

Componentes del somatotipo y ecuaciones antropométricas

GERÓNIMO MAXIMILIANO GRIS

Licenciado en Educación Física
Universidad Nacional de Luján

CORRESPONDENCIA:

Vidal 2424 Depto. 4 (1428) Capital Federal /
Tel: 54 -1-4547-2317 / Telfax: 54-1-4961-1003
e-mail: geronimogris@yahoo.es
ARGENTINA

APUNTS. MEDICINA DE L'ESPORT. 2001; 137: 5-16

RESUMEN. El objetivo de ésta investigación fue correlacionar diferentes ecuaciones antropométricas con los tres componentes del somatotipo: endomorfia, mesomorfia y ectomorfia según el Método Antropométrico Matemático de Heath - Carter, dado que los autores de dicha clasificación biotipológica le asignan cierto grado de asociación con diferentes tejidos o masas corporales, más allá de que el concepto *somatotipo* sea una unidad. También es de utilidad el conocimiento de valores morfológicos de una población específica de la Argentina.

La muestra alcanzó a 400 personas (130 mujeres y 270 hombres) con edades entre los 7 y 65 años, a las cuales se les efectuaron varias mediciones corporales siguiendo el protocolo del I.W.G.K. (Grupo Internacional de Trabajo en Cineantropometría) con el objeto de ser utilizadas en las fórmulas antropométricas.

Se comparó a la endomorfia con la sumatoria de seis pliegues y porcentajes de adiposidad según diferentes autores (Slaughter, Lohman, Sloan, Pollock, Katch y Yuhasz), a la mesomorfia con los índices masa libre de grasa y magro, con los porcentajes óseo, muscular y osteomuscular, y con la ecuación de variables mesomórficas y a la ectomorfia con los índices de masa corporal, de corpulencia de Rohrer, ponderal de Livi y de Bouchard.

Se aplicaron regresiones lineales simples encontrando valores muy satisfactorios en todas las fórmulas relacionadas con la endomorfia, también resultaron altas pero negativas las asociaciones de la ectomorfia con algunos índices y ninguna ecuación antropométrica propuesta obtuvo buenos coeficientes de correlación con la mesomorfia.

PALABRAS CLAVE: Antropometría, endomorfia, mesomorfia, ectomorfia.

SUMMARY. The aim of this investigation was to correlate different anthropometric equations with the three somatotype components: endomorphy, mesomorphy and ectomorphy, according to the Heath-Carter Anthropometric Mathematical Method, since the authors of this classification believe there is a certain association between different body tissues, in spite of the concept of somatotype as being a unity. It is also of utility the knowledge of values of the Argentinean population's specific sample.

A 400 subjects sample (130 females and 270 males) with ages ranging from 7 to 65 years old, was taken several body measurements according to I.W.G.K. protocol in order to be used in the anthropometric formulae.

Endomorphy was compared with six skinfolds sum and percentage fat body mass, according to different authors (Slaughter, Lohman, Sloan, Pollock, Katch and Yuhasz). Mesomorphy was compared with fat-free mass index, and lean body mass index, percentage bone tissue, muscle tissue and bone-muscle tissue. It was also compared with mesomorphy variable equation. Ectomorphy was compared to body mass index, Rohrer index, Livi index and Bouchard index.

Simple linear regressions were applied, finding satisfactory values in every formula related to endomorphy. Ectomorphy associations with some index resulted high but negative. None of the equations proposed showed good correlation coefficients with mesomorphy.

KEY WORDS: Anthropometry, endomorphy, mesomorphy, ectomorphy.

INTRODUCCION

La ciencia que engloba a las evaluaciones morfológicas se denomina *Cineantropometría* que según una definición general es el estudio de la forma, la composición y la proporción humanas, utilizando medidas del cuerpo y su objetivo es comprender el movimiento del hombre con relación al ejercicio, al desarrollo, al rendimiento y a la nutrición. Uno de sus métodos con instrumental y validez científica particulares es la *antropometría* que permite resolver tanto las fórmulas de los componentes del somatotipo (endomorfia, mesomorfia y ectomorfia) como otras ecuaciones afines.

El *somatotipo* o *biotipo* es un método para valorar la morfología del cuerpo que permite distinguir fácilmente la figura exterior del individuo, sus componentes no son independientes y un uso aislado de los mismos podría conllevar a errores de interpretación, aunque sus autores mencionan relaciones con determinados tejidos o variables corporales.

Sheldon (1899-1977) ante la necesidad de una clasificación de la forma de los individuos en escalas que puedan ser expresadas con un simple valor numérico, propone el *Método Fotoscópico de Sheldon*⁽¹⁾. A través del estudio exhaustivo de miles de fotografías, llegó a la conclusión de que cada individuo posee tres mismos componentes, pero en distintas proporciones: *el endomorfo*, *el mesomorfo* y *el ectomorfo*, haciendo referencia a los tejidos derivados de las capas embrionarias. Sheldon describió las variaciones de la estructura corporal creando el término *Somatotipo* definido como *la cuantificación de los tres componentes primarios del cuerpo humano que configuran la morfología del individuo expresado en tres cifras*.

Método Fotoscópico de Sheldon: De acuerdo a los componentes primarios y dependiendo de cual predominaba, él clasificaba a los individuos en: *Endomorfos*: Indican prevalencia del sistema vegetativo y tendencia a la obesidad y están caracterizados por su bajo peso específico y por la flacidez y redondez de su masa. *Mesomorfos*: Señalan superioridad de los tejidos que proceden de la capa mesodérmica embrionaria (principalmente huesos, músculos y tejido conjuntivo), que por presentar mayor masa músculo-esquelética poseen más peso específico que los anteriores. *Ectomorfos*: Particularmente de formas lineales y frágiles, así como con una mayor superficie con relación a la masa corporal y preponderancia de las medidas longitudinales sobre las transversales.

Desde el origen con el *Método Fotoscópico de Sheldon* se fueron sucediendo modificaciones y variantes hasta llegar con el *Método Antropométrico de Heath - Carter*.

Método Antropométrico de Heath - Carter: Bárbara Heath entre los años 1948 y 1953 propicia la modificación del *Método Fotoscópico de Sheldon* con la inclusión de algunas

medidas antropométricas en base a propuestas de Hooton y Parnell^{1,2}. En 1964 y con la colaboración de J. E. L. Carter crean el conocido *Método Antropométrico de Heath - Carter*, hoy en día en plena vigencia. Es el método más aceptado y empleado en la actualidad, según lo demuestra una cita textual del *Manual de Cineantropometría del G.R.E.C.*: "En una revisión de la literatura, realizada por Carter desde el año 1970 al 79 sobre el método utilizado para la determinación del somatotipo, encuentra que 167 de los 225 artículos revisados utilizan el *Método Antropométrico de Heath - Carter*, es decir un 74 % de los artículos. El resultado de esta revisión, es un aspecto importante que avala la utilización de este método, pudiendo encontrar fácilmente trabajos que sirvan de referencia o comparación para los estudios que realicemos"⁽¹⁾.

Carter definió al *somatotipo* como *la descripción numérica de la configuración morfológica de un individuo en el momento de ser estudiado*.

El endomorfismo se refiere a la mayor o menor predominancia de la masa grasa relativa al cuerpo, por ende, en forma indirecta y contraria, también categoriza a la magreza relativa de la estructura corporal.

El mesomorfismo se refiere al desarrollo osteomuscular relativo, siempre en relación a la talla del sujeto. Según Carter puede ser expresado como representativo de la masa magra o libre de grasa en función de la altura.

El ectomorfismo se refiere a la linealidad relativa de los físicos individuales, basados excluyentemente en los cocientes de altura y peso.

El objetivo principal fue asociar ciertas ecuaciones antropométricas con cada uno de los componentes del somatotipo según el *Método Antropométrico Matemático de Heath - Carter*, para verificar el grado de relación que los autores conceptualizan. En esta investigación se utilizó una muestra específica para orientar trabajos posteriores en búsqueda de resultados que se puedan generalizar.

