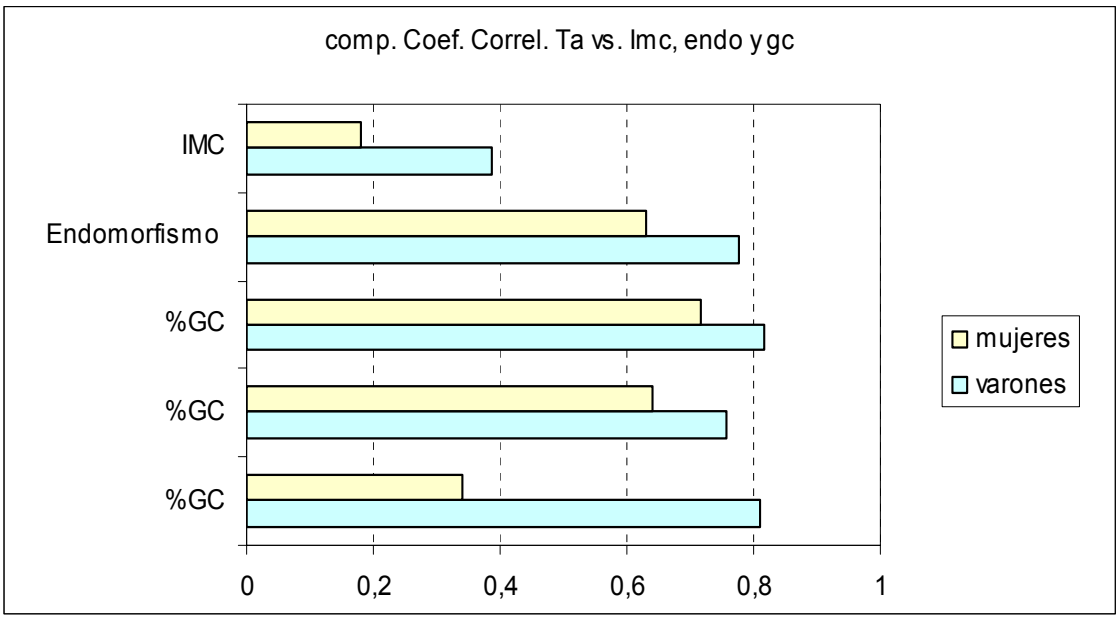


Fig. nº 121 comparación de los diferentes coeficientes de correlación entre el porcentaje de tejido adiposo vs. El índice de masa corporal, el endomorfismo y el porcentaje de grasa corporal (tres ecuaciones).

Por un lado, si comparamos los coeficientes de correlación calculados entre el TA y el resto de los parámetros (GC relativa, ENDO e IMC) en las dos poblaciones, notaremos que fueron significativamente más altos en varones que en mujeres.

Por otro lado, se puede apreciar la baja relación entre TA relativo e IMC. Este pobre vínculo entre las variables podría deberse al hecho de que el IMC constituye sólo una manipulación matemática que relaciona dos variables absolutas (talla y peso) de distinta dimensión (volumen → peso; y superficie → talla^2). Es decir, el porcentaje de tejido adiposo es un valor relativo que no tiene conexión con el peso y la talla. No obstante sí lo tiene el valor absoluto (peso) del tejido, ya que éste modificaría el peso total y por lo tanto el valor del IMC (peso/talla^2). Indudablemente, lo que hay que diferenciar bien es si estamos hablando de valores relativos (%) o absolutos (kg.) de tejido ya que, como veremos a continuación, la relación de este último con el IMC es importante.

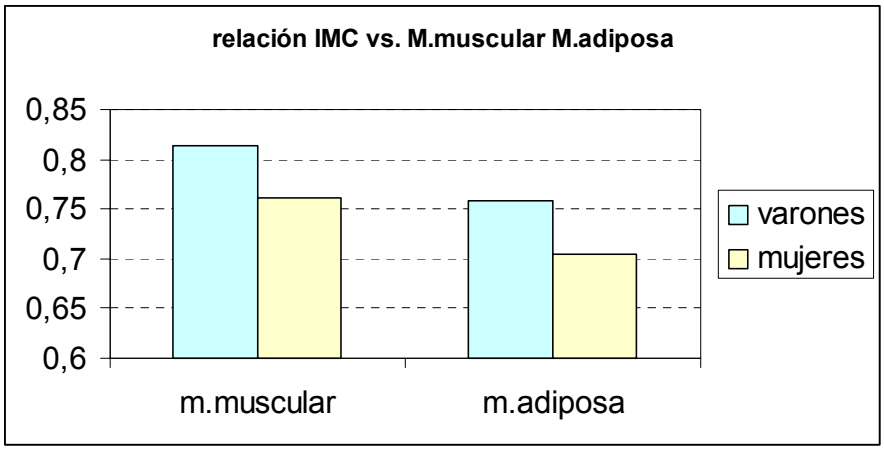
Relaciones secundarias.

Relación entre IMC y valores absolutos de masa muscular y masa adiposa.

La relación entre el índice de masa corporal y los valores absolutos (peso en kg.) de las masas musculares y adiposas de ambas poblaciones nos ofrece una valiosa información.

	Imc vs. masa muscular	Imc vs. masa adiposa
Varones	0.814	0.758
Mujeres	0.761	0.704

Tabla nº 13 coeficientes de correlación entre el índice de masa corporal vs. Los valores absolutos de masa adiposa y muscular.



Como vemos, si bien la relación entre imc y masa adiposa fue escasa en términos relativos (porcentaje de tejido), fue moderada en términos absolutos (peso del tejido).

No obstante, en términos absolutos, tanto en varones como en mujeres, el IMC presentó mayor relación con la masa muscular (r var. = 0.814, r muj. = 0.761) que con la masa adiposa (r var. = 0.758, r muj. = 0.704). Por tanto, podemos decir que el IMC representa más un indicador de la primera (m. muscular) que de la segunda (m. adiposa).

Como podemos ver (tabla nº 13), el IMC tuvo una moderada relación con las masas adiposas y musculares absolutas, siendo mayor en varones que en mujeres.

Sin duda, resulta lógico si pensamos que la variable peso del IMC (denominador en la fórmula de cálculo) resultará mayor, cuando más elevado sea el peso de la masa muscular o de la masa adiposa.

Sin duda, el peso del individuo depende fundamentalmente del peso absoluto muscular y adiposo, ya que éstas son las variables más importantes en la determinación del la masa total del organismo. En nuestro estudio, más del 70% del peso corporal total fue determinado por la suma de estas dos masas (v. 71.6% - m. 72.6%). En promedio, la masa muscular fue responsable del 45.1% del peso total para los varones y del 36.5% para las mujeres. En cambio la masa adiposa determinó el 26.5% de la masa total para la primera población y 36.1% para la segunda.

Relación entre IMC y valores absolutos de masa muscular y adiposa.

A continuación presentamos los gráficos de dispersión de las relaciones estudiadas anteriormente.

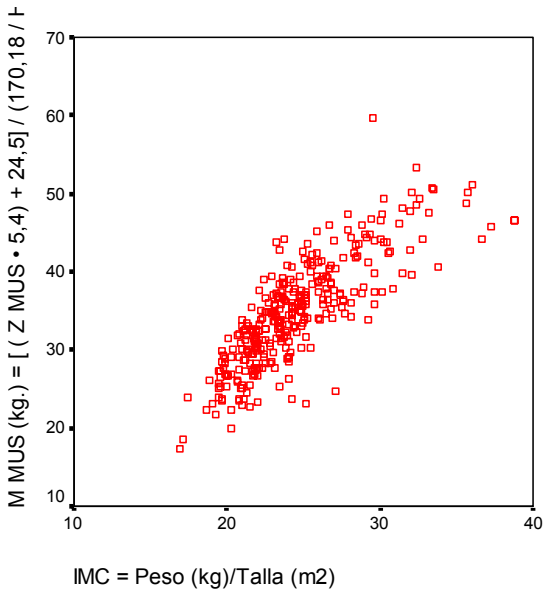


Fig. nº 122 relación entre imc y valores absolutos de masa muscular - Varones

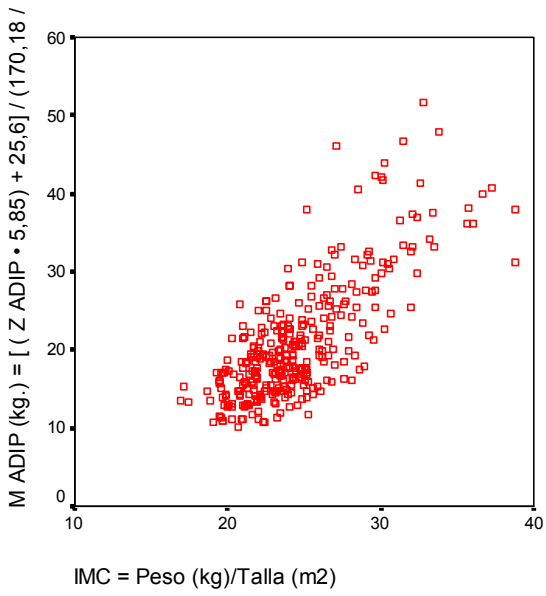


Fig. nº 123 relación entre imc y valores absolutos de masa adiposa - Varones

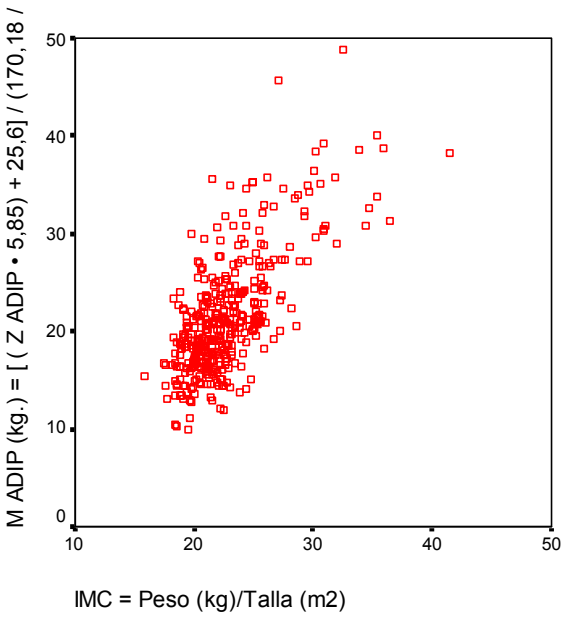


Fig. nº 124 relación entre imc y valores absolutos de masa muscular – mujeres.

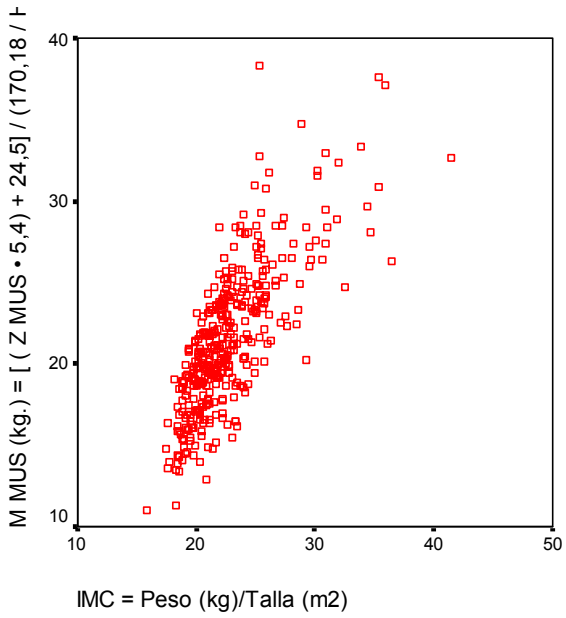


Fig. nº 125 relación entre imc y valores absolutos de masa adiposa – mujeres.

Como vemos, la relación de las masas muscular y adiposa fue mayor en los varones que en las mujeres.

Relación entre IMC y valores medios absolutos de masa muscular y adiposa.

Si comparamos las medias aritméticas de los valores absolutos (peso en kg.) de las masas musculares y adiposas con el IMC obtenemos el siguiente gráfico.

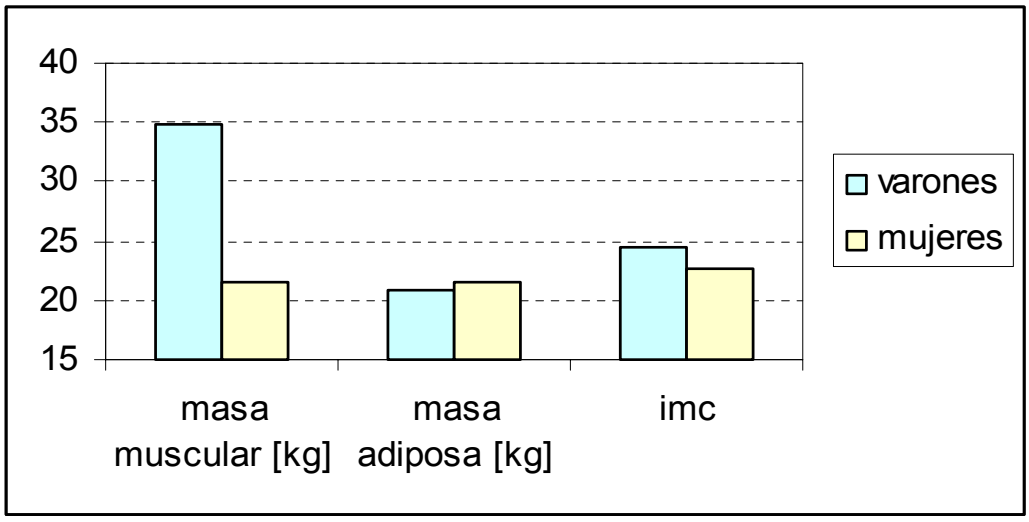


Fig. nº 126 comparación de valores medios absolutos de masa muscular y adiposa con el índice de masa corporal.

Los varones mostraron en promedio un mayor valor absoluto de masa muscular, pero menor de masa adiposa que las mujeres. No obstante, si comparamos los valores medios, veremos que el IMC fue mayor en varones que en mujeres (fig. nº 126). Esto indicaría, como mencionamos anteriormente, que el IMC constituye más un indicador de masa muscular que de masa adiposa.

Relación entre el IMC y el componente predominante del somatotipo – población de varones y mujeres.

Si entrecruzamos las clasificaciones del IMC con el componente principal del somatotipo obtendremos las siguientes tablas para varones y mujeres respectivamente.

	varones		
imc/ componenete predominante del somatotipo.	ectomórfico	mesomórfico	endomórfico
Normal	46	139	24
Sobre peso 1		39	11
pre obesidad		23	12
obesidad tipo 1		8	17
obesidad tipo 2		1	6
obesidad mórbida			

Tabla nº 14 clasificación de la población de varones en función del índice de masa corporal y el somatotipo.

	mujeres		
imc/componenete predominante del somatotipo.	ectomórfico	mesomórfico	endomórfico
Normal	47	31	213
sobre peso 1		4	36
pre obesidad			18
obesidad tipo 1			14
obesidad tipo 2			4
Obesidad mórbida			1

Tabla nº 15 clasificación de la población de mujeres en función del índice de masa corporal y el somatotipo.

