

TEORÍA DE KINANTROPOMETRÍA.

Apuntes para el seguimiento de la Asignatura
“Kinantropometría”.

1^{er} Ciclo del Plan de Estudio de 1996.

I.N.E.F de Madrid.

I.N.E.F de Madrid.
CURSO 2003-04.
Profesor: Manuel Sillero Quintana.

AGRADECIMIENTOS:

Me gustaría agradecer a los alumnos de la asignatura “Kinantropometría” del curso 2001-2002 las sugerencias y correcciones aportadas. Espero que los futuros alumnos sigan haciéndolas con el objetivo de hacer la asignatura más interesante y aplicable a la situación real de la Educación Física actual.

También citar a Beatriz Moreno Vecino por hacer las grabaciones que han permitido la ilustración parcial de estos apuntes, y a mis entrenados, Hugo y Jacobo, y a los participantes en un estudio de la Facultad de Ciencias de la Actividad y el Deporte de la UCLM sobre el método Pilates, por permitirme utilizarles como modelos.

Manuel Sillero Quintana.



INTRODUCCIÓN:

Tras dos años de experiencia impartiendo la asignatura “Kinantropometría” en el I.N.E.F de Madrid, nació este texto con el afán de facilitar al alumno el seguimiento de las clases y proporcionarle instrucciones, lo más sencillas posible. Se ha tratado de aplicar los conocimientos adquiridos a situaciones prácticas utilizando, tanto el material antropométrico propio de la asignatura, como medios informáticos. De igual forma, se intentará introducir al alumno (en la medida de lo posible y teniendo en cuenta sus limitaciones de conocimientos, experiencia y tiempo) en las formas de trabajo científicas y en las formas de edición de trabajos de investigación.

Parte de este texto fue utilizado durante el curso 2001-2002, de esta forma se optimizó gracias a las aportaciones que los alumnos fueron realizando. La parte teórica del texto sigue en gran medida la estructura y contenidos del “Manual de Cineantropometría” de la FE.ME.DE. (Esparza, 1993) y el manual oficial de la ISAK (ISAK, 2001) , y se complementa con extractos, tablas y figuras de otros libros, los cuales son referenciados convenientemente para facilitar la labor del alumno. Lamentablemente, el “Manual de Cineantropometría”, que publicó en su día la FE.ME.DE., está agotado y no se plantea su reedición, pues se tiene previsto editar una nueva versión renovada. Aunque los contenidos de este texto sean suficientes para superar con holgura los exámenes finales, es muy recomendable la consulta, tanto de las copias del “Manual de Cineantropometría” que existen en la biblioteca del INEF, como de otras referencias citadas en los diferentes temas.

El texto comienza con el repaso teórico de cada tema del programa de la asignatura y finaliza con la explicación de las prácticas y ejercicios que se plantearán en clase, incluyendo los formularios para la toma de datos y cuestionarios para realizar un análisis de los resultados.

Se recomienda hacer varias copias del formulario para usarlo en la toma de datos (debido a que se suelen cometer pequeños errores, sobre todo al principio, que estropearían el formulario de toma de datos). Sin embargo, habrá que tener en cuenta que el formulario de toma de datos que se presente al final de curso deberá tener la firma del profesor para ser considerado válido.

Aunque, como dije anteriormente, parte de este texto haya sido utilizado el curso anterior, aun podría tener algún error. Solicito la ayuda de los alumnos para solventarlo y estoy abierto a cualquier sugerencia para mejorarlo. Espero que, con vuestra ayuda, consigamos hacer un texto útil, tanto para los compañeros que os sucedan, como para cualquier otra persona que se acerque con curiosidad al campo de la Kinantropometría.



INDICE.

TEMA 1. LA EVOLUCIÓN DE LA ANTROPOMETRÍA A LA LARGO DE LA HISTORIA.	1
1.1. EL ORIGEN DEL TÉRMINO KINANTROPOMETRÍA.....	1
1.2. LOS ORÍGENES DE LA KINANTROPOMETRÍA. LA KINANTROPOMETRÍA EN EL MUNDO.	2
1.3. LA KINANTROPOMETRÍA EN ESPAÑA.....	4
1.4. BIBLIOGRAFÍA.....	5
TEMA 2. LAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.	7
2.1. LA EVOLUCIÓN DE LA ESTANDARIZACIÓN DE LAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.....	7
2.2. LOS CUIDADOS DURANTE EL PROTOCOLO.....	7
2.3. EL MATERIAL ANTROPOMÉTRICO.	8
2.4. LA LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS ANTROPOMÉTRICOS BÁSICOS.	12
2.4.1. PUNTOS ANATÓMICOS DE LA CABEZA.....	13
2.4.2. PUNTOS ANATÓMICOS DEL TRONCO.....	14
2.4.3. PUNTOS ANATÓMICOS DEL MIEMBRO SUPERIOR.	16
2.4.4. PUNTOS ANATÓMICOS DEL MIEMBRO INFERIOR.....	17
2.4.5. OTRAS REFERENCIAS ANATÓMICAS ÚTILES.....	18
2.5. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.....	19
2.5.1. MEDIDAS BÁSICAS.	19
2.5.2. ALTURAS.....	20
2.5.3. LONGITUDES.	22
2.5.4. PLIEGUES CUTÁNEOS.	24
2.5.5. DIÁMETROS.	29
2.5.6. PERÍMETROS.	32
2.6. CÁLCULO DE LA EDAD DECIMAL.....	37
2.7. CÁLCULO DEL ERROR TÉCNICO DE MEDIDA.	38
2.8. LA FICHA ANTROPOMÉTRICA BÁSICA (Ó PROFORMA).....	40
2.9. CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN INSTRUMENTO DE MEDIDA.	40
2.10. BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL TEMA.	42



TEMA 3. EL SOMATOTIPO.	43
3.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA TIPOLOGÍA CORPORAL. ESCUELAS BIOTIPOLOGÍAS.	43
3.2. EL MÉTODO DE SHELDON PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS HUMANAS. VARIACIONES DEL MÉTODO SHELDON. .	45
3.3. EL SOMATOTIPO DE HEATH-CARTER.....	46
3.4. METODOLOGÍA DEL CÁLCULO DEL SOMATOTIPO.....	46
3.5. ANÁLISIS INDIVIDUAL DEL SOMATOTIPO.....	51
3.6. ANÁLISIS EN GRUPO.....	53
3.7. APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS SOMATOTÍPICAS EN LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE.....	57
3.8. CARACTERÍSTICAS DEL SOMATOTIPO DEL DEPORTISTA.....	57
3.9. BIBLIOGRAFÍA DEL TEMA.....	58
TEMA 4. PROPORCIONALIDAD CORPORAL.....	59
4.1. INTRODUCCIÓN: EL INTERÉS DE LA PROPORCIONALIDAD CORPORAL A LO LARGO DE LA HISTORIA.	59
4.2. EL MÉTODO PHANTOM: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL MODELO PHANTOM.	60
4.3. LOS ÍNDICES CORPORALES COMO FORMA DE EVALUACIÓN DE LA PROPORCIONALIDAD CORPORAL.	64
4.3.1. ÍNDICES DE ROBUSTEZ.....	65
4.3.2. ÍNDICES DE LAS EXTREMIDADES.....	66
4.3.3. ÍNDICES DE TRONCO.....	68
4.4. BIBLIOGRAFÍA.....	69
TEMA 5. COMPOSICIÓN CORPORAL.....	70
5.1. CLASIFICACIÓN MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL. MÉTODOS DIRECTOS, INDIRECTOS Y DOBLEMENTE INDIRECTOS.....	71



5.2.	MÉTODOS INDIRECTOS PARA EL ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL.....	73
5.2.1.	MÉTODOS FÍSICOS.....	73
5.2.2.	MÉTODOS QUÍMICOS.....	74
5.2.3.	MÉTODOS DE EXPLORACIÓN DE LA IMAGEN.....	77
5.2.4.	MÉTODOS DENSIOMÉTRICOS.....	80
5.3.	MÉTODOS DOBLEMENTE INDIRECTOS.....	82
5.3.1.	T.O.B.E.C: (Conductividad Eléctrica Total Corporal).....	82
5.3.2.	B.I.A. (Impedancia Bioeléctrica).....	83
5.3.3.	N.I.R. (Reactancia a la luz subinfraroja).	84
5.3.4.	TÉCNICAS ANTROPOMÉTRICAS.....	85
5.3.4.1.	INDICES DE ADIPOSIDAD INDIRECTOS.....	85
5.3.4.2.	MÉTODOS ANTROPOMÉTRICOS.....	89
5.4.	BIBLIOGRAFÍA.....	95

TEMA 1. La evolución de la Antropometría a la largo de la historia.

1.1. EL ORIGEN DEL TÉRMINO KINANTROPOMETRÍA.

La Kinantropometría ó Cineantropometría (“Kinanthropometrie”) fue definida por Ross como el “estudio del tamaño, forma, proporcionalidad, composición, maduración biológica y función corporal con objeto de entender el proceso de crecimiento, el ejercicio y el rendimiento deportivo, y la nutrición” (Ross, 1978). Proviene de las raíces griegas:

- Kinein, que significa movimiento.
- Anthropos, relativo a la especie humana.
- Metrein, medida.

Por lo tanto, será la “medición del hombre en movimiento”. Desde esté punto de vista, el término sería erróneo, puesto que, en realidad, las distintas técnicas antropométricas, que veremos durante el desarrollo de la asignatura, se realizan siempre con el sujeto parado; sin embargo, tienen innumerables aplicaciones en el campo de la Actividad Física y el Deporte.

Respecto a que término utilizar, “Kinantropometría” ó “Cineantropometría”, existe alguna problemática. El origen de la palabra es griego, y en inglés, la lengua científica moderna, se mantiene este origen (“Kinanthropometry”). Por otro lado, la mayor organización española se denomina Grupo Español de Cineantropometría (G.R.E.C), por lo que el término que se suele utilizar en las publicaciones científicas en español es “Cineantropometría”.

La profesora Adelaida Robles, bióloga y una de las pioneras de la Kinantropometría en España, fue la introductora de la materia en el INEF, a través de cursos de postgrado y seminarios. Ella utilizaba el término Kinantropometría basándose en la ortodoxia de su origen etimológico, por lo que, a la hora de programar la asignatura en el nuevo plan de estudios, se le denominó de esta forma.

Existen una serie de términos relacionados con la Kinantropometría:

- Antropología Física o Biológica: Estudia la variabilidad biológica humana y su herramienta principal es la Antropometría.

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FISICA Y DEL DEPORTE (I.N.E.F)
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID

- La Antropometría: Es la “ciencia que se ocupa de las mediciones comparativas del cuerpo humano, sus diferentes partes y sus proporciones; generalmente con objeto de establecer la frecuencia con que se encuentran en diferentes culturas, razas, sexos, grupos de edad, cohortes, etc...” (Diccionario de la Real Academia de la Lengua, 1992)
- La Cineantropología: Es la “ciencia o disciplina del hombre en movimiento”.
- La Auxología: Es el “estudio científico del crecimiento de los organismos”.

De entre las muchas definiciones del término “Cineantropometría” que se recogen en el Manual de Cineantropometría (Esparza, 1993), cabría destacar la siguiente:

“La medición y evaluación de diferentes aspectos del movimiento humano, como:

- Componentes de la estructura corporal como las medidas, las proporciones, la composición, la forma y la composición misma.
- Aptitudes Motoras: Funciones neuromotoras y parámetros cardio-respiratorios.
- Actividades Físicas: Actividad física cotidiana y ejecución deportiva especializada”.

Esta definición coincide con enfoque que se pretende dar a la asignatura. En este curso, se pretende relacionar técnicas de medición antropométrica, con otras típicas de la biomecánica y la fisiología, y con el rendimiento deportivo.

Podemos observar a lo largo del curso, que la Kinantropometría esta al límite de la ciencia, pudiéndose considerar en cierta medida más un “instrumento científico” que una verdadera ciencia por sí misma.

Para el G.R.E.C., la Kinantropometría aglutina a muchos profesionales: biólogos, médicos, físicos, ingenieros, ergonomistas, e investigadores del deporte y el ejercicio. Esto significa que se reconoce a los licenciados en Educación Física la posibilidad de realizar estudios antropométricos, si cuentan con una formación adecuada.

La Kinantropometría tiene, dentro del campo de la Actividad Física y el Deporte, tiene aplicaciones prácticas como el control de la efectividad de los programas de entrenamiento (midiendo de manera precisa el aumento de masa muscular, la reducción de masa grasa ó el incremento de los diámetros y longitudes de los segmentos) ó el control del nivel de desarrollo de los alumnos a lo largo de los distintos cursos que permanecen en el centro.



1.2. LOS ORÍGENES DE LA KINANTROPOMETRÍA. LA KINANTROPOMETRÍA EN EL MUNDO.

La Kinantropometría es una rama de la ciencia bastante nueva. Desde que Elsholtz, en la Universidad de Padua y en el siglo XVII, realizara una serie de estudios morfológicos en seres humanos, se han desarrollado muchos estudios y métodos antropométricos. En el Siglo XIX, por ejemplo, Quetelet fue el primero en considerar las mediciones humanas de forma estadística.

En 1972, Tittel y Wutscherk realizaron un trabajo de recopilación con muchos estudios antropométricos realizados a deportistas de la RDA y los publicaron a través del COI y la Federación Internacional de Medicina Deportiva (FIMS). En gran medida, este trabajo fue el detonante para que en el Congreso Científico Olímpico de Quebec de 1976, previo a los JJOO de Montreal 1976, se convocaran ese mismo año en Montreal a todos los científicos del mundo interesados en la Kinantropometría al primer “Symposium in Kinantropometry and Ergometry” (Landry y Orban, 1978).

Posteriormente, se realizaron tres congresos más:

- Kinantropometry II: Lovaina 1978 (Ostyn, Beunen y Simons, 1978).
- Kinantropometry III: Glasgow, 1986 (Reilly, Watkins y Borms, 1986).
- Kinantropometry IV: Bruselas, 1990 (Duquet y Day, 1992).

Estos simposia posibilitaron la publicación de muchos trabajos de investigación y la definición y estandarización de las técnicas de medición de las diferentes variables antropométricas, parámetros fisiológicos y test motores.

En 1978, se fundó en Brasilia el International Working Group in Kinantropometry (IWGK), perteneciente al International Council for Sport Science and Physical Education (ICSSPE). Esta entidad fue la encargada de impulsar la Kinantropometría entre los años 1978 y 1986 por medio de los tres primeros Symposia de Kinantropometría. Estos simposia dieron pie a que la Kinantropometría se constituyera como una especialidad científica independiente en la mayoría de los países durante los años 80.

Posteriormente, se creó la International Society of the Advancement of Kinanthropometry (ISAK), que era independiente del ICSSPE. La ISAK creó un boletín denominado Kinanthreport, pero, en 1989, el Journal of Sports Sciences se convirtió en la revista científica oficial de la institución. La ISAK sigue siendo el máximo organismo mundial de la Kinantropometría y organiza



periódicamente cursos de capacitación por niveles en distintos países. En el año 2002, celebró por primera vez en España cursos para obtener los niveles de capacitación II y III en kinantropometría.

Los mejores trabajos antropométricos en el mundo del deporte han estado casi siempre ligados a distintas competiciones de carácter internacional. Entre ellos destacan los estudios realizados durante los JJOO de Roma (Correnti y Zauli, 1964; Tanner, 1964), Tokio (Hirata, 1979), Méjico (de Garay, Levine y Carter, 1974), y Montreal (Carter, 1982; Carter, 1984). Durante el desarrollo de los JJOO de Barcelona, no se llevó a cabo ningún estudio antropométrico, aunque existía un proyecto para realizarlo, el BOGAP.

1.3. LA KINANTROPOMETRÍA EN ESPAÑA.

Francisco Grande-Covian colaboró en los años 70 con investigaciones en un Instituto de Minnesota. Los primeros trabajos se centraban, principalmente, en estudios con niños y militares y eran publicados en revistas de poca difusión. La mayor parte de estos trabajos fueron recopilados por Marrodán (1987) en el Boletín de la Sociedad Española de Antropología Biológica.

En 1984, la Federación de Medicina Deportiva (FEDEME) comienza a publicar “Archivos de Medicina Deportiva” y, en los números 1 al 4, aparecen una serie de artículos denominados “La cineantropometría en la evaluación funcional del atleta (I-IV)” (de Rose y Aragonés, 1984).

Archivos de Medicina Deportiva y la revista “Apunts” del INEF de Barcelona, son las que más publican sobre Kinantropometría deportiva en España.

El Grupo Español de Cineantropometría (GREC) se fundó a raíz del “Curso Avanzado de Cineantropometría” organizado por la FEMEDE en colaboración con el Instituto Catalán de Traumatología y Medicina Deportiva, realizado en Junio de 1987, en el Instituto Dexeus de Barcelona. El GREC fue presentado de manera oficial en el ámbito internacional en el Congreso de la ISAK “Kinanthropometry IV”.

En la actualidad, en la mayoría de los seguimientos que se realizan a atletas de alto nivel en los Centros de Alto Rendimiento nacionales y autonómicos se llevan a cabo estudios antropométricos. En el Manual de Cineantropometría se publican datos de referencia de algunos de ellos con deportistas de élite nacional. Sin embargo, desde mi punto de vista, faltan publicaciones con estudios llevados a cabo con población normal y deportistas de nivel bajo e intermedio, que sirvan como referencia a estudios más básicos.

1.4. BIBLIOGRAFÍA.

- Carter, J.E.L. (ed.)(1982). Physical structure of Olympic Athletes Part I (Kinanthropometry of Olympic Athletes). Medicine and Sport Science (Volumen 18). Basel: Karger.
- Carter, J.E.L. (ed.)(1984). Physical structure of Olympic Athletes Part II (Kinanthropometry of Olympic Athletes). Medicine and Sport Science (Volumen 18). Basel: Karger.
- Correnti, V., y Zauli, B. (1964). Olimpionici 1960. Roma: Tipolitografie Marves. En Esparza, F. (ed.) (1993). Manual de Cineantropometría. Pamplona: (GREC) FEMEDE.
- De Garay, A.L., Levine, L., y Carter, J.E.L. (1974). Genetic and anthropometric studies of Olympic athletes. New York: Academic Press, 1974.
- De Rose, E.H., Aragonés, M.T. (1984). La Cineantropometría en la evaluación funcional del atleta. Archivos de Medicina del Deporte, 1, (0) 45-53; 1, (1) 39-45; 1, (2) 29-36; 1, (3)49-57; 1, (4) 51-60.
- Duquet, J.W., y Day, J.A.P. (1992) Kinanthropometry IV. (Proceedings of the International Congress on Youth. Leisure and Physical Activity and Kinanthropometry IV. (21-25 de Mayo. Bruselas, Bélgica). London: E & FN Spon.
- Esparza, F. (ed.) (1993). Manual de Cineantropometría. Pamplona: (GREC) FEMEDE.
- Hirata, K.I. (1979) Selection of Olympic champions (Volumen 1 y 2). Toyota: Chukyo University. En Esparza, F. (ed.) (1993). Manual de Cineantropometría. Pamplona: (GREC) FEMEDE.
- Landry, F., y Orban, W.A.R. (eds.). Biomechanics of sports and Kinanthropometry. Volumen 6. (Proceedings of the Olympic Scientific Congress – Kinanthropometry and Ergometry – 11-16 July 1976, Quebec, Canada) Miami, Florida: Symposia Specialist.
- Marrodán, M.D.(1987). Los estudios de crecimiento en España (1898-1988). Boletín de la Sociedad Española de Antropología Biológica, 8, 47-62.
- Ostyn, M., Beunen, G., y Simons, J. (1980). Proceedings of the Second International Seminar of Kinanthropometry, 10-13 Julio de 1978. Lovaina, Bélgica). International Series of Sport Sciences, volumen 9. Baltimore: University Park Press.
- Reilly, T., Watkins, J., borms, J. (eds.) (1986). Kinanthropometry III (Porocedings of the VIII Commonwealth and International Conference of Sport, Physical Education, Dance, Recreation and Health. 18-23 Julio. Glasgow, Escocia). London: E & FN Spon.
- Ross, W.D. (1978). Kinanthropometry: an emerging scientific technology. En: Landry, F., y Orban, W.A.R. (eds.). Biomechanics of sports and Kinanthropometry. Volumen 6. (Proceedings of the Olympic Scientific Congress – Kinanthropometry and Ergometry – 11-16 July 1976, Quebec, Canada) Miami, Florida: Symposia Specialist.
- Tanner, J.M. (1964). The physique of the Olympic athlete. London: Allen & Unwin.