MATERIALES Y METODOS

Se estudia a una muestra formada por 400 sujetos sanos (130 mujeres y 270 hombres) con características detalladas en la tabla N° 1. A cada individuo se le efectuó una serie de medidas corporales que constaron de perímetros musculares (mujeres = muñeca, pierna y brazo contraído / hombres = pierna y brazo contraído), diámetros óseos (mujeres = bicondíleo de fémur, biepicondíleo de húmero y biestiloideo / hombres = bicondíleo de fémur, biepicondíleo de húmero, biestiloideo y biacromial), pliegues cutáneos (mujeres = tricípital, subescapular, supraespinal, ileocrestal, abdominal, muslo anterior y pierna medial / hombres = tricípital, subes-

capular, supraespinal, ileocrestal, abdominal, muslo anterior, pierna medial, axilar medio y pectoral), estatura y peso con el objeto de ser utilizadas en la resolución de las fórmulas cinesantropométricas. Los instrumentos de medición fueron cintas antropométricas flexibles con precisión de 1 mm, antropómetros de ramas curvas, calibres de pequeños diámetros óseos Mitutoyo, compases de pliegues cutáneos Harpenden, balanza Co.Ar.Me. modelo P-100 y tallímetro con graduación cada milímetro.

Tabla I Valores medios de la muestra estudiada.

| | MUJERES | HOMBRES |
|--------------|------------------|------------------|
| EDAD (años): | 14,647 +/- 8,353 | 15,007 +/- 9,211 |
| TALLA (cm): | 151,5 +/- 13,7 | 153,2 +/- 19,0 |
| PESO (kg): | 46,8 +/- 13,4 | 49,3 +/- 19,3 |
| ENDOMORFIA: | 4,765 +/- 1,574 | 3,925 +/- 1,943 |
| MESOMORFIA: | 3,872 +/- 0,990 | 4,713 +/- 1,032 |
| ECTOMORFIA: | 2,586 +/- 1,188 | 2,644 +/- 1,314 |

Más del 85 % de la totalidad de los sujetos provenía de un proyecto antropométrico en clubes y asociaciones al servicio de la Dirección de Deportes de la Municipalidad de Vicente López, Provincia de Buenos Aires, ARGENTINA, el resto deportistas de otros partidos del norte del Gran Buenos Aires y fue realizado por evaluadores especializados en la materia a cargo del Dr. Néstor A. Lentini, siendo los mismos los Profesores de Educación Física Pablo A. Dolce, Diego E. Giacchino, Rodrigo V. Mateos y el autor de este estudio. Dicho trabajo se efectuó entre agosto y noviembre de 1997 los sábados en horario matutino, período del día más apto para la evaluación ya que según Consolazio y colaboradores (1963) para obtener resultados válidos, el examinador experimentado debe tomar las medidas por la mañana (para eliminar la variación diurna del estado de hidratación) dado que una simple deshidratación puede aumentar el espesor de los pliegues cutáneos en un 15 %⁽³⁾.

Se aplicó en las tomas de las medidas el protocolo recomendado por el I.W.G.K., que fue ampliamente verificado en estudios de deportistas en importantes eventos. Con la *endomorfia* se relacionaron las fórmulas de Sumatoria de Seis Pliegues Cutáneos y los porcentajes de adiposidad según Slaughter, Lohman + Pires Neto, Sloan + Brozek, Pollock + Siri, Katch y Yuhasz.

Con la *mesomorfia* se relacionaron los índices de masa libre de grasa y magro, los porcentajes muscular, óseo y osteomuscular y la ecuación de variables mesomórficas.

Con la *ectomorfia* se relacionaron los índices de masa corporal, de corpulencia de Rohrer, ponderal de Livi y de Bouchard.

Somatotipo

Para calcular el somatotipo por el *Método Antropométrico de Heath - Carter* son necesarias las siguientes medidas:

- Talla, Peso, Pliegues Cutáneos (Tricipital - Subescapular - Ileocrestal - Pierna), Diámetros Óseos (Biepicondíleo del húmero - Bicondíleo del fémur) y Perímetros Musculares (Brazo contraído - Pierna).

El cálculo de los tres componentes del somatotipo se realiza a través de las siguientes ecuaciones propuestas por Carter (1975):

Primer Componente o Endomorfia:

$$\blacksquare \text{ ENDOMORFIA} = -0,7182 + 0,1451 * P - 0,00068 * P^2 + 0,0000014 * P^3$$

Siendo P la suma de los pliegues cutáneos tricípital, subescapular e ileocrestal expresado en mm.

Carter sugiere corregir este valor para poder comparar a diferentes individuos.

$$\text{ENDOMORFIA CORREGIDA} = \text{Endomorfia} * 170,18 / \text{Talla del sujeto.}$$

Segundo Componente o Mesomorfia:

$$\blacksquare \text{ MESOMORFIA} = 0,858 * U + 0,601 * F + 0,188 * B + 0,161 * P - 0,131 * H + 4,5$$

Siendo:

U el diámetro biepicondíleo de húmero, en cm.

F el diámetro bicondíleo de fémur, en cm.

B el perímetro de brazo contraído - pliegue tricípital, en cm.

P el perímetro de pierna - pliegue de pierna, en cm.

H la talla del individuo, en cm.

Tercer Componente o Ectomorfia:

Existen tres alternativas posibles para su cálculo, determinando el resultado del Índice Ponderal (I.P.) la ecuación final a utilizar para la obtención de este componente. Dicho índice estaba basado en la consideración que el peso de un individuo es proporcional a su volumen y que éste variaba según una función cúbica de sus dimensiones lineales.

El Índice Ponderal se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\text{I.P.} = \text{Talla} / \sqrt[3]{\text{Peso}}$$

$$\text{Si I.P.} > 40,75 \quad \text{ECTOMORFIA} = (\text{I.P.} * 0,732) - 28,58$$

- * Si I.P. < 40,75 y > 38,28 ECTOMORFIA =
(I.P. * 0,463) - 17,63
- * Si I.P. ≤ 38,28 ECTOMORFIA = 0,1

Ecuaciones antropométricas

Los índices constituyen una de las propuestas más simples para la valoración de la composición corporal, con un antecedente en las teorías normativo - descriptivas de Quetelet (1833) y más concretamente en su índice, que luego desde 1953 con Keys y Brozek sería conocido como el Índice de Masa Corporal.^(1,4)

- INDICE DE MASA CORPORAL = Peso (kg) / Talla² (cm)
- INDICE DE CORPULENCIA DE ROHRER = Peso (gr) * 100 / Talla³ (cm)
- INDICE PONDERAL DE LIVI = 1000 * $\sqrt[3]{\text{Peso (gr) / Talla (cm)}}$
- INDICE DE BOUCHARD = Peso (gr) / Talla (cm)

El Índice Masa Libre de Grasa es una relación propuesta en la literatura en 1990 por Van Itallie, Yang, Heymsfield, Funk y Boileau para estimar como alternativa el desarrollo musculoesquelético⁽⁵⁾. Es pariente lejano del Índice de Masa Corporal y tiene como requisito que la masa libre de grasa en kilogramos sea predecida por el modelo de cuatro componentes, que en esta ocasión fue calculado con la inclusión de la fórmula de adiposidad según Sloan.

- INDICE MASA LIBRE DE GRASA = Peso Libre de Grasa (kg) / Talla² (m)
- PESO LIBRE DE GRASA = Peso Muscular (kg) + Peso Oseo (kg) + Peso Adiposo (kg)

El Índice Magro propuesto por el autor es similar al anterior estimando cuantos kilos sin tejido adiposo existen por metro cuadrado de superficie corporal, tomando como denominador la fórmula propuesta en 1916 por Du Bois, D. y Du Bois, E. F.⁽⁶⁾.

- INDICE MAGRO = Peso Magro (kg) / Superficie Corporal (m²)
- SUPERFICIE CORPORAL = $\text{Peso}^{0,425} \text{ (kg)} * \text{Talla}^{0,725} \text{ (cm)} * 71,84 / 10000$

La Ecuación de Variables Mesomórficas es una relación lineal de los componentes de la fórmula del segundo componente antropométrico descrito por el Dr. J. E. L. Carter.