A fin de facilitar el análisis procedemos a la graficación de ambas tablas (fig. 127 y 128)

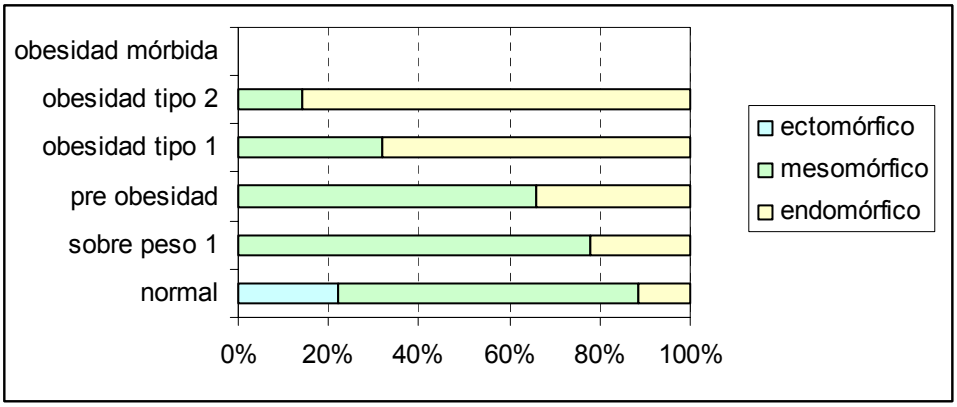


Fig. nº 127 clasificación de la población de varones en función del índice de masa corporal y el componente predominante del somatotipo.

Si comparamos, en la población de varones, la clasificación del IMC (según la SEEDO) y el componente principal del somatotipo veremos algunos datos interesantes.

De los sujetos varones con peso normal, según la clasificación del IMC propuesta, el 11.5 % tuvo como componente predominate el endomorfismo, el 66.5% el mesomorfismo y el 22% restante el ectomorfismo. De los individuos con sobrepeso el 22% fue predominantemente endomórfico y el 78% mesomórfico. De los sujetos pre-obesos el 34.3% endomórfico y el 65.7 mesomórfico. De los individuos clasificados como obesos tipo 1 y 2 el 68 y 85.7% fue endomófico y el 32 y 14% mesomórfico respectivamente.

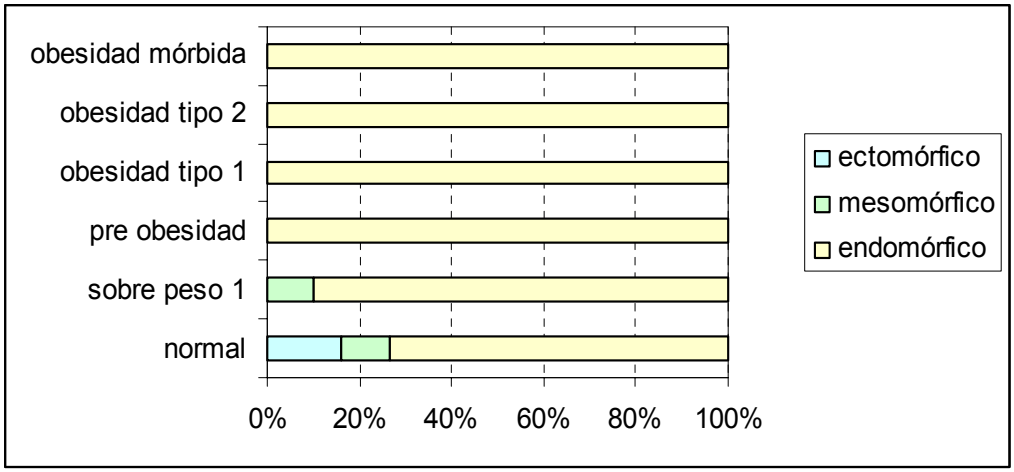


Fig. nº 128 clasificación de la población de mujeres en función del índice de masa corporal y el componente predominante del somatotipo.

En el caso de las mujeres clasificadas como de peso normal, el 73.2% tuvo un componente predominantemente endomórfico, el 10.7% uno mesomórfico y el 16.2% uno ectomórfico. De los individuos femeninos clasificados en sobrepeso, el 90% fue de predominio endomórfico y el 10% restante mesomórfico.

De estos gráficos pueden sacarse algunas conclusiones interesantes. Lo primero que hay que destacar es que el gráfico de mujeres (fig. 128) se encuentra desplazado hacia el endomorfismo. Este es el componente predominante en todas las clasificaciones del IMC, incluida la calificación de normal. Lo segundo que podríamos remarcar es que mujeres predominantemente endomórficas atraviesan todas las calificaciones existentes de IMC (desde peso normal hasta obesidad mórbida).

El análisis cruzado de las clasificaciones resulta mucho más lógico en el caso de los varones (fig. 127) que en el de las mujeres. No obstante, podemos ver que

individuos, tanto con predominio endomórfico como mesomórfico, son calificados desde personas con peso normal hasta con obesidad mórbida.

Relación entre pliegues cutáneos y adiposidad relativa (porcentaje de tejido adiposo) - Varones.

Un estudio complementario que nos pareció importante efectuar fue el de analizar la relación entre los distintos pliegues cutáneos valorados y el porcentaje de tejido adiposo calculado. Los distintos coeficientes de correlación calculados se presentan a continuación (tablas 16 y 17, varones y mujeres respectivamente).

Correlación de Pearson Varones.	TPSF = pliegue del tríceps	SSSF = pliegue subescapular	SISF = pliegue supraespinal	ABSF = pliegue abdominal	THSF = pliegue frontal del muslo	MCSF = pliegue de la pantorrilla media	% tejido adiposo
TPSF = pliegue del tríceps	1	,656	,780	,773	,810	,795	,815
SSSF = pliegue subescapular	,656	1	,837	,794	,577	,603	,588
SISF = pliegue supraespinal	,780	,837	1	,900	,707	,735	,755
ABSF = pliegue abdominal	,773	,794	,900	1	,682	,700	,780
THSF = pliegue frontal del muslo	,810	,577	,707	,682	1	,807	,776
MCSF = pliegue de la pantorrilla media	,795	,603	,735	,700	,807	1	,804
% tejido adiposo	,815	,588	,755	,780	,776	,804	1

Tabla nº 16 coeficientes de correlación entre el porcentaje de tejido adiposo y los distintos pliegues cutáneos – población de varones.

Como vemos, los pliegues cutáneos medidos se relacionaron de distinta manera con el porcentaje de tejido adiposo calculado en la población de varones (tabla nº 16). Si ordenamos los pliegues de mayor a menor correlación con el tejido adiposo, obtenemos la siguiente lista:

1. tríceps
2. pantorrilla media
3. abdominal

4. frontal del muslo
5. supraespinal
6. subescapular

Relación entre pliegues cutáneos y adiposidad relativa (porcentaje de tejido adiposo) - Mujeres.

Si efectuamos para las mujeres el mismo análisis que para la población masculina, obtenemos la siguiente tabla.

Correlación de Pearson Mujeres.	TPSF = pliegue del tríceps	SSSF = pliegue subescapular	SISF = pliegue supraespinal	ABSF = pliegue abdominal	THSF = pliegue frontal del muslo	MCSF = pliegue de la pantorrilla media	% tejido adiposo
TPSF = pliegue del tríceps	1	,735	,713	,698	,769	,746	,694
SSSF = pliegue subescapular	,735	1	,795	,789	,532	,557	,483
SISF = pliegue supraespinal	,713	,795	1	,886	,582	,607	,582
ABSF = pliegue abdominal	,698	,789	,886	1	,559	,563	,611
THSF = pliegue frontal del muslo	,769	,532	,582	,559	1	,756	,712
MCSF = pliegue de la pantorrilla media	,746	,557	,607	,563	,756	1	,660
% tejido adiposo	,694	,483	,582	,611	,712	,660	1

Tabla nº 17 coeficientes de correlación entre el porcentaje de tejido adiposo y los distintos pliegues cutáneos – población de mujeres.

Como podemos apreciar, también en la población femenina los pliegues cutáneos se relacionaron de forma diferente con la adiposidad relativa (tabla nº 17). Si jerarquizamos los pliegues en función del grado de correlación con el tejido adiposo obtenemos la siguiente lista (de mayor a menor):

1. frontal del muslo.
2. tríceps.
3. pantorrilla media.
4. abdominal.
5. supraespinal.

6. subescapular.

Correlación de pliegues y tejido adiposo. (Comparación entre poblaciones de varones y mujeres)

Para facilitar la interpretación de lo señalado en párrafos anteriores construimos el gráfico siguiente:

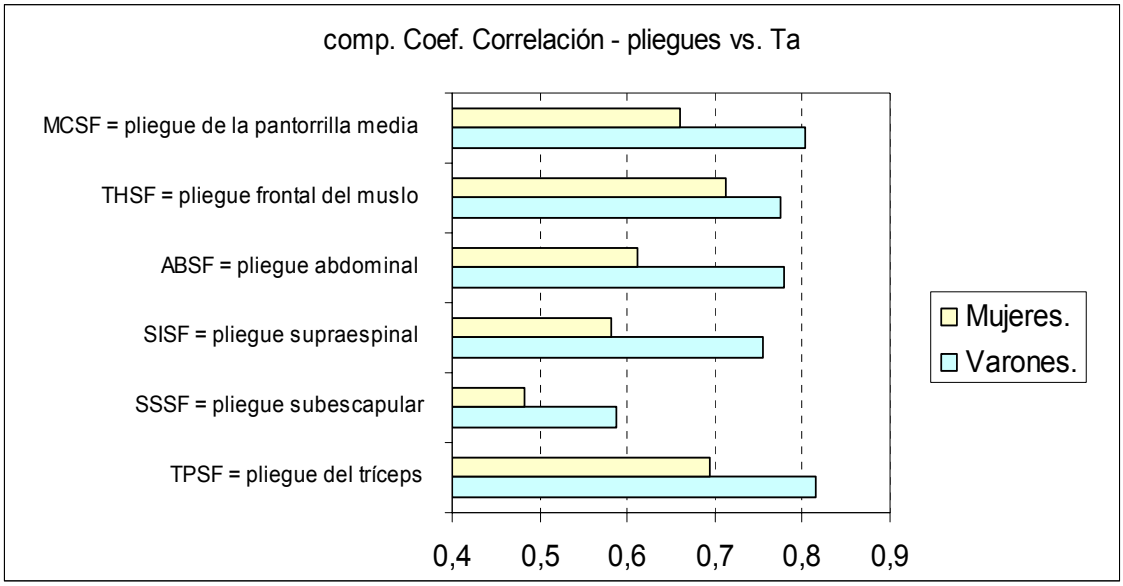


Fig. nº 129 comparación entre los coeficientes entre el porcentaje de tejido adiposo y los distintos pliegues cutáneos – población de varones y mujeres.

Si comparamos la relación de los pliegues cutáneos con el tejido adiposo relativo en mujeres y varones simultáneamente (fig. nº 129), veremos que en esta última población las correlaciones fueron mayores en su totalidad.

Como podemos observar, los dos pliegues que mejor correlacionaron fueron el del tríceps y el de la pantorrilla media en varones; y el del muslo frontal y del tríceps en mujeres. El pliegue subescapular fue el que peor relación tuvo con el tejido adiposo relativo.

El hecho de que el pliegue del tríceps evidenciara una de las mejores correlaciones con el porcentaje de tejido adiposo (v. 8.15 – m. 6.94), apoyaría la idea de tomarlo como indicador de las reservas energéticas del individuo. Su sensibilidad al aumento y disminución del tejido adiposo, tanto en varones como en mujeres, nos pareció una información accesoria importante de esta investigación.

Comparación de los niveles de IMC y endomorfismo (varones).

Ahora bien, si aplicamos la lógica de entrecruzamiento entre las clasificaciones del IMC y del endomorfismo, obtendremos la siguiente tabla para la población de varones.

	endomorfismo			
Imc	bajo	moderado	alto	
Normal	147	62		
sobre peso	13	33	4	
pre obesidad	1	24	10	
obesidad tipo 1		6	19	
obesidad tipo 2			7	
obesidad mórbida				
sub total	161	125	40	326

Tabla nº 18 clasificación de la población de varones en función del índice de masa corporal y el endomorfismo.

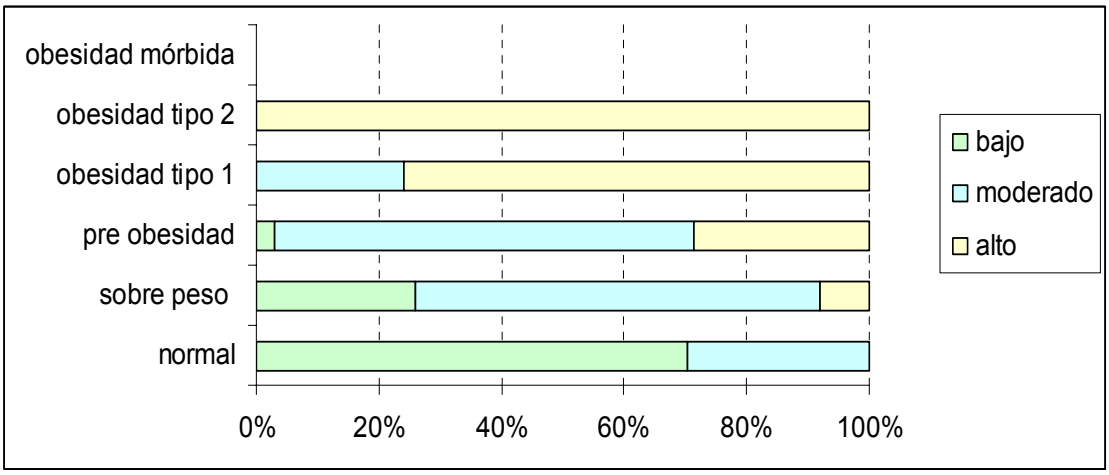


Fig. nº 130 clasificación de la población de varones en función del índice de masa corporal y el endomorfismo.

Como vemos (fig. nº 130), todos los varones clasificados como obesos tipo 2 presentaron un alto endomorfismo. De los clasificados como obesos tipo 1 el 24% presentó un endomorfismo moderado y el 76% restante uno alto. De los individuos con preobesidad, el 2.8% mostró un bajo endomorfismo, el 68.5% uno moderado y el 28.5%

restante uno alto. De los sujetos con sobrepeso, el 26% mostró un bajo endomorfismo, el 66% uno moderado y el 8% restante uno alto. Por último, de los sujetos con peso normal, el 70.3% presentó un endomorfismo bajo y el 29.7% restante uno moderado.

Estos valores se nos presentan como bastante lógicos. Es decir, a medida que vamos subiendo en la clasificación del IMC, se incrementan los valores del primer componente del somatotipo. No obstante, resulta claro que no se pueden realizar asociaciones individuales ya que, como vemos, existen individuos con alto y moderado endomorfismo en casi la totalidad de las clasificaciones del IMC (desde peso normal hasta obesidad tipo 2).

Comparación de los niveles de IMC y endomorfismo (mujeres).

Si realizamos el mismo análisis que para los varones, conseguimos la siguiente tabla:

Mujeres	endomorfismo			
Imc	bajo	moderado	alto	
Normal	47	210	34	
sobre peso		17	23	
pre obesidad		2	16	
obesidad tipo 1			14	
obesidad tipo 2			4	
obesidad mórbida			1	
sub total	47	229	92	368

Tabla nº 19 clasificación de la población de varones en función del índice de masa corporal y el endomorfismo.