NOTAS:



TEMA 2. LAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.

2.1. LA EVOLUCIÓN DE LA ESTANDARIZACIÓN DE LAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.

En los últimos dos siglos, han habido varios intentos de estandarización de las técnicas de medida. Ya en Ginebra, en 1912, se establecieron 49 variables antropométricas. Sin embargo, en los años 60, la Comisión de Antropometría-Fisiológica de la International Union of Biological Sciences (IUBS), creó un subcomité encargado del crecimiento humano, que publicó antes una “lista básica” de 21 medidas, que todo estudio realizado a partir de entonces debería tener, y una “lista completa” con 17 medidas más. Dentro de “otras mediciones”, se recogían 18 medidas adicionales para estudios muy concretos.

Como referencia principal para la localización de los puntos antropométricos y la toma de las medidas se deberá utilizar el Manual de la I.S.A.K (ISAK, 2001).

Human Kinetics Publishers publicaron el Anthropometric Standardization Reference Manual (ASRM) (Lohman, Roche y Martorell, 1988) y, posteriormente, una versión resumida (ASRM, Abridged edition).

El GREC utiliza la terminología de William Ross citada en el Libro “Physiological Testing of the High-Performance Athlete” (MacDougall, Wenger y Green, 1991), que se resume en el “Manual de Cineantropometría” (Esparza, 1993).

Otro libro muy interesante “Antropométrica” de Norton y Olds (2000) traducido al español por Juan Carlos Mazza, y publicado por el servicio educativo Biosystem (Argentina).

En general, hay dos escuelas generales dentro de la Kinantropometría. La escuela británica, toma las medidas unilaterales en la parte izquierda del cuerpo, mientras que las escuelas canadiense y estadounidense (y también GREC), toman las medidas unilaterales en el lado derecho.

2.2. LOS CUIDADOS DURANTE EL PROTOCOLO.

- La sala debe ser amplia, limpia y convenientemente climatizada.
- El sujeto deberá venir preparado para estar descalzo y con la menor ropa posible durante el tiempo que dure la medición; por lo que, deberá traer pantalón corto y, en caso de ser chica, un bikini o “top”.

- El instrumental deberá ser calibrado con antelación para evitar errores en la medición.
- Se deberán tomar las medidas siempre en el lado derecho del cuerpo, sea o nó el predominante. Sólo en el caso de estudios donde se busquen posibles asimetrías, ó donde influya la lateralidad (ejemplo, estudios del brazo de un tenista o la pierna de disparo de un futbolista), deberán tomarse ambos lados.
- Antes de comenzar, se deberán realizar las marcas necesarias con un lápiz dermatográfico, para, posteriormente, pasar a realizar las mediciones, tratando de realizar la secuencia de arriba a abajo. Se completará una primera medición y, posteriormente, se realizará una segunda. En el caso que la diferencia entre ambas tomas sea grande, se pasará a realizar una tercera toma.
- Los instrumentos suelen estar diseñados para ser utilizados con la mano derecha. La sujeción de los pliegues se realizará con la izquierda.
- En estudios longitudinales, es interesante anotar la hora del día en que se realiza la medición. Variables como la estatura y el perímetro abdominal pueden variar significativamente, dependiendo de la hora del día en que se realicen.
- El sujeto debe tener un trato adecuado. Sería conveniente explicar el objetivo de la toma de datos y/o del estudio. Además, el investigador deberá de mantener una distancia adecuada durante la medición.
- Es recomendable tener un ayudante durante la medición para que registre los resultados de la medición y esta se realice de manera más fluida.

2.3. EL MATERIAL ANTROPOMÉTRICO.

El material debe ser sencillo, preciso y de fácil manejo. Lamentablemente, el material antropométrico de calidad no suele ser barato. Existen pocos modelos que, dentro de unos límites aceptables de precisión y fiabilidad, tengan un precio asequible.

Otro problema es la calibración del material. Por el uso, las ramas del plicómetro van perdiendo fuerza, por lo que el resultado de la lectura será cada vez ligeramente más elevado. Hay dos opciones: o comprar un equipo de calibración o enviar el aparato a la casa para que lo calibren. Ambas opciones son bastante caras.

El material antropométrico más usual suele ser:

- Tallímetro (ó estadiómetro). Sirve para medir la estatura y la talla sentado. Puede ser una cinta milimétrica apoyada en la pared y con un cursor deslizante para indicar la medición, o bien un aparato diseñado específicamente para esta medición. La precisión debe ser de 1 mm.
- Báscula. Sirve para medir el peso y debe tener un rango entre 0 y 150 Kg. Podrá ser mecánica o digital, pero deberá tener una precisión de, al menos, 100 gr aunque es recomendable que tenga una precisión de 50 gr.
- Antropómetro. Es una barra metálica con un cursor deslizante y, normalmente, puede extenderse gracias a una serie de ramas desmontables (Figura 1). Sirve para medir longitudes y tiene una precisión de 1 mm. Rango va de pocos centímetros hasta 2 mts. Por lo tanto, puede medir desde diámetros a longitudes y alturas.
- Cinta Antropométrica. Servirá para medir perímetros y localizar los puntos medios de los segmentos corporales (Figura 2). Deberá ser de un material flexible y no extensible y de una anchura máxima de 7 mm. También es conveniente que la graduación no comience justo en el extremo de la misma para facilitar la medición de los perímetros. La precisión deberá ser de 1 mm.



Figura 1.- Estatura medida con antropómetro. Figura 2. Cinta antropométrica.

- Paquímetro o calibre. Sirve para medir pequeños diámetros. Es suficiente una precisión de 1 mm y el rango suele estar entre 0 y 250 mm. Existen distintos modelos de calibre, diferenciándose, sobre todo en las forma de las ramas.

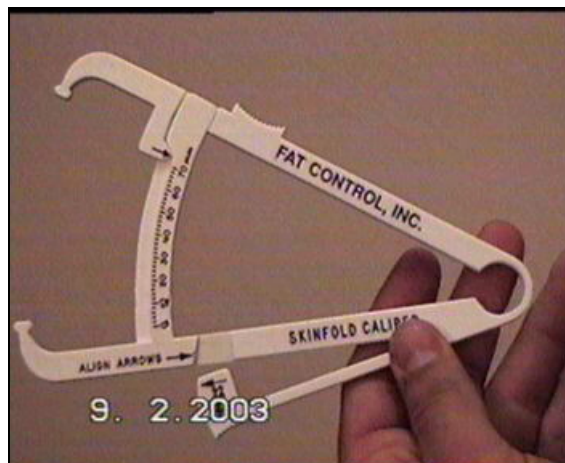
- Plicómetro (ó lipómetro). Es una pinza que sirve para medir el pánículo adiposo. Dependiendo del modelo puede tener una precisión de 0,2 a 1 milímetro. El rango de mediciones debería estar, al menos entre los 0 y los 48 mm. Las ramas del plicómetro deberán tener una presión constante igual a 10 gr/mm². Los modelos de plicómetro más utilizados son los Harpenden, Holtain y Lange, que están calibrados a 10 gr/mm².



Figura 3.- Plicómetro Slim-Guide.

El precio de estos plicómetros, utilizados para la investigación, es muy elevado (por encima de los 425 €) (Figura 4). Existen algunos algo más económicos y perfectamente validos para uso educativo y personal, pero son difíciles de encontrar en tiendas. Entre ellos, el que tiene la mejor relación calidad precio es el Slim-Guide (Figura 3), que es de plástico y con una parte en forma de sector circular donde se encuentra la escala de medida, la cual tiene divisiones de 1 mm.

El plicómetro Slim-Guide puede encontrar en distintos proveedores de material de medición a través de Internet por un precio que oscila entre los 24,95 y los 30,00 € (más gastos de envío). No es nada recomendable la utilización de plicómetros similares al Fat-Control (Figura 5) debido a su escasa fiabilidad.



Figuras 4 y 5. Plicómetros Holtain y Fat Control.

- Segmómetro (ó cinta Lufkin). Está diseñado para ser una alternativa económica al antropómetro para medir directamente longitudes de segmentos corporales y algunas alturas, aunque no es apropiado para medir grandes diámetros óseos. Es una cinta

metálica con dos extensiones de 6 a 7 cm: una en el extremo y otra, deslizante, a lo largo de la cinta métrica (Figura 6).

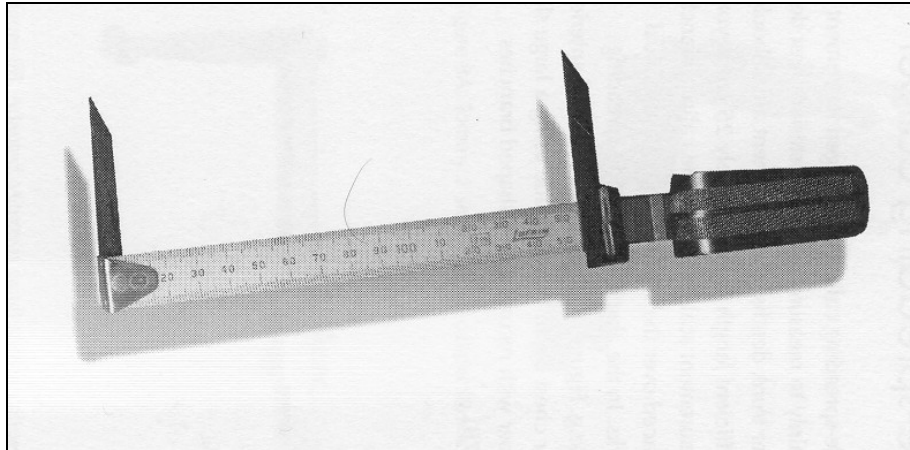


Figura 6. Cinta Lufkin con ramas don extensiones para medir longitudes (Norton y Olds, 2000).

- Gran compás. Se utiliza para medir los diámetros del tronco (diámetro transverso del tórax, anteroposterior del tórax, biacromial y biileocrestal) de manera cómoda. Las ramas curvas permiten adaptarse a la forma del pecho y realizar la toma cómodamente. La precisión del aparato es en milímetros. Otra solución es colocar las ramas curvas en el antropómetro (Figura 7).
- Banco antropométrico. Sirve para medir la talla sentado y para facilitar la toma de ciertas medidas al poder sentarse el sujeto en él o apoyar los pies y que, de esta forma, el antropometrista no se tenga que arrodillar para realizar la medición. Se recomienda que sea una caja de 40 de alto x 50 de ancho x 30 de profundidad (ISAK, 2001), aunque lo más importante es que sea horizontal, con una superficie lisa y homogénea, y de una altura conocida (Figura 8).

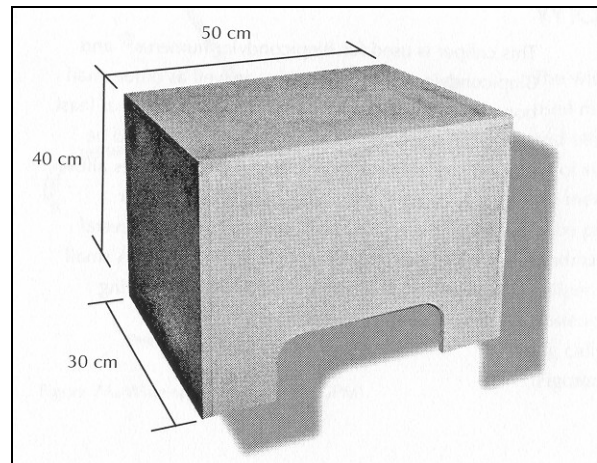
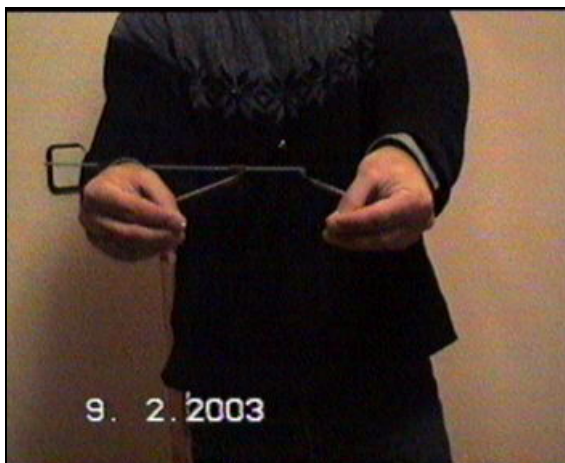


Figura 8. Gran compás de ramas curvas.

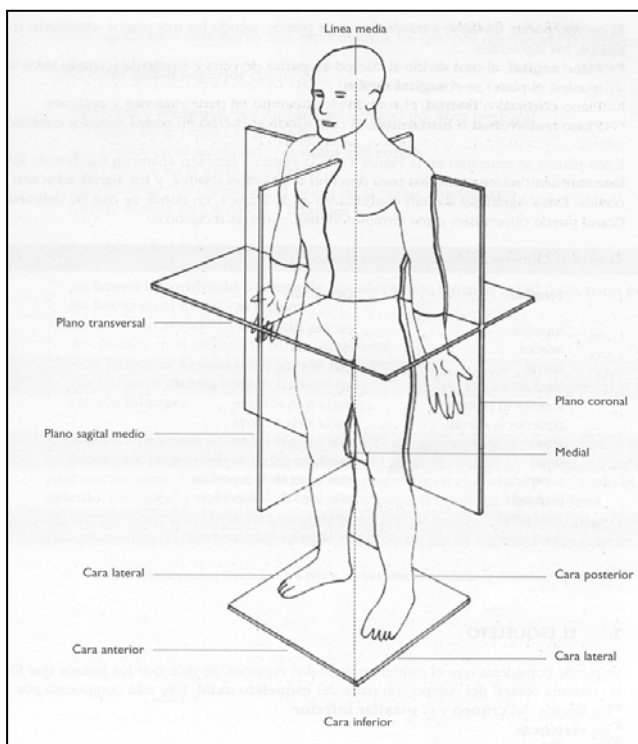
Figura 9. Cajón antropométrico (Norton y Olds, 2000)

- Material Auxiliar. Para realizar una medición completa, se suele precisar un lápiz dermatográfico, para señalar los puntos anatómicos y otras marcas de referencia (con un lápiz de ojos negro es suficiente), un programa informático, para el tratamiento de los datos y confección de gráficos, una plataforma para medir alturas, en caso de que el suelo no esté bien nivelado, y un modelo de ficha antropométrica (o proforma) donde realizar la toma de datos. En la ficha antropométrica deberán aparecer, en un orden coherente, todas las variables del estudio que vayamos a realizar. Sería conveniente que en la ficha de datos apareciera un texto de autorización, que el sujeto firmaría, para poder utilizar los datos con fines de investigación.

2.4. LA LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS ANTROPOMÉTRICOS BÁSICOS.

Hay que tener en cuenta que casi todas las medidas se realizan con el sujeto en la posición antropométrica de referencia. En ella, el sujeto se encuentra de pie, con la cabeza y ojos dirigidos al infinito y las extremidades superiores relajadas a lo largo del cuerpo y dedos extendidos. Las palmas de las manos estarán orientadas hacia el cuerpo (en pronación), mientras que en la posición anatómica de referencia están en supinación. El peso del cuerpo deberá estar apoyado por igual en ambas piernas, mientras que los pies se colocan con los talones juntos y formando un ángulo de 45° entre sí.

Según esta posición básica se definen tres planos y tres ejes (Figura 10):



- El plano sagital o antero-posterior.
- El plano frontal o coronal.
- El plano Transversal
- El eje lateral, transversal u horizontal. También conocido como eje "X".
- El eje longitudinal, vertical, cráneo-caudal, ó eje "Y".
- Sagital, ventro-dorsal, antero-posterior, ó eje "Z".

Figura 10.- Planos antropométricos (Norton y Olds, 2000).

Se entiende por “proximal” la parte más cercana al tronco y por “distal” la más alejada.

Para realizar una buena localización de los puntos antropométricos se deberán seguir los siguientes pasos:

- 1º. Localización. Se buscará el punto siguiendo las estructuras óseas con la yema del dedo.
- 2º. Relocalización. Tras dejar de hacer presión sobre la piel, volveremos a localizar el punto, pero utilizando la uña del otro dedo.
- 3º. Marcado con lápiz dermográfico.
- 4º. Confirmación de la correcta localización. La grasa se moviliza con la presión y la piel se estira por lo que, en algunos casos, el punto puede variar cuando se deja de presionar con el dedo.

Algunos de los puntos anatómicos y mediciones que se citan en este tema no se utilizan en un estudio básico (ni los utilizaremos durante el curso); sin embargo, es conveniente conocerlos para su posible utilización en algún estudio más concreto. Hay que recordar que la definición de estos puntos se ha sacado del “Manual de Cineantropometría” (Esparza, 1993) y del manual de la ISAK (ISAK, 2001), y que en el “ASRM” (Longman, Roche y Martorell, 1988), podemos encontrar alguna variación en las técnicas de medición, aunque tiene la ventaja de este último es que se aportan referencias bibliográficas en las que se utilizaron y/o validaron estas técnicas de medición. Para reconocer los puntos y mediciones que vamos a utilizar a lo largo del curso, se indicaran en **negrita** y con un asterisco al final de su nombre.

2.4.1. PUNTOS ANATÓMICOS DE LA CABEZA.

- **Vértex ***. Es el punto superior de la cabeza en el plano medio-sagital (Figura 11). Será el punto superior de la cabeza cuando ésta se encuentra en el Plano de Frankfort (Figura 12). Para ello, el borde inferior de la órbita (Orbitale) debe formar una línea imaginaria paralela al suelo con el punto más alto del conducto auditivo externo (Tragion).
- **Glabela (Glabella)**. Es el punto más prominente del hueso frontal, en el plano medio-sagital, entre las cejas (Figura 11).
- **Mentoniano (Gnathion)**. Es el punto inferior del mentón en el plano medio-sagital.