- ECUACION DE VARIABLES MESOMORFICAS = $\varnothing \text{ Biepicondíleo de Húmero (cm)} + \varnothing \text{ Bicondíleo de Fémur (cm)} + \text{Perímetro de Brazo Contraído (cm)} + \text{Perímetro de Pierna (cm)} + [\text{Talla (cm)} / 10]$

mur (cm)+ Perímetro de Brazo Contraído (cm) + Perímetro de Pierna (cm) + [Talla (cm) / 10]

La ecuación para el cálculo del peso óseo fue desarrollada por W. Von Döbeln en 1956 y modificada por M. S. L. Rocha en 1974⁽¹⁾.

- PESO OSEO (kg) = 3,02 * [Talla² (m) * \varnothing Biestiloideo (m) * \varnothing Bicondíleo de Fémur (m) * 400]^{0,712}
- PORCENTAJE OSEO = $\text{Peso Oseo (kg)} * 100 / \text{Peso (kg)}$

La masa residual (órganos, líquidos, etc.) se determina mediante las constantes para cada sexo propuestas por A. Würch en 1974⁽¹⁾.

- MASA RESIDUAL EN HOMBRES (Kg) = $\text{Peso (kg)} * 24,1 / 100$
- MASA RESIDUAL EN MUJERES (Kg) = $\text{Peso (kg)} * 20,9 / 100$
- PORCENTAJE RESIDUAL = $\text{Masa Residual (kg)} * 100 / \text{Peso (kg)}$

El peso muscular se obtiene en base al modelo de cuatro componentes, con la propuesta de De Rose y Guimaraes. En esta ocasión la ecuación para determinar la adiposidad estuvo compuesta por la densidad corporal según Sloan y el porcentaje adiposo según Brozek y colaboradores.

- PESO MUSCULAR (kg) = $\text{Peso (kg)} - [\text{Peso Adiposo (kg)} + \text{Peso Oseo (kg)} + \text{Peso Residual (kg)}]$
- PORCENTAJE MUSCULAR = $\text{Masa Muscular (kg)} * 100 / \text{Peso (kg)}$

El porcentaje osteomuscular, como su nombre lo indica es la sumatoria del óseo y del muscular.

- PORCENTAJE OSTEOMUSCULAR = $\text{Porcentaje Oseo} + \text{Porcentaje Muscular}$

El Dr. Néstor A. Lentini y colaboradores (1994) encontraron un alto coeficiente de correlación ($R^2=0,94$) entre la sumatoria de seis pliegues y los kilogramos de grasa determinados por el modelo de cuatro componentes⁽⁷⁾.

Según Pollock y Jackson (1984) el uso de la suma de pliegues adiposos es corrientemente usado en Canadá y en los EE. UU. (A.A.H.P.E.R.D.) para valorar la grasa corporal en niños y jóvenes⁽⁸⁾.

R. F. Fletcher menciona en 1962 que un índice arbitrario de grasa corporal puede estar basado en la suma de un número de medidas de pliegues cutáneos.

- SUMATORIA DE SEIS PLIEGUES CUTANEOS = $\text{Pliegue Tricipital (mm)} + \text{Pliegue Subescapular (mm)} +$

Pliegue Ileocrestal (mm) + Pliegue Abdominal (mm) + Pliegue Muslo (mm) + Pliegue Pierna (mm)

A posteriori se tratarán las fórmulas para estimar la adiposidad que fueron confrontadas con la endomorfia.

Cabe aclarar que las ecuaciones fueron desarrolladas por los autores para un sector específico, no conociéndose la exactitud para rangos fuera de la edad establecida. Otros investigadores se encargaron de utilizarlas fuera de los ámbitos predeterminados para comprobar la validez en los mismos.

Thorland y colaboradores (1984) mostraron que las ecuaciones de generalización de Pollock y Jackson son también apropiadas particularmente para estimar la densidad corporal en hombres y mujeres adolescentes deportivos⁽¹⁾.

Aunque no se utilice en este trabajo, es interesante destacar que el uso de la edad en el modelo cuadrático de la ecuación generalizada de Pollock no incrementa la correlación con la densidad corporal sobre la ecuación lineal.

La edad no es un factor limitante para la utilización de ciertas fórmulas que requieran como datos pliegues cutáneos en esta investigación, pues mismos valores pueden ser encontrados en personas de diferentes franjas etarias.

Las ecuaciones según Slaughter y colaboradores (1988) derivan de la utilización del modelo multicompartmental ajustado para género y maduración⁽⁹⁾.

- PORCENTAJE DE ADIPOSIDAD X = 0,735 * (Pliegue Tricipital + Pliegue Pierna) - 1,0
- PORCENTAJE DE ADIPOSIDAD Ξ = 0,610 * (Pliegue Tricipital + Pliegue Pierna) - 5,1

En esta ocasión para estimar la adiposidad se utilizaron las fórmulas de densidad corporal según Lohman y colaboradores, con buena correlación para mujeres y jóvenes, y de porcentaje según Pires Neto^(9,10). Combinación usada para investigaciones en la Universidad Federal de Santa María, Brasil.

- DENSIDAD CORPORAL = 1,0982 - (0,000815 * TSA) + (0,0000084 * TSA²)
- TSA = Pliegue Tricipital + Pliegue Subescapular + Pliegue Abdominal
- PORCENTAJE DE ADIPOSIDAD = (476 / Densidad Corporal) - 432,1

En 1962 Sloan junto a Burt y Blyth crearon una ecuación determinando la densidad corporal para mujeres con un error de estimación de $\pm 0,0082$ gr/ml⁽¹¹⁾. En 1967 Sloan hizo lo propio para hombres consiguiendo una muy buena asociación ($r = 0,861$) con el método densiométrico⁽¹²⁾.

Según dichos autores una de las mejores fórmulas en la literatura para el cálculo del porcentaje graso a través de la

densidad corporal y más fidedigna es la de J. Brozek, F. Grande, J. T. Anderson y A. Keys (1963) basada en los reportes de los análisis químicos de tres cadáveres.

- DENSIDAD CORPORAL X = 1,0764 - 0,00081 * Pliegue Ileocrestal - 0,00088 * Pliegue Tricipital
- DENSIDAD CORPORAL Ξ = 1,1043 - 0,001327 * Pliegue Muslo - 0,001310 * Pliegue Subescapular
- PORCENTAJE DE ADIPOSIDAD = 100 * (4,570 / Densidad Corporal - 4,142)

De entre las muchas ecuaciones de regresión múltiple para predecir la densidad corporal propuestas por Pollock y colaboradores se escogieron una para el sexo femenino (1975) y otra para el sexo masculino (1976), con coeficientes de correlación con la técnica hidrostática de 0,826 y 0,870 respectivamente^(13,14). El porcentaje de adiposidad fue calculado según la fórmula del científico de Berkeley, Dr. William Siri (1956).

- DENSIDAD CORPORAL X = 1,0836 - 0,0007 * Pliegue Ileocrestal - 0,007 * Pliegue Muslo + 0,048 * Perímetro de Muñeca - 0,0088 * Diámetro Bicondíleo de Fémur
- DENSIDAD CORPORAL Ξ = 1,10940 - 0,0026 * L + 0,001623 * Diámetro Biacromial - 0,00044 * Altura
- L = Pliegue Pectoral + Pliegue Axilar + Pliegue Tricipital + Pliegue Subescapular + Pliegue Abdominal + Pliegue Ileocrestal + Pliegue Muslo
- PORCENTAJE DE ADIPOSIDAD = (4,950 / Densidad Corporal - 4,500) * 100

Katch, F. I. y Michael, E. D. en 1968 y Katch, F. I. y McArdle, W. D. en 1973 como resultado de varios experimentos realizados en sus laboratorios, desarrollaron ecuaciones para predecir la adiposidad corporal, siendo oportunas las que se mencionan a continuación⁽¹⁵⁾.

- PORCENTAJE DE ADIPOSIDAD X = 0,55 * Pliegue Tricipital + 0,31 * Pliegue Subescapular + 6,13
- PORCENTAJE DE ADIPOSIDAD Ξ = 0,43 * Pliegue Tricipital + 0,58 * Pliegue Subescapular + 1,47

Las ecuaciones propuestas por M. S. Yuhasz (1974), de la University of Western, Ontario, Canadá han tenido una gran difusión y están muy relacionadas con los valores del porcentaje de masa grasa obtenidos por resonancia magnética nuclear⁽¹⁾.