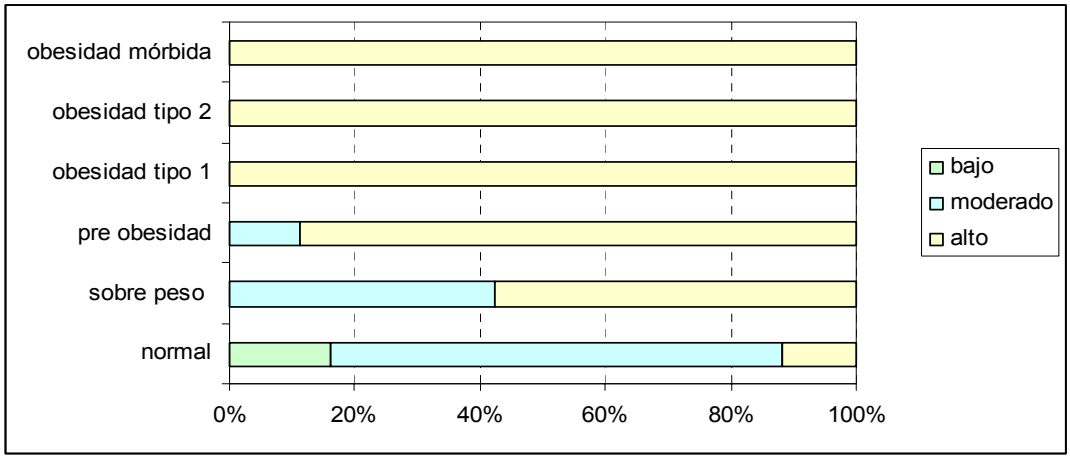


Fig. nº 131 clasificación de la población de mujeres en función del IMC y el endomorfismo.

Como podemos observar (fig. nº 131), todos las mujeres con obesidad mórbida, obesidad tipo 1 y 2 presentaron un alto endomorfismo. De las clasificadas como obesas tipo 1 el 11.11% presentó un endomorfismo moderado y el 88.89% restante uno alto. De las mujeres con sobrepeso el 42.5% mostró un endomorfismo moderado y el 57.5% restante uno alto. Por último, de los individuos clasificados con peso normal, el 16.15% evidenció un bajo endomorfismo, el 72.16% uno moderado y el 11.68% restante uno alto.

Estos valores en la población de mujeres, se nos presentan más cuestionables; ya que, por ejemplo, sujetos con un alto endomofismo son clasificados desde normales hasta con obesidad mórbida según el IMC. Si comparamos la figura de varones con la de mujeres, podemos decir que en esta última las calificaciones del IMC se encuentran desfasadas con respecto al primer componente del somatotipo.

Comparación de los niveles de IMC y TA relativo (varones).

Si entrecruzamos las clasificaciones del índice de masa corporal con los valores de tejido adiposo en la población de varones, se obtiene la siguiente tabla:

imc/ta [%]	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
nomal	0	23	157	29	0
sobrepeso	0	5	34	11	0
pre-obesidad	0	2	20	12	1
obesidad tipo1	0	0	7	15	3
obesidad tipo2	0	0	1	6	0
obesidad mórbida	0	0	0	0	0
obesidad extrema	0	0	0	0	0

Tabla nº 20 clasificación de la población de varones en función del IMC y el porcentaje de tejido adiposo.

Para facilitar la lectura de los datos procedemos a la representación gráfica de los mismos.

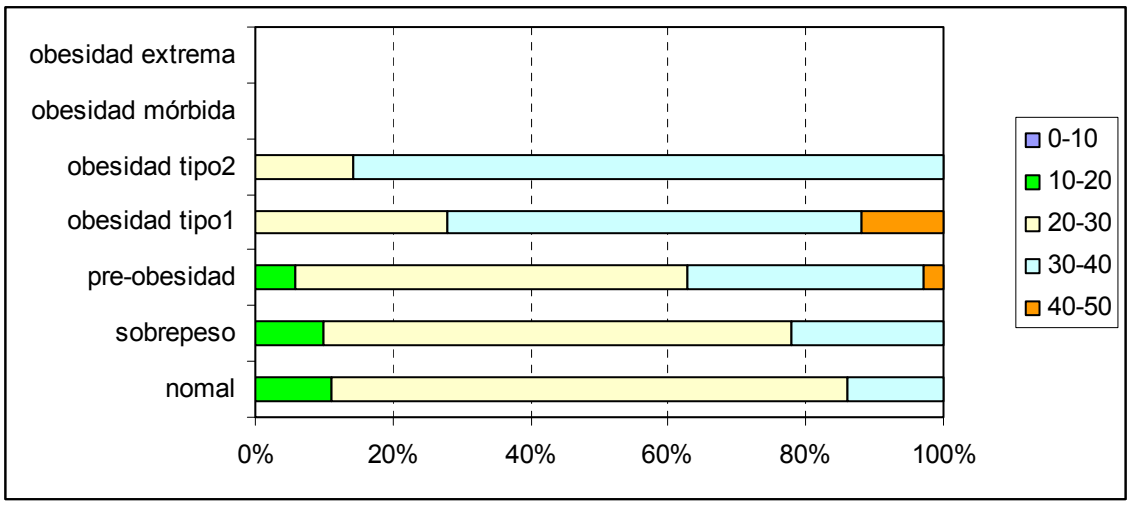


Fig. nº 132 clasificación de la población de varones en función del IMC y el porcentaje de tejido adiposo.

Como vemos:

- El 75% de la población normal presentó un 20-30% de TA, el 14% un 30-40% y el 11% restante un 10-20%

- el 68% del grupo con sobrepeso mostró un 20-30% de TA, el 22% un 30-40% y el 10% restante un 10-20%.

- el 57% de la población de pre obesos evidenció un 20-30% de TA, el 34% un 30-40%, el 6% un 10-20% y el 3% restante un 40-50%.

- el 60% del grupo de obesos tipo 1 mostró un 30-40% de TA, el 28% un 20-30% y el 12% restante un 40-50%

- el 86% de la población de obesos tipo 2 presentó un 30-40% y el 14% restante un 20-30% de TA.

Como se puede apreciar, varones con 20-30% de TA son calificados como normales, con sobrepeso, pre obesos, obesos tipo 1 y tipo 2 simultáneamente. Algo similar ocurre con individuos con un 30-40% de TA. Además, sujetos con un 40-50% de TA no son calificados como con obesidad mórbida o extrema, sino solamente como con pre obesidad u obesidad tipo 1. Si a esto le sumamos que varones con un 0-10% de TA (muy bajo) fueron calificados con sobrepeso y pre obesidad, no queda duda de la incapacidad del IMC para establecer una calificación coherente.

Comparación de los niveles de IMC y TA relativo (mujeres).

Si cruzamos ahora las clasificaciones del índice de masa corporal con los valores de tejido adiposo en la población de mujeres, obtendremos la siguiente tabla:

imc/ta	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
nomal	0	0	45	181	61	4
sobrepeso	0	0	2	29	9	0
pre-obesidad	0	0	0	9	8	1
obesidad tipo1	0	0	0	7	6	1
obesidad tipo2	0	0	0	2	2	0
obesidad mórbida	0	0	0	0	1	0
obesidad extrema	0	0	0	0	0	0

Tabla nº 21 clasificación de la población de mujeres en función del IMC y el porcentaje de tejido adiposo.

Para agilizar la interpretación de los datos procedemos a la representación gráfica de los mismos.

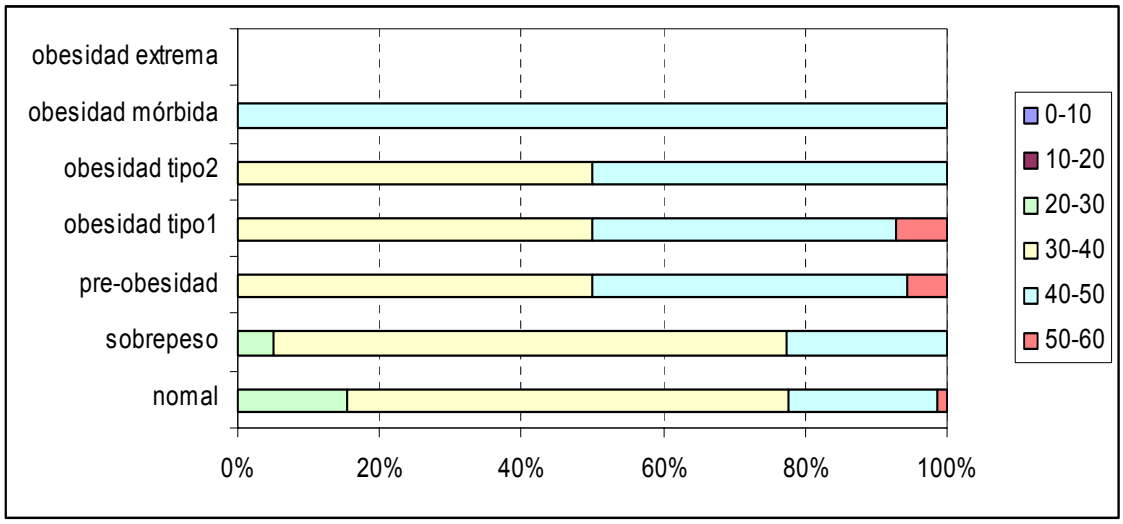


Fig. nº 133 clasificación de la población de mujeres en función del IMC y el porcentaje de tejido adiposo.

Como podemos ver:

- el 62% de la población normal presentó un 30-40% de TA, el 21% un 40-50%, el 15% un 20-30% y el 1% restante un 50-60%.

- El 73% del grupo con sobrepeso mostró un 30-40% de TA, el 23% un 40-50% y el 5% restante un 20-30%.

- El 50% de pre obesos evidenció un 30-40% de TA, el 44% un 40-50% y el 6% restante un 50-60%.

• El 50% del grupo con obesidad tipo1 mostró un 30-40% de TA, el 43% un 40-50% y el 7% restante un 50-60%.

• Finalmente, la mitad de la población de obesos tipo2 presentó un 30-40% y la otra mitad un 40-50% de TA.

Algo similar a lo manifestado para la población de varones ocurre con la de mujeres. Es decir, sujetos con un mismo porcentaje de TA son calificados como normales, con sobrepeso, pre obesidad, obesidad tipo 1, tipo 2, etc. Esto último indicaría que el cálculo de IMC es poco valioso también para el caso de las mujeres.

Comparación de los niveles de IMC y GC relativa (varones).

imc/gc	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
nomal	63	142	4	0	0
sobrepeso	1	42	7	0	0
pre-obesidad	0	17	16	2	0
obesidad tipo1	0	2	16	7	0
obesidad tipo2	0	0	2	5	0
obesidad mórbida	0	0	0	0	0
obesidad extrema	0	0	0	0	0

Tabla nº 22 clasificación de la población de varones en función del IMC y el porcentaje de grasa corporal.

A fin de facilitar la lectura de estos valores procedemos a su representación gráfica.

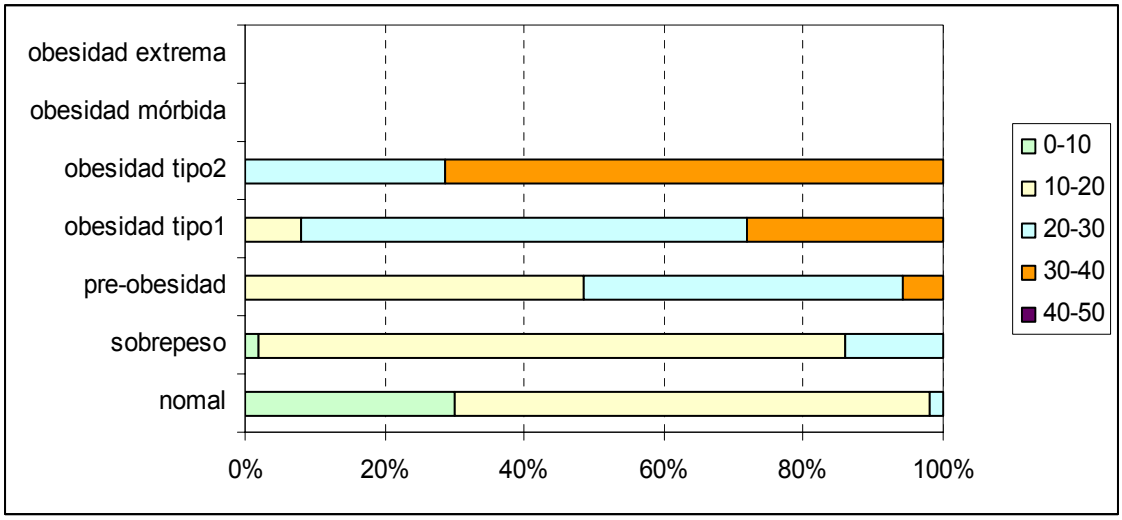


Fig. nº 134 clasificación de la población de varones en función del IMC y el porcentaje de grasa corporal.

Como muestra la figura:

- el 68% de la población de normal presentó un 10-20% de GC, el 30% un 0-10% y el 2% restante un 20-30%.

- El 84% del grupo con sobrepeso mostró un 10-20% de GC, 14% un 20-30% y el 2% restante un 0-10%.

- El 49% de pre obesos evidenció un 10-20%, el 46% un 20-30% y el restante un 6% 30-40%.

- El 64% del grupo con obesidad tipo 1 mostró un 20-30% de GC, el 28% un 30-40% y el 8% restante un 10-20%.

- El 71% de la población con obesidad tipo 2 presentó un 30-40% de GC y el 29% restante un 20-30%.

Sin duda, las consideraciones hechas anteriormente en relación al IMC y el TA se aplican también al vínculo entre IMC y GC. Sujetos con un mismo porcentaje de GC atraviesan la mayoría de las clasificaciones del IMC.

Comparación de los niveles de IMC y GC relativa (mujeres).

imc/gc	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
nomal	0	23	245	23	0	0
sobrepeso	0	0	21	18	1	0
pre-obesidad	0	0	2	14	2	0
obesidad tipo1	0	0	0	11	3	0
obesidad tipo2	0	0	0	1	3	0
obesidad mórbida	0	0	0	0	0	1
obesidad extrema	0	0	0	0	0	0

Tabla nº 22 clasificación de la población de mujeres en función del IMC y el porcentaje de grasa corporal.

A fin de agilizar la interpretación de estos valores procedemos a su representación gráfica.

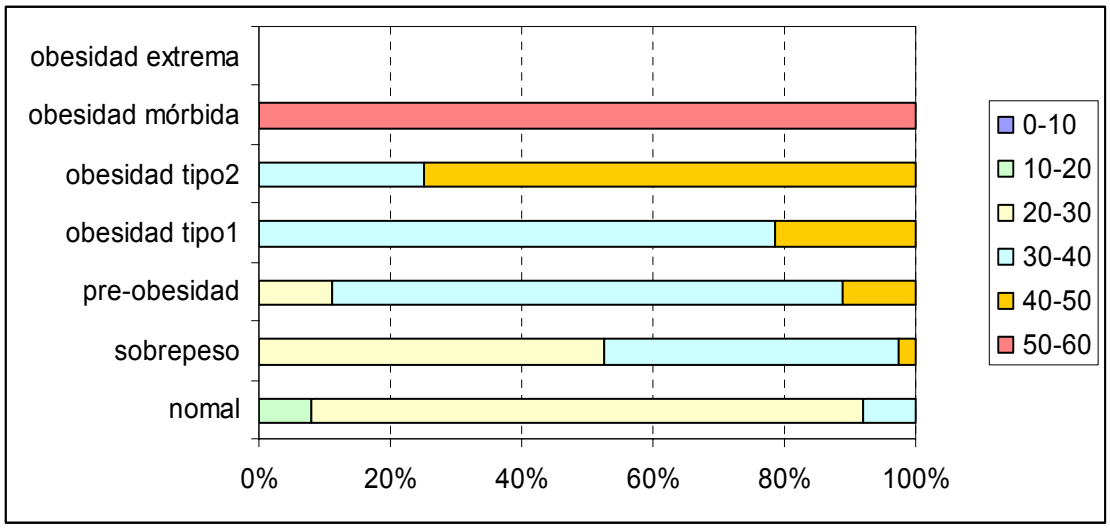


Fig. nº 135 clasificación de la población de mujeres en función del IMC y el porcentaje de grasa corporal.