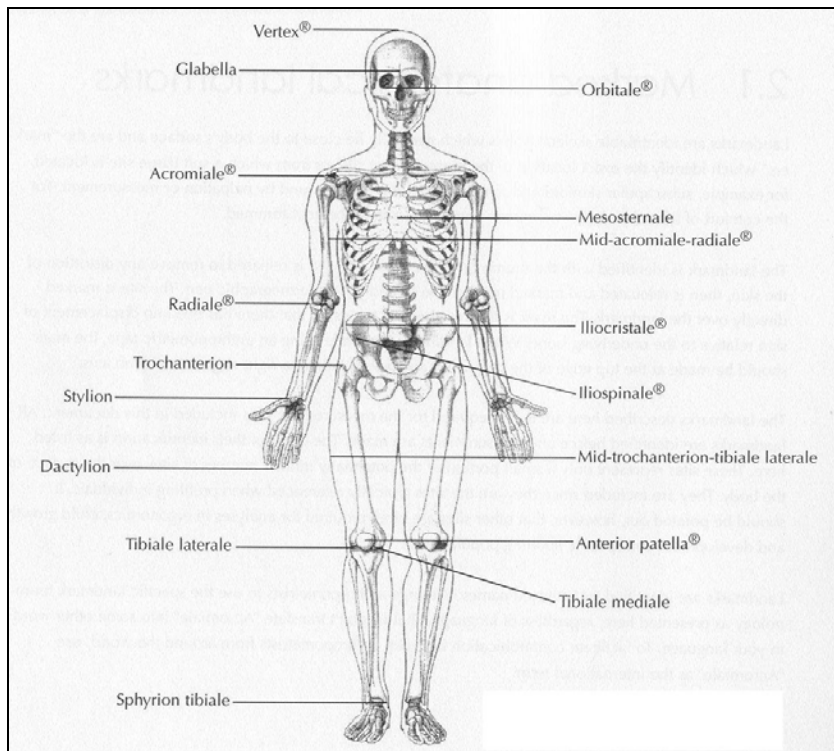


Figura 11. Puntos antropométricos óseos. (ISAK, 2001)

2.4.2. PUNTOS ANATÓMICOS DEL TRONCO.

- **Supraesternal** (Supraesternale). Es el punto localizado en el borde superior de la escotadura supraesternal en el plano medio-sagital.
- **Mesoesternal** (Mesoesternale) *. Es el punto situado en el cuerpo del esternón a nivel de la cuarta articulación condroesternal, en la intersección de los planos medio sagital y horizontal.



Figura 12. Plano de Frankfort.



Figura 13. Punto mesoesternal.

Para localizarlo, el antropometrista coloca su dedo índice por encima de la clavícula y, con el dedo pulgar, localiza el primer espacio intercostal; después mueve el dedo índice reemplazando al pulgar, que han descendido hasta el segundo espacio intercostal, quedando atrapada entre los dedos la segunda costilla (Figura 14). Este proceso se repite en la segunda y tercera costilla y la tercera y cuarta costilla (Figura 15). La marca se realiza en el punto medio del cuerpo del esternón a nivel de la articulación de la cuarta costilla con el esternón este punto suele estar ligeramente por encima de los pezones, aunque varía en función del desarrollo del pectoral (Figura 13).



Figura 14. Localización de la segunda costilla.

Figura 15. Localización de la cuarta costilla.

- Mamilar (Thelion). Punto localizado en el pezón mamario.
- Epigástrico (Epigastrale). Es el punto localizado en la parte anterior del tronco, en la intersección del plano medio-sagital y transversal, a nivel del punto inferior de la décima costilla.
- Umbilical (Omphalion). Punto medio de la cicatriz umbilical.
- Pubiano (Symphyzion). Borde superior de la sínfisis púbica. Debido a lo “delicado” de su localización, sólo se suele utilizar en ginecología.
- Cervical (Cervicale). Punto posterior del proceso espinoso de la séptima vértebra cervical (Prominens).
- Glúteo (Gluteale). En la articulación sacro-coxígea, en el plano medio-sagital.

2.4.3. PUNTOS ANATÓMICOS DEL MIEMBRO SUPERIOR.

- **Acromial** (Acromiale) *. Es el punto situado en el borde superior externo del acromion (Figura 16). Para localizarlo, se debe seguir la espina de la escápula hasta su punto más externo y, posteriormente, subir hacia arriba para localizar el punto superior más externo. Su localización puede resultar difícil y llevar a confusión cuando existe un gran desarrollo del deltoides y el hombro está en antepulsión por un excesivo desarrollo del pectoral o una actitud de “escápulas aladas”.
- **Radial** (Radiale) *. Es el borde más superior y lateral de la cabeza del radio (Figura 17). Para localizarlo se palpa la fosa lateral del codo y se le realiza al sujeto una pronación-supinación pasiva del codo. Notaremos que la cabeza del radio rota y el húmero permanece fijo.



Figura 16. Punto acromial (acromiale)



Figura 17. Punto radial (Radiale).

- **Estiloideo** (Stylian). Es el punto más distal de la apófisis estiloides del radio. Está localizado en la parte mas proximal de la tabaquera anatómica.
- **Medio estiloideo** (Mid-Stylian). Es el punto medio, en la superficie anterior (palmar) de la muñeca, sobre la línea horizontal que pasa a nivel del estiloideo.
- **Dedal** (Digital ó Dactylion) *. Es el punto más distal del dedo medio cuando los brazos caen a lo largo del cuerpo y los dedos están en extensión. La distancia entre el medio estiloideo y el punto dedal se utiliza para medir la longitud de la mano.
- **Metacarpiano Radial** (Metacarpale Radiale). Es el punto más lateral de la cabeza distal del segundo metacarpiano estando la mano extendida.

- Metacarpiano Cubital (Metacarpale Ulnare). Es el punto más medial de la cabeza distal del quinto metacarpiano estando la mano extendida.

2.4.4. PUNTOS ANATÓMICOS DEL MIEMBRO INFERIOR.

- **Ileocrestal** (Iliocrestale) *. Es el punto más lateral del tubérculo iliaco de la cresta iliaca (ISAK, 2001) (Figura 18).
- **Ileoespinal** (Ilioespinal) *. El punto más inferior de la espina iliaca antero-superior (¡ojo!, no en la superficie más frontal). Es el punto donde se inserta el sartorio, por lo que una rotación externa del muslo ayuda a localizar el punto. Este punto se utiliza para localizar la zona donde se tomará el pliegue supraespinal (Figura 18).
- Trocantéreo (Trochanterion). Es el punto superior del trocánter mayor del fémur (no el más lateral). Es muy difícil de localizar cuando existe un gran desarrollo de los abductores. Se puede realizar una presión de la cadera contraria (Figura 19) o pedirle al sujeto que ponga la pierna derecha sobre el banco antropométrico para que se relaje el tensor de la fascia lata.



Figura 18. Punto ileocrestal y localización del pliegue supraespinal.



Figura 19. Localización del trocánter.

- Tibial Lateral (Tibiale Externum). Es el punto más proximal y lateral de la superficie glenoidea de la cabeza tibial.
- Tibial Medial (Tibiale). Es el punto más proximal a la cavidad glenoidea en el borde medial de la cabeza de la tibia. Para tomar este punto, se le pide al sujeto que se siente, con la pierna derecha cruzada sobre la izquierda. Se busca el espacio entre la articulación

del fémur con la tibia y se sigue hasta el punto más medial y proximal de la tibia (Figura 20).

- Maleolar Tibial Interno o Medial (Sphyrion). Es el punto más distal del maleolo interno (¡ojo!, no el más externo).
- Maleolar Peroneal Externo o Lateral (Sphyrion Fibulare). Es el punto más distal del maleolo peroneo. Para localizarlo se le pide al sujeto que se siente, con la pierna derecha cruzada sobre la izquierda.
- Calcáneo (Pternion) Es el punto posterior del talón de pie cuando el sujeto está en posición anatómica.
- Anterior del Pie (Akropodion). Es el punto anterior de los dedos del pie cuando el sujeto está en posición anatómica. Puede ser el primero (Figura 21) o segundo dedo, y desde el calcáneo, constituye la longitud del pie.



Figura 20. Punto tibial medial y Sphyrion.



Figura 21. Anterior del pie en la 1ª falange.

- Metatarsiano Tibial (Metatarsale). Es el punto más medial de la cabeza del primer metatarsiano, cuando el sujeto está en posición anatómica.
- Metatarsiano Peroneal (Metatarsale Fibulare). Es el punto más lateral de la cabeza del quinto metatarsiano, cuando el sujeto está en posición anatómica.

2.4.5. OTRAS REFERENCIAS ANATÓMICAS ÚTILES.

- **Punto medio Acromio-radial** (Mid-Acromiale-Radiale) *. Es el punto medio entre el punto acromial y el radial. Se marca como línea horizontal perpendicular al eje

principal del húmero y corresponde a la mitad del brazo. Se deben proyectar dos marcas, una anterior y otra posterior, y hacer dos cruces que nos servirán para medir los pliegues del bíceps y del tríceps.

- Punto medio trocantéreo tibial. Es el punto medio de la distancia entre el punto trocantéreo y el tibial lateral.

2.5. MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.

Al igual que ocurría con los puntos de referencia, veremos a continuación las medidas que el Manual de Cineantropometría (Esparza, 1993) considera como más importantes. Seguiremos señalando con negrita y un asterisco al final del nombre las que utilizaremos durante el curso.

2.5.1. MEDIDAS BÁSICAS.

- **Peso (P)***. Se mide con una balanza, sin que el sujeto vea el registro de la misma. Se anota el peso del sujeto en Kg. con, al menos, una décima de kilo, aunque es recomendable una precisión de ± 50 gr.
- **Talla (T o H) ***. Se mide con el tallímetro ó el antropómetro (Figura 22) y es la distancia del suelo al vértex. El sujeto debe estar de pie, con los talones juntos y los pies formando un ángulo de 45° . Los talones, glúteos, espalda y región occipital deben de estar en contacto con la superficie vertical del antropómetro. El registro se toma en cm, en una inspiración forzada el sujeto y con una leve tracción del antropometrista desde el maxilar inferior, manteniendo al estudiado con la cabeza en el plano de Frankfort (Figura 23).



Figura 22. Medición de estatura con antropómetro. Figura 23. Plano de Frankfort.

- **Talla Sentado (Ts)*.** Es la distancia desde el vértex a la superficie horizontal donde está sentado el sujeto, expresada en centímetros. Se puede tomar la altura desde el suelo al banco y luego restar la altura del banco, o bien, tomar la altura desde el banco al vértex directamente (Figura 24). El ángulo entre piernas y tronco debe ser de 90° . La espalda y la cabeza deben de estar verticales y se realiza la medición durante una inspiración forzada y con la cabeza en el plano de Frankfort. El resultado se registra en cm.
- **Envergadura:** Es la mayor distancia entre los puntos del dedo medio de la mano derecha y la izquierda expresada en centímetros. Para ello se anima al sujeto que alcance la máxima distancia posible entre los dos dedos. Se registra con un antropómetro o una cinta métrica fijada a la pared y paralela al suelo (Figura 25).



Figura 24. Talla Sentado.



Figura 25. Envergadura.

2.5.2. ALTURAS

Son las distancias que existen entre el punto anatómico que las define y el suelo, cuando el sujeto se encuentra en la posición anatómica (Figura 27). Se miden con el antropómetro y se expresan en centímetros. Las más usuales son las siguientes:



- **Acromial (Ac) *.** Es la distancia desde el punto acromial al plano de sustentación (Figura 26).
- **Radial (Rd).** Es la distancia desde el punto radial al plano de sustentación.

Figura 26. Altura Acromial.

- Estiloidea (Et). Es la distancia desde el punto estiloideo al plano de sustentación.
- **Dedal ó Dactilar (Dd) ***. Es la distancia desde el punto dedal medio al plano de sustentación.

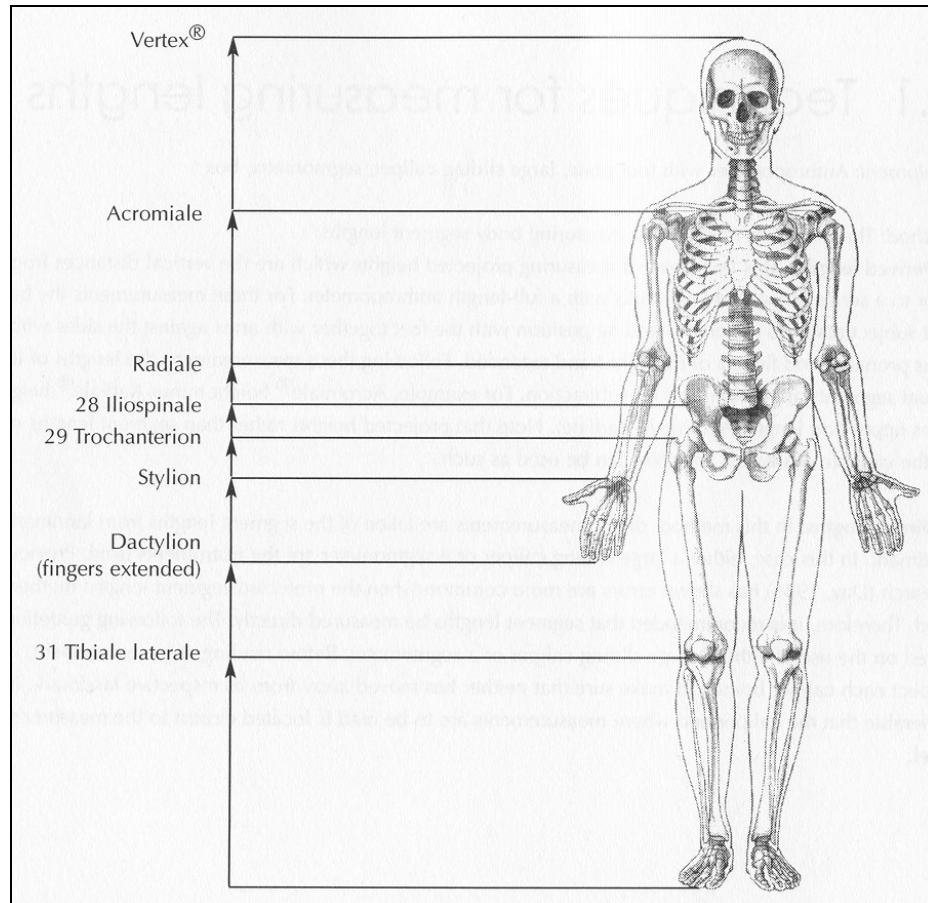


Figura 27. Alturas proyectadas desde el suelo (ISAK, 2001)



Figura 28. Error al tomar la altura ileoespinal. ¡Se está tomando en el punto ileocrestal!.

- **Ileoespinal (Il)***. Es la distancia desde el punto ileoespinal al plano de sustentación. A veces se considera la longitud de la extremidad inferior (Figura 28).
- Trocantérea (Tr). Es la distancia desde el punto trocantéreo al plano de sustentación.
- Tibial lateral (Tb). Es la distancia desde el punto tibial lateral al plano de sustentación.

- Maleolar Tibial (Mt). Es la distancia desde el punto maleolar tibial al plano de sustentación.
- Maleolar Peroneal (Mp). Es la distancia desde el punto maleolar peroneal al plano de sustentación.

2.5.3. LONGITUDES.

De las diferentes alturas se pueden extraer indirectamente varias longitudes, aunque también se pueden obtener directamente midiendo con el antropómetro, obteniéndose una medición expresada en centímetros. De ellas, podemos destacar:

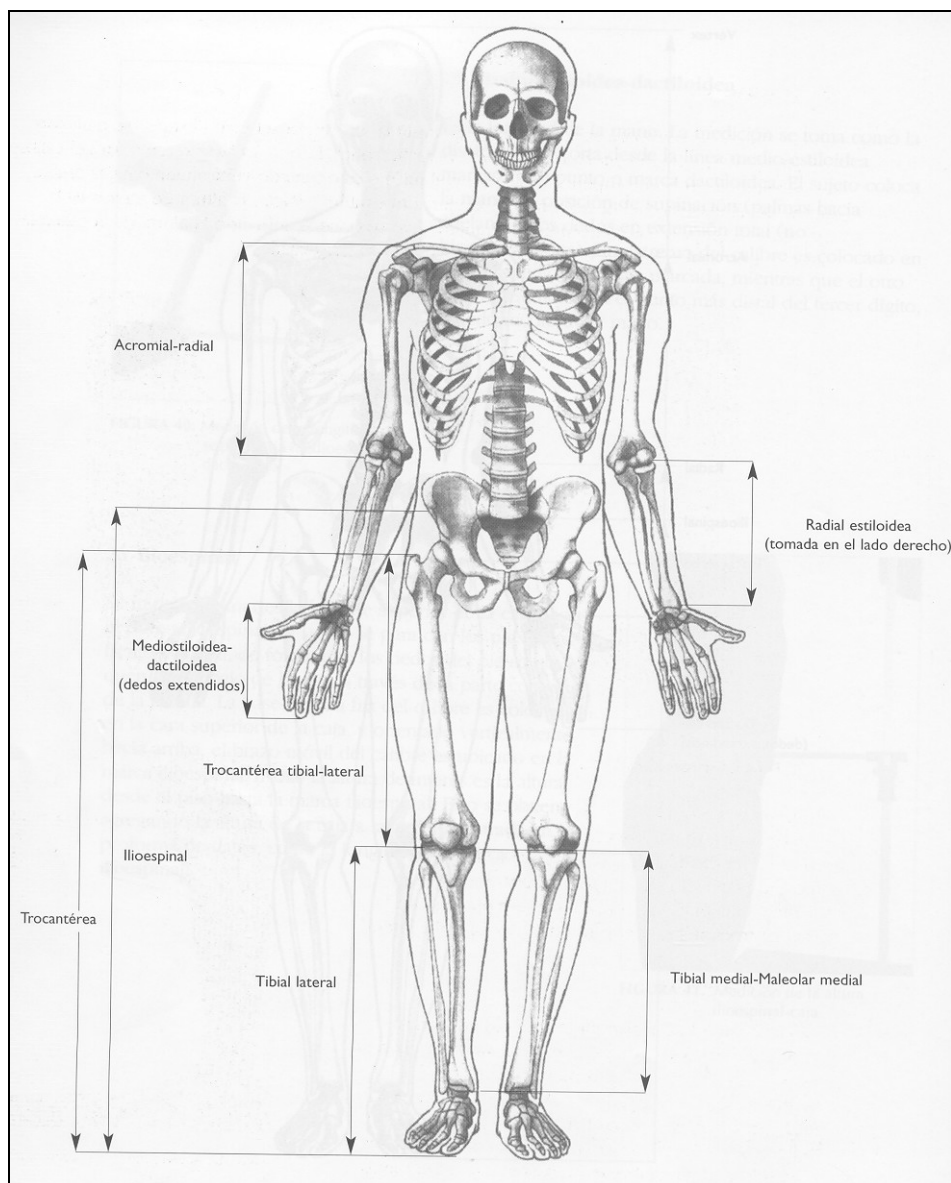


Figura 29. Longitudes óseas. (Norton y Olds, 2000)

- **L. Extremidad Superior 1 (Ac - Dd)*.** Es la distancia entre el punto acromial y el dedal. Se obtiene de la diferencia entra la altura acromial y la dedal media, aunque en la práctica, para evitar el error de los mediciones, se toma directamente con un antropómetro o una cinta antropométrica (mejor si es una cinta Lufkin) (Figura 30).



- **L. Extremidad Superior 2 (Ac - Et).** Es la distancia entre el punto acromial y el estiloideo. Se obtiene de la diferencia entre la altura acromial y la estiloidea.
- **L. Brazo (Ac - Rd).** Es la distancia entre el punto acromial y el radial. Se obtiene de la diferencia entre la altura acromial y la radial.

Figura 30. Longitud de la extremidad superior medida directamente con el antropómetro.