- PORCENTAJE MASA ADIPOSITA X = 4,56 + (Sumatoria de seis pliegues (mm) * 0,143]
- PORCENTAJE MASA ADIPOSITA Ξ = 3,64 + (Sumatoria de seis pliegues (mm) * 0,097]

- SUMATORIA DE SEIS PLIEGUES = Pliegue Tricipital + Pliegue Subescapular + Pliegue Ileoocrestal + Pliegue Abdominal + Pliegue Muslo + Pliegue Pierna

Estadísticamente para determinar el grado de asociación entre las variables se realizó un estudio de correlación. La ecuación predictiva $Y = a + b * X$ surge del análisis de regresión lineal simple.

Estimaciones para el Sexo Femenino:

| | |
|---|-----------------------------|
| ENDOMORFIA = 0,433 + 0,045 * SUMATORIA DE SEIS PLIEGUES | (r = 0,924 / D.E. = 0,605) |
| ENDOMORFIA = 2,227 + 0,187 * % ADIPOSIDAD SEGÚN SLAUGHTER | (r = 0,734 / D.E. = 1,074) |
| ENDOMORFIA = 0,501 + 0,280 * % ADIPOSIDAD SEGÚN LOHMAN | (r = 0,922 / D.E. = 0,612) |
| ENDOMORFIA = -3,003 + 0,368 * % ADIPOSIDAD SEGÚN SLOAN | (r = 0,949 / D.E. = 0,497) |
| ENDOMORFIA = -1,802 + 0,308 * % ADIPOSIDAD SEGÚN POLLOCK | (r = 0,805 / D.E. = 0,938) |
| ENDOMORFIA = -1,518 + 0,342 * % ADIPOSIDAD SEGÚN KATCH | (r = 0,892 / D.E. = 0,714) |
| ENDOMORFIA = -0,997 + 0,314 * % ADIPOSIDAD SEGÚN YUHASZ | (r = 0,924 / D.E. = 0,605) |
| MESOMORFIA = 1,117 + 0,176 * INDICE MASA LIBRE DE GRASA | (r = 0,335 / D.E. = 0,936) |
| MESOMORFIA = 8,701 - 0,119 * PORCENTAJE MUSCULAR | (r = -0,348 / D.E. = 0,931) |
| MESOMORFIA = 5,977 - 0,122 * PORCENTAJE OSEO | (r = -0,265 / D.E. = 0,958) |
| MESOMORFIA = 9,373 - 0,095 * PORCENTAJE OSTEOMUSCULAR | (r = -0,390 / D.E. = 0,915) |
| MESOMORFIA = 3,869 + 0,0001 * INDICE MAGRO | (r = 0,000 / D.E. = 0,994) |
| MESOMORFIA = 0,825 + 0,056 * ECUACION DE VARIABLES MESOMORFICAS | (r = 0,376 / D.E. = 0,921) |
| ECTOMORFIA = 8,511 - 0,297 * INDICE DE MASA CORPORAL | (r = -0,787 / D.E. = 0,736) |
| ECTOMORFIA = 11,665 - 6,905 * INDICE DE CORPULENCIA DE ROHRER | (r = -0,975 / D.E. = 0,267) |
| ECTOMORFIA = 30,680 - 0,119 * INDICE PONDERAL DE LIVI | (r = -0,986 / D.E. = 0,196) |
| ECTOMORFIA = 5,689 - 0,010 * INDICE DE BOUCHARD | (r = -0,571 / D.E. = 0,979) |

Estimaciones para el Sexo Masculino:

| | |
|---|-----------------------------|
| ENDOMORFIA = 0,106 + 0,049 * SUMATORIA DE SEIS PLIEGUES | (r = 0,955 / D.E. = 0,580) |
| ENDOMORFIA = 0,290 + 0,232 * % ADIPOSIDAD SEGÚN SLAUGHTER | (r = 0,877 / D.E. = 0,936) |
| ENDOMORFIA = -0,035 + 0,303 * % ADIPOSIDAD SEGÚN LOHMAN | (r = 0,926 / D.E. = 0,735) |
| ENDOMORFIA = 0,203 + 0,280 * % ADIPOSIDAD SEGÚN SLOAN | (r = 0,911 / D.E. = 0,803) |
| ENDOMORFIA = 0,154 + 0,338 * % ADIPOSIDAD SEGÚN POLLOCK | (r = 0,873 / D.E. = 0,951) |
| ENDOMORFIA = -0,414 + 0,344 * % ADIPOSIDAD SEGÚN KATCH | (r = 0,919 / D.E. = 0,766) |
| ENDOMORFIA = -1,743 + 0,508 * % ADIPOSIDAD SEGÚN YUHASZ | (r = 0,955 / D.E. = 0,580) |
| MESOMORFIA = 1,788 + 0,169 * INDICE MASA LIBRE DE GRASA | (r = 0,448 / D.E. = 0,924) |
| MESOMORFIA = 8,262 - 0,081 * PORCENTAJE MUSCULAR | (r = -0,414 / D.E. = 0,941) |
| MESOMORFIA = 8,419 - 0,198 * PORCENTAJE OSEO | (r = -0,482 / D.E. = 0,905) |
| MESOMORFIA = 10,187 - 0,087 * PORCENTAJE OSTEOMUSCULAR | (r = -0,536 / D.E. = 0,872) |
| MESOMORFIA = 3,323 + 0,049 * INDICE MAGRO | (r = 0,180 / D.E. = 1,017) |
| MESOMORFIA = 1,353 + 0,059 * ECUACION DE VARIABLES MESOMORFICAS | (r = 0,541 / D.E. = 0,869) |
| ECTOMORFIA = 7,552 - 0,244 * INDICE DE MASA CORPORAL | (r = -0,710 / D.E. = 0,927) |
| ECTOMORFIA = 11,405 - 6,668 * INDICE DE CORPULENCIA DE ROHRER | (r = -0,968 / D.E. = 0,330) |
| ECTOMORFIA = 30,027 - 0,116 * INDICE PONDERAL DE LIVI | (r = -0,983 / D.E. = 0,245) |
| ECTOMORFIA = 4,747 - 0,007 * INDICE DE BOUCHARD | (r = -0,456 / D.E. = 1,171) |

RESULTADOS

A continuación se expondrán las ecuaciones predictivas para ambos sexos, con los coeficientes de correlación y los desvíos estándares correspondientes, de las regresiones lineales simples que asociaron los componentes del somatotipo con diversas fórmulas antropométricas.

Las fórmulas analizadas que alcanzaron mayores correlaciones fueron para las mujeres el porcentaje de adiposidad según Sloan con la endomorfia, el porcentaje osteomuscular con la mesomorfia y el índice ponderal de Livi con la ectomorfia, y para los hombres la sumatoria de seis pliegues o el porcentaje de adiposidad según Yuhasz con la endomorfia, la ecuación de variables mesomórficas con la mesomorfia y el índice ponderal de Livi con la ectomorfia.

Se destacan para ambos sexos que la mayoría de las ecuaciones propuestas lograron muy buenos valores de asociación con la endomorfia, como también lo hicieron los índices de corpulencia de Rohrer y ponderal de Livi para la ectomorfia, no hallándose buenas estimaciones con la mesomorfia, como puede observarse en las figuras N° 1 y N° 2.

Los diagramas de dispersión de las regresiones lineales simples se ofrecen en las figuras N° 3, 4, 5, 6, 7, y 8.

Figura I Estimaciones entre los componentes del somatotipo y las ecuaciones antropométricas propuestas para el sexo femenino.