Como vemos:

- el 84% de la población normal presentó un 20-30% de GC, el 8% un 10-20% y el 8% restante un 30-40%.

- El 53% del grupo con sobrepeso mostró un 20-30% de GC, el 45% un 30-40% y el 3% restante un 40-50%.

- El 78% de pre obesos evidenció un 30-40% de GC, el 11% un 20-30%y el 11% restante un 40-50%.

- El 79% del grupo con obesidad tipo1 mostró un 30-40% GC y el 21% restante un 40-50%.

- Las tres cuartas partes de los obesos tipo 2 mostró un 40-50% de GC y la cuarta parte restante un 30-40%.

- Todos los sujetos con obesidad mórbida presentaron un 50-60% de GC.

Las consideraciones para la población de mujeres no difieren de las hechas anteriormente para la población de varones. Es decir, individuos con un mismo porcentaje de GC trasponen la mayoría de las clasificaciones del IMC (desde peso normal a obesidad mórbida). En este sentido, la única diferencia entre varones y mujeres radica en que para estas últimas los porcentajes de GC fueron más elevados. Por tanto, no caben dudas de que el IMC no constituye un buen indicador de obesidad, independientemente del sexo de que se trate.

Síntesis de resultados.

A fin de abordar las conclusiones, reseñamos a continuación los resultados más importantes de la investigación (tabla nº 23).

		sexo	
variable	tipo de análisis	varones	mujeres
TA - GC	correlación	media	de muy debil a media
TA - ENDO	correlación	media	débil
TA - IMC	correlación	muy débil	inexistente
GC - ENDO	correlación	fuerte	fuerte
GC - IMC	correlación	media	fuerte -media
ENDO - IMC	correlación	media	media
TA - (GC, ENDO, IMC)	correlación	>	<
IMC - mujeres MUSCULAR [kg.]	correlación	>	<
IMC - TA [kg.]	correlación	>	<
IMC - TA	correspondencia entre clasificaciones	baja	baja
IMC - GC	correspondencia entre clasificaciones	baja	baja
IMC - ENDO	correspondencia entre clasificaciones	baja	baja
TA	valores medios relativos [%]	<	>
	valores medios absolutos [kg.]	=	=

GC	valores medios relativos [%]	< (en las tres fórmulas)	> (en las tres fórmulas)
	nivel promedio	moderado	moderado
ENDO	valores medios	<	>
IMC	valores medios	>	<
pliegues cutáneos	valores medios	> (excepto p. abdominal)	< (excepto p. abdominal)
	tipo de distribución	androide	ginecoide
TA	región de mayor acumulación/movilización	abdominal	extremidades inferiores
	correlación	>	<
	pliegues que mejor correlacionaron	tríceps - pantorrilla media	muslo - tríceps
TA. - pliegues cutáneos	pliegue que peor correlacionó	subescapular	subescapular
diámetros y perímetros óseos	valores medios	>	<
	valores medios relativos [%]	>	<
M. MUSCULAR	valores medios absolutos [kg.]	>	<
	valores medios relativos [%]	<	>
M. ÓSEA	valores medios absolutos [kg.]	>	<
M. MUSCULAR - mujeres ADIPOSA	correlación (en términos relativos [%])	fuerte	fuerte
	correlación (en términos absolutos [kg.])	escasa	escasa

	valores medios relativos [%]	<	>
M. PIEL	valores medios absolutos [kg.]	=	=
	valores medios relativos [%]	>	<
M. RESIDUAL	valores medios absolutos [kg.]	>	<
DC	concordancia entre fórmulas	baja	baja
	grado de acuerdo	>	<
somatotipo	características promedio	mesoendomórficas	endomesomórficas
	componente predominante	mesomorfismo	endomorfismo
mesomorfismo	nivel promedio	moderado	bajo-moderado
	valores medios	>	<
ectomorfismo	nivel promedio	bajo	bajo
	valores medios	=	=

Tabla nº 23. Síntesis de resultados de la investigación.

Conclusiones.

En función de las hipótesis planteadas al comienzo del trabajo podemos decir que:

1) el porcentaje de GC (ecuaciones de predicción) no presenta una relación significativa con el porcentaje de TA (fraccionamiento corporal de cinco componentes de Kerr y Ross) (media en varones, y de muy débil a media en mujeres). → Rechazo de hipótesis nº 1.

2.1) el porcentaje de GC (ecuaciones de predicción) presenta una relación que fue de media (varones) a media fuerte (mujeres) con el IMC (ecuación de Quételet). → Aceptación parcial de hipótesis nº 2.

2.2) el porcentaje de GC (ecuaciones de predicción) presenta una fuerte relación con el ENDO (Heath y Carter). → Aceptación parcial de hipótesis nº 2.

3.1) el TA (fraccionamiento corporal de cinco componentes de Kerr y Ross) no tiene relación con el IMC (ecuación de Quételet) (muy débil en varones e inexistente en mujeres). → Rechazo parcial de hipótesis nº 3.

3.2) el TA (fraccionamiento corporal de cinco componentes de Kerr y Ross) no presenta una relación significativa con el ENDO (Heath y Carter) (media en varones y débil en mujeres). → Rechazo parcial de hipótesis nº 3.

4) el valor medio de TA, GC y ENDO es mayor en mujeres que en varones. No obstante, el promedio de IMC es más alto en esta última población. → Rechazo de la hipótesis nº 4.

5) las calificaciones del IMC (SEEDO) no concuerdan con las del ENDO (Heath y Carter), así como tampoco con los diferentes valores de TA (fraccionamiento corporal de cinco componentes de Kerr y Ross.) y de GC (ecuaciones de predicción). → Rechazo de la hipótesis nº 5.

Si analizamos los resultados únicamente desde el punto de vista de la correlación obtenida podríamos decir que:

En la población de varones:

El TA mostró una correlación media con el ENDO y la grasa corporal pero muy débil con el IMC.

La GC se relacionó fuertemente con el ENDO

El IMC se relacionó en forma media con la GC y el ENDO.

En la población de mujeres:

El TA mostró un relación que fue de media a muy débil (dependiendo de la fórmula de cálculo empleada) con la GC, débil con el ENDO e inexistente con el IMC

La relación entre GC y ENDO fue fuerte y entre la GC y el IMC fuerte-media.

El IMC tuvo una relación media con el ENDO.

No obstante, si le agregamos a la correlación de Pearson otras estrategias de análisis (comparación de valores medios absolutos y relativos, entrecruzamiento de clasificaciones, análisis de concordancias, etc.) podríamos resumir las principales conclusiones en los siguientes puntos:

1) El IMC no representa un indicador válido de obesidad.

Valores medios

En promedio, el IMC fue el único parámetro que resultó menor en mujeres que en varones. Es decir, la población femenina mostró mayor TA, mayor GC, mayor ENDO, pero "menor IMC". Esta es la razón principal para desestimar el uso del IMC como predictor de obesidad. Sin duda, este hecho cuestiona la validez y fiabilidad de este índice como marcador de obesidad tanto en estudios individuales como epidemiológicos.

Correlación.

La relación entre el IMC y el TA fue de muy débil (varones) a inexistente en mujeres.

Correspondencia entre clasificaciones.

No hubo correspondencia entre las distintas clasificaciones del IMC y los porcentajes de TA y GC, así como tampoco entre el IMC y el componente principal del somatotipo y el ENDO.

En este sentido, las calificaciones del IMC no coinciden con los valores de TA encontrados, en ninguna de las dos poblaciones.

Por otro lado, y a pesar de la media (en mujeres) y media – fuerte (varones) correlación entre el IMC y la GC, las clasificaciones entre estos parámetros tampoco concuerdan.

Además, si bien la correlación entre IMC y ENDO fue media en ambas poblaciones, tampoco se encontró correspondencia entre los distintos niveles de estos dos elementos. En este sentido, los varones con alto endomorfismo traspusieron cuatro de las seis clasificaciones, desde sobrepeso a obesidad tipo 2. Por su parte, los varones con moderado endomorfismo también traspasaron cuatro clasificiones, desde peso normal a obesidad tipo 1. Por último, los varones con bajo endomorfismo traspasaron tres clasificaciones, desde peso normal a pre obesidad. En el caso de la población femenina, la falta de armonía es más acentuada aún. Las mujeres con alto endomorfismo traspasaron todas las clasificaciones del IMC desde peso normal a obesidad mórbida. De la misma forma, las que obtuvieron un moderado endomorfismo traspusieron tres de las seis clasificaciones del IMC (peso normal, sobrepeso y pre obesidad).

Por último, el IMC tampoco armonizó con el componente principal del somatotipo. En varones, los sujetos predominantemente mesomórficos por un lado, y predominatemente endomorficos por otro, atraviesan casi todas las clasificaciones del IMC (desde peso normal

a obesidad tipo 2). Dicho de otro modo, según la clasificación del IMC, sujetos predominantemente mesomórficos y endomórficos son calificados como individuos con peso normal, sobrepeso, obesidad tipo1, etc. en mujeres, los individuos predominantemente endomóricos trasponen todas las clasificaciones del IMC (desde peso normal a obesidad mórbida).

Relación con valores absolutos de masa adiposa y masa muscular.

Independientemente del sexo, el IMC se relacionó mejor con la masa muscular que con la masa adiposa absoluta. Ambas masas correlacionaron mejor en varones que en mujeres.

2) El cálculo de la grasa corporal a través de las fórmulas de predicción de densidad corporal es cuestionable (sobre todo en la población de mujeres).

Correlación.

La GC mostró una relación media en varones y fuerte – media en mujeres con el IMC.

La correlación del TA y la GC evidenció variaciones importantes, desde niveles muy débiles a medios, dependiendo de la población y la fórmula utilizada. No obstante, la relación entre el TA y la GC fue mayor en varones, las tres ecuaciones empleadas para esta población mostraron una mayor correlación.

Concordancia.

Por otro lado, el nivel de concordancia entre las distintas fórmulas fue bajo en ambas poblaciones; no obstante el grado de acuerdo fue mayor en la población de varones. En otras palabras, los valores de DC y por consiguiente de GC difirieron de acuerdo a la fórmula utilizada, estas discrepancias fueron más acentuadas en las ecuaciones utilizadas para la población de mujeres.

Medias.

Todas las ecuaciones mostraron (en promedio) un mayor porcentaje de grasa corporal en mujeres.

3) La relación entre el TA y el ENDO es escasa.

La correlación entre TA y ENDO fue media (varones) y débil (mujeres).

Además, el nivel promedio de endomorfismo resultó moderado en ambas poblaciones, si bien fue mayor en mujeres que en varones. Esto sin duda nos alerta de no confundir a estos dos parámetros designados por el mismo nombre de "adiposidad relativa".

4) La relación entre la GC y el ENDO fue importante.

Correlación.

La GC presentó una relación fuerte con el ENDO en ambas poblaciones. Esto podría deberse a que ambos parámetros son calculados a partir de variables comunes. Es decir, cinco de las seis ecuaciones para el cálculo de DC, utilizan por lo menos un pliegue común al cálculo del endomorfismo. No obstante una de las ecuaciones utilizadas mostró una fuerte correlación sin tener ningún elemento de cómputo común.

5) La correlación entre el TA y el resto de los parámetros estudiados (GC, ENDO e IMC) fue mayor en varones.

Correlación con el resto de los parámetros estudiados.

Como ya vimos, los coeficientes de correlación del TA con el resto de los parámetros (GC, ENDO e IMC) fueron en todos los casos mayores en varones que en mujeres. Es decir, la relación entre TA y GC fue media en varones, y de muy débil a media en mujeres. Además, la relación entre el TA y el IMC fue de muy débil (varones) a inexistente (mujeres). Por último, el TA presentó una relación media en varones y débil en mujeres con el ENDO.

6) El TA correlacionó mejor con los pliegues cutáneos en varones, destacándose la alta sensibilidad del pliegue del tríceps y la baja del pliegue subescapular en ambas poblaciones.

Correlación con los pliegues cutáneos.

Todos los pliegues cutáneos se relacionaron mejor con el TA en la población de varones. En esta, los pliegues que mejor correlacionaron con el TA fueron el del tríceps y el de la pantorrilla. Por su parte, en la población de mujeres los pliegues que demostraron mejor relación fueron el del muslo y el tríceps. Sin duda, esto apoyaría la idea de tomar al

pliegue cutáneo del tríceps como indicador de las reservas energéticas del individuo en ambos sexos dada su alta sensibilidad al aumento o disminución del TA. Podemos agregar que, en ambas poblaciones, el pliegue que peor correlación tuvo con el TA fue el subescapular.

7) En promedio, todos los pliegues cutáneos fueron mayores en varones que en mujeres, con la notable excepción del pliegue abdominal.

Valores medios de pliegues cutáneos.

Las mujeres presentaron mayores valores de pliegues cutáneos (excepto el pliegue abdominal). La diferencia fue importante en las extremidades (muslo, pantorrilla y tríceps) y escasa en la cintura y el tronco (abdominal, supraespinal y subescapular).

8) Si bien los valores medios de TA fueron similares, el tipo de distribución y el proceso de acumulación/movilización de este tejido fue diferente en ambas poblaciones.

Valores medios absolutos.

Los valores medios absolutos de TA fueron similares en ambos sexos.

Distribución.

La distribución del TA fue de tipo androide para los varones y ginecoide para las mujeres.

Proceso de acumulación/movilización.

Los varones presentaron un mayor proceso de acumulación/movilización del TA en la región abdominal, y las mujeres en la zona de las extremidades inferiores. Esto confirma la distribución diferencial de las zonas de preferencia de la grasa subcutánea, así como un mayor proceso de almacenamiento y movilización de los lípidos en esas regiones corporales. Se recomienda valorar la cantidad de grasa abdominal como el patrón de distribución (localización) por su relación con el síndrome plurimetabólico: en varones por su mayor acumulación a este nivel, en mujeres porque su valor medio absoluto no difiere del de varones.

9) En promedio, los varones presentaron mayores valores absolutos de masa muscular, ósea y residual; así como similar masa de piel y adiposa que las mujeres.

Valores medios de diámetros y perímetros.

Los varones mostraron valores medios de diámetros óseos y perímetros superiores que las mujeres., lo que anticiparía mayores valores absolutos (kg.) de masa ósea y muscular.

Valores medios de las cinco masas.

La población de varones mostró una mayor masa muscular y residual tanto en términos absolutos como relativos. Las mujeres por su parte, presentaron mayores valores de masa de piel y adiposa, pero sólo en relación al porcentaje total del peso corporal, y no al peso absoluto de la masa en sí. Por último, la masa ósea, evidenció un valor escasamente superior en términos absolutos en varones, pero igual en ambas poblaciones en términos relativos.

Correlación masa muscular y adiposa.

En términos relativos la masa muscular y adiposa se relacionaron fuertemente; no obstante la correspondencia es escasa en términos absolutos.

10) El IMC constituiría más un indicador de masa muscular que adiposa.

Valores medios de masa muscular y adiposa.

En promedio los varones mostraron un mayor valor absoluto de masa muscular, pero similar valor de masas adiposa que las mujeres. Recordando que en promedio el IMC fue mayor en varones que en mujeres, podemos conjeturar que el mismo sería más un indicador de tejido muscular que de tejido adiposo.

11) Los varones mostraron características mesoendomórficas y las mujeres endomesomórficas. El componente endomórfico fue moderado en ambas poblaciones pero mayor en las mujeres.