- **L. Antebrazo (Rd - Et).** Es la distancia entre el punto radial y el estiloideo. Se obtiene de la diferencia entre la altura radial y la estiloidea.
- **L. Mano (Et - Dd).** Se obtiene de la diferencia entre la altura estiloidea y la dedal. Directamente se obtiene con la distancia entre el punto medio estiloideo y el dedal medio, para ello el sujeto deberá tener la mano en supinación (Figura 31).
- **L. Extremidad Inferior (T - Ts) *.** Es la diferencia entre la talla y la talla sentado. Sin embargo, en algunos libros se considera esta longitud la altura ileocrestal ó la altura trocánterea.
- **L. Muslo 1 (T - Ts - Tb).** Es resultado de restar a la talla del sujeto la talla sentado y la altura tibial.
- **L. Muslo 2 (Tr - Tb).** Se obtiene de la diferencia entre la altura trocánteres y la tibial. Si se mide de manera directa será la distancia entre el punto trocántereo y el tibial.
- **L. Tibia:** Es la medición directa desde el punto tibial medial al punto maleolar tibial. Para medirla el sujeto cruza la pierna derecha sobre la izquierda dejando la cara medial de la pierna en la horizontal (Figura 31).



Figura 31. Longitud de la mano.



Figura 32. Posición para medir longitud de la tibia.

2.5.4. PLIEGUES CUTÁNEOS.

Son el reflejo del tejido adiposo subcutáneo del sujeto. Al tomar los pliegues (Figura 33) registramos el espesor de una capa doble de piel y del tejido adiposo subyacente y se expresa en milímetros. Los pliegues se miden con el plicómetro y, a la hora de realizar la medición, hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

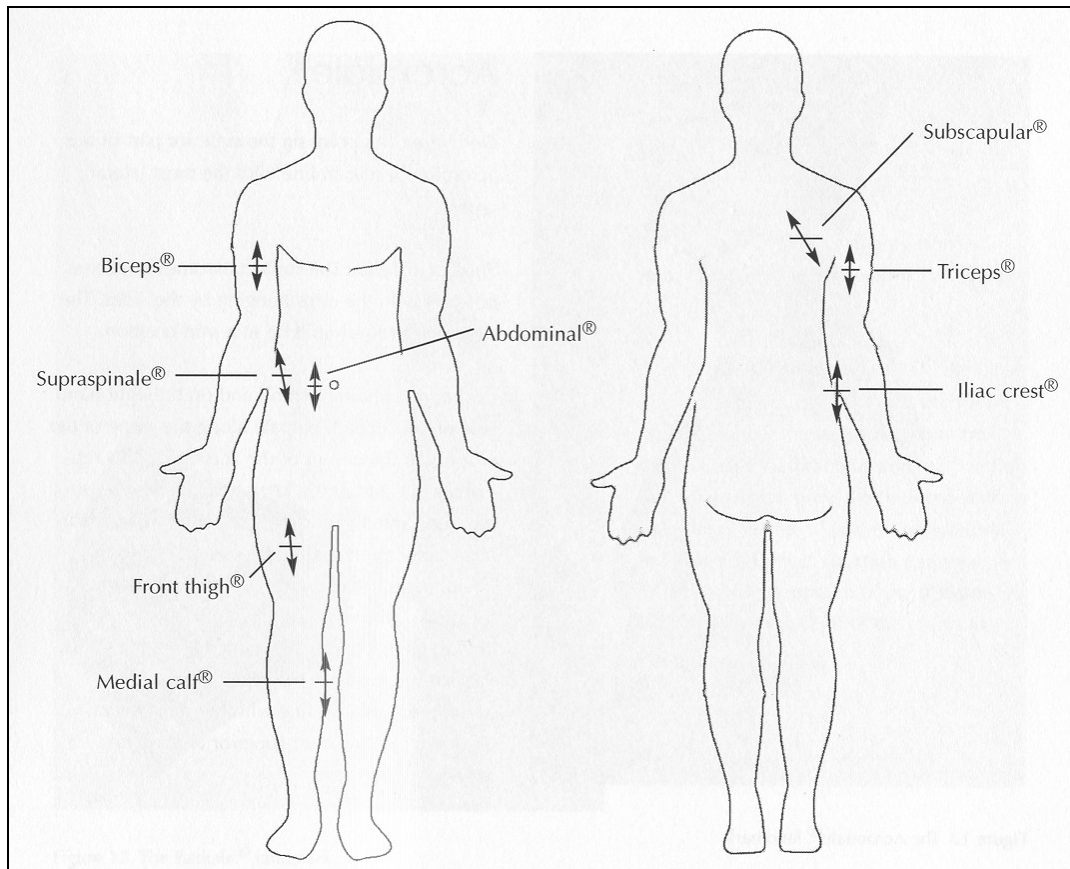


Figura 33. Localización de los pliegues y orientación de las ramas del plicómetro (ISAK, 2001).

- a) El tipo de plicómetro utilizado. El factor clave de la precisión del plicómetro es la presión ejercida por las ramas, que suele estar entre los 9 y 20 gr/mm², sin variar más de dos gr/mm² en su recorrido entre los 2 y los 40 mm.
- b) La localización del pliegue. Algunos pliegues son bastante fáciles de localizar y no presentan excesivas variaciones cuando se realizan varias mediciones. Sin embargo, otros como el pliegue del muslo y abdominal, suelen registrar más variación- En general, cuanto mayor sea el pliegue más difícil será realizar dos tomas similares, debido a la presión de las pinzas hacen que el panículo adiposo se distribuya de manera diferente en cada medición.
- c) El tamaño del pliegue. Con los dedos pulgar e índice se debe coger solamente el tejido subcutáneo. Para cerciorarnos de que no hayamos cogido tejido muscular, se puede pedir al sujeto que contraiga y relaje el músculo. El plicómetro se debe situar a 1 cm de los dedos y con las ramas del mismo perpendiculares a la superficie que estamos midiendo, tratando de coger el pliegue mínimo.
- d) La lectura del resultado. En casos de pliegues grandes, la lectura del plicómetro va disminuyendo muy rápidamente en los primeros instantes de la medición y, tras un periodo de disminución mucho más lenta, acaba estabilizándose. En estos casos, la lectura se suele realizar a los dos segundos del comienzo de la medición y manteniendo, siempre, la presión con los dedos.
- e) El número de tomas realizadas. Al menos se precisan 2 ó 3 medidas de un mismo pliegue, de los cuales se coge la media.
- f) El posicionamiento del plicómetro. Debe estar formando 90° con el segmento donde se localiza el pliegue que estamos midiendo.
- g) Las mediciones no se deberían tomar tras la competición. El ejercicio, el agua caliente y el calor corporal hace que se incremente el flujo sanguíneo, por lo que se incrementa el tamaño de los pliegues. También se ha sugerido que la deshidratación puede influir en la tensión y turgencia de la grasa subcutánea, sin embargo, no se han obtenido diferencias significativas al respecto (Norton et al., 2000, en ISAK, 2001).

Los pliegues más comunes son:

- **Pl. Tríceps** (*). Está situado en el punto medio acromio-radial, en la parte posterior del brazo. Es un pliegue vertical, y va paralelo al eje longitudinal del brazo (Figura 34).

- **1. Subescapular (*)**. Está situado a dos centímetros del ángulo inferior de la escápula, en dirección oblicua, hacia abajo y hacia fuera, formando un ángulo de 45° con la horizontal. Para realizar esta medida, se palpa el ángulo inferior de la escápula con el pulgar izquierdo, situamos en ese punto el dedo índice y desplazamos hacia abajo el dedo pulgar rotándolo ligeramente en el sentido horario, para así tomar el pliegue de manera oblicua a 45° con la horizontal (Figura 35).



Figura 34. Pliegue del tríceps.



Pliegue 35. Pliegue subescapular.

- **Pl. Bíceps (*)**. Está situado en el punto medio acromio-radial, en la parte anterior del brazo. El pliegue es vertical y corre paralelo al eje longitudinal del brazo (Figura 36).
- **Pl. Pectoral (*)**. Está localizado en la línea que une la axila con el pezón. Es el punto más próximo al faldón axilar y oblicuo hacia abajo (Figura 37). Se toma en el mismo lugar en ambos sexos.



Figura 36. Pliegue del bíceps.



Figura 37. Pliegue pectoral.

- **Pl. Axilar Medio.** Está localizado en la línea axilar media, a la altura de la articulación de la apófisis xifoides con el exterior, ó a nivel de la 5ª costilla. El sujeto deberá abducir ligeramente el brazo para poderse realizar la medición.
- **Pl. Ileocrestal (*)**. Está localizado justo encima de la cresta iliaca, en la línea medio axilar. El pliegue corre hacia delante y hacia abajo, formando un ángulo aproximado de 45° con la horizontal (Figura 38). El sujeto debe colocar su mano derecha a través del pecho.
- **Pl. Supraespinal o Suprailiaco anterior (*)**. Está localizado en la intersección formada por la línea del borde superior del íleon y una línea imaginaria que va desde la espina iliaca antero-superior derecha hasta el borde axilar anterior. Se sigue la línea natural del pliegue medialmente hacia abajo, formando un ángulo aproximado de 45° con la horizontal (Figura 39). En adultos este punto suele estar entre unos 5-7 cm por encima de la espina iliaca antero-superior.

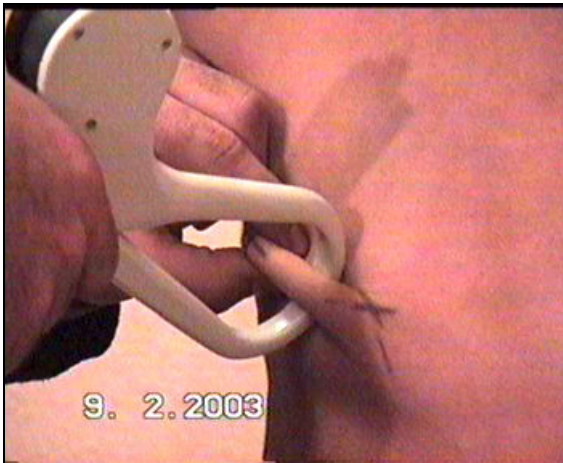


Figura 38. Pliegue ileocrestal.



Figura 39. Pliegue supraespinal.



- **Pl. Abdominal (*)**. Está situado lateralmente a la derecha, junto a la cicatriz umbilical en su punto medio. El pliegue es vertical y corre paralelo al eje longitudinal del cuerpo (Figura 40). No se debe coger la cicatriz umbilical cuando tomamos el pliegue.

Figura 40. Pliegue Abdominal.

- **Pl. Muslo Anterior (*)**. Está localizado en el punto medio de la línea que une el pliegue inguinal y el borde proximal de la rótula, en la cara anterior del muslo. El pliegue es longitudinal y corre a lo largo del eje mayor del fémur (Figura 41). Hay distintas formas de tomar este pliegue. Se le puede pedir al sujeto que se siente, o que extienda la pierna, apoyando el pié en un banco manteniendo la rodilla flexionada. En cualquier caso, lo más importante es que el cuádriceps esté relajado. En algunos casos, cuando el pliegue es muy grande, cuando existe mucho tono muscular en el cuádriceps, ó cuando existe mucha sensibilidad ó dolor en la zona, se le puede pedir al sujeto que se sujete él mismo el pliegue mientras se realiza la medición (Figura 42).



Figura 41. Pliegue del cuádriceps.



Figura 42. El sujeto colabora apretando la piel.

- **Pl. Pierna Medial (*)**. Está localizado a nivel de la zona donde el perímetro de la pierna es máximo, en su cara medial. Es vertical y corre paralelo al eje longitudinal de la pierna (Figuras 43 a y b). Para realizar la medición el sujeto podrá estar sentado, o de pié con la rodilla flexionada en ángulo recto y la pierna completamente relajada (apoyada sobre el banco antropométrico).



Figuras 43 a y 43 b. Pliegue de la pierna.

2.5.5. DIÁMETROS.

Son distancias entre dos puntos anatómicos expresadas en centímetros (Figura 44). Se miden con un gran compás, un antropómetro, ó un paquímetro, en función de la magnitud del mismo y su localización. Los más importantes son:

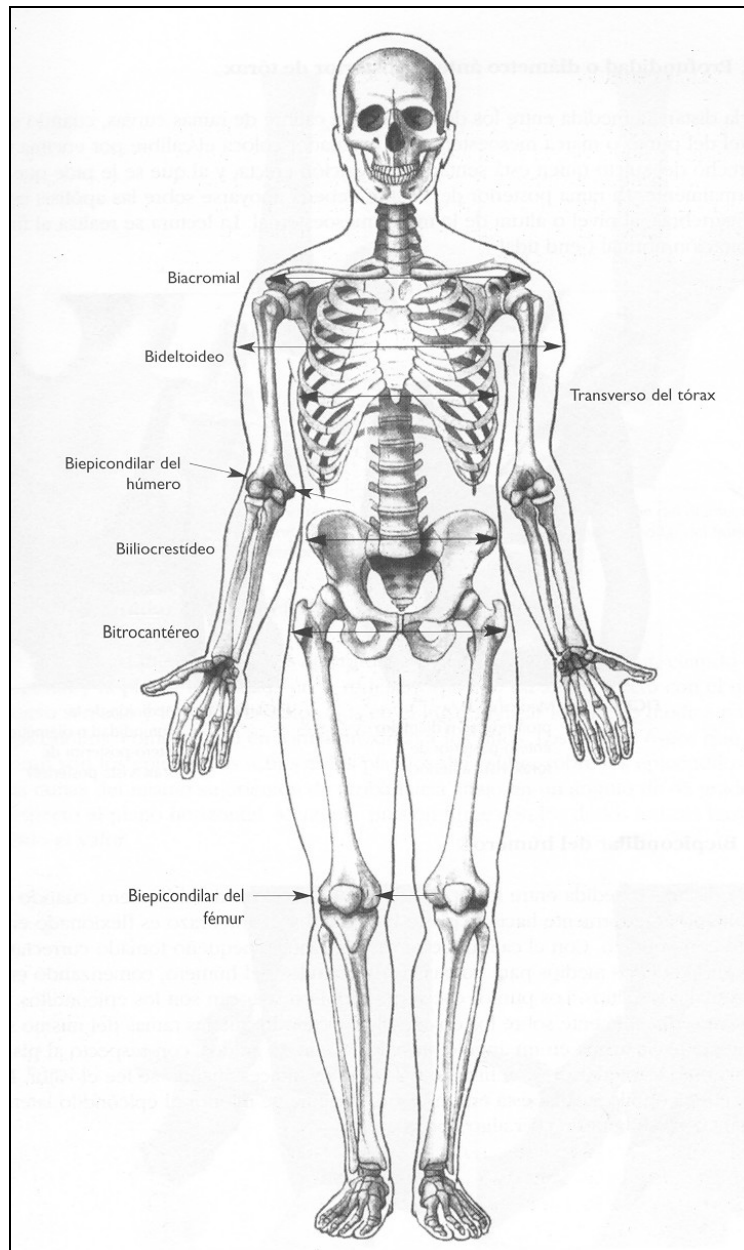


Figura 44. Diámetros óseos (Norton y Olds, 2000).

- **D. Biacromial (*)**. Es la distancia entre el punto acromial derecho y el izquierdo. Se toma por detrás del estudiado y con las ramas del gran compás o el antropómetro formando un ángulo de 45° con la horizontal (Figura 45).

- **D. Transverso del Tórax (*)**. Es la distancia entre los puntos más laterales del tórax a nivel de la cuarta costilla (punto mesoesternal). El antropometrista se sitúa delante del estudiado, que estará con el tronco extendido (Figura 46). La medida se toma al final de una espiración normal, no forzada. Esta medida puede variar si se coloca el gran compás en un hueco intercostal. Lo ideal sería localizar las ramas del compás o el antropómetro sobre la costilla más próxima al nivel de la cuarta costilla-en la articulación condroesternal.



Figura 45. Diámetro biacromial.



Figura 46. Diámetro transverso del tórax.

- **D. Antero-posterior del tórax (*)**. Es la distancia entre el punto mesoesternal del tórax y el proceso espinoso de la columna situado a ese nivel. Para tomarlo, el antropometrista se sitúa en el lado derecho del sujeto (Figura 47). La medida se toma en una espiración no forzada.
- **D. Biileocrestal (*)**. Es la distancia entre los puntos ileocrestales derecho e izquierdo (Figura 48). El antropometrista deberá situarse de frente al estudiado.



Figura 47. Diámetro antero-posterior del torax.



Figura 48. Diámetro biileocrestal

- **D. Bicondíleo de fémur (*)**. Es la distancia entre el cóndilo medial y lateral del fémur. El sujeto estará sentado, con una flexión de rodilla de 90° , y el antropometrista se coloca delante de él. Las ramas del calibre miran hacia abajo en la bisectriz del ángulo recto formado por la rodilla (Figura 49).
- **D. Bimaleolar**. Es la distancia entre el punto maleolar tibial y peroneo. La articulación del tobillo tiene que tener 90° de flexión. Se toma de manera oblicua, pues ambos maleolos están a distinta altura (Figura 50).



Figura 49. Diámetro bicondíleo del fémur.



Figura 50. Diámetro bimaleolar.

- **Longitud del pie**. Es la distancia entre los puntos anterior (Calcaneo ó Pternion) y posterior del pie (Anterior del Pie ó Akropodion) (Figura 51)
- **D. Transverso del pie**. Es la distancia entre el punto metatarsiano tibial y peroneal (Figura 52).



Figura 51. Longitud del pie.



Figura 52. Ancho del pie.

- **D. Biepicondileo de húmero (*)**. Es la distancia entre el epicóndilo y la epitroclea del húmero. El sujeto deberá ofrecer al antropometrista el codo en supinación y manteniendo en el mismo una flexión de 90° . Las ramas del calibre apuntan hacia arriba en la bisectriz del ángulo formado por el codo (Figura 53). La medida es algo oblicua, debido a que la epitroclea suele estar en un plano algo inferior al epicóndilo.
- **D. Biestiloideo (Muñeca) (*)**. Es la distancia entre la apófisis estiloides del radio y del cúbito. El sujeto debe tener el antebrazo en pronación con una flexión de muñeca de 90° . Las ramas del paquímetro se dirigen hacia abajo en la bisectriz del ángulo que forma la muñeca (Figura 54).

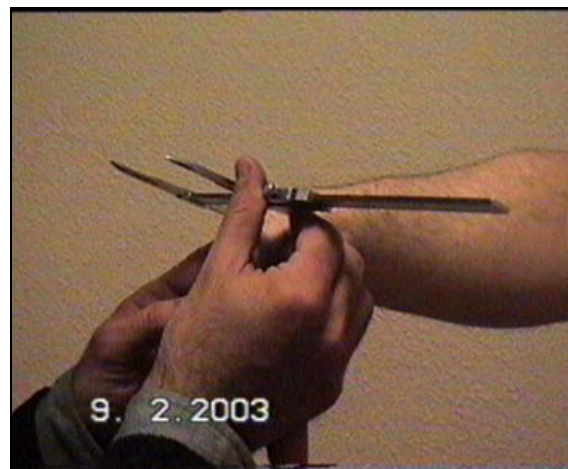
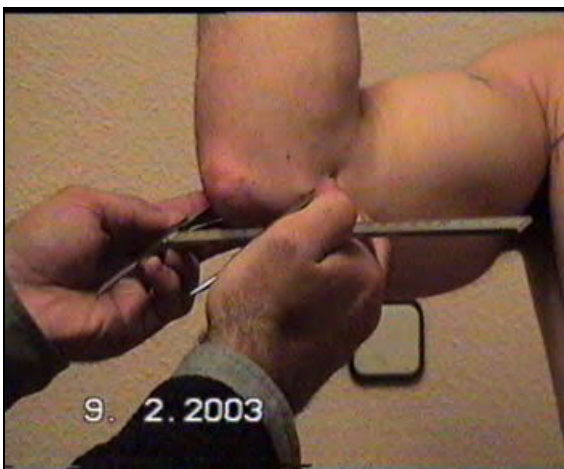


Figura 53. Diámetro biepicondileo del húmero. Figura 54. Diámetro biestiloideo de la muñeca.