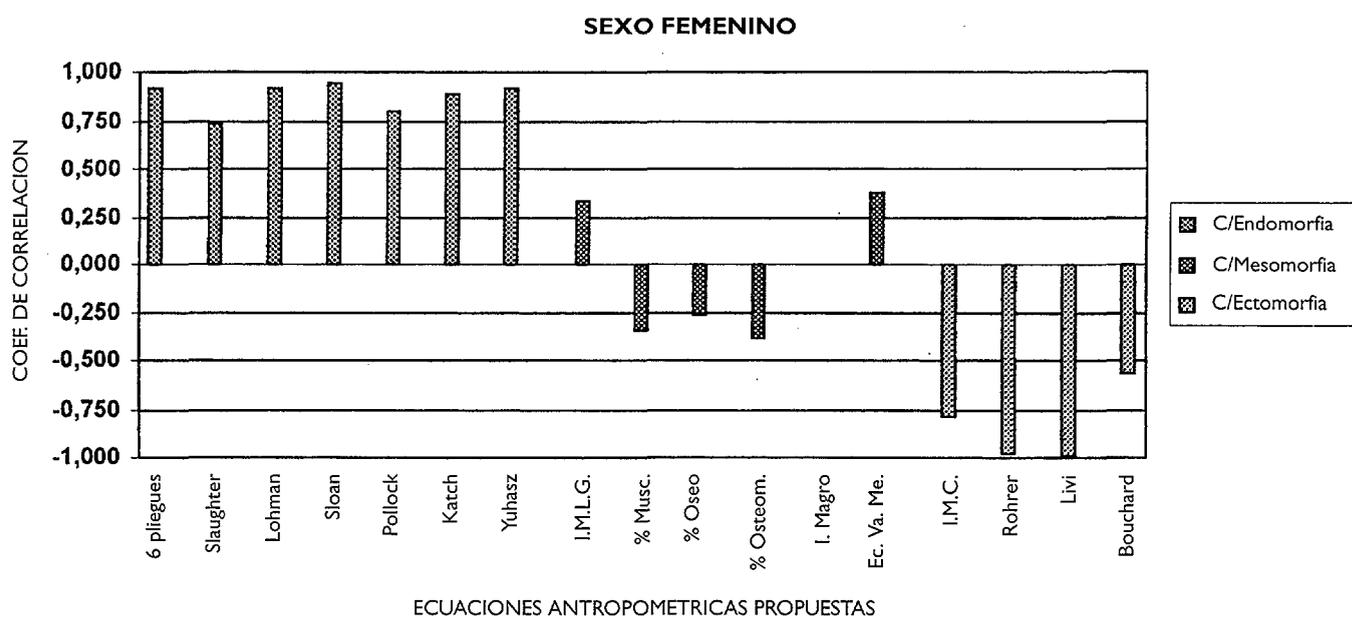


Figura II Estimaciones entre los componentes del somatotipo y las ecuaciones antropométricas propuestas para el sexo masculino.

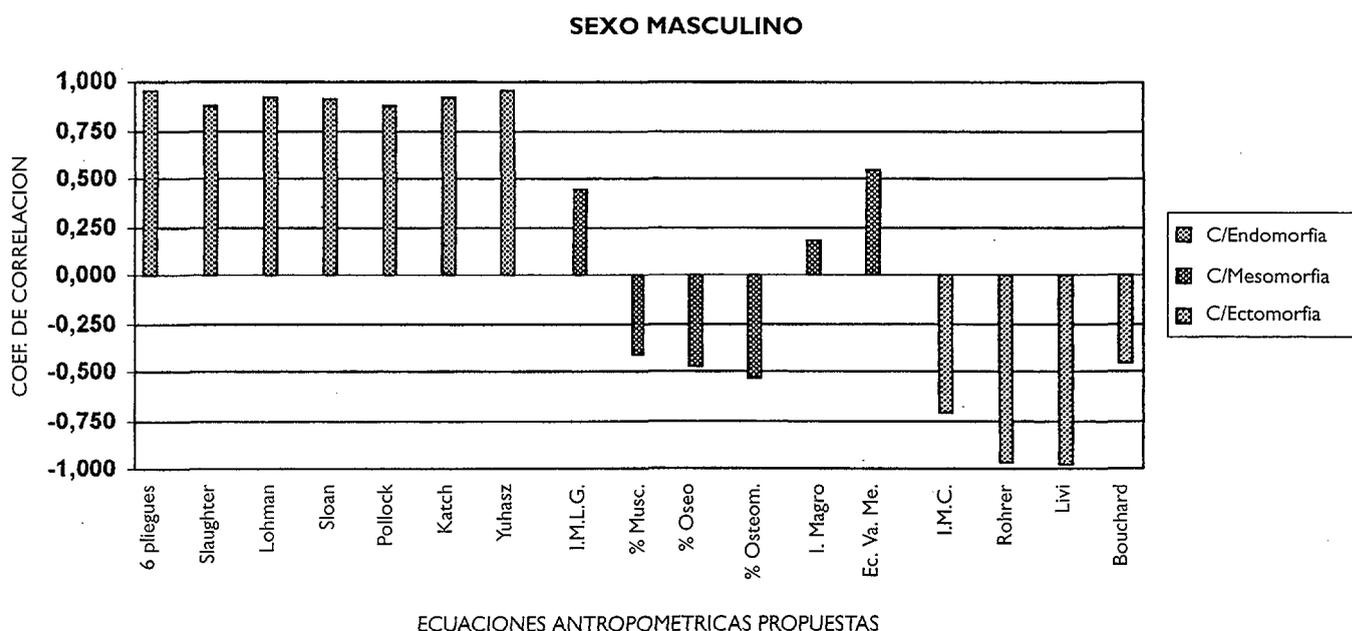


Figura III Diagramas de dispersión entre la endomorfia y las ecuaciones antropométricas en la mujer.

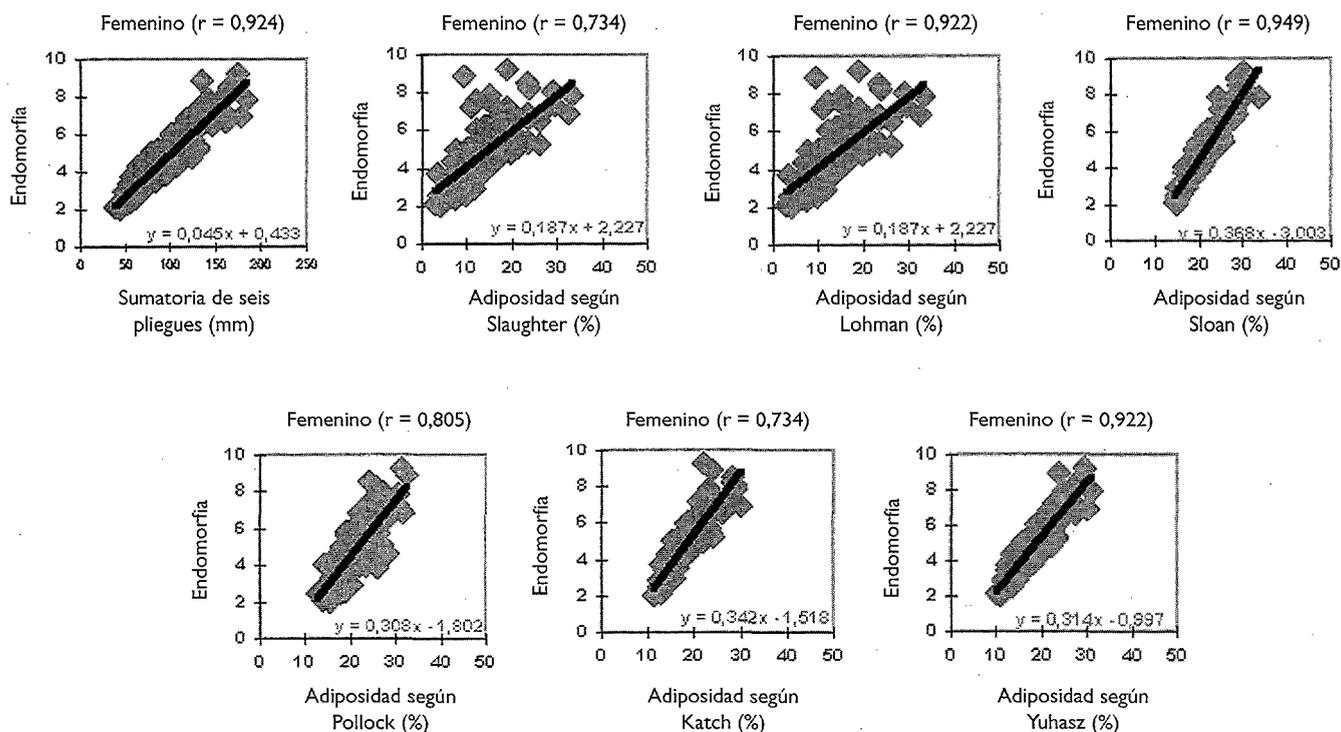


Figura IV Diagramas de dispersión entre la mesomorfia y las ecuaciones antropométricas en la mujer.