En promedio, los varones mostraron características mesoendomórficas, y las mujeres endomesomórficas.

Además, la mayoría de los varones presentaron como componente predominante el mesomórfico, y la mayoría de las mujeres el endomófico. Sin embargo, ambas poblaciones evidenciaron la misma proporción de individuos predominantemente ectomórficos.

En promedio, el endomorfismo fue moderado en ambas poblaciones, pero mayor en las mujeres que en los varones. Por otro lado, el mesomorfismo fue moderado en los varones y bajo-moderado en las mujeres, lo cual indicaría un menor desarrollo músculo esquelético en esta última población. Por último, tanto varones como mujeres evidenciaron un

ectomorfismo similar; es decir, un gran volumen por unidad de altura, así como extremidades relativamente voluminosas.

Sugerencias para investigaciones ulteriores.

A continuación enumeramos algunas propuestas que pueden extender la problemática planteada en esta investigación.

Comparar los distintos niveles de ENDO con los porcentajes de TA y de GC.

Comparar el método de fraccionamiento corporal en cinco componentes con métodos de diagnóstico por imágenes (tomografía axial computada y resonancia magnética nuclear), en la determinación del TA.

Comparar el método de dos componentes (ecuaciones de predicción de la DC), con otros métodos bicompartimentales como la bioimpedancia o la densitometría.

Validar o crear fórmulas de predicción de la DC específicas para nuestra población.

Establecer los valores de referencia de cada parámetro antropométrico para nuestra población.

Consideraciones finales.

Toda indagación científica conlleva implícitos ciertos esquemas de conocimientos previos arraigados. En general, muchas personas “creen” en la ciencia y ello sugiere un espíritu dogmático, difícil de ser interrogado.

Poco habríamos avanzado hacia conocimientos nuevos desde aquella postura.

El objetivo del presente trabajo fue revisar varios métodos de valoración referidos al estado de la persona humana (su salud, su nivel de sobrepeso u obesidad o su bajo peso, etc.), y analizarlos con el fin de establecer correlaciones y concordancias entre ellos.

En términos generales podemos decir que ingresamos al siglo XXI con un arsenal de avances tecnológicos pero sin un método preciso y válido para la estimación de la composición corporal humana. Por el momento, los países en vías de desarrollo como el nuestro deben hacer uso de herramientas de bajo costo como la antropometría, y solventar sus limitaciones. No obstante, es necesario conocer, desarrollar y optimizar nuevas metodologías.

El resultado final, ni último ni mucho menos definitivo, ha arrojado algunas certezas y otro número de interrogantes. El amplio colectivo sobre el que se realizó el estudio nos

ofrece una oportunidad única de conocer y aplicar correctivos cuando se trata de valorar la forma y la composición del cuerpo a sujetos que viven en nuestro medio y en condiciones similares.

Una idea que va tomando forma está basada en la elaboración de ecuaciones de cálculo que contemplen las particularidades de esta muestra.

¿Es posible corregir algunas fórmulas de cálculo del porcentaje de grasa corporal para adecuarlas a este colectivo? ¿Estamos realmente ante un problema si pretendemos relacionar métodos diversos y comparar entre porcentaje de grasa corporal y porcentaje de tejido adiposo?

Sin duda esta primera aproximación a la problemática nos incitará a seguir trabajando. Esto no es un final, sino un paréntesis, y pretendemos que en el próximo párrafo se sumen aquellos espíritus que comprenden que la ciencia está preparada para ser refutada y no para convertirla en creencia.

Prof. José Luis Arcodia

Rosario (Argentina), diciembre de 2005.

Bibliografía

Alemán-Mateo, H.; Esparza-Romero, J.; Valencia, M. (1999) Antropometría y composición corporal en personas mayores de 60 años. Importancia de la actividad física. Salud Publica Mex; 41:309-316.

Alfredo Martínez, A. (1998).Fundamentos Teóricos Prácticos de Nutrición y Dietética. McGraw Hill.

Ander-Egg, E. (1995). Técnicas de investigación social. Buenos aires: lumen.

Araujo D., Barros N., Cabezas Cerrato J. Composición corporal y gasto energético basal en mujeres con obesidad mórbida. Ponencias del iv congreso nacional de la SEEDO Area: Composición corporal y distribución de la grasa Centro S. de Endocrinoloxia.C.H.U.S. U Santiago

Arcodia, J. (2002). Un estudio cineantropométrico inédito. La composición corporal y el somatotipo de la Selección mayor de Fútbol de Haití http://www.efdeportes.com/ Revista Digital - Buenos Aires - Año 8 - N° 50 - Julio

Arechavaleta, G., Castillo, H.; Herrera, H y Pacheco, M. (2002). Composición corporal en una población de estudiantes universitarios caracas: revista de la facultad de medicina issn 0798-0469

Arnal, J. (1994). Investigación educativa. Fundamentos y metodología. Editorial LABOR S.A. Barcelona España.

Bachelard, G. (1970). La filosofía del no. Bs. As. : amorrortu.

Bachelard, G. (1994). La formación del espíritu científico. México: siglo veintiuno editores.

Bellido, D. ,Carreira, J. , Bouza, A. , Rodríguez, B. , De Luis, D. , Becerra, A. y Isidro, L. Estimación de grasa visceral por antropometría en pacientes obesos. Ponencias del iv congreso nacional de la SEEDO Area: Composición corporal y distribución de la grasa Centro Hospital Naval de Ferrol. La Coruña.

Berdasc Gómez, A.; Romero del Sol, J. (1998). Circunferencia del brazo como evaluadora del estado nutricional. Revista cubana de alimentación nutricional. La Habana: Instituyo Superior de Ciencias Médicas. 12(2):8690

Blanco, A. (1993). Química biológica. Buenos Aires: El Ateneo.

Bland, JM; Altman, DG. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 1: 307-310,

Bottaro, M.; Heyward, V.; Bezerra, R.; Wagner, D. (2003) Método de Pliegues Cutáneos vs. Absorciometría Dual por Energía de Rayos X para la Medición de la Composición Corporal en Mujeres Normales y Obesas (Resumen). PubliCE Premium. Pid: 122.

Brozeck, J.; Grande, F.; Anderson, JT. ; Keys, A. (1963) Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. Ann N Y Acad Sci; 110: 113-140.

Bunge,M. (1983) la investigación científica. Barcelona, ariel.

Cabrera Hernández, A.; Damiani Roseli, A.; Chiong Molina, D.; Quintero Alejo, M. y Fernández Ubeda, L. (1996). Relación entre los lípidos séricos y la distribución de grasa corporal en un grupo de niños obesos. Revista Cubana Aliment Nutr;10 (2) Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos

Cañete Estrada, R.; Cifuentes Sabio, V. Valoración del estado nutricional

Carter, L. (2003) Factores Morfológicos que limitan el Rendimiento Humano. PubliCE Standard. Pid: 139.

Casanova Román, M. (2003). Técnicas de valoración del estado nutricional Servicio de Pediatría. Cádiz: vox paediatrica, 11,1 (26-35)

Chalmers, A. (1988). ¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Buenos aires: siglo veintiuno editores.

Chalmers, A. (1988). ¿qué es esa cosa llamada ciencia?. Buenos aires: siglo veintiuno editores.

Cingolani, H.; Houssay, A. (2000). Fisiología Humana de Houssay. Buenos Aires: El Ateneo.

Claudia Filozof. Composición Corporal: Impedancia Bioeléctrica. Revista de Actualización en Ciencias del Deporte Vol. 2 Nº8. 1994.

Daniel, M.; Martin, A.; Fainman, C. (1993) Hormonas sexuales y distribución de tejido adiposo en mujeres fumadoras pre-menopáusicas. Revista de Actualización en Ciencias del Deporte Vol. 1 Nº 4.

Daza, C. (2002). La obesidad: un desorden metabólico de alto riesgo para la salud Colombia Médica Vol. 33 Nº 2, 72.

Demarchi, D.; Zurlo de Mirotti, S. y Marcellino, A. (2001). Pautas de la distribución corporal del tejido adiposo en adolescentes Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba Rev Cubana Invest Biomed; 20(2):87-92

Durnin J.; Womersley J. (1974) Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. Br J Nutr; 32: 77-97. 23.

Editex (1994). Estadística. Madrid: editex s.a.

Escobar F, Fernandez M, Barrado F. (1994) Epidemiología de la obesidad. En: Soriguer F, ed. La Obesidad. Madrid, Díaz de Santos, 27-33.

Esparza Ros, F. (1993) Manual de Cineantropometría. Colección de Monografías de Medicina del Deporte. FEMEDE. Pamplona.

Esper, A. (2004). Mediciones antropométricas en jugadoras Argentinas de voleibol de primera división http://www.efdeportes.com/ Revista Digital - Buenos Aires - Año 10 - N° 76 – Septiembre.

Fernández Vieitez, J. (2001) Validación por disección de cadáveres de 7 métodos antropométricos para estimar la masa muscular humana. Centro Provincial de Medicina del Deporte Holguín Rev Cubana Aliment Nutr 2001;15(2):115-20

Fernández Vieitez, J. (2003) Estimación de la composición corporal por dos de las ecuaciones de Dezenberg para niños de 5 a 10 años Holguín Rev Cubana Salud Pública; 29(1):37-41 Cuba: Centro Provincial de Medicina del Deporte.

Fernández Vieitez,J.; Álvarez Cuesta, J. Williams Wilson, L. (2001) Evaluación por tomografía axial computadorizada de 3 métodos antropométricos para estimar el área muscular del muslo Rev Cubana Aliment Nutr;15(1):31-6 Cuba: Centro Provincial de Medicina del Deporte. Holguín

Filozo, C. (1994). Composición Corporal: Impedancia Bioeléctrica. Revista de Actuallización en Ciencias del Deporte Vol. 2 Nº8.

Finn,G. (1997). Tejido Adiposo. En: Histologia. De. Panamericana. México. pg 163-168.

Ganong, w. (1995). Fisiología médica. México: el manual moderno.

Garaulet, M. (1), Pérez-Llamas, F.(l), García, V. (1), Zamora, S. (1) y Tebar, F. (2) Tamaño de adipocitos y distribucion de la grasa corporal en sujetos obesos: su relación con las hormonas sexuales. Ponencias del iv congreso nacional de la SEEDO

Area: Composición corporal y distribución de la grasa Centro (1) Departamento de fisiología. (2)Servicio de endocrinología. H.U. Virgen de la Arrixaca. Universidad de Murcia.

Guyton, a. (1993). Tratado de fisiología médica. México: interamericana

Hib, Jose (2001). Histología de Di Fiore. Buenos Aires: Morillo.

Holway,F. La Composición Corporal; Mitos y Presunciones Científicas.

Jiménez Sanz, M., Fernández Viadero, C., Verduga Vélez, R. y Crespo Santiago, D. (2002) Valores antropométricos en una población institucionalizada muy anciana. Nutr. Hosp. XVII (5) 244-250 ISSN 0212-1611 • coden nuhoeq S.V.R. 318

Lama More, R. (2001). Metodología para valorar el estado nutricional Series. Guías Prácticas sobre Nutrición (III) Volumen 55 - Número 03 p. 256 – 259 Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.

Latarjet, M.; Ruiz Liard, A. (1988) Anatomía Humana. Volumen 1: México: Panamericana.

Latarjet, M.; Ruiz Liard, A. (1988) Anatomía Humana. Volumen 2: México: Panamericana.

López, L.; Morales, C. (2002) Obesidad en la infancia y adolescencia: síndrome plurimetabólico en el niño obeso. Unidad de Endocrinología Pediátrica y Crecimiento. Hospital Militar de Sevilla. Facultad de Medicina. Univesidad de Sevilla vox paediatrica, 10,2 (46-51).

Malina, R. Crecimiento, Performance, Actividad, y Entrenamiento Durante la Adolescencia. (Parte I)

Marsicano, R.; Rivero Amespil, P.; Fernández, F. (1999). Obesidad y enfermedades asociadas. Dirección nacional de sanidad de las fuerzas armadas. Salud militar. Vol. 21, nro. 1.

Martín Moreno, M.; Gómez Gandoy, J.; Antoranz González, M. y Gómez de la Cámara, A. (2003). Concordancia entre los porcentajes de grasa corporal estimados mediante el área adiposa del brazo, el pliegue del tríceps y por impedanciometría brazo-brazo Rev Esp Salud Pública 2003; 77: 347-361 N.º 3 - Mayo-Junio. Madrid.

Martín Moreno, V., Benito Gómez Gandoy, J., de Oya Otero, M., Gómez de la Cámara, A. y Antoranz González, M. (2003). Grado de acuerdo entre los índices adiposo-musculares obtenidos a partir de medidas antropométricas del brazo, pliegues cutáneos e impedancia bioeléctrica. Nutr. Hosp. XVIII (2) 77-86 ISSN 0212-1611 • CODEN NUHOEQ S.V.R. 318

Martín Moreno, V., Gómez Gandoy, J. Antoranz gonzález, M. (2001) Medición de la grasa corporal mediante impedancia bioeléctrica, pliegues cutáneos y ecuaciones a partir de medidas antropométricas. Análisis comparativo rev esp salud pública; 75: 221-236 n.º 3 Madrid: centro de salud coronel de palma.

Martín Moreno, V.; Gómez Gandoy, J.; Gómez de la Cámara, A.; Antoranz González, M. (2002). Grasa corporal e índice adiposo-muscular estimados mediante impedanciometría en la evaluación nutricional de mujeres de 35 a 55 años Rev Esp Salud Pública; 76: 723-734 N.º 6 – Madrid: Centro de Salud Coronel de Palma.

Martin, A. (1985) Prediction Of Body Fat By Skinfold Caliper: Assumptions And Cadaver Evidence. Int J Obesity, 9 (suppl. 1),

Martin, A. (1994) Adipose Tissue Density, Estimated Adipose Lipid Fraction And Whole Body Adiposity In Male Cadavers. Int. J Obesity

Martin, A..; Janssens, V.; Caboor, D.; Clarys, J.; Marfell-Jones, M. (2003) Relationships between visceral, trunk and whole-body adipose tissue weights by cadaver dissection Annals of Human Biology Publisher: Taylor & Francis Health Sciences, part of the Taylor & Francis Group Issue: Volume 30, Number 6

Martin, A.; Daniel, M.; Drinkwater, D.; Clarys, J. Adipose tissue density, estimated adipose lipid fraction and whole body adiposity in male cadavers. School of Human Kinetics, University of British Columbia, Vancouver, Canada.

Martin, A.; Drinkwater, D. (1991) Validity in the measurement of body fat. Assumptions or technique? Sports Medicine.

Martin, A.; Ross, W.; Drinkwater DT, Clarys JP. (1993). Predicción sobre tejido adiposo corporal, mediante técnica de calibre para pliegues cutáneos: suposiciones y evidencia cadavérica. Revista Actualización en Ciencias del Deporte. Vol. 1. Nº 4.

Mazza, J. (1990) El somatotipo de Heath Carter. Revista Actualizaciones Biosystem en Ciencias del Deporte, volumen 1, nro. 4 Rosario (Argentina): Biosystem Servicio Educativo.

Mazza, J. (2003) Mediciones antropométricas. Estandarización de las técnicas de medición, actualizada según parámetros internacionales. Rosario: Revista de Actualización en Ciencias del Deporte Vol. 1 Nº2.

Mazza, J. (2003). Introducción a la Cineantropometría. PubliCE Standard. Pid: 187.

Mazza, O.; Zubeldía, G. (2003). Características Antropométricas y Funcionales en Futbolistas de 14 a 15 años pertenecientes a Racing Club. PubliCE Standard. Pid: 215.