Figura 55. Diámetro transversal de la mano.

- **D. Transverso de la mano**. Es la distancia entre el punto metacarpiano lateral y medial (Figura 55).

2.5.6. PERÍMETROS.

Son los contornos corporales, medidos con una cinta flexible e inextensible, y expresados en centímetros. Al realizar la medición no se deben comprimir los tejidos blandos de la zona (Figura 56).

- **P. Cefálico**. Es el máximo perímetro de la cabeza cuando la cinta se sitúa encima de la glabella. Se deberá hacer una fuerte tensión sobre la cinta para disminuir la influencia del pelo, evitando las coletas y las horquillas (Figura 57).

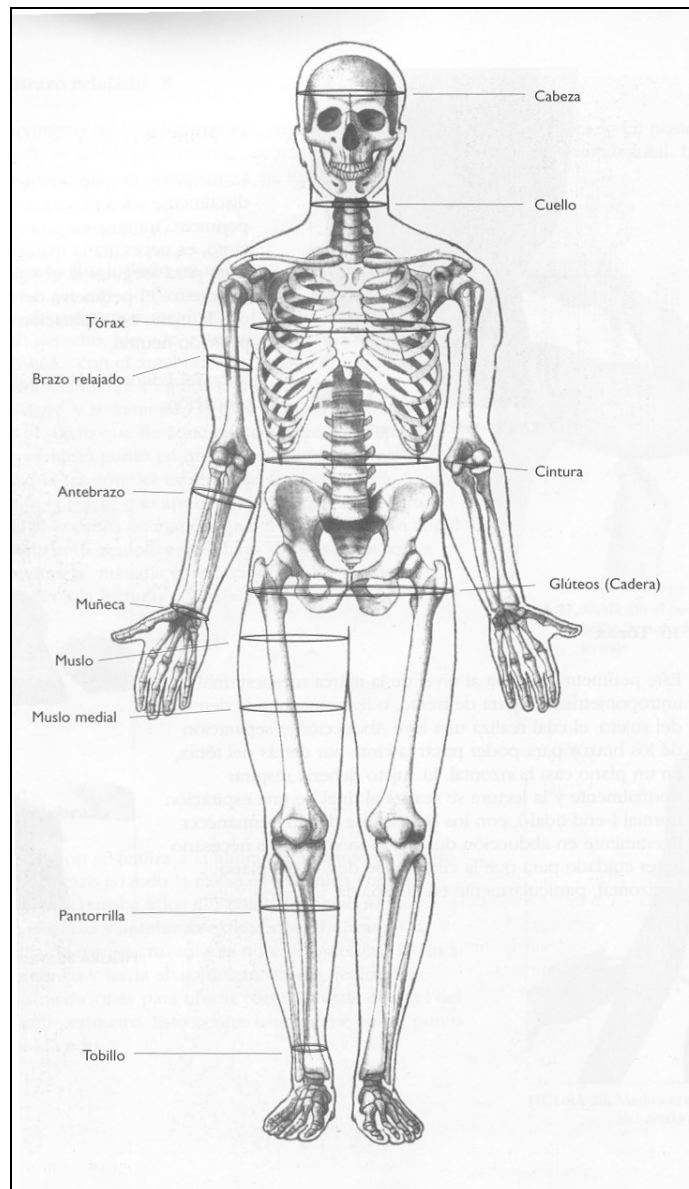


Figura 56. Perímetros corporales (Norton y Olds, 2000)

- **P. Cuello.** Es el perímetro del cuello, tomado por encima de la nuez de Adán o prominencia laríngea. La cinta debe colocarse perpendicular al eje del cuello, por lo tanto, no siempre debe posicionarse paralela al suelo (Figura 58).
- **P. Mesoesternal (Pecho) (*).** Medida del contorno del tórax a nivel de la cuarta articulación condroesternal (punto mesoesternal). Se le pide al sujeto que eleve los brazos, se coloca la cinta paralela al suelo, y el sujeto vuelve a dejar los brazos a los lados del cuerpo (Figura 59). La medición se toma en espiración no forzada.
- **P. Cintura (ó Abdominal 1) *.** Corresponde al menor contorno del abdomen, suele estar localizado en el punto medio entre el borde costal y la cresta iliaca (Figura 60).



Figura 57. Perímetro cefálico.



Figura 58. Perímetro del cuello.



Figura 59. Perímetro Mesoesternal.



Figura 60. Perímetro de cintura.



Figura 61. Perímetro de cadera.

- P. Cadera (Pélvico o glúteo). Es el contorno máximo de la cadera, aproximadamente a nivel de la sínfisis púbica y cogiendo el punto más prominente de los glúteos (Figura 61). El sujeto cruzará los brazos a l altura del pecho y no contraerá los glúteos.
- P. Umbilical (ó Abdominal 2). Es el contorno del abdomen a nivel de la cicatriz umbilical (Figura 62).

- **P. Muslo 1 (o Muslo 1 cm) (*)**. El contorno del muslo, tomado un centímetro por debajo del pliegue glúteo (figura 63).



Figura 62. Perímetro umbilical.



Figura 63. Perímetro muslo 1 (1 cm).

- **P. Muslo 2 (Medial)**. El contorno del muslo a nivel del punto medio trocantereo-tibial (Figura 64).
- **P. Pierna (*)**. Es el máximo contorno de la pierna. Para medirlo, el sujeto deberá estar de pie, con el peso repartido entre ambas piernas (Figura 65).



Figura 64. Perímetro muslo 2 (Muslo medial)



Figura 65. Perímetro de la pierna.

- **P. Tobillo (*)**. Es mínimo contorno de la pierna, por encima del maleolo tibial (Figura 66).

- **P. Brazo Relajado (*)**. Es el contorno del brazo relajado con el sujeto de pie y con los brazos extendidos a los lados del cuerpo. Se mide a nivel el punto medio entre el punto acromial y el radial (Figura 67).



Figura 66. Perímetro del tobillo.



Figura 67. Perímetro del brazo relajado.

- **P. Brazo contraído y flexionado (*)**. Es el contorno máximo del brazo contraído voluntariamente. El sujeto deberá colocar el brazo en abducción y en la horizontal. El antebrazo debe estar en supinación y con una flexión de codo de 45°. El antropometrista debe animar a realizar una contracción máxima de bíceps mientras se realiza la medición (Figura 68).
- **P. Antebrazo (*)**. Es el perímetro máximo del antebrazo, tomado con el codo extendido y el antebrazo en supinación (Figura 69).



Figura 68. Perímetro del brazo contraído.



Figura 69. Perímetro del antebrazo.

- **P. Muñeca (*)**. Es el mínimo contorno del antebrazo (Figura 70).



Figura 70. Perímetro de muñeca.

2.6. CÁLCULO DE LA EDAD DECIMAL.

Algunas veces, un estudio científico es importante precisar con decimales la edad de los sujetos, sobre todo cuando tratamos con niños de corta edad. En estos casos, cada día se considera 1/365 partes del año (0,003 años). Por lo tanto, habrá que calcular los años completos que tiene sujeto y el número de días, y, posteriormente, añadir al número entero años, la parte decimal correspondiente al número de días. Vamos a seguir al detalle todos los pasos para calcular la edad decimal de una persona que nació el 2 de Enero de 1970, el día 25 de Febrero de 2002:

1º.- Registrar el día de nacimiento y el día de la toma.

EJEMPLO:

Nacimiento = 2 - 1 - 70.

Día actual = 25 - 2 - 06 .

2º.- Tomar las partes enteras de ambas fechas:

Año nacimiento = 1970.

Año Actual = 2006.

3º.- Tomar las partes decimales del día del año:
(Ver Figura 71)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	000	085	162	247	329	414	496	581	666	748	833	915
2	003	088	164	249	332	416	499	584	668	751	836	918
3	005	090	167	252	334	419	501	586	671	753	838	921
4	008	093	170	255	337	422	504	589	674	756	841	923
5	011	096	173	258	340	425	507	592	677	759	844	926
6	014	099	175	260	342	427	510	595	679	762	847	929
7	016	101	178	263	345	430	512	597	682	764	849	932
8	019	104	181	266	348	433	515	600	685	767	852	934
9	022	107	184	268	351	436	518	603	688	770	855	937
10	025	110	186	271	353	438	521	605	690	773	858	940
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	027	112	189	274	356	441	523	608	693	775	860	942
12	030	115	192	277	359	444	526	611	696	778	863	945
13	033	118	195	279	362	447	529	614	699	781	866	948
14	036	121	197	282	364	449	532	616	701	784	868	951
15	038	123	200	285	367	452	534	619	704	786	871	953
16	041	126	203	288	370	455	537	622	707	789	874	956
17	044	129	205	290	373	458	540	625	710	792	877	959
18	047	132	208	293	375	460	542	627	712	795	879	962
19	049	134	211	296	378	463	545	630	715	797	882	964
20	052	137	214	299	381	466	548	633	718	800	885	967
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21	055	140	216	301	384	468	551	636	721	803	888	970
22	058	142	219	304	386	471	553	638	723	805	890	973
23	060	145	222	307	389	474	556	641	726	808	893	975
24	063	148	225	310	392	477	559	644	729	811	896	978
25	066	151	227	312	395	479	562	647	731	814	899	981
26	068	153	230	315	397	482	564	649	734	816	901	984
27	071	156	233	318	400	485	567	652	737	819	904	986
28	074	159	236	321	403	488	570	655	740	822	907	989
29	077	159	238	323	405	490	573	658	742	825	910	992
30	079	—	241	326	408	493	575	660	745	827	912	995
31	082	—	244	—	411	—	578	663	—	830	—	997
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Figura 71: Tabla de para el cálculo de la edad decimal (modificada de Weiner y Lourie, 1981)

Día nacimiento = 0,003. Día Actual = 0,151.

4º.- Restar a la cantidad total del día actual el de la fecha de nacimiento.

2006,151 - 1970,003 = **36,148 años.**

2.7. CÁLCULO DEL ERROR TÉCNICO DE MEDIDA.

¿Como podemos saber si estamos realizando bien las mediciones?. ¿En cuanto me equivoco al realizar las mediciones?. Para contestar esas preguntas se debe calcular el error técnico de medida cuya fórmula es:

$$E.T.M. = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

, donde “d” es la diferencia entre un par de mediciones, y “n” es el número de pares de mediciones.

Veamos un ejemplo. Imaginamos que del pliegue del tríceps hemos cogido cuatro medidas diferentes, que se pueden ver en la Tabla 1:

	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	\bar{X}
Pliegue del tríceps	6,8	6,2	6,0	7,0	6,5

Tabla 1: Valores de cuatro tomas del pliegue del tríceps tomadas por un mismo antropometrista.

1º.- Calculamos las diferencias entre cada par de mediciones. El número de pares (n) estará en función del número de mediciones (m), siendo $n = \sum_1^{m-1} m$.

2º.- Elevamos al cuadrado esas diferencias (recordar que el cuadrado de un número negativo es siempre un número positivo).

3º.- Hacemos la suma de las diferencias al cuadrado:

4º.- Dividimos el resultado entre el doble del número de pares.

5º.- Realizamos la raíz cuadrada de este último resultado. Con ello obtenemos el Error Técnico de Medida (E.T.M.).

6º.- El E.T.M. es absoluto. Sin embargo, si cometemos un error de 2 milímetros en una altura no es tan importante como cometer un error de 2 mm en un pliegue de grasa. Para valorar de una forma real el error que hemos cometido debemos hacer el E.T.M. relativo a la magnitud de la medida que hemos tomado. Para ello, utilizamos como referencia la media de todos los valores que hemos obtenido, según la fórmula:

$$\% \text{ E.T.M} = 100 * \left(\frac{\text{E.T.M}}{\bar{X}} \right)$$

Los pasos del 1 al 5 se pueden ver resumidos en la Tabla 2.

Por lo general, se admite una tolerancia de un 5% en pliegues cutáneos y de un 2% en el resto de medidas. El porcentaje de E.T.M. supera los límites permitidos de error en pliegues cutáneos, por lo tanto, dicha medición no ha sido bien realizada, al existir grandes diferencias entre las distintas tomas que se realizaron.

	Par	Diferencia	d ²
1	Toma 1 – Toma 2	0,6	0.36
2	Toma 1 – Toma 3	0.8	0.64
3	Toma 1 – Toma 4	- 0.2	0.04
4	Toma 2 – Toma 3	0.2	0.04
5	Toma 2 – Toma 4	-0.8	0.64
6	Toma 3 – Toma 4	-1.0	1
$\sum d^2$			≈ 2.72
$2n$			12
$\sum d^2 / 2n$			$\approx 0,23$
$\text{E.T.M.} = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$			$\approx \mathbf{0,48 \text{ (mm)}}$
$\% \text{ E.T.M} = 100 * \left(\frac{\text{E.T.M}}{\bar{X}} \right)$			$\approx \mathbf{7,37 \%}$

Tabla 2: Cálculos para obtener el porcentaje del E.T.M. de los datos expuestos en la Tabla 1.

En la página 65 del Manual de Cineantropometría de la FEMEDE (Esparza, 1993), se puede ver una tabla con la tolerancia del E.T.M. absoluto en las distintas variables antropométricas. Las tolerancias suelen estar entre 1 y 2 milímetros, llegando a 3 mm en el caso de variables como el diámetro transversal del tórax o la estatura, y de 0,5 kg en el caso del peso. En el caso de los pliegues, únicamente se indica el 5%. No es necesario realizar una tercera medición en caso de que en las dos primeras no se superen estos márgenes de tolerancia.

2.8. LA FICHA ANTROPOMÉTRICA BÁSICA (Ó PROFORMA).

Antes de comenzar un estudio, se deberá confeccionar una ficha antropométrica que contenga todos los datos que nos interesen del sujeto (Nombre, edad, domicilio, teléfono, especialidad que practica, horas de entrenamiento, hora del día en que se realiza la medición, etc.), además de las variables que vayamos a registrar, ordenadas de tal forma que la medición se haga lo más rápidamente posible. Por lo tanto, si se van a realizar mediciones con distintos aparatos, deberán colocarse una detrás de otra todas las medidas a realizar con un mismo aparato.

Además, para realizar la distribución de las variables en la lista, deberemos tener en cuenta los desplazamientos que deban realizar tanto el antropometrista como el sujeto con el fin de reducirlos al mínimo.

2.9. CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN INSTRUMENTO DE MEDIDA.

En general, para que un instrumento de medida (aparato o test) se pueda utilizar en un estudio científico, se deben probar su validez, fiabilidad y objetividad (Thomas y Nelson, 1996).

A) VALIDEZ. Debe probarse que el instrumento mide lo que en realidad dice medir. Parece claro que una cinta métrica mida centímetros, pero no está tan claro que un plicómetro mida la grasa (el tamaño de un pliegue, en realidad) con una presión de sus ramas de 10 gr/mm², o que un test de Cooper mida la capacidad aeróbica del sujeto. Para ello, hay que comparar, para una misma muestra de sujetos, los resultados obtenidos cuando se les aplica un instrumento válido, con los resultados del nuevo instrumento (el cuál estamos intentando probar su validez).

B) FIABILIDAD. Una vez probada la validez del nuevo instrumento de medida, se debe comprobar su fiabilidad, o sea, si los resultados obtenidos con ese instrumento son los mismos entre una toma y otra. Una báscula es muy fiable si nos pesamos una vez y, cinco segundos más tarde, nos volvemos a pesar obteniendo exactamente el mismo resultado. En el caso un plicómetro, la fiabilidad no es tan clara pues podemos tomar un

pliegue de tríceps de 10 mm e, inmediatamente después, tomar el pliegue en el mismo lugar al mismo sujeto obteniendo un resultado de 12 mm

Para probar la fiabilidad de un instrumento de medida, un investigador tendrá que tomar los datos a una muestra grande de sujetos (test) y, antes de que cualquier factor pueda influir en los resultados, el mismo investigador deberá repetir medición a la misma muestra de sujetos y con el mismo aparato (re-test).

C) OBJETIVIDAD. Por último, se debe probar la objetividad del instrumento de medida, o sea, si los resultados obtenidos son los mismos independientemente de la persona que realice la medición. Una báscula es muy objetiva, porque, independientemente de quien la utilice para medir a otra persona, va a obtener el mismo resultado. En el caso un plicómetro, la objetividad en su uso dependerá de un buen criterio a la hora de realizar la medición; sin embargo, por mucho que queramos coger el pliegue en el mismo sitio, la presión con los dedos del investigador al coger el pliegue y la distribución diferente en cada toma del panículo adiposo puede hacer que dos investigadores obtengan resultados distintos para un mismo sujeto.

Por lo tanto, para probar la objetividad de un instrumento de medida (ya sea un aparato o un test), un investigador deberá tomar los datos a una muestra grande de sujetos (test y re-test) y, posteriormente, un segundo investigador deberá repetir la medición a la misma muestra de sujetos, con el mismo instrumento, y tratando de seguir el mismo protocolo.

Para obtener la relación entre dos tomas de datos de una misma muestra, en el caso de que la variable a estudiar sea continua, se suele utilizar el coeficiente de correlación de Pearson que nos proporciona un número que va de “- 1” a “+1”. Una buena correlación se consideraría cuando el valor absoluto del Coeficiente de Pearson fuera superior a 0,6 (o sea, de “-1” a “-0,6” y de “0,6” a “1”).

- Valores positivos indican una relación directa entre los grupos (cuando la medición es grande con un instrumento → también es grande con el segundo). Cuanto mayor sea el valor del coeficiente mayor será esa relación.
- Valores negativos indican una relación indirecta entre los grupos (cuando la medición es grande con un instrumento → es pequeña con el segundo). Cuanto menor sea el valor del coeficiente mayor será esa relación.

- Valores próximos a “0” indican la ausencia de relación entre grupos entre los grupos (en algunos sujetos de la muestra la relación es directa, en otros es inversa).

Aunque aquí hayamos utilizado el coeficiente de correlación de Pearson, existen otras técnicas para poder validar un instrumento de medida; sin embargo, son algo más complicadas de desarrollar. Un ejemplo de estas técnicas sería el grado de congruencia (Brand, 1995) en la que no se parte de la idea de que uno de los métodos es válido que el otro (como se plantea en la técnica que hemos utilizado en este tema).

2.10. BIBLIOGRAFÍA DEL TEMA.

- Brand, M. (1995) An Introduction to medical statistics. (2nd Edition). Oxford: Oxford University Press.
- Esparza, F. (Ed) (1993). Manual de Cineantropometría. Pamplona: (GREC) FEMEDE.
- ISAK (2001). International Standards for Anthropometric Assessment. Unerdale: ISAK.
- Norton, K. Y Olds, T. (2000) Antropometría. Rosario, Argentina: Biosystem.
- Thomas, J.R., y Nelson, J.K. (1996). Research methods in physical activity. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers.
- MacDougall, J.D., Wenger, H.A., y Green, H.J. (Eds) (1991). Physiological Testing of the elite Athlete. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers.
- Lohman, T.G., Roche, A.F., y Martorell, R. (1988). Anthropometric Standardization Reference Manual. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers.
- Weiner, J.S., y Lourie, J.A. (1981). Practical Human Biology. Londres: Academic Press. En: Pacheco J.L. (1993) Antropometría de los Atletas Españoles de Élite. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. UCM.).