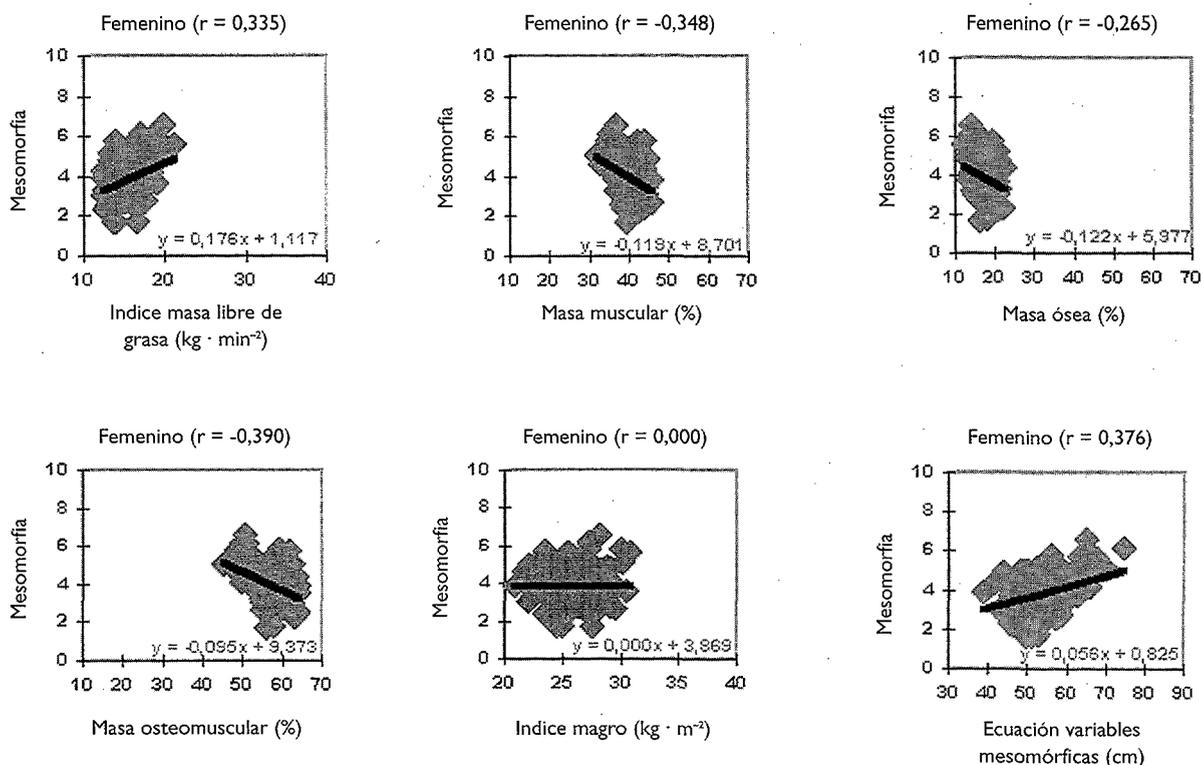


Figura V Diagramas de dispersión entre la ectomorfia y las ecuaciones antropométricas en la mujer.

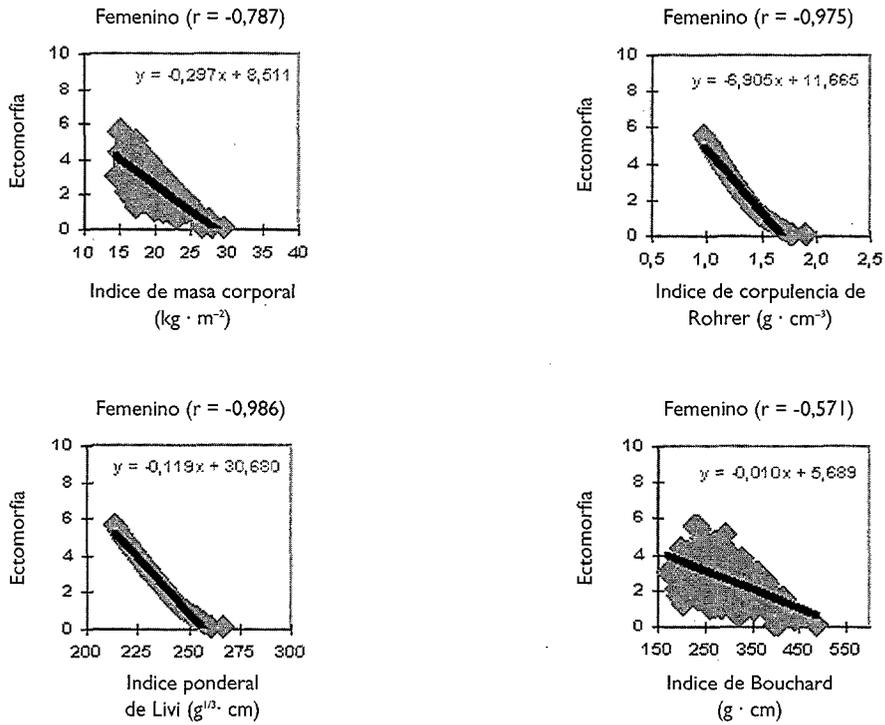


Figura VI Diagramas de dispersión entre la endomorfia y las ecuaciones antropométricas en el hombre.