Moreno, M.; Martínez, J. (2002). El tejido adiposo: órgano de almacenamiento y órgano secretor. España: Universidad de Navarra. Dto. De Fisiología y Nutrición.

Morín, E. (xx). Epistemología de la complejidad. En nuevos paradigmas, cultura y subjetividad. Paidós: Buenos Aires. Comp. Dora Fried Schnitman.

Norton, K., Olds, T. (2000) Antropometrica. Edición en Español: Dr. Juan Carlos Mazza. Biosystem Sevicio Educativo.

Organización Mundial de la Salud (OMS) (1995). Comité de Expertos. El Estado Físico: uso e interpretación de la antropometría. Serie de Informes Técnicos, nº 854. Ginebra.

Oria, E.; Lafita, J.; Petrina, E.; Argüelles, I (S/F). Composición corporal y obesidad. España: Hospital de Navarra.

Palop Jonqueres, P. (1983). Epistemología de las ciencias humanas y ciencias de la educación, en estudios sobre epistemología y pedagogía. Anaya: Madrid.

Parajón Víscido, M. (2002). La Evaluación Antropométrica. PubliCE Standard. Pid: 21.

Pedroso da Silva, P.; De Souza Trindade, R.; Henrique De Rose, E. Body composition, somatotype and proporcionality of elite bodybuilders in Brazil.

Pértegas Díaz, S.; Pita Fernández, S. (2001) La distribución normal. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complexo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña (España)

Pértegas Díaz, S.; Pita Fernández, S. (2001). Determinación del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente de correlación lineal. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complexo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña.

Pita Fernández, S., Pértegas Díaz, S. (1994) La fiabilidad de las mediciones clínicas: el análisis de concordancia para variables numéricas Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complexo Hospitalario-Universitario Juan Canalejo. A Coruña (España)

Pita Fernández, S.; Pértega Díaz, S. (2001) Relación entre variables cuantitativas. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complexo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña (España)

Pita Fernández, S.; Pértega Díaz, S. (2001). Significancia estadística y relevancia clínica. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complexo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña (España)

Prieto L, Lamarca R, Casado A. (1998) La evaluación de la fiabilidad en las observaciones clínicas: el coeficiente de correlación intraclase. Med Clin (Barc); 110: 142-145. 25.

Ramos, N.; Zubeldía, G. (2003) Masa Muscular y Masa Grasa, y su relación con la Potencia Aeróbica y Anaeróbica en Futbolistas de 18 a 20 años de Edad (Parte I). PubliCE Standard. Pid: 171.

Restrepo Calle, M.; Monroy de Peña, A.; Pérez Giraldo, J.; Velásquez Echeverri, M. Efecto de la actividad física controlada sobre la composición corporal de mujeres sedentarias posmenopáusicas.

Rizzoli, E. (1999). Evaluación de la capacidad aeróbica en fútbol. Relación entre rendimiento aeróbico, acúmulo de lactato y composición corporal. Rosario: U.A.I.

Rodríguez Scull, L. (2003) Obesidad: fisiología, etiopatogenia y fisiopatología Hospital Docente "Calixto García" Rev Cubana Endocrinol 2003;14(2):

Ross, W. y Kerr, D. (1993). Fraccionamiento de la Masa Corporal: Un Nuevo Método para Utilizar en Nutrición, Clínica y Medicina Deportiva. Revista de Actualización en Ciencias del Deporte Vol. 1 Nº3.

Ross, W.; Marfell Jones, M.J. (1982.) Kinanthropometry. In Physiol Testing of Elite Athl. Mac Dougall J.D. Wenger H.A., Green H.J. (eds.). Mov Publ, Inc., N. York Chap VI: pp 75-115,

Sáez Madain, P. (2004). Errores Conceptuales en Estudios Antropométricos que Buscan Estimar la Composición Corporal. PubliCE Standard. Pid: 386.

Sánchez Muñoz, C.; Requena Sánchez, B.; Zabala Díaz, M. (2003). Determinación del perfil antropométrico de jóvenes corredores de mediofondo de élite http://www.efdeportes.com/ Revista Digital - Buenos Aires - Año 8 - N° 58 - Marzo

Santana Porbén, S.; Espinosa Borrás, A. (2003) Composición corporal ACTA MEDICA

Siri, W.E. (1961) Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. En: Brozeck J, Henschel A eds. Techniques for measuring body composition. Washington DC: National Academy of Sciences. Natural Resourcer Council,

Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO) (1996). Consenso español 1995 para la evaluación de la obesidad y para la realización de estudios epidemiológicos. Med Clin (Barc)

Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO) (2000). Consenso SEEDO 2000 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. Med Clin (Barc)

Suárez, S. (2001). Composición corporal y metabolismo basal VIII Curso Internacional GSSI: Nutrición y Ejercicio después de los 30. Caracas, Venezuela. Octubre 19-20.

Urrejola, P.; Hodgson, M.; Icaza, M. (2001) Evaluación de la composición corporal en niñas usando impedanciometría bioeléctrica y pliegues subcutáneos. Santiago: Revista chilena de pediatría v.72 n.1 ISSN 0370-4106

Van Itallie TB. (1992) Body weight, morbidity and longevity. En: Obesity. Björntorp P, Brodoff BN, eds. JB Lippincott Company, Philadelphia.

Vásquez Fernández, J. (2003). Control del Peso y Composición Corporal en Atletas. PubliCE Standard.

Yeste, D., García Reyna, N. , Del Rio, L. (*), M. Gussinyé, A. Carrascosa Estudio de la composición corporal por densitometría radiológica de doble energía (dexa) en la infancia y adolescencia. correlación con datos antropométricos. Ponencias del iv congreso nacional de la SEEDO Area: Composición corporal y distribución de la grasa Centro S. Endocrinología y Medicina del Adolescente. Hospital Universitario Materno-infantil Vall d´ Hebron. Barcelona.(*) Cetir. Barcelona.

Yeste, D., García Reyna, N., Del Rio, L. (*), M. Gussinyé y A. Carrascosa Cambios de la composición corporal (masa grasa y magra) en la pubertad. Ponencias del iv congreso nacional de la SEEDO Area: Composición corporal y distribución de la grasa análisis por densitometría radiológica de doble energía (dexa) Centro S. Endocrinología y Medicina del Adolescente. Hospital Universitario Materno-infantil Vall d´ Hebron. Barcelona. (*) Cetir. Barcelona.

Anexos.

Breve descripción de los métodos analíticos usados en la determinación del tamaño de los compartimientos corporales.

Disección de cadáveres (análisis de anatómico y químico de sus componentes).

Los trabajos más importantes, realizados en 1984 en la Universidad Vrije de Bruselas por J.P. Clarys, consistieron en la medición antropométrica externa de cadáveres embalsamados y no embalsamados, y su posterior disección por fracciones (piel, tejido celular o grasa subcutánea, músculos, huesos y vísceras). Se determinaron todos los componentes y se calcularon las densidades de cada uno de ellos. Estos estudios conocidos como los "cadáveres de Bruselas", dieron origen a las Tesis de grado de tres investigadores de Simon Fraser University (Vancouver, Canadá): Allan D. Martín; Donald T. Drinkwater y Michael J. Marfell-Jones, y aun reporte sumario del propio J.P. Clarys.

Densitometría.

La densitometría en una técnica para el diagnóstico de la densidad corporal total, que ha sido largamente usada como un indicador para el cálculo de la masa grasa y masa magra (restando de 100% el % graso obtenido). Los resultados preliminares y sucedáneos se remontan a Behnke (1942), Siri (1961) y Brozek (1963).

El método de medición incluye simultáneamente dos técnicas para estimar el volumen corporal total: las determinaciones del peso hidrostático y del desplazamiento volumétrico. Está basado en el principio de Arquímedes y es el método más exacto para valorar de forma directa la densidad corporal total mediante la determinación del volumen.

Como señalamos, este método valora la masa grasa y la masa libre de grasa a partir de la medición de la densidad corporal total, y utilizando unas fórmulas establecidas que permiten el cálculo de estos dos compartimientos. Esta técnica exige reunir en el área de investigación un tanque de agua con el volumen necesario para estudiar individuos de distinto tamaño, con un sistema para comprobar el peso bajo el agua y una balanza para obtener el peso en el aire. Estas características limitan el uso de esta técnica al ámbito del laboratorio. Además, su realización requiere un tiempo considerable. Constituyó durante mucho tiempo uno de los métodos de referencia para validar otras técnicas más sencillas y aplicables a la práctica diaria.

Sin embargo, asumir que el dato de densidad corporal permite estimar el porcentaje de masa grasa mediante ecuaciones de regresión lineal es inconsistente. Las críticas más puntuales al método desintométrico son las siguientes:

a. Considera al cuerpo como un modelo de sólo dos componentes: masa grasa y masa magra, sin permitir la discriminación entre las proporciones de masa ósea, muscular y visceral o residual dentro de la masa magra (inconstancia de las proporciones de cada masa).

b. Presupone que la masa magra posee una densidad constante. En realidad la masa magra se encuentra constituida por diversos tipos de tejidos con diferentes densidades. Además, dentro de un mismo tejido las densidades también varían.

c. Las ecuaciones creadas por Siri y Brozek, con el dato de la densidad corporal total, ofrecen el problema que una pequeña variación en l valor de densidad corporal arrojará una gran diferencia en el porcentaje de grasa corporal (ejemplo: un individuo que registra una densidad de 1,00 tendrá 40% de grasa, y otro que registra una densidad 1,10 tendrá 0% de grasa). Sujetos muy magros y de gran estructura osteomuscular registran valores cercanos o superiores a 1,10 con lo que, de acuerdo con la ecuación de Siri, no poseerían grasa corporal, o aún peor, valores negativos (insensatez biológica).

Estas críticas a algunas de las presunciones científicas de la densitometría deben tenerse en cuenta, ya que existen innumerables ecuaciones que utilizan las sumatorias de diferentes pliegues cutáneos para obtener la densidad corporal (evitando el uso complejo y costoso del peso hidrostático), y luego, mediante fórmulas de Siri o de Brrozek, conviertan estos valores a porcentaje de grasa corporal. Muchas de esas fórmulas han sido validadas mediante procedimientos estadísticos comparativos con datos que tienen en cuenta los pesos hidrostático o subacuático.

Sin duda, de los distintos compartimentos del organismo, la masa grasa es la más susceptible de errores de medida. Esta representa aproximadamente el 80% del tejido adiposo, siendo el 20% restante espacio intersticial, tejido conectivo y vasos sanguíneos. Cada adipocito contiene, en promedio, 0,4-0,6 mg de grasa, pero puede llegar a 1,2 mg de lípidos, cuando se trata de adipocitos subcutáneos.

La densidad de la masa grasa es casi constante (0,9 g/ml), en tanto que la densidad de la masa libre de grasa varía en dependencia de la cantidad de masa ósea y del estado de hidratación, situándose en niños en 1,08 g/ml y en adultos en 1,1 g/ml aproximadamente. La densidad del tejido muscular es relativamente constante, de 1,0643 g/ml.

Usando, como habitualmente se ha hecho, la densiometría como referencia, se ha visto que el IMC se relaciona con la cantidad de grasa total mejor en mujeres que en varones y que la relación es bastante pobre en ancianos, niños y adolescentes.

Activación neutrónica in vivo Conteo corporal total.

El sujeto es bombardeado con neutrones emitidos por una fuente conocida. Estos neutrones se insertan en los núcleos de los elementos constituyentes del organismo, lo que resulta en su activación energética y ocupación subsiguiente de un nivel energético superior (pero menos estable). Los núcleos excitados e inestables emiten el exceso de energía en forma de fotones gamma, a fin de regresar a un nivel energético inferior (estabilidad energética), y que se corresponde con la configuración atómica de origen. Los fotones gamma pueden ser detectados, segregados y asignados a los elementos que le dieron origen. Esto permite cuantificar, luego del bombardeo neutrónico, el número de átomos excitados.

Determinación del potasio corporal total (Conteo de 40 K).

Los análisis químicos han demostrado que el potasio es un electrolito (catión) principalmente intracelular, que no está presente en los depósitos de triglicéridos, y sí en los músculos y vísceras. Por esta razón, el potasio corporal total mide la masa libre de grasa, asumiendo que el tejido adiposo apenas tiene K (sin embargo, el 20% de este tejido no es grasa y sí contiene K)

El potasio orgánico se presenta como dos isótopos: el 39 K es la especie predominante (99,9882 %). Sin embargo, la parte restante (0,0118%) corresponde a una especie radiactiva: el 40 K. Este último, que existe en el cuerpo en cantidades conocidas, emite una radiación gamma cuya medición externa permite estimar la masa magra. Por ello el potasio corporal total se utiliza como un índice de masa libre de grasa, al asumir que contiene una cantidad constante de potasio.

Entonces, el contenido corporal de potasio (CCK) se obtendría a partir de la siguiente fórmula:

CCK (mmol) = 40 K / 0.000118 CCK (mmol) = 40 K * 8474,58 20, 21

El K40 se mide con cámara gamma y presenta las mismas ventajas e inconvenientes que la determinación del agua corporal total.

Determinación de agua corporal total.

Existe evidencia de que los depósitos de triglicéridos no contienen agua, y que el agua ocupa una porción relativamente fija (73.2%) de la masa magra. Esto ha orientado investigaciones para determinar el agua corporal total (ACT) como un indicador de las masa magra (que deducida del 100% permite obtener el % de masa grasa).

La técnica consiste en la inyección de radioisótopos del hidrógeno; tritio, o más comúnmente, deuterio, para cuantificar volúmenes de agua corporal por dilución isotópica. Estos trazadores son administrados por vía oral o intravenosa y se espera que se equilibre en los distintos compartimientos, midiéndose después las concentraciones de isótopos en suero, orina, saliva o aire espirado. La cantidad de agua total corporal se calcula según las diluciones observadas. Es decir, sustancias específicas se distribuyen en forma conocida entre los compartimientos líquidos de la economía. La cantidad excretada de la sustancia en una muestra después de la administración de una cantidad conocida sirve entonces para evaluar el tamaño del agua corporal. La técnica presume que isótopo tiene la misma distribución volumétrica que el agua que es intercambiado por el cuerpo de una manera similar a ésta. Sus datos correlacionan bien con los de la masa magra obtenidos mediante disección de cadáveres, pero ofrece dos limitaciones:

a. Sólo reconoce un modelo corporal de dos componentes: masa magra y masa grasa, (no discriminando masa muscular y ósea).

b. Es costoso debido al insumo de radioisótopos y a la tecnología necesaria para las determinaciones.

Proteínas: conteo total del nitrógeno corporal.

La mayoría del nitrógeno corporal se concentra en las proteínas. Si se conoce el contenido total del nitrógeno corporal, se puede valorar la proporción de las proteínas corporales de acuerdo a la siguiente expresión:

1 g N = 6,25 g proteínas.

Conteo total del carbono corporal.

El 77% del carbono corporal se concentra en la grasa corporal. Conocido del contenido corporal de carbono, el contenido de grasa corporal se estima de acuerdo a la siguiente fórmula:

Grasa corporal = carbono / 0,77

Glucógeno.

El carbono representa el 44 % del glucógeno. Si se conoce el contenido corporal de carbono, el contenido de glucógeno se estima, a su vez, de la siguiente relación:

Glucógeno = carbono * 0,444.

Conteo total del potasio corporal

El 99 % del potasio corporal se concentra en el interior de la célula. Conocido el contenido total de potasio del organismo, entonces se puede estimar el tamaño de la masa celular corporal en función de la siguiente expresión:

BCM (kg) = 8,33 * TBK (mol).20, 27

Antropometría.