TEMA 3. EL SOMATOTIPO.

3.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA TIPOLOGÍA CORPORAL. ESCUELAS BIOTIPOLOGÍAS.

El término “somatotipo” corresponde, en cierta medida, con el de “biotipo” y es una de las tareas más frecuentes de la Cineantropometría. Cuando se determina el somatotipo, se incluye al sujeto dentro de una clasificación en función de su forma corporal externa.

Hipócrates y Galeno utilizaban una clasificación la cual incluía dos tipos de sujetos:

- Tísicos o delgados, que eran los que tenían un mayor desarrollo en el eje longitudinal y, normalmente, tenían una personalidad introvertida.
- Apopléticos o musculosos, que tenían un mayor desarrollo en el eje transversal y poseían una personalidad más extrovertida.

Leonardo da Vinci, en su búsqueda del ideal de belleza clásico, establece un modelo estético en función de las proporciones corporales.

A partir del Siglo XVII comienzan a aparecer distintas Escuelas Biotipológicas con distintos criterios de carácter somático, psíquico o somatico-psíquico. Entre ellas destacan:

- Escuela Italiana: Tenía su epicentro en la Universidad de Padua. Era una escuela esencialmente antropométrica.
 - Viola de Bologna definió tres tipos morfológicos:
 - ◆ Braquitipo.
 - ◆ Normotipo.
 - ◆ Longotipo.
 - Nicola Pende, por su parte, consideraba únicamente dos tipos de sujetos:
 - ◆ Longilíneo (Asténico o Esténico), que se caracterizaban por un desarrollo de las extremidades con respecto al tronco, del sistema nervioso y de la musculatura.

- ◆ Brevilíneo (Asténico o Esténico), con un mayor desarrollo del tronco respecto a las extremidades y una mayor vida vegetativa.
- Escuela Francesa: Tenía un carácter esencialmente anatómico.
 - Hallé. Definió tres temperamentos (Vascular, Muscular y Nervioso) en función de tres regiones (Cefálica, Torácica o Abdominal).
 - Sigaud. Determinó los biotipos en función de la influencia que ejercía el medio ambiente sobre ellos (Atmosférico, Alimenticio y Ambiente Social).
- Escuela Alemana: Estuvo representada por Ernst Kretschmer, quién clasificó a los individuos en función de sus hábitos y su carácter psíquico.
 - ◆ Leptosomáticos.
 - ◆ Atlético.
 - ◆ Pícnico.
 - ◆ Displásico. Por primera vez aparece una clasificación para aquellos que individuos “anormales”.
- Escuela Americana: Su máximo exponente fue Sheldon, que definió un método basado en el estudio de fotografías denominado el método fotoscópico de Sheldon. Para ello se tomaban tres fotografías con tres planos diferentes, de las cuales, con un calibre especial y muy preciso, se tomaban diecisiete medidas sobre los negativos.

Sheldon desarrolló este método con una muestra de 4000 sujetos y definió el somatotipo, por primera vez, como una cuantificación de los tres componentes primarios del cuerpo humano expresada en tres cifras. Estos tres componentes primarios eran: grasa, músculo y linealidad.

Para su clasificación, tomaba como referencia tres capas embrionarias de donde se derivan los tejidos. Estas capas son:

- ◆ ENDODERMO: Origina estructuras como el tubo digestivo, el aparato respiratorio, la vejiga urinaria, gran parte de la uretra, la próstata, la trompa auditiva y la cavidad timpánica.

- ◆ MESODERMO: Origina el esqueleto, el techo de la faringe, el sistema urogenital, el corazón, el pericardio y la musculatura, tanto lisa como estriada, excepto el músculo del iris.
- ◆ ECTODERMO: Origina el sistema nervioso central, la piel, las faneras (órganos sexuales), la retina y los músculos del iris.

3.2. EL MÉTODO DE SHELDON PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS HUMANAS. VARIACIONES DEL MÉTODO SHELDON.

Para Sheldon, el sujeto se podía clasificar dentro de uno de estos tres grupos

- ◆ ENDOMORFO: El sujeto tendría un predominio del sistema vegetativo y tendencia a la obesidad. Tienen un bajo peso específico, y son flácidos y con formas redondeadas.
- ◆ MESOMORFO: Pertencerían a esta clasificación los sujetos con un predominio de los huesos, los músculos y el tejido conjuntivo. Tendrán un mayor peso específico que los endomorfos.
- ◆ ECTOMORFO: Con un predominio de las medidas longitudinales sobre las transversales, por lo que tendrán una gran superficie con relación a su masa corporal.

El somatotipo, según lo concebía Sheldon, dependía de la carga genética del individuo y no era modificable por factores exógenos como la actividad física, la nutrición y los factores ambientales (!).

Las cifras de cada componente tenían valores entre 1 y 7 y la suma de los tres estaba entre 9 y 12. Ejemplo: (ENDOMORFIA 3 – MESOMORFIA 5 – ECTOMORFIA 2) → Suma = 10.

Sheldon utilizó el triángulo de Franz Reuleaux para representar gráficamente el Somatotipo (Ver Figura 72).

Hooton no limitó la suma a un valor entre 9 y 12, y Cureton coloca el componente ectomorfo a la izquierda y en endomorfo a la derecha, al contrario de cómo lo hacían el resto de los autores y de cómo se hace en la actualidad.

Parnell elabora una carta de derivación M4 para adultos y otra para niños.

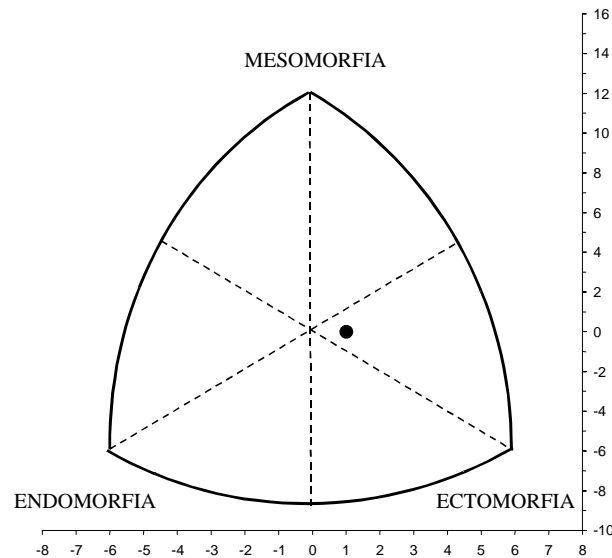


Figura 72: Triángulo de Franz Reuleaux, con una representación de un somatotipo (1,0) y la situación habitual de la endomorfia, mesomorfia y ectomorfia.

3.3. EL SOMATOTIPO DE HEATH-CARTER.

El formato de somatotipo que se conoce más en la actualidad fue una modificación que Barbara Heath (1948-1953) hizo del método fotoscópico de Sheldon. En 1964, con J.E.L. Carter, crea el método Heath-Carter (Carter y Heath, 1990).

Este método es el más utilizado desde entonces, y podemos encontrar de manera muy sencilla datos de referencia en los distintos deportes en muchos libros y revistas. Como ejemplo están los numerosos estudios en distintos Juegos Olímpicos.

El somatotipo es, en realidad, una “descripción numérica de la configuración morfológica de un individuo en el momento de ser estudiado”. Carter, de manera contraria a lo que Sheldon pensaba, sí entendía que la tipología del individuo podía estar influida por factores exógenos como la edad y el sexo, el crecimiento, la actividad física, la alimentación, factores ambientales, el medio socio-cultural (y la raza).

3.4. METODOLOGÍA DEL CÁLCULO DEL SOMATOTIPO.

- ◆ ENDOMORFIA: Para ello, necesitamos el Pl. Tríceps, el Pl. Subescapular, el Pl. Suprailiaco en mm). El resultado, es, de nuevo un número entre 1 y 14.

Una vez obtenidas las medidas se introducen en la fórmula:

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

, donde, $x = \Sigma$ (pliegue del tríceps, subescapular y suprailíaco en mm)

En la práctica, se suele utilizar el valor de “x” corregido para la estatura con la siguiente fórmula:

$$X \text{ CORREGIDO} = X * \frac{170,18}{\text{Estatura}}$$

- ♦ MESOMORFIA: Para el cálculo de la mesomorfía, se precisa tomar el D. Biepicondileo del húmero (cm), el D. Bicondíleo del fémur (cm), el P. Brazo contraído (cm), el P. Pierna (cm), la Estatura (cm), el Pl. Tríceps (cm), el Pl. Pierna (cm). El resultado es un número del 1 al 14 y se obtiene de la fórmula

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

, donde:

- U = Diámetro biepicondileo de Húmero (cm)
- F = Diámetro bicondíleo del Fémur (cm)
- B = Perímetro corregido del brazo (cm) = P. Brazo – Pliegue Tríceps (cm)
- P = Perímetro corregido de la pierna (cm) = P. Pierna – Pliegue Pierna (cm)
- H = Estatura (cm).

- ♦ ECTOMORFIA: Únicamente se precisa la talla y el peso. Su valor está es un número comprendido entre 0,5 y 9. Para el cálculo de la ectomorfía se debe calcular el índice ponderal con la siguiente fórmula:

$$\text{INDICE PONDERAL} = \frac{\text{Estatura}}{\sqrt[3]{\text{Peso}}}$$

, donde la estatura expresa en centímetros y el peso en kilos.

En función del resultado del índice ponderal se establece la ectomorfía con los siguientes criterios:

Si I.P > 40,75	ECTOMORFIA = (IP * 0,732) - 28,58
Si I.P < 40,75 y > 38,28	ECTOMORFIA = (IP * 0,463) - 17,63
Si I.P < 38,28	ECTOMORFIA = 0,1

Una vez establecidos los distintos componentes se deben de pasar a una somatocarta. Para ello, los tres componentes deben convertirse en sólo dos (x e y). De esta manera se pueden representar en un solo plano. Dicha conversión se realiza por medio de las siguientes fórmulas:

$$X = ECTOMORFIA - ENDOMORFIA$$

$$Y = (2 * MESOMORFIA) - (ECTOMORFIA + ENDOMORFIA)$$

La peculiaridad de la somatocarta es que los ejes no son proporcionales. La unidad de eje vertical (Y) es mayor que la del eje horizontal (X). La relación entre ellos es “ $Y = X/\sqrt{3}$ ”.

Vamos a realizar la obtención de las coordenadas “X” e “Y” por medio de la suma vectorial de los tres componentes del somatotipo. De esta forma, comprenderás mejor la procedencia de las fórmulas para obtener las coordenadas “X” e “Y” del somatotipo, y el concepto de que las coordenadas resultantes sean el resultado de sumar independientemente las proyecciones sobre los ejes “X” e “Y” de las tres componentes del somatotipo.

Para realizar la suma vectorial de las componentes se debe trazar un vector que represente a cada una de las componentes en su eje correspondiente y, posteriormente, realizar la suma vectorial.

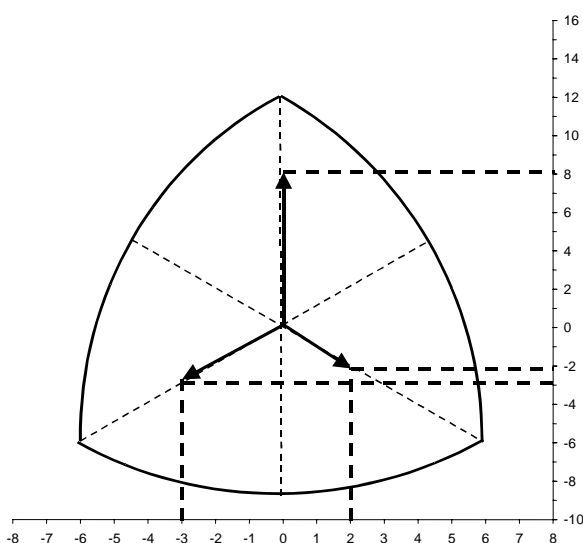


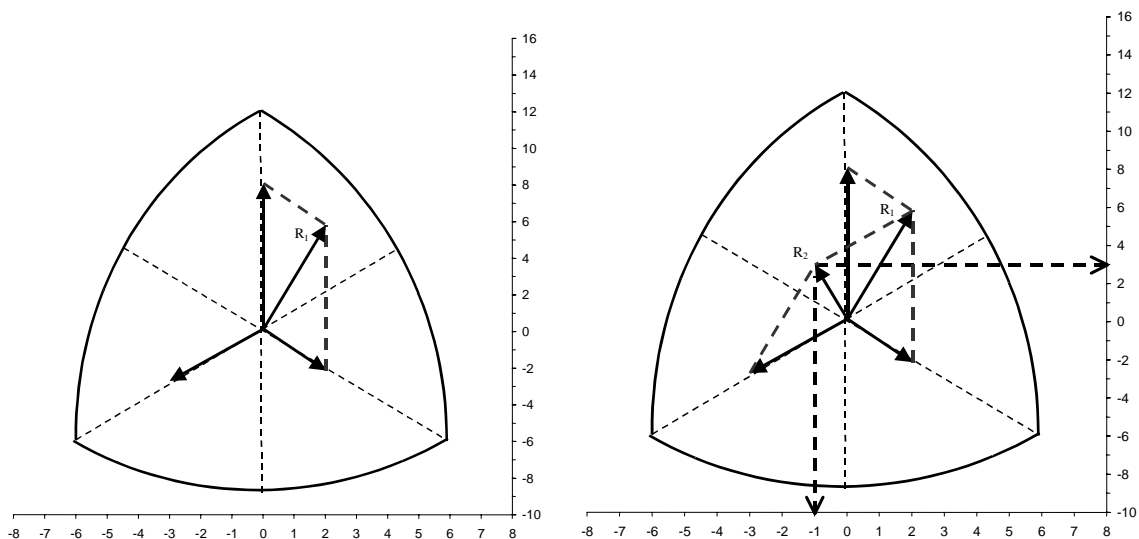
Figura 73.- Vectores de las tres componentes.

Fíjate en el siguiente ejemplo, correspondiente a un somatotipo (3, 4, 2), que tiene como coordenadas (-1, 3):

1º.- Se dibujan los vectores de cada uno de las componentes con el origen en el origen de coordenadas (0,0). Para ello, se proyecta el valor de cada componente sobre el eje “X” ó el eje “Y” (o ambos) (ejes dibujados con líneas discontinuas en la somatocarta (Ver Figura 73).

Hay que tener en cuenta que los ejes están “deformados” para representar una imagen tridimensional en sólo dos dimensiones. Por lo tanto, deberás multiplicar por dos el valor real de la componente “Mesomorfia” antes de representar el vector. En el ejemplo, la mesomorfia es “4” y se representa como un vector con origen en (0,0) y extremo en (0,8). Las otras componentes no se multiplican por dos. En el ejemplo, la endomorfia, que tiene un valor de “3”, se representa como un vector de origen en (0,0) y extremo en (-3,-3), y la ectomorfia, con un valor de “2”, es un vector de origen también en (0,0) y de extremo (-2,2).

2º.- Siguiendo las reglas de suma de vectores por paralelogramos, se suman dos de los tres vectores. En el ejemplo, se han sumado la ectomorfia y la mesomorfia para obtener el vector resultante “ R_1 ” (Ver Figura 74).



Figuras 74 y 75.- Suma vectorial de las tres componentes.

3º.- Posteriormente, se suma el vector resultante con la componente que queda. En nuestro ejemplo, sumaremos, con la misma técnica del paralelogramo el vector “ R_1 ” con el vector que representa la endomorfia.

El resultado es el vector “ R_2 ” que, como puedes ver tiene origen en (0,0) y extremo en (-1,3). El extremo corresponde exactamente con las coordenadas “X” e “Y” del somatotipo (3,4,2). (Ver Figura 75).

A partir de los valores de cada uno de los componentes del somatotipo, el sujeto se puede clasificar como (Ver figura 76):

- A) Mesomorfo balanceado. La mesomorfia es la dominante y la endomorfia y la ectomorfia son iguales, sin diferenciarse en más de 0,5.
- B) Endomorfo balanceado. La endomorfia es dominante y la mesomorfia y ectomorfia son iguales, sin diferenciarse en más de 0,5.
- C) Ectomorfo balanceado. La ectomorfia es dominante y la mesomorfia y endomorfia son iguales, sin diferenciarse en más de 0,5.
- D) Mesomorfo-Endomorfo. La endomorfia y la mesomorfia son iguales, o no se diferencian más de 0,5, y la ectomorfia es menor.
- E) Mesomorfo-Ectomorfo. La ectomorfia y la mesomorfia son iguales, o no se diferencian más de 0,5, y la endomorfia es menor.
- F) Endomorfo-Ectomorfo. La endomorfia y la ectomorfia son iguales, o no se diferencian más de 0,5, y la mesomorfia es menor.

Las otras seis posiciones (de la "G" a la "L") se nombran con el prefijo del componente más alejado y, como sufijo, el nombre el componente más cercano.

- G) Meso-Endomorfo.
- H) Endo-Mesomorfo.
- I) Ecto-Mesomorfo.
- J) Meso-Ectomorfo.
- K) Endo-Ectomorfo.
- L) Ecto-Endomorfo.

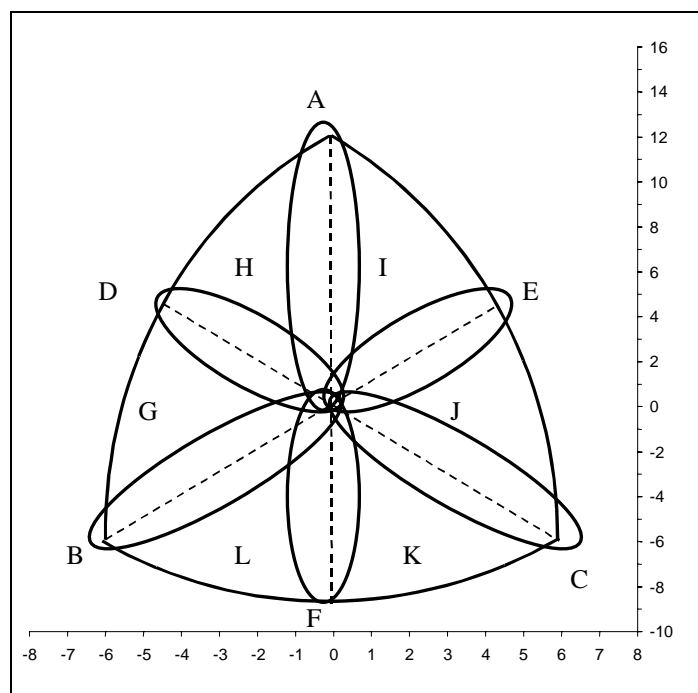


Figura 76: Clasificación del sujeto en función de la localización en la somatocarta.

3.5. ANALISIS INDIVIDUAL DEL SOMATOTIPO.

El somatotipo de un individuo no sirve de nada si no lo comparamos consigo mismo en distintas etapas de su vida, ó con el de otro sujeto o grupo de sujetos que practiquen o nó su deporte.

A) DISTANCIA DE DISPERSIÓN DEL SOMATOTIPO.

Compara el Somatotipo Individual con un Somatotipo de referencia:

$$SDD = \sqrt{3(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

, donde X_1 e Y_1 son las coordenadas del somatotipo del sujeto estudiado y X_2 e Y_2 son las coordenadas del somatotipo de referencia.

La “ $\sqrt{3}$ ” corresponde a la relación entre las unidades “X” e “Y” en la somatocarta.

Hay que considerar que existen diferencias significativas entre ambos somatotipos si el valor de $SDD \geq$ que 2.