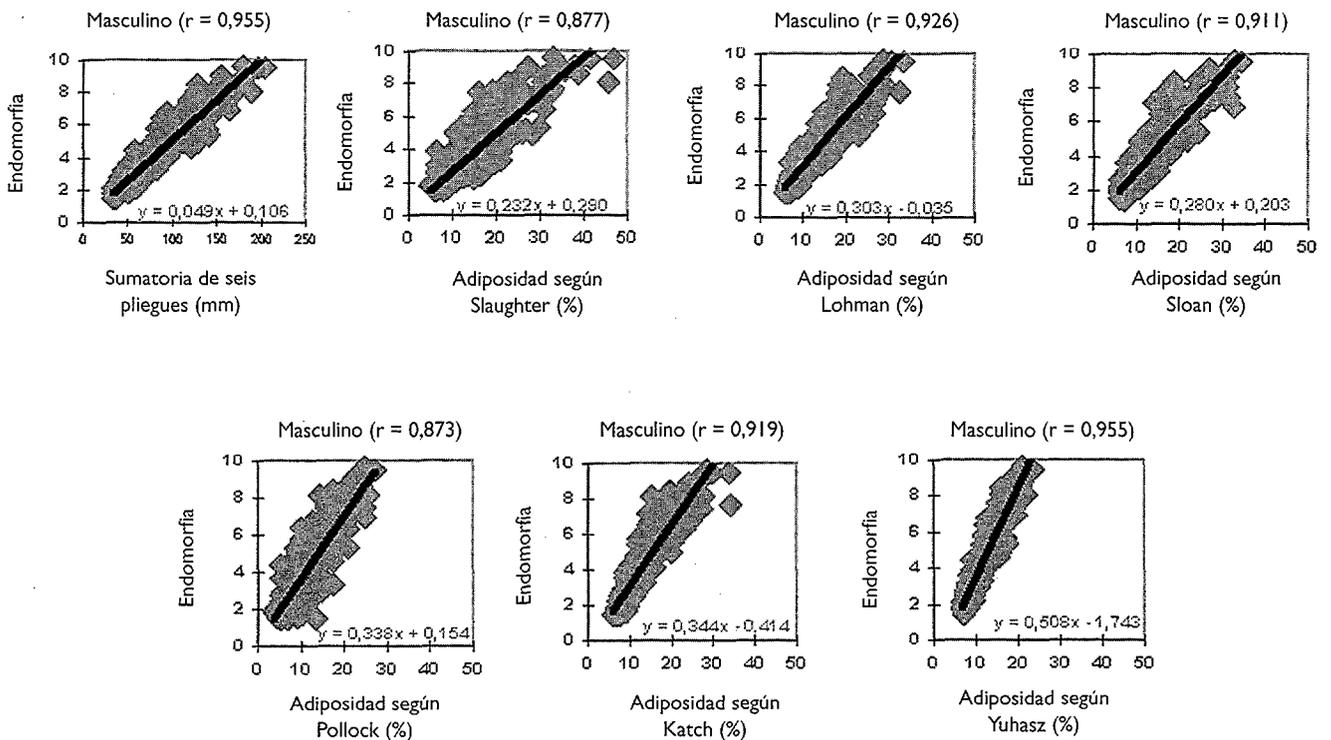
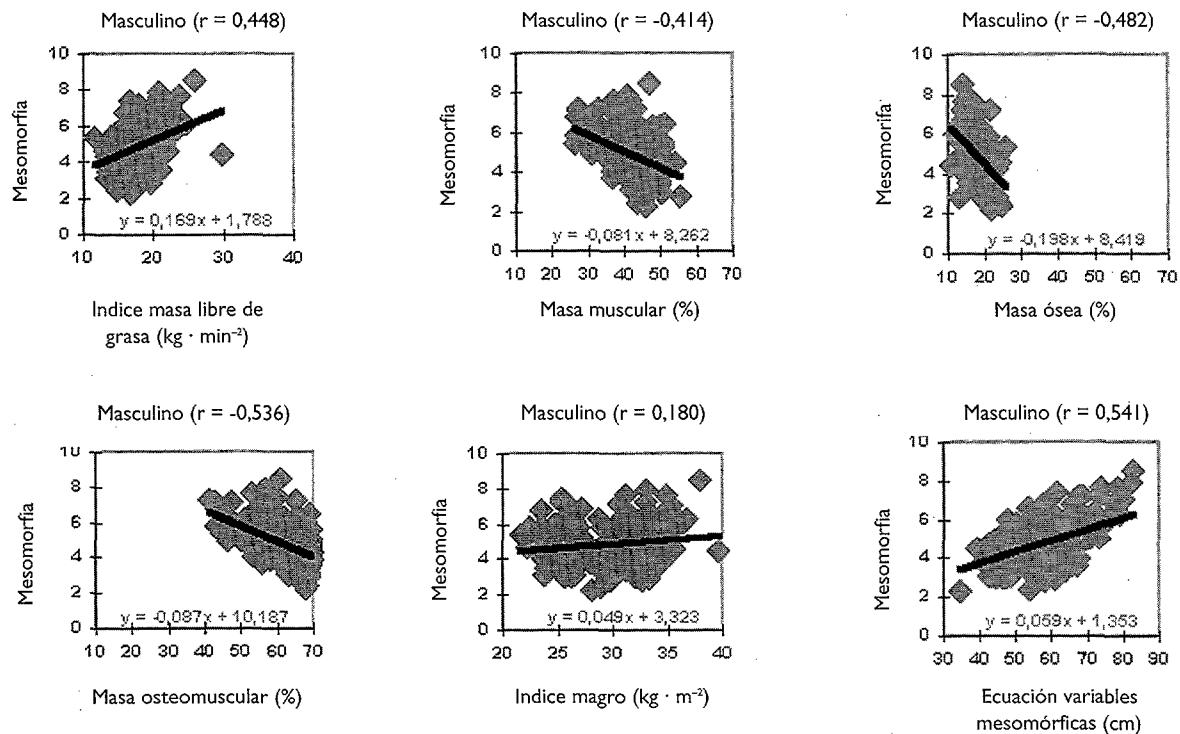
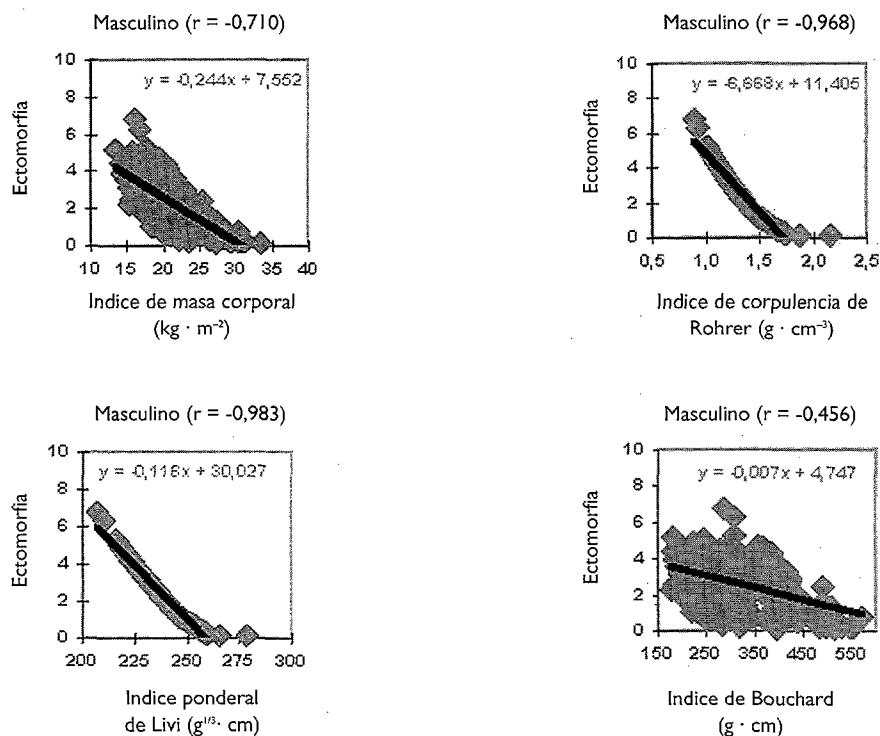


Figura VII Diagramas de dispersión entre la mesomorfia y las ecuaciones antropométricas en el hombre.**Figura VIII** Diagramas de dispersión entre la ectomorfia y las ecuaciones antropométricas en el hombre.

DISCUSION

Algunos estudios realizados por Alvero y colaboradores (1992-1993), Slaughter y Lohman (1976) y Wilmore (1969) demuestran una alta relación de la endomorfia con el porcentaje graso⁽¹⁾. Concepto que coincide con los valores obtenidos para todas las ecuaciones cineantropométricas asociadas con la endomorfia en este estudio, dado que en mujeres los coeficientes de correlación fueron desde 0,734 a 0,949 y en hombres desde 0,873 a 0,955.

Dupertuis, Pitts, Osserman, Welham y Behnke realizaron un investigación en 1951 con 81 sujetos donde pudieron determinar una correlación de 0,853 entre el porcentaje de grasa, estimado por la pesada hidrostática y la endomorfia, según el somatotipo fotoscópico de Sheldon, similar a los valores encontrados para las mujeres según Pollock ($r=0,805$) o Katch ($r=0,893$) y para los hombres según Pollock ($r=0,873$) o Slaughter ($r=0,877$)⁽¹⁶⁾. Uno de los aportes que destacan Dupertuis y colaboradores es la probabilidad de predecir el porcentaje de grasa usando solamente el primer componente del somatotipo.

En un trabajo sobre los cambios estructurales con el ejercicio, Carter y Phillips (1969) encontraron que al cabo de 2 años las personas que fueron sometidas a una hora de actividades físicas entre dos y tres veces por semana decrecieron significativamente el peso corporal, el porcentaje graso, los pliegues cutáneos, los perímetros musculares y la endomorfia, del cual se desprende la muy buena relación directa entre la adiposidad y el primer componente del somatotipo que se confirma en el presente estudio⁽¹⁷⁾.

Bernardo B. Lozada, Miguel A. Chiacchio y Salvador Bruno (1983) también establecen indirectamente la relación entre endomorfia y porcentaje de adiposidad al mencionar que "*Es sabido que tanto la nutrición como el entrenamiento físico pueden alterar la composición corporal y el somatotipo, teniendo ambos como límites el factor genético*".

Con relación al párrafo anterior, un estudio longitudinal en sujetos desde los 11 a 18 años, realizado por Jana Parizkova en los años 70, reveló una endomorfia aparentemente mayor en el grupo de baja actividad que puede ser explicada en términos de una menor ejercitación física y que concordaba con el análisis de composición corporal⁽¹⁸⁾.