Como dijimos anteriormente, a pesar de su aparente sencillez, la densiometría por inmersión implica disponer de unas instalaciones voluminosas y caras, lo que ha hecho que varios autores hayan desarrollado distintas fórmulas (ecuaciones de regresión lineal) para conocer la densidad orgánica a partir de mediciones antropométricas (en general pliegues cutáneos). Estas mediciones son de fácil determinación, no obstante sus aspectos más criticados pueden resumirse como sigue:

La aplicabilidad de sus ecuaciones se circunscribe al grupo objeto de la investigación (población específica), y no debería generalizarse a otros grupos.

La obtención de los datos por métodos doblemente indirectos y su validación hecha casi exclusivamente con el método densitométrico (de por sí indirecto) torna discutible su confiabilidad (estiman la grasa a partir de ecuaciones de predicción de la densidad).

Las conclusiones del trabajo de Martin no convalidan las presunciones de predicción de la masa grasa mediante la medición de pliegues cutáneos.

Modelos Cineantropométricos.

Estos modelos utilizan la medición de pliegues cutáneos, diámetros y perímetros óseos, perímetros musculares, diámetros y perímetros toraco-abdomino-pelviano, peso, talla parado y talla sentado, y longitudes de segmentos corporales. La metodología consiste en mediciones topográficas estandarizadas, efectuadas en puntos o marcas convencionales. Estas mediciones son utilizadas de acuerdo a distintos protocolos, que constituyen la base de los modelos cineantropométricos más desarrollados, a saber:

- Proporcionalidad: descripta por Ross y Wilson (1974) y actualizada por Ross y Ward (1982), calcula las proporciones de cada determinación corporal, comparándolas con una escala internacional Phantom, que es una referencia arbitraria unisexuada humana no dividida en grupos etarios (Estratagema Phantom).

- Fraccionamiento antropométrico de la masa corporal; desarrollado por Drinkwater y Ross (1980), permite obtener las proporciones en kg. y en porcentaje de las cuatro masas corporales: grasa, ósea, muscular y visceral (o residual) ("Táctica Drinkwater" o "modelo de 4 componentes").

- Cálculo de masas corporales por modelo geométrico: descripto por Drinkwater y cols. (1984), considera al cuerpo como una serie de conos parciales (miembros, cabeza, tronco y cuello), con un cálculo matemático de sus componentes: piel, huesos, músculos, grasa, y vísceras ("modelo geométrico").

- Modelo fraccionamiento de fraccionamiento de la masa corporal en cinco componentes: diseñado por Kerr y Ross (1986), permite la identificación en peso y porcentaje de las distintas masas: adiposa, residual, muscular, ósea y piel., partiendo de la "Estratagema Phantom" o de proporcionalidad.

Todos esos modelos cineantropométricos tienen la ventaja de desarrollarse mediante protocolos sencillos de mediciones antropométricas, con instrumentos de bajo costo y programas de computación relativamente simples. Además, han sido validados por su comparación y correlación estadística con los datos obtenidos de la disección de cadáveres. Sin embargo, se necesita una rigurosa precisión de las mediciones y una larga experiencia en el control de las variables morfológicas. Por otro lado, sus protocolos no son adecuados para individuos que escapen notablemente a la normalidad en cuánto a estructura corporal (extremadamente obesos, delgados, altos o con una sobrenatural proporción de masa muscular). De cualquier modo, éstas son las metodologías actualmente más desarrolladas y difundidas en el mundo, por su validez, confiabilidad, objetividad, practicidad y aplicabilidad.

Bioimpedancia eléctrica.

Este método se basa en la determinación de las diferencias existentes en la conductibilidad eléctrica (respuesta conductiva) entre el tejido graso y el no graso, de la cual son responsables los fluidos y electrolitos que los componen. Para ello se mide la impedancia de una débil corriente eléctrica alterna (800 mcA; comúnmente a una frecuencia de 50 KHz) que pasa entre el tobillo derecho y la muñeca derecha de un individuo. La impedancia es

directamente proporcional a la longitud del conductor (una distancia que es habitualmente una función de la altura del individuo), e indirectamente al área transversal. En otras palabras, la impedancia es proporcional al cuadrado de la longitud del conductor (individuo), dividido por su volumen. La medición de la caída del voltaje es la que permite estimar la resistencia o impedancia corporal. La impedancia es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de resistencia y reactancia, no obstante, como esta última no supone más del 10 % de la impedancia, habitualmente se asume como sinónimos los términos impedancia y resistencia.

Como se dijo anteriormente, la corriente eléctrica se transmite a través del agua y de los electrólitros del cuerpo, mientras que es frenada por la grasa. Por consiguiente, la resistencia al paso de la corriente variará en función del contenido de grasa corporal. Asimismo, la resistencia será proporcional al agua corporal total. Como el agua y los electrólitros se hallan principalmente en los tejidos libres de grasa, permiten relacionar la impedancia y la MLG mediante fórmulas matemáticas. A bajas frecuencias la corriente atraviesa mal las membranas celulares, por lo que esta técnica no valora correctamente el agua intracelular. De esta manera se obtienen los valores de los valores de masa libre de grasa y, por sustracción, de la masa grasa, además del agua total. En cambio, a altas frecuencias, si atraviesan las membranas celulares, pueden dar una mejor representación del agua corporal total en sus componentes intracelular y extracelular. Por esto, utilizando frecuencias a distintos niveles se puede tener una idea de estos dos compartimientos. La estimación de la resistencia corporal al paso de la corriente eléctrica debe transformarse para dar una indicación de la composición corporal. El principio básico es que la impedancia depende de las características geométricas del conductor. Para ello el cuerpo humano se considera como un cilindro.

La hipótesis que la bioimpedancia eléctrica puede ser usada para determinar la masa grasa no ha sido científicamente probada, a pesar de la profusa pero confusa información que proveen los fabricantes de equipos.

Martín (1989) señala que, si en los programas de cálculo de los equipos de bioimpedancia eléctrica se suprimen como información previa los datos de edad, peso, talla, diámetro de húmero, grado de entrenamiento de la persona, nutrición, etc., las determinaciones no son mejores predictoras de masa magra/grasa que el índice de masa corporal que, como su fórmula indica, sólo requiere conocer el peso y la talla. Estas objeciones se añaden al inconveniente derivado del alto costo de los equipos. Por otro lado, algunas situaciones clínicas como deshidratación y edemas pueden invalidar sus resultados.

Por otro lado, tienen el inconveniente que la reproductibilidad depende del aparato utilizado y de la definición de la ecuación que relaciona la impedancia o resistencia corporal total. Como hemos visto, se tratan de ecuaciones de regresión que pueden incluir distintas variables, como edad, sexo, peso y talla, y puede estar sometida a errores importantes y que se deba ser muy cuidadoso cuando a la hora de valorar los resultados obtenidos se aplica a individuos aislados. Además, hay que tener presente la muestra en la que se ha obtenido la fórmula a aplicar, tanto en individuos sanos como enfermos.

La sencillez del método de bioimpedancia está haciendo que se emplee incluso en estudios epidemiológicos. Sin embargo, los errores en la determinación de grasa pueden ser importantes, dependiendo del equipo, el estado de hidratación y, sobre todo, de la distribución de la grasa (las extremidades superiores contribuyen casi a la mitad de la resistencia y el tronco sólo a la décima parte) y del contenido en glucógeno hidratado del músculo, pues se asume habitualmente que el 73% del músculo es agua, lo que no es una verdad absoluta.

Conductibilidad eléctrica corporal total (TOBEC).

El método TOBEC está basado en las modificaciones en la conductibilidad eléctrica de un sujeto introducido en un campo electromagnético. La técnica depende de las diferencias en la conductibilidad y en las propiedades dieléctricas del tejido graso y no graso.

El sujeto en estudio se coloca en el interior de una bobina seleneoidal (que crea un campo en su interior) por el que se hace pasar una corriente de 5 MHz de frecuencia. Ésta induce una corriente en el sujeto, que crea un campo magnético secundario. El campo electromagnético de esta bobina induce una corriente eléctrica de cualquier material conductor introducido en su interior. Esta corriente depende de la composición y concentración de los electrólitros de cualquier material conductor introducido dentro de ella. En la práctica el instrumento mide la diferencia de la impedancia de la bobina cuando está vacía, y cuando un individuo ha sido colocado en su interior. La diferencia se divide por el peso del sujeto. Esta conductividad es proporcional a la masa libre de grasa, y depende del volumen del sujeto, su masa grasa y su masa libre de grasa.

El sujeto se introduce en la bobina en una camilla que se mueve a lo largo de la bobina. El instrumento hace mediciones en múltiples puntos del recorrido de la camilla. Cada sujeto produce unos valores que representan una curva específica. Esta curva se ajusta según un desarrollo en serie de Furrier y se utiliza para resolver una ecuación basada en datos de densitometría bajo el agua.

Las limitaciones de este método son su elevado costo, el amplio espacio requerido para su instalación, la influencia de las variaciones de la morfología corporal, su dependencia a ecuaciones de predicción a partir de otros métodos de ACC, entre otros. A su favor está su precisión, su carácter no radiactivo y el requerimiento escaso de colaboración por parte del sujeto analizado. Esta tecnología no está muy extendida, y representa un método complejo.

Absorciometría fotónica dual (con rayos X de doble energía (DEXA)).

Los tejidos difieren en su capacidad de atenuar rayos X de diferentes energías después de irradiación del sujeto. Las diferencias en la atenuación hística pueden servir para estimar el tamaño de los compartimientos graso y no graso, además del contenido de los minerales óseos. Divide, por tanto, al organismo en tres compartimientos.

Es una técnica muy reciente, que se usa predominantemente en la medición del contenido mineral óseo del cuerpo. También se han realizado numerosas investigaciones que determinan el contenido mineral óseo y la masa corporal magra.

Esta técnica está basada en la diferente atenuación que experimentan dos haces de rayos X de diferente energía al atravesar los distintos tejidos del organismo. El contenido de mineral óseo y la masa de tejidos blandos se calcula a partir de la atenuación de las dos energías fotónicas resolviendo un sistema de dos ecuaciones simultáneas. Posteriormente, los algoritmos incluidos en el software del aparato permiten dividir la masa de tejidos blandos en libre de grasa y grasa. Se trata de una técnica sencilla, que requiere mínima colaboración por parte del paciente. El sujeto se coloca en decúbito supino y debe permanecer sin moverse durante toda la exploración. La posición del paciente en el aparato es un factor muy importante en la realización de la técnica. La radiación a la que se somete al niño es muy pequeña (0,05-1,5 mrem), mucho menor que la asociada a la utilización de técnicas radiológicas convencionales (oscilan entre 25-270 mrem). Como mencionamos anteriormente, se diseñó inicialmente para el estudio de la masa ósea, pero permite valorar claramente la masa grasa y la masa libre de grasa, irradiando poco al individuo durante 5-30 min/persona. El tiempo variará según el tipo de aparato. Las nuevas generaciones de aparatos reducen su tiempo hasta 5 minutos.

Los equipos son costosos, no obstante es posible que se convierta con el tiempo en una de las técnicas de referencia. Su mayor inconveniente es que existen diferentes aparatos con varias versiones de software, por lo que no se obtienen resultados idénticos. Además, el método no puede discriminar la masa muscular.

De cualquier modo, se trata de una tecnología de elevada precisión para la determinación de la masa ósea, que ofrece por esa razón la posibilidad de correlacionar los datos obtenidos con los de numerosas ecuaciones antropométricas para el mismo fin, con el objeto de validarlas científicamente. Esta técnica ha demostrado buenas correlaciones entre la medición de la grasa corporal y la densitometría, y, además, permite diferenciar entre distintas regiones corporales.

Con el uso de DEXA se ha mostrado que existen personas no identificables como obesas según IMC o ecuaciones basadas en pliegues cutáneos pero que realmente contienen más de un 25% de grasa en varones y más de un 33% en mujeres, porcentajes considerados como definitorios de obesidad según la SEEDO y otras organizaciones científicas.

Determinaciones de creatinina plasmática total, excreción de creatinina urinaria y excreción de 3.metil-histidina endógena.

En el proceso de recambio del tejido muscular, la creatina liberada se hidroliza irreversiblemente a creatinina, y ésta, a su vez, se filtra por el riñón. De esta manera, la excreción urinaria de creatinina puede servir para estimar el tamaño del compartimiento muscular esquelético.

El origen de la creatinina endógena está ligado a la síntesis de su precursor metabólico, la creatina, en hígado y riñón. Aunque muchos tejidos poseen creatina el 98% se encuentra en el tejido muscular, mayormente en forma de creatín-fosfato (CP). Las limitaciones del método están dadas por:

a. la gran variabilidad intraindividual de la excreción durante 24 hs., fundamentalmente porque la creatinina es a la vez filtrada y secretada por el riñón;

b. el tipo de dieta que sobrelleva el individuo, y

c. factores técnicos como las dificultosas recolecciones de orina durante todo un día.

Recientemente el uso de creatinina plasmática fue sugerido como un índice de la masa musculoesquelética total. De cualquier modo, las conclusiones de las pocas investigaciones realizadas en seres humanas no han sido validadas por métodos más confiables para la determinación de la masa muscular.

Con respecto a la excreción urinaria de 3 metil-histidina, debe considerarse a este aminoácido como un marcador de la degradación proteica endógena. Su localización principalmente muscular sugiere que su determinación podría ser útil en la predicción de la masa muscular.

Sus factores limitantes son los mismos que los de la determinación de creatinina endógena, a los que se suman la complejidad y el costo de la técnica necesaria. Muchos de los resultados han sido comparados sólo con datos densitométricos. Otras comparaciones, efectuadas contra métodos más confiables, como las determinaciones de nitrógeno y potasio corporal total, muestran que la excreción urinaria de 3 metil-histidina está altamente correlacionada con la masa muscular, y pobremente correlacionada con las fracciones no musculares de la masa magra; por lo tanto, informa válidamente sobre un solo compartimiento corporal.

Excreción urinaria de nitrógeno ureico.

El recambio de los aminoácidos constituyentes de las proteínas corporales origina urea, la cual se filtra libremente por el riñón. La urea contiene el 80 – 90 % del nitrógeno urinario. De esta manera, la excreción urinaria de nitrógeno ureico sirve entonces para estimar el tamaño de la suma de los compartimientos visceral y muscular.

Tomografía Axial Computada (TAC).

Es un método bastamente difundido para el diagnóstico médico de imágenes (tumores, colecciones de líquidos, quistes, etc.). Su utilización para la composición corporal se remite a estudios anatómicos regionales, ya que para chequear el cuerpo en su totalidad deberían aplicarse muchos cortes horizontales, y el cuerpo recibiría mucha radiación. El método informa la densidad de los tejidos, construyendo una base bidimensional de la anatomía correspondiente a cada corte. Es decir, las áreas calculadas a partir de cada corte axial nos permiten para estimar el tamaño de los diferentes órganos y tejidos componentes de la economía. Como el grosor del corte es conocido el espacio ocupado por vísceras, grasa, músculos y hueso puede ser calculado mediante programas computarizados..

Este método diferencia claramente la grasa del músculo; es el método de referencia para valorar segmentos del organismo, volumen de órganos y, en especial la grasa abdominal, cuyas áreas (subcutánea, perirrenal, intraabdominal-visceral) se determinan a nivel L4-L5.

Los factores limitantes de esta tecnología tienen relación con su elevado costo, el tiempo de exploración prolongada y el sometimiento del sujeto a radiaciones ionizantes.

Resonancia Magnética Nuclear.