Veamos un ejemplo en el que se compara un gimnasta (“AB”) con el somatotipo medio de la selección de Gimnasia Artística Masculina (GAM).

Somatotipo del sujeto “AB”. → ENDO = 1,4; MESO = 7,7; ECTO = 1,1

Somatotipo de la Selección de GAM → ENDO = 1,7; MESO = 6,1; ECTO = 2,0

1º. Se calculan las coordenadas X e Y.

$$X_1 = 1,1 - 1,4 = -0,3.$$

$$Y_1 = 2 * 7,7 - (1,1 + 1,4) = 12,9$$

$$X_2 = 2,0 - 1,7 = 0,3$$

$$Y_2 = 2 * 6,1 - (2,0 + 1,7) = 8,5$$

2º. Se calcula el SDD.

$$\begin{aligned} SDD &= \sqrt{3(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2} \\ &= \sqrt{3((-0,3) - (0,3))^2 + ((12,9) - (8,5))^2} \\ &= \sqrt{4,4^2} = 4,4 \end{aligned}$$

Como el SDD es > 2 , se entenderá que existen diferencias significativas entre el sujeto “AB” y la media de la selección española de GAM.

3º. APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE “DE ROSE Y GÜIMARAES”. El que exista una diferencia no determina en que se diferencia realmente el sujeto del resto del grupo, ni tampoco, que tipo de actuación debemos tener con el sujeto para que su tipología se adapte a la de la media del grupo. Para ello se utiliza la estrategia de de Rose y Güimaraes (Figura 77).

B) DISTANCIA MORFOGENÉTICA DEL SOMATOTIPO ó SOMATOTYPE ATTITUDINAL DISTANCE (SAD).

Este método de análisis toma por separado los componentes en lugar de las coordenadas “X” e “Y” de la somatocarta.

$$SAD = \sqrt{(I_A - I_B)^2 + (II_A - II_B)^2 + (III_A - III_B)^2}$$

, donde I_A, II_A y III_A son, respectivamente, la endomorfia, mesomorfia y ectomorfia del Sujeto estudiado; y I_B, II_B y III_B son, por su parte, la endomorfia, mesomorfia y ectomorfia del somatotipo de referencia.

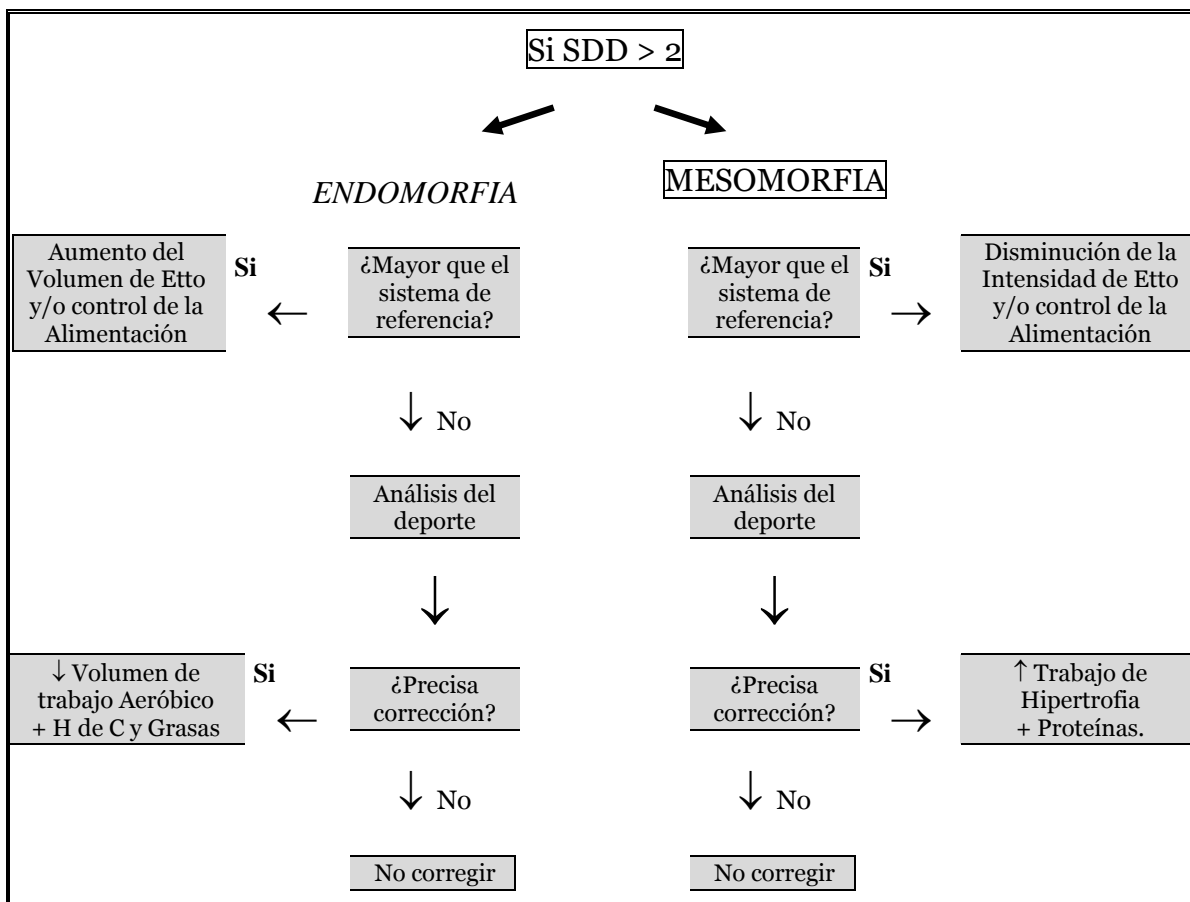


Figura 77: Estrategia de de Rose y Güimaraes.

Veamos, de nuevo el ejemplo de “AB” comparado con el somatotipo de la Selección de GAM.

Somatotipo del sujeto “AB”. → ENDO = 1,4; MESO = 7,7; ECTO = 1,1

Somatotipo de la Selección de GAM → ENDO = 1,7; MESO = 6,1; ECTO = 2,0

$$\begin{aligned} \text{SAD} &= \sqrt{(\text{I}_A - \text{I}_B)^2 + (\text{II}_A - \text{II}_B)^2 + (\text{III}_A - \text{III}_B)^2} \\ &= \sqrt{((1,4 - 1,7)^2 + (7,7 - 6,1)^2 + (1,1 - 2,0)^2)} \\ &= \sqrt{0,09 + 2,56 + 0,81} = 1,86 \end{aligned}$$

En este caso, el número sólo nos da idea de la magnitud de la diferencia, pero no existe una valor límite que indique que una diferencia es significativa.

3.6. ANALISIS EN GRUPO.

A) EL SOMATOTIPO MEDIO.

Corresponde a la media de cada uno de los componentes de los individuos del grupo. Como ejemplo veremos el cálculo del somatotipo medio de los siete componentes del equipo nacional de GAM.

AB = 1,4 - 7,7 - 1,1
JC = 1,5 - 5,6 - 2,0
GD = 2,1 - 8,0 - 0,8
JF = 2,0 - 5,2 - 2,9
DH = 1,5 - 5,2 - 3,3
OC = 1,7 - 5,5 - 2,3
JvC = 1,6 - 5,8 - 2,8

$$\text{ENDO}_M = 1,7 \quad \text{MESO}_M = 6,1 \quad \text{ECTO}_M = 2,2 \quad \text{SM} = 1,7 - 6,1 - 2,2$$

B) INDICE DE DISPERSIÓN DEL SOMATOTIPO (SDI).

Corresponde a la media de las Distancias de Dispersión del Somatotipo (SDD) de los individuos del grupo estudiado respecto a su somatotipo medio.

$$\text{SDI} = \sum \text{SDD} / n$$

Es algo parecido a la desviación típica del somatotipo medio. Nos informa de la homogeneidad de la muestra.

Si el valor del SDI \geq que 2, se puede entender que la muestra no es homogénea y que existen diferencias significativas entre los somatotipos de los individuos que la integran.

En el caso del punto anterior si se considera que el somatotipo medio del equipo español de GAM es **(1,7 – 6,1 – 2,2)**.

AB = 1,4 – 7,7 – 1,1	→	X = - 0,3 Y = 12,9	→	SDD _{AB} = 4,8
JC = 1,5 – 5,6 – 2,0	→	X = 0,5 Y = 7,7	→	SDD _{JC} = 0,6
GD = 2,1 – 8,0 – 0,8	→	X = - 1,3 Y = 13,1	→	SDD _{GD} = 5,72
JF = 2,0 – 5,2 – 2,9	→	X = 0,9 Y = 5,5	→	SDD _{JF} = 2,88
DH = 1,5 – 5,2 – 3,3	→	X = 1,8 Y = 5,6	→	SDD _{DH} = 3,52
OC = 1,7 – 5,5 – 2,3	→	X = 0,6 Y = 7,0	→	SDD _{OC} = 1,31
JvC = 1,6 – 5,8 – 2,8	→	X = 1,2 Y = 7,2	→	SDD _{JvC} = 1,64

El SDI será 2,93, por lo que interpreta que existen diferencias significativas entre los somatotipos de los componentes del equipo nacional.

C) DISTANCIA DE DISPERSIÓN DE LOS SOMATOTIPOS MEDIOS (SDD_{SM}).

En este caso se compararan las coordenadas (X e Y) del somatotipo medio de un grupo (SM₁) con los de una población (SM₂), con la fórmula:

$$SDD_{SM} = \sqrt{3(X_{SM1} - X_{SM2})^2 + (Y_{SM1} - Y_{SM2})^2}$$

El concepto es similar al SDD de los sujetos visto en el apartado del análisis individual del somatotipo, pero calculado en esta caso con los somatotipos medios.

Si SDD_{SM} es \geq 2, la diferencia entre ambos somatotipos medios es estadísticamente significativa y, por lo tanto, existirán diferencias entre ambos grupos.

Como ejemplo imaginemos que queremos comparar los somatotipos de un equipo de GAM de nivel local con el de la selección nacional:

$$\begin{aligned} SM_1 \text{ (Equipo local)} &= (2,0 - 4,5 - 3,0) & X = 1,0; Y = 4,0 \\ SM_2 \text{ (Equipo Nacional)} &= (1,7 - 6,1 - 2,2) & X = 0,5; Y = 8,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SDD &= \sqrt{3(X_{SM1} - X_{SM2})^2 + (Y_{SM1} - Y_{SM2})^2} \\
 &= \sqrt{3(1,0 - 0,5)^2 + (4,0 - 8,3)^2} \\
 &= \sqrt{(3 \times 0,25) + 18,49} = \mathbf{4,47}
 \end{aligned}$$

Esto indicaría que entre el somatotipo medio del equipo local y el somatotipo medio de la selección de GAM, existen diferencias significativas.

D) DISPERSIÓN MORFOGENÉTICA MEDIA DEL SOMATOTIPO (SAM).

El término procede del inglés “Somatotipo Attitudinal Medio”. Cuanto mayor es el valor de la Dispersión Morfogénica Media del Somatotipo, menor es la homogeneidad del grupo.

$$SAM = \sum SAD / n$$

Como ejemplo, volveremos a utilizar los datos del somatotipo de los integrantes del equipo español de GAM cuyo somatotipo medio es (1,7 – 6,1 – 2,2).

AB = 1,4 – 7,7 – 1,1	→	SAD _{AB} = 1,96
JC = 1,5 – 5,6 – 2,0	→	SAD _{JC} = 1,59
GD = 2,1 – 8,0 – 0,8	→	SAD _{GD} = 3,16
JF = 2,0 – 5,2 – 2,9	→	SAD _{JF} = 2,30
DH = 1,5 – 5,2 – 3,3	→	SAD _{DH} = 2,07
OC = 1,7 – 5,5 – 2,3	→	SAD _{OC} = 1,61
JvC = 1,6 – 5,8 – 2,8	→	SAD _{JvC} = 1,73

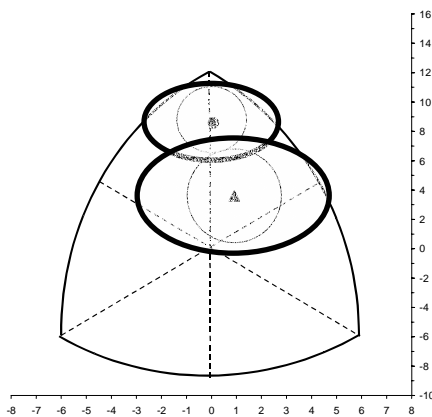
En este caso el SAM será 2,09 y nos dará una idea de la homogeneidad del grupo. Cuanto más se aproxime a cero más homogéneo será el grupo, pero no se puede considerar que un valor de “2” indique diferencias significativas entre los individuos del grupo.

5) EL INDICE “I”.

El Índice “I” nos da información sobre el grado de superposición de dos grupos. Un grupo puede quedar definido por un punto central (el somatotipo medio) en el centro de una circunferencia de radio igual al Índice de Dispersión del Somatotipo (SDI). Si representamos dos grupos de esta forma en una somatocarta podemos ver gráficamente el grado de similitud de ambos grupos.

Volveremos a utilizar los valores del SM de un equipo de GAM de nivel local con el de la selección nacional:

SM_1 (Equipo local) = (2,0 - 4,5 - 3,0)	X = 1,0; Y = 4,0	SDI = 3,95
SM_2 (Equipo Nacional) = (1,7 - 6,1 - 2,2)	X = 0,5; Y = 8,3	SDI = 2,93



En la figura 6, podemos ver representado por un triángulo el SM del equipo local y con un punto el SM del equipo nacional. Como vemos, las elipses correspondientes a los SDI de ambos SM no se juntan, por lo tanto, los somatotipos medios de ambos equipos son semejantes. En el caso de existir diferencias, un análisis posterior debería de establecer entre que componentes existen diferencias y cuales son las causas de las mismas.

Figura 78. Representación de dos grupos por el SM y SDI SDI.

Los distintos métodos de análisis tanto individual como por grupos del somatotipo se resumen en la figura 79.

MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL SOMATOTIPO		
	Análisis Individual	Análisis por Grupos
Coordenadas "X" e "Y"	SDD (Distancia de Dispersión del Somatotipo) Utilizo la X e Y individual respecto a un Somatotipo de Referencia = n^o	SDI (Indice de Dispersión del Somatotipo) $= (\sum SDD)/n = n^o$
		SDD_{SM} (Distancia de Dispersión del Somatotipo Medio)
		INDICE "I" SM_1 y SDI_1 . Vs. SM_2 y SDI_2
Componentes del Somatotipo	SAD (Distancia Morfogenética del Somatotipo). Utilizo la Endo, Meso y Ectomorfia = n^o n^o individual respecto a un somatotipo de referencia	SM = (ENDO - MESO - ECTO)
		SAM (Dispersión Morfogenética media del Somatotipo) $= (\sum SAD)/n = n^o$

Figura 79: Métodos de análisis estadístico del somatotipo. Cuadro resumen.



3.7. APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS SOMATOTÍPICAS EN LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE.

El somatotipo se puede aplicar a diferentes áreas como son:

- La Salud: En dietas, efecto de ayudas ergogénicas, trastornos alimentarios.
- La Antropología.
- Las Ciencias de la Actividad Física con el fin de:
 - . Comparar a un deportista con su equipo o un patrón de referencia.
 - . Comparar un deportista con la población normal.
 - . Comparar un deportista con sí mismo en las distintas fases de la temporada.
 - . Comparar somatotipos de poblaciones deportivas diferentes.
 - . Detección de talentos (Aunque en este punto, debido a la gran variabilidad del desarrollo, el uso de la Cineantropometría está muy controvertido).

A través del somatotipo se puede hacer un seguimiento del desarrollo. Tendremos en cuenta que:

- Los mayores cambios se producen entre los 6 y los 12 años.
- Los cambios se moderan en la adolescencia, aunque se siguen produciendo.
- Los cambios que se producen en la edad adulta suelen tener origen medio-ambiental.
- La Endomorfia aumenta con la edad.
- Los niños tienen una menor Endomorfia y una mayor Mesomorfia y Ectomorfia que las niñas.
- Existe un dimorfismo sexual.
- Los niños ectomorfos maduran más tardíamente.
- Los niños mesomorfos maduran antes.
- Las niñas endomorfas maduran antes (y las ectomorfas más tarde).

3.8. CARACTERÍSTICAS DEL SOMATOTIPO DEL DEPORTISTA.

Respecto al somatotipo del deportista se puede generalizar que:

- La Mesomorfia en deportistas es mayor que la Mesomorfia en sedentarios.
- La Endomorfia en deportistas es menor que la Endomorfia en Sedentarios.
- A mayor nivel deportivo, mayor es la homogeneidad de los grupos.
- Existen somatotipos típicos para la práctica de cada deporte.



- El elevado rendimiento motor en niños está relacionado con una elevada Mesomorfia y una moderada Endomorfia.
- Los deportistas con un elevado volumen de trabajo aeróbico tienen un gran componente Ectomórfico.
- Los deportistas de deportes de contacto tienen un gran componente Mesomórfico.
- La homogeneidad del somatotipo es mayor en deportes individuales (excepto en tenis y ciclismo).
- Un incremento de la intensidad del entrenamiento se corresponde con un aumento de la Mesomorfia.

3.9. BIBLIOGRAFÍA DEL TEMA.

- Esparza, F. (Ed) (1993). Manual de Cineantropometría. Pamplona: (GREC) FEMEDE.
- Carter JEL, Heath BH. (1990) Somatotyping: development and implications. Cambridge Studies in Biological Anthropology (Volume 5). Cambridge: Cambridge University Press.

TEMA 4. PROPORCIONALIDAD CORPORAL.

4.1. INTRODUCCIÓN: EL INTERÉS DE LA PROPORCIONALIDAD CORPORAL A LO LARGO DE LA HISTORIA.

El somatotipo estudiaba la forma del sujeto; sin embargo, un concepto distinto es la proporcionalidad corporal que es “la relación que se establece entre las distintas partes del cuerpo humano” (Esparza, 1993), algo que es de gran interés para el conocimiento biológico del hombre y también para el estudio de los deportistas, ya que se puede estudiar la relación entre el tamaño de los segmentos corporales del atleta y sus resultados deportivos.

En los artistas clásicos, el concepto de proporcionalidad corporal ha sido fundamental a la hora de establecer los cánones de belleza del hombre y la mujer.

El concepto de ideal de belleza ha ido cambiando. Para Polikletos, el cuerpo humano debía de tener siete cabezas, sin embargo para Praxíteles, la longitud del hombre debía ser igual a ocho veces el tamaño de su cabeza.

Durante el Renacimiento, Leonardo estudió el modelo del arquitecto romano Vitruvio y estableció el famoso modelo de hombre de Vitruvio. También Alberto Durero (1471-1528) escribió sus “cuatro libros sobre las proporciones humanas”.

En la actualidad, la proporcionalidad corporal es interesante para el diseño de muebles, coches y otros utensilios que van a ser utilizados por el hombre, en el trabajo como en su vida diaria. La ergonomía estudia un gran número de variables antropométricas para adecuar todo lo que se produce al hombre.

Sin embargo, es muy difícil crear un modelo estándar para el ser humano debido a la gran variabilidad que existe debido, entre otros, a factores como el sexo, la raza y la diferente evolución de los estadios de crecimiento.