Contrastan los bajos valores obtenidos para la fórmulas relacionadas a la mesomorfia en mujeres ($r = 0,000 / -0,265 / 0,335 / -0,348 / 0,376 / -0,390$) y en hombres ($r = 0,180 / -0,414 / 0,448 / -0,482 / -0,536 / 0,541$), con el concepto principal del segundo componente del somatotipo reflejado según Modlesky y colaboradores (1996) como "*La clasificación mesomorfica del somatotipo antropométrico de Heath-Car-*

ter es la primera medida usada para caracterizar desarrollo musculoesquelético. Esta clasificación refleja relativo desarrollo musculoesquelético por unidad de altura ..."⁽⁵⁾.

Son de destacar, aunque no sean significativas sus asociaciones como variables, las relaciones inversas del segundo componente con los porcentajes muscular y óseo. Tampoco existe buena relación con el usualmente utilizado índice masa libre de grasa, de Van Itallie y colaboradores (1990).

En el Manual de Cineantropometría, bajo la dirección del Dr. Francisco Esparza Ros (1993), del Grupo Español de Cineantropometría (GR.E.C.) se mencionan investigaciones de varios autores que, como lo hace ésta, muestran una baja - moderada relación del peso libre de grasa con la mesomorfia. Oportunamente Hayward y colaboradores (1978) indican que el modelo del somatotipo puede no ser el mejor camino para mostrar los cambios relacionados con la edad en muscularidad⁽¹⁹⁾.

Los índices para ambos sexos de corpulencia de Rohrer y ponderal de Livi poseen excelentes relaciones inversas con la ectomorfia. El índice de Bouchard ($Xr= -0,571$ y $\Xi r= -0,456$) tal vez no logre una buena relación con el tercer componente del somatotipo debido a la incongruencia entre dimensiones (volumen de peso y longitud de la estatura), ya que según el modelo biológico o cinemático de Gunther (1975) se asume que el volumen (masa) es igual a la medida lineal (talla) al cubo o que esta última es igual a la raíz cúbica de la primera⁽¹⁹⁾.

Es lógico que el índice de masa corporal sea aceptablemente asociado en modo inverso a la ectomorfia ($r= -0,787$ y ($r= -0,710$) pues Michael L. Pollock y Andrew S. Jackson (1984) encontraron correlaciones entre dicho índice y la densidad corporal de $-0,70$ para mujeres y de $-0,69$ para hombres⁽²⁰⁾. Debido a que para determinar el porcentaje de grasa debe colocarse en su fórmula como denominador el valor de la densidad corporal, indefectiblemente la correlación entre éstos será $-1,0$. Según Parizkova, en los atletas campeones corredores donde el entrenamiento lleva una alta capacidad aeróbica la deposición de grasa es muy limitada⁽¹⁸⁾. En trabajos realizados por Sanchis (1990) se recogen resultados que concuerdan con otros autores, encontrando una ectomorfia mayor en deportes con elevados volúmenes de entrenamiento aeróbico⁽¹⁾. Confirman lo antedicho los dos ejemplos siguientes: a) Mc Ardle y coautores (1990) exponen en su libro "*Fisiología del Ejercicio*" que con un programa de trote de diez semanas la constitución de los individuos participantes varió y dado que el peso corporal magro no cambió, la reducción del peso corporal se debió a una disminución del porcentaje de grasa del valor de antes del entrenamiento

(18,9%) al valor después (17,8%), que representó una pérdida de grasa de 1,07 kilogramos. b) En 133 corredores de fondo y en 94 maratonianos, pertenecientes a los Juegos Olímpicos de Tokio y de Méjico, se hallaron valores de grasa corporal extremadamente bajos y ectomorfias relativamente elevadas de 3,458; 3,598; 3,122 y 3,583, según los grupos respectivos⁽¹⁵⁾.

De todo lo expuesto en este último párrafo sobre el índice de masa corporal y la ectomorfia se resume su relación en que: A mayor índice de masa corporal menor densidad corporal, mayor porcentaje de grasa y menor ectomorfia. De lo cual se infiere: *A mayor índice de masa corporal menor ectomorfia*

En la bibliografía analizada no se encontraron estudios similares en el país, por lo que no se pudo comparar con resultados de la misma población.

Como conclusiones halladas en la muestra evaluada se mencionan las siguientes:

- ✓ La sumatoria de seis pliegues cutáneos como los porcentajes de adiposidad según los autores propuestos son muy buenos estimadores del primer componente del *Método Antropométrico Matemático de Heath - Carter*. Se deberá

tener un manejo más cuidadoso cuando se use la ecuación de Slaughter en mujeres.

- ✓ Los índices que respetan la congruencia entre dimensiones de talla y de peso (de corpulencia de Rohrer y ponderal de Livi) son excelentes predictores de la ectomorfia, no así los que hacen un uso inapropiado de dichas variables (de masa corporal y de Bouchard).
- ✓ Ninguna de las ecuaciones propuestas logra tener una buena asociación con la mesomorfia.
- ✓ Se puede verificar la relación de la ectomorfia con del índice de masa corporal, aunque este último sea comúnmente utilizado como rango de obesidad.
- ✓ Una propiedad útil de las ecuaciones es su carácter reversible, es decir basándose en una fórmula antropométrica determinada se puede estimar un componente del somatotipo ó viceversa.
- ✓ Estudios con un mayor control de las variables serán necesarios para generalizar los resultados, siendo los datos antropométricos ofrecidos en esta muestra específica un pequeño aporte para el conocimiento de la población Argentina.

Bibliografía

- 1 Esparza Ros F. Manual de cineantropometría. Madrid: Editor Científico Grupo Español de Cineantropometría, 1993.
- 2 Lozada B, Chiacchio M, Bruno S. Determinación del somatotipo. Rev. Argent. Med. Dep. 1983; VII(16):68-83.
- 3 Consolazio C, Johnson R, Pecora L. Physiological measurement of metabolic functions in man. Mc Graw Book Company 1963; 303.
- 4 Pospísil M. Prácticas de antropología física. Ciudad de la Habana: Editorial Científico-Técnica, 1987.
- 5 Modlesky C, Cureton K, Lewis R, y col. Density of the fat-free mass and estimates of body composition in males weigh trainers. J. Appl. Physiol. 1996; 80(6):2085-2096.
- 6 Benerjee S, Bhattacharya A. Determination of body surface area in Indian Hindu children. J. Applied. Physiol. 1961;16(6):969-970.
- 7 Lentini N, Narváez P, Izaguirre L, y col. Estudio comparativo de métodos antropométricos. International symposium on sports sciences "Health and performance". São Paulo, 1994.
- 8 Pollock M, Jackson A. Research progress in validation of clinical methods of assessing body composition. Med. Sci. Sports Exercise 1984;16(6):608-613.
- 9 Lentini N. Valor de la composición corporal en deportistas. Trabajo no publicado, 1992.
- 10 Pires Neto C. Cineantropometría aplicada a la educación física. III Congreso latinoamericano de educación física, deportes y recreación. San Miguel de Tucumán, 1993.
- 11 Sloan A, Burt J, Blyth C. Estimation of body fat in young women. J. Applied Physiol. 1962;17(6):967-970.
- 12 Sloan A. Estimation of body fat in young men. J. Applied Physiol. 1967;23(3):311-315.
- 13 Pollock M, Laughridge E, Coleman B, y col. Prediction of body density in young and middle-aged women. J. Applied Physiol. 1975;38(4):745-749.
- 14 Pollock M, Hickman T, Kendrick Z, y col. Prediction of body density in young and middle-aged men. J. Applied Physiol. 1976;40(3):300-304.
- 15 Mc Ardle W, Katch F, Katch V. Fisiología del Ejercicio. Madrid: Alianza Deporte Editorial, 1990.
- 16 Dupertis C, Pitts G, Osserman E, y col. Relation of specific gravity build in a group of healthy men. J. Applied Physiol. 1951;3:676-680.
- 17 Carter J, Phillips W. Structural changes in exercising middle-aged males during a 2-years period. J. Applied Physiol. 1969;27(6):787-794.
- 18 Parízková J. Gordura corporal e aptidão física. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A, 1982.
- 19 Ross W, Drinkwater D, Bailey D, y col. Kinanthropometry: Traditions and new perspectives. Kinanth. II 1980;28(2):221-222.
- 20 Jackson A. Practical assessment of body composition. The physic. sports med. 1985;13:5.