Es un método seguro y preciso para evaluar las composición corporal y es capaz de discriminar el tejido adiposo con gran precisión, si bien la reproductibilidad de las

determinaciones es inferior a la obtenida con la TC. La RM es muy precisa para valorar el tejido magro, especialmente en los miembros y tiene gran correlación con la densitometría.

Se fundamenta en que los núcleos atómicos de las moléculas del cuerpo, muy especialmente los de H, pueden comportarse como pequeños imanes, y en consecuencia, alinearse según la dirección de un campo magnético aplicado externamente. Si, en esas condiciones, se hace pasar por el cuerpo una onda de radiofrecuencia, algunos núcleos absorben parte de su energía y cambian su orientación en el campo magnético. Cuándo la onda de radio se suprime, los núcleos se desactivan emitiendo la señal de radio previamente absorbida. Como cada clase de núcleo (de átomo) reacciona en forma característica, un detector adecuado capta una imagen global de la emisión de los distintos átomos del sector del cuerpo estudiado, y una computadora adecuadamente programada transfiere esa información en una imagen, cuyos matices de intensidad reflejarán la composición de los tejidos involucrados. Como el H del cuerpo está preponderantemente en las moléculas de agua, las zonas más hidratadas darán densidades más intensas, con alto contraste entre músculo y grasa, lo que ofrece excelentes perspectivas de aplicación para determinar niveles de hidratación (agua corporal) así como de contenido graso del cuerpo.

Este método es seguro no invasivo, no irradia al sujeto, y tiene una capacidad de resolución muy superior a la de la tomografía computada. Puede resultar de alta validez y confiabilidad para validar muchas técnicas cineantropométricas. No existen todavía estudios importantes de RMN en composición corporal. El principal inconveniente es el costo del equipo y el prolongado tiempo de realización.

Ultrasonidos.

Con este método se puede medir y monitorizar el grosor del panículo adiposo y del tejido muscular utilizando ondas de alta frecuencia inocuas para el organismo. No es una técnica muy utilizada a pesar de su facilidad y buena reproductibilidad y permite establecer los límites de los tejidos adiposo, muscular y óseo. Aunque es un método sencillo, no presenta resultados más precisos que los obtenidos por antropometría. Sin embargo, puede ser útil en pacientes con obesidad mórbida, en los que es muy difícil medir la grasa subcutánea con el plicómetro.

Infrarrojo próximo.

Consiste en la irradiación de los tejidos con un haz de radiación luminosa próxima a los infrarrojos y la medición de la densidad óptica de la radiación reflejada. Esta última dependerá de las características del tejido en donde se aplica, habitualmente en el área del

bíceps. Los resultados obtenidos se incorporan a una regresión que también incluye peso, talla, edad, sexo y actividad, para calcular finalmente la grasa corporal. Es un método poco difundido por varios inconvenientes. La penetración de los rayos es menor de 1 cm de tejido blando, por lo que se pueden producir errores en pacientes obesos. Por otra parte, hay que asumir que la determinación en el bíceps es una buena representación del cuerpo entero. Tampoco se han establecido las características de la absorción y emisión de rayos infrarrojos de la MLG. Como sustituto se emplean los datos correspondientes al agua y se asume que el contenido de agua de la MLG es del 73 %. La precisión de esta técnica es inferior a las obtenidas por antropometría e impedancia. Por otro lado, es una técnica no muy cara, no invasiva y repetible en estudios longitudinales.

Ecografía.

Teóricamente válida para estudiar segmentos del organismo, apenas se ha desarrollado en la valoración de la masa grasa.

Pletismografía acústica.

La pletismografía es una técnica densitométrica en la cual el volumen del individuo se determina midiendo los cambios en la presión que se generan en una cámara cerrada. Su principio reside en el hecho de que la frecuencia resonante es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del volumen de aire que existe en su interior. En esta técnica, se coloca una fuente de sonido en un orificio de la cámara y se monitoriza su intensidad por medio de un micrófono. Según la frecuencia de la señal, se modifica la señal acústica. Consecuentemente, la intensidad del sonido en el interior alcanza una frecuencia inversamente proporcional a la raíz cuadrada del volumen del aire existente en la cámara.

Pletismografía de desplazamiento de aire.

Los pletismógrafos, tanto el acústico como el aéreo, evitan la inmersión en agua y permiten conocer el volumen corporal total, utilizando el desplazamiento de agua o de aire que establece un individuo colocado en una cámara. Con este método en 3-5 minutos de aplicación puede obtenerse el volumen y la densidad del individuo, no obstante resulta costoso.

Calorimetría directa.

Esta técnica valora el calor generado por el individuo dentro de una cámara donde puede realizar una actividad «normal», midiendo el calor de radiación, convención y evaporación. Se basa en que el calor liberado por el organismo es producto de la energía

gastada. Este método es el más preciso y utilizable cuando se desea conocer el gasto energético durante largos períodos de tiempo, pero precisa de varias herramientas por lo que queda reservado a los laboratorios específicos de investigación.

Calorimetría indirecta (CI).

Es el método más utilizado tanto en investigación como en clínica y resulta ideal para el estudio del metabolismo energético del niño debido a que es completamente incruento. Para conocer las bases de la CI debe recordarse que los procesos de oxidación de nutrientes energéticos consumen O2 y producen CO2, existiendo una relación constante entre la cantidad de O2 consumido (VO2) y la cantidad de CO2 producido (VCO2) por gramo de cada uno de estos nutrientes oxidados. La CI consiste en medir el VO2 y VCO2 para deducir la cantidad de energía producida por el organismo. Esta técnica, unida a la medición urinaria de nitrógeno, permite evaluar también la utilización de los sustratos administrados. La forma principal de obtener la CI es la de circuito abierto mediante campana, donde se coloca la cabeza del paciente, cerrada a nivel del cuello por un tejido impermeable al gas. El calorímetro cuantifica las fracciones de O2 y de CO2 del aire que entrará al cabezal y por otra parte extraído y sus fracciones de O2 y de CO2. El gran interés de la CI reside en poder realizar un soporte nutricional lo más óptimo posible al conocer el gasto energético y la utilización de los macronutrientes.

Excreción de metabolitos proteicos por orina

Índice de excreción de creatinina.

Valora la cantidad total de masa muscular existente en un organismo. Hay una correlación buena entre la masa muscular y la excreción urinaria de creatinina.

Excreción de 3-metilhistidina.

La metilhistidina es un aminoácido que se encuentra exclusivamente en la actina de las fibras musculares y en la miosina de las fibras blancas. Al catabolizarse estos productos se elimina por orina 3-metilhistidina. Se mide por cromatografía de alta resolución y por cromatografía líquida.

Excreción de 3-hidroxiprolina.

Es un producto derivado de los componentes, solubles e insolubles, del colágeno de los tejidos calcificados o no. Se utiliza el índice de hidroxiprolina/ creatinina.

Índice de hidroxiprolina.

Es igual que el anterior pero se introduce un nuevo factor de corrección como es el peso.

Balance nitrogenado.

Así se denomina a la medida de los cambios que tienen lugar en la tasa de proteína corporal. El método se basa en la aceptación de que todo el nitrógeno corporal se incorpora al componente proteico.

Algunas ecuaciones predictivas de la densidad corporal (DC) y % de grasa corporal (%GC).

AUTOR	N/ SEXO	EDAD	EDO. NUT	FORMULAS PARA LA CONVERCION DE DC A %GC	ECUACIONES DE PREDICCION DE LA DENSIDAD O GRASA CORPORAL
Durnin&Womersley,1974(61)	209 M	17-72	amplio	Siri,1961	Dc =1.1765 - 0.0744 (log10 (Ptr+PBs+PSi+PSe))
Forsyth&Sinning,1973(62)	50 M	19-22	normal	Brozek,1963	Dc = 1.110647 - 0,001162 (Pse)-0.001144 (Pabd) 0,00077 (Ptr) + 0.00071(P.med.ax)
Kath & McArdle, 1973(64)	53M	19.3±1.5	normal	Brozek,1963	Dc = 1.09665 - 0.00103 (Ptr) - 0.00056 (Pse) - 0.00054(Pabd)
Sloan, 1967(65)	50M	18-26	Normal	Brozek,1963	Dc = 1.1043 - 0.001327(Pmuslo) - 0.001310(Pse)
Thorland y col,1984 (66)	141M	17.4+0.6	normal	Siri,1961	Dc = 1.1091 - 0.00052 (S Ptr+Pse+PMed.Ax+PCrest Il+Pabd+ Pmuslo + ppant.M) +0.00000032(S Ptr+Pse+PMed.Ax+PCrest Il+Pabd+PMuslo,+ ppant)^2

Wilmore y col, 1969 (67)	33M	16.8-36.8	Normal-sp	Siri,1961	Dc = 1.08543 - 0.000886 (Pabd) - 0.00040 (Pmuslo)
Withers y col, 1987(68)	207M	15.4-39.1	Normal	Siri,1961	Dc = 1.0988 - 0.0004 (S Ptrs+Pse+PBs+Psupra Espinal+Pabd + Pmuslo +P Pant)
Jackson y pollock,1978 (69)	M	18-61		%GC={(4.37/Dc)-3.93}x100	Dc = 1.120 - 0.00043499 (S Ppecho+Pabd+Pmuslo+PTrs+Pse+ Psi+ PMidAx) + 0.00000055 (S Ppecho+Pabd+Pmuslo+PTrs+Pse + Psi + PMidAx)^2 - 0.00028826(edad)
Jackson y pollock,1978 (69)	M	18-61		%GC= {4.95/dc)-4.5}x100	Dc = 1.109380 - 0.0008267 (S Ppecho+Pabd+Pmuslo) + 0.0000016 (S Ppecho+Pabd+Pmuslo)^2 - 0.0002574(edad)
Nagamine$SuzuKi,1964 (70)	M	18-27		%GC={(4.97/Dc)-4,52}x100	Dc = 1.0913- 0.00116(S Ptrs+PSe)
Weltman y col,1987(71)	M	24-68	Obesos		%GC= 0.31457 {(C Abd1+CAbd2) / 2} - 0.10969 (peso) + 10.8336
Lean et al. ,1996 (72)	53M	16.8-65.4		Siri,1961	%GC = 0.353(Ccintura-Cm)+0.756(Ptrs)+0.235(edad) -26.4
Lean et al. 1996 (72)	53M	16.8-65.4	Normal-sp	Siri,1961	Dc = 1.1554 - 0.000761(Ccintura) - 0.00170 (Ptrs) - 0.000532 (edad)
Lean et al,1996 (72)	34F	18-64.3		Siri,1961	%BF= 0.232(Ccintura-Cm)+0.657(Ptrs)+0.215(edad) - 5.5
Lean et al,1996 (72)	34F	18-64.3		Siri,1961	Dc = 1.1062 - 0.000482 (Ccintura) - 0.00140 (Ptr)-0.000453(edad)
Durnin&Womersley,1974 (62)	279F	16-68	amplio	Siri,1961	Dc = 1.1567 - 0.0717 (Log10 S (Ptr+Pse+ PBs +PSi)

Jackson ,Pollock,1980 (73)	249F	18-55	amplio	Siri,1961	Dc = 1.24374 - 0.03162(log 10 (SPtrs+Pabd+Pmuslo+PCresta I)) - 0.00066 (Circ.Muslo)
	249F	18-55	amplio	Siri,1961	Dc= 1.21389 - 0.04057(log10 S¨PTrs+PCrest.I+PMuslo) - 0.00016 (Edad-años)
Jackson et all,1980 (73)	[illegible]	18-55		%BF={(5.01/Dc) - 4.57}x100	Dc= 1.0970 - 0.00046971 (S Ppecho+Pabd+Pmuslo+PTrs+Pse+ Psi + PMidAx) + 0.00000056 (Ppecho+Pabd+Pmuslo+PTrs+Pse+ Psi+ PMidAx)^2- 0.00012828(edad) Ppecho,Abd,muslo,Trs,Se,Si,MidAx
Jackson et al 1980 (73)	[illegible]	18-55		%BF={(5.01/Dc) - 4.57}x100	Dc = 1.0994921 - 0.0009929 (SPtrs+Psi+PMuslo) + 0.0000023 (SPtrs + Psi+PMuslo)^2 - 0.0001392(edad)
Jackson et al 1980 (73)	[illegible]	18-29	Normal	%BF={(5.01/Dc) - 4.57}x100	Dc = 1.096095 - 0.0006952 (S PTr+PSi anterior+Pabd+PMuslo) +0.0000011(S PTr+PSi anterior+Pabd+PMuslo)^2 - 0.0000714(edad)
Nagamine & SuzuKi,1964 (70)	[illegible]	118-23		%BF= {(4.76 /DC)- 4.28}x100	Dc = 1.0897 - 0.00133 (SPtrs+PSe)
Weltman et al. 1988 (74)	[illegible]	20-60	Obesos		%GC= 0.11077 {(C Abd1+CAbd2) / 2} - 0.17666 (talla) + 0.14354 (peso) + 51.03301.
Kath & McArdle, 1973 (70)	59F	19-22	Normal	Brozek,1963	Dc = 1.09246 - 0.00049 (Pse) - 0.00075 (Pci) + 0.00710 (Diam Biepicondilar Humero) - 0.00121 (CircMuslo)
Kath& Michael,1968 (75)	54F	19-23	Normal	Brozek,1963	Dc= 1.12569 - 0.001835 (Ptr) - 0.002779(C.Gluteo-pulg) + 0.005419 (CBs flex.-pulg) - 0.0007167(Pse)
Lewis et al 1978 (76)	42F	30-59	Normal	Siri,1961	Dc= 0.97845 - 0.0002 (Ptrs) + 0.00088 (talla-Cm) - 0.00122 (Pse) - 0.00234 (CB-Cm)

Pollock,Laaughridge,1975(77)	33F	18-22	Normal	Siri,1961	Dc= 1.0852 - 0.0008 (P CI) - 0.0011 (Pmuslo)
Sloan, Burt y col 1962(78)	50F	17-25	Normal	Siri,1961	Dc= 1.0764 - 0.00081 (P CI) - 0.00088(Ptrs)
Thorland et al 1984(66)	133F	15-17	Normal	Siri,1961	Dc= 1.0987 - 0.00122 (S Ptrs+Pse+PCI) + 0.00000263 (S Ptrs+Pse + PCI)^2
Wilmore et al 1970(79)	128F	17.8-47.8	Normal	Siri,1961	Dc= 1.06234 - 0.00068 (Pse) - 0.00039 (Ptrs) - 0.00125 (Pmuslo)
Withers et al 1987(80)	135F	17.4-35.2	Normal	Siri,1961	Dc=1.20953 - 0.08294(log10(S Ptrs+Pse+Psesp+Pabd+ Pmuslo + PPant)
Withers et al 1987(81)	182F	11.2-41.4	Normal	Siri,1961	Dc = 1.17484 - 0.7229 (log 10 S (Ptrs+Pse+PsupEsp+PPantorrilla Media)
Hicks et al ,1993(82)	50 F	18-60		%BF={(4.81/BD) -4.34}x100	Dc= 1.061983 - 0.000385 (S Ptrs+Pmed Ax+PSi) - 0.000204(edad)

Referencias:

(Sp) sobrepeso ; (S) sumatoria ; (P) pliegue ; (Tr) tríceps; (Bs) Bíceps; (SI) suprailíaco; (Se) sub escapular; (Abd) abdominal ; (Sesp) Supra espinal ; (CI) cresta ilíaca(C) circunferencia; (Pant. Med) pantorrilla media; (anteb) ntebrazo; (Med ax) medio axilar (Abd 1) abbominal 1(a nínel de la distancia media entre el reborde costal y la cresta iliaca); (Abd 2) a nivel de las crestas ilíacas.