En el estudio de la proporcionalidad corporal, el uso de medidas directas es, a todas luces, insuficiente. Como mínimo se deben relacionar todas las variables antropométricas con la estatura del individuo. Esto es un hecho bastante claro, pero vamos a poner un ejemplo. Si consideramos dos jugadores de baloncesto, un base de 1,80 m. y un pivot de 2,15 m., y vemos que ambos tienen un perímetro de brazo relajado, no podemos decir que ambos tienen el brazo desarrollado por

igual. El base tendrá el brazo mucho más desarrollado que el pivot, pues la estatura del pivot es mayor.

Para el estudio de las proporcionalidad corporal se suelen utilizar dos métodos: El phantom y los índices corporales, los cuales van a ser analizados con más profundidad en los siguientes puntos.

4.2. EL MÉTODO PHANTOM: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL MODELO PHANTOM.

El Phantom fue desarrollado por Ross y Wilson en 1974. En él, los resultados de la medición de cada sujeto o grupo de sujetos se comparan con un modelo teórico de referencia, que ellos denominaron Phantom (en inglés fantasma). Fue un método que se ideó para hacer un seguimiento del proceso de crecimiento; sin embargo, se ha aplicado a adultos, deportistas y a otro tipo de poblaciones.

Para obtener los datos del modelo Phantom de referencia se utilizaron un gran número de sujetos, tanto masculinos como femeninos, por lo que está técnica es válida para el estudio de hombres y mujeres de cualquier edad.

Aunque la tipología media de la población haya cambiado, los valores Phantom de referencia no se han adaptado a dichos cambios. Han habido propuestas para hacer un nuevo modelo Phantom adaptado a la población actual; sin embargo, no se ha hecho todavía. Si se hiciera pasaría algo parecido a lo ocurrido con el uso de los euros. Si tratamos de comparar los precios de determinados productos en la actualidad con los de hace unos años, tenemos el problema de que las cosas ya no valen lo que antes y, además, la moneda a cambiado, por lo que tendríamos que hacer dos operaciones (añadir la inflación y convertir a euros) para comparar, por ejemplo, lo que cuesta una barra de pan comparado con lo que costaba antes.

El modelo Phantom tiene las siguientes características:

- Es válido para cualquier sexo y edad.
- Es un modelo metafórico y asexual, por lo que se pueden comparar grupos de hombres con otros de mujeres.
- Es un modelo unimodal y distribuido de manera normal. Esto significa que el punto "O" ($Z=0$) corresponde con la moda.

- Las variables utilizadas se hacen relativas a la estatura del sujeto y a la estatura del modelo Phantom.
- Todas las medidas están reducidas a la misma escala geométrica, por lo tanto, las masas se elevan a la tercera potencia, las superficies al cuadrado y las longitudes no se modifican.

La fórmula general para una puntuación “Z” es:

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma}$$

, donde X es el valor de la variable “μ” es la media de la población y “σ” la desviación típica de la población.

En el Phantom se considera la población la media de la muestra que se estudió, por lo que la fórmula queda como:

$$Z = \frac{(x - p)}{s}$$

, donde, “p” es la media del Phantom para la variable a estudiar y “s” es la desviación típica del Phantom para esa variable. Una lista de los valores “p” y “s” de diferentes variables se puede ver en la Tabla 3

Pero en el método Phantom la variable “X” no es la medición directa tomada en el sujeto (llamada por nosotros a partir de ahora “v”), sino que ésta se hace relativa a la estatura del sujeto (“E”) y a la estatura media del Phantom (170,18 m), teniendo en cuenta también el factor de dimensionalidad “d”, que es igual a “1” si la variable es una longitud, igual a “2” si es una superficie y “3” si es un volumen o una masa.

El valor de “x” de la anterior fórmula se sustituye en el modelo Phantom por:

$$X = v \cdot (170,18 / E)^d$$

Por lo tanto, la fórmula de la variable “Z” del método Phantom nos queda como:

$$Z = \frac{(v \cdot (170,18 / E)^d) - p}{s}$$

Esto significa que el valor “z” de la variable que hemos medido (“v”) estará influido por la estatura del sujeto (“E”) y los valores del modelo Phantom para esa variable (“p”) y su desviación típica (“s”).

VALORES PHANTOM. ¡Ojo! En las paginas 100 y 147 del manual del GREC se dan valores distintos en algunas de las variables.

			PERÍMETROS		
			Perímetro Cefálico	56,00	1,44
			Perímetro del Cuello	34,91	1,73
			Perímetro Mesoesternal (Torax)	87,86	5,18
			Perímetro Abdominal 1 (Cintura)	71,91	4,45
			Perímetro Abdominal 2 (Umbilical)	79,06	6,95
			Perímetro Cadera	94,67	5,58
			Perímetro Brazo Relajado	26,89	2,33
			Perímetro Brazo Contraído	29,41	2,37
			Perímetro Antebrazo	25,13	1,41
			Perímetro Muñeca	16,35	0,72
			Perímetro Muslo (1 cm)	55,82	4,23
			Perímetro Pierna	35,25	2,30
			Perímetro Tobillo	21,71	1,33
			PLIEGUES DE GRASA		
			Pliegue Triceps	15,40	4,47
			Pliegue Biceps	8,00	2,00
			Pliegue Subescapular	17,20	5,07
			Pliegue Pectoral	11,80	3,27
			Pliegue Ileocrestal (Supracrestal)	22,40	6,80
			Plieg. Supraespinal (Suprailiaco Ant)	15,40	4,47
			Pliegue Abdominal	25,40	7,78
			Pliegue Muslo Anterior	27,00	8,33
			Pliegue Pierna Medial	16,00	4,67
DIÁMETROS			MASAS		
			Peso Total	64,58	8,60
			Masa Osea	10,49	1,57
			Masa Muscular	25,55	2,99
			Masa Residual	16,41	1,90
			Masa Grasa	12,13	3,25
			VALORES CORREGIDOS		
			Perímetro Brazo Relajado Corregido	20,05	3,67
			Perímetro del Pecho Corregido	82,36	4,68
			Perímetro Muslo (1 cm) Corregido	47,33	3,59
			Perímetro Pierna Medial Corregido	30,22	1,97

Tabla 3.- Valores Phantom de referencia (Esparza, 1993).

Las puntuaciones “Z” se suelen representar en una gráfica para una interpretación más sencilla de los resultados. En la figura 80, podemos ver el ejemplo de representación gráfica de los valores Phantom más habituales de un gimnasta del equipo nacional español. Todos los valores de “Z > 0” indican que los valores del sujeto para esas variables están sobre la media del valor Phantom en relación con su estatura. Lo contrario ocurrirá cuando los valores “Z < 0”.

En este caso, vemos que los valores de la envergadura son muy bajos. Algo que no ocurre normalmente en deportistas.

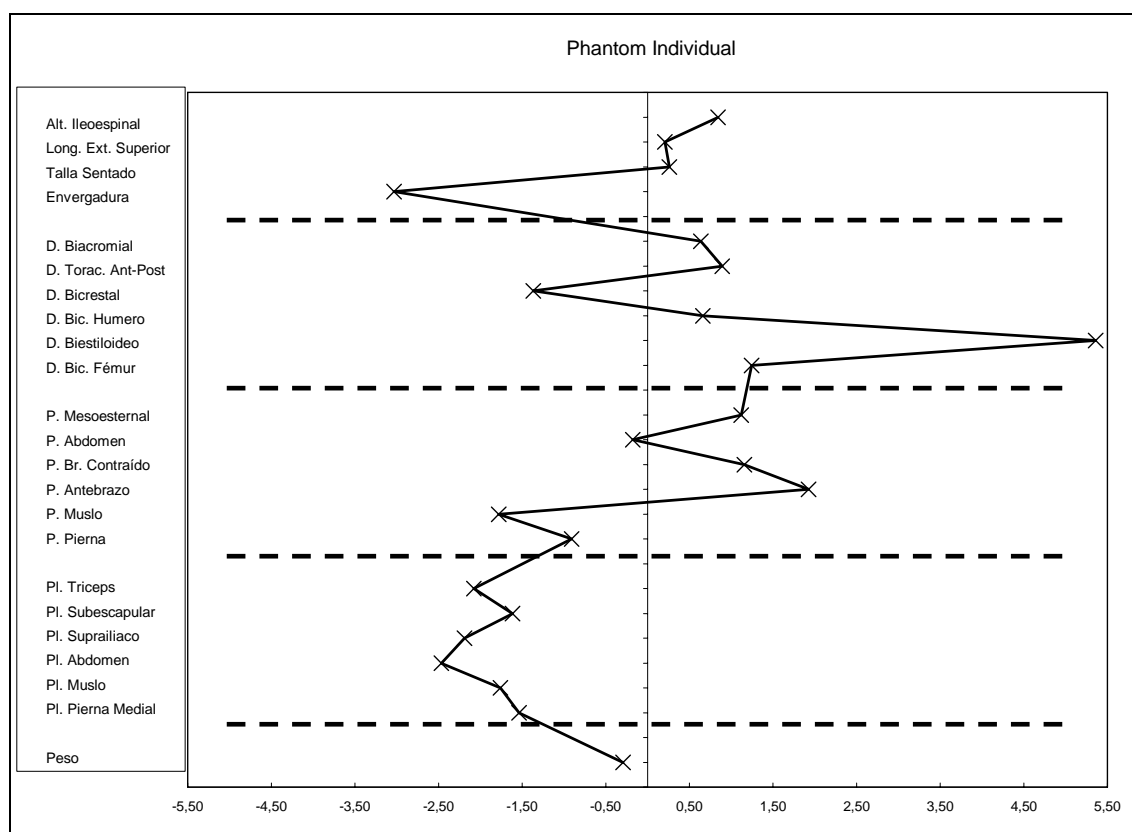


Figura 80.- Representación gráfica del Phantom Individual de un gimnasta.

El diámetro biileocrestal es pequeño, pero eso también ocurre en la mayoría de los hombres. Hay que recordar que el modelo Phantom es “asexual”, por lo que todos los hombres suelen tener valores negativos en esta variable y muchas mujeres tienen valores positivos (ver figura 81).

Es de destacar el extraordinario diámetro biestiloideo de las muñecas de este gimnasta, algo recurrente en todos los gimnastas del equipo nacional. La gran cantidad de trabajo con los brazos y del apoyo de las manos con flexión de muñeca hace que se desarrolle al máximo la estructura ósea de la muñeca.

Los perímetros del miembro superior tienen valores positivos y los del miembro inferior valores negativos. En el caso de atletas velocistas tendrían valores del perímetro de muslo y pierna bastante positivos.

Vemos por último que el nivel de grasa de este gimnasta es muy bajo en todos los pliegues registrados.

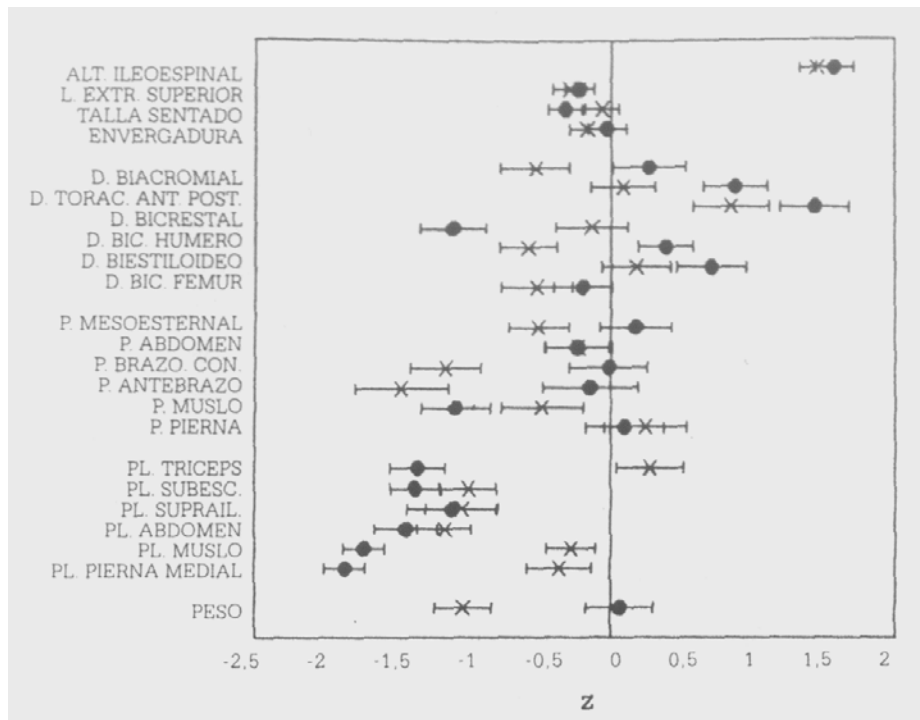


Figura 81.- Comparativa entre valores Phantom de un grupo de mujeres (x) y un grupo de hombres (•). Los valores del intervalo de confianza del 95% se indican con las prolongaciones de los puntos. (Esparza, 1993).

En la figura 81 se puede apreciar el dimorfismo sexual existente entre una muestra de 61 varones y 58 mujeres. En este caso, cuando las líneas se superponen no existen diferencias entre hombres y mujeres para los valores de las variables.

Con el Phantom se pueden hacer comparaciones entre:

- + Individuos consigo mismos en distintos momentos de la temporada.
- + Individuos con otro Individuo del mismo deporte, de distinto deporte, de distintas razas, sexos, etc.
- + Individuos con grupos. Expresando la media y líneas correspondientes a 2 veces la desviación típica. Si el valor del sujeto cae fuera de estas líneas, habrá diferencias significativas entre dichas variables.
- + Grupos con Grupos.

4.3. LOS ÍNDICES CORPORALES COMO FORMA DE EVALUACIÓN DE LA PROPORCIONALIDAD CORPORAL.

Los índices corporales son “relaciones entre dos medidas corporales, expresadas en forma de porcentaje de la menor sobre la mayor en la mayoría de los casos” (Esparza, 1993).

Deben de ser lo suficientemente sensibles para detectar variabilidad y tener una congruencia dimensional (Por ejemplo, el IMC = Peso / Talla² es muy utilizado, pero no es congruente desde el punto de vista dimensional).

Los índices más utilizados son:

4.3.1. ÍNDICES DE ROBUSTEZ.

+ **ÍNDICE PONDERAL.** Es la inversa del índice de Livi

$$I.P = \frac{\text{Estatura (cm)}}{\sqrt[3]{\text{Peso (kg)}}}$$

Valores entre 38 y 45 son normales (Media 43). Era el índice que utilizábamos para el cálculo de la ectomorfía del somatotipo.

+ **ÍNDICE DE QUETELET:** (IMC ó BMI). Es el índice más utilizado a pesar de su incongruencia dimensional.

$$I.M.C = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Estatura (m)}^2}$$

Valores entre 19 y 27 son normales. Este índice tiene una gran variabilidad durante el crecimiento y se suele utilizar por las compañías de seguros para estimar el riesgo de padecer enfermedades cardiacas y diabetes o el riesgo de morbilidad (muerte) (Figura 82).

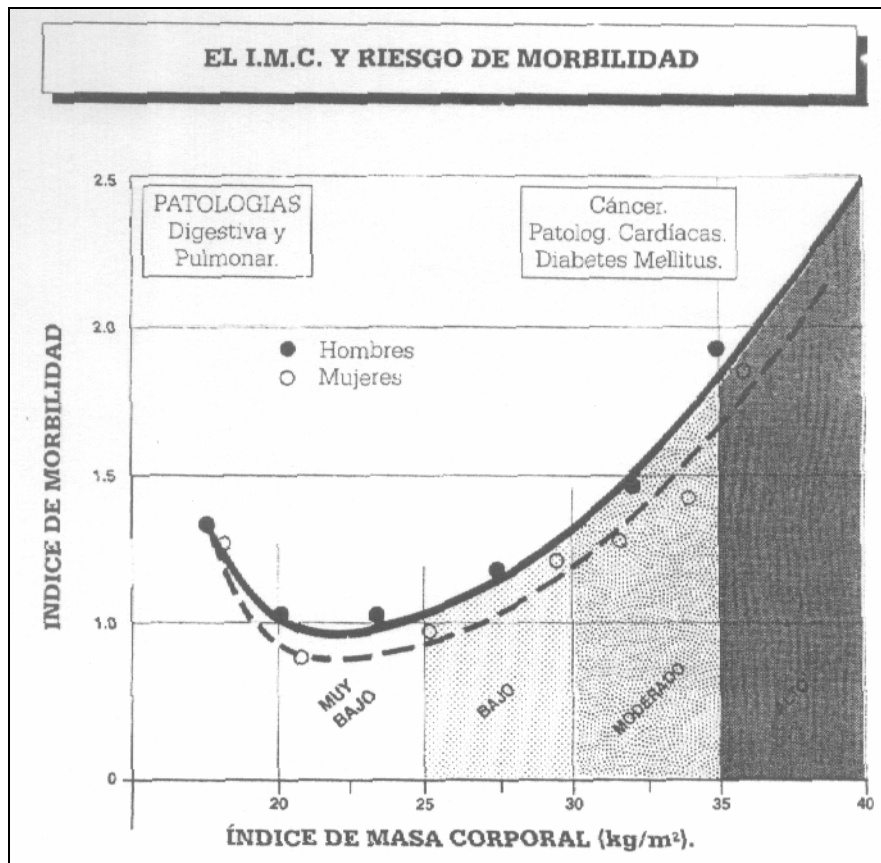


Figura 82.- Riesgo de morbilidad en función del I.M.C. (Esparza, 1993).

+ **ÍNDICE DE BOUCHARD.** Se usa en pocas ocasiones debido a su incongruencia dimensional.

$$I. BOUCHARD = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Estatura (m)}}$$

Es muy incongruente desde el punto de vista dimensional.

4.3.2. ÍNDICES DE LAS EXTREMIDADES.

+ **LONGITUD RELATIVA DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR.**

$$L.R.E.S = \frac{\text{Long Ext Sup (cm)}}{\text{Estatura (cm)}} \times 100$$

La longitud de la extremidad superior es la distancia del acromion al punto dedal. Según este índice se denominan a los sujetos:

- + BRAQUIBRAQUIAL: Extremidades Superiores Cortas (hasta 44,9)
- + MESOBRAQUIAL: Extremidades Superiores Intermedias (45 - 46,9)
- + MACROBRAQUIAL: Extremidades Superiores Largas (47 en adelante).

+ **LONGITUD RELATIVA DE LA EXTREMIDAD INFERIOR.**

$$L.R.E.I = \frac{\text{Altura Ileoesp. (cm)}}{\text{Estatura (cm)}} \times 100$$

Según este índice se denominan a los sujetos:

- + BRAQUIESQUELICO: Extremidades Inferiores Cortas (hasta 54,9)
- + MESOSQUELICO: Extremidades Inferiores Intermedias (55 - 56,9)
- + MACROSQUELICO: Extremidades Inferiores Largas (57 en adelante).

+ **ÍNDICE INTERMEMBRAL.**

$$I.I = \frac{\text{Long Ext Sup (cm)}}{\text{Long Ext Inferior (cm)}} \times 100$$

La medida de la Extremidad Inferior suele ser la altura ileoespinal, pero varía según el autor.

Los valores medios están en 80 en mujeres y 82,5 en hombres.

+ **ÍNDICE BRAQUIAL.**

$$I.B. = \frac{\text{Long Antebrazo (cm)}}{\text{Long Brazo (cm)}} \times 100$$

La longitud del antebrazo es desde el punto radial hasta el estilion y la del brazo, desde el punto acromial al radial. Según este índice se denominan a los sujetos:

- + BRAQUIPICO: Antebrazo Corto (hasta 77,9)
- + MESOPICO: Antebrazo Intermedio (78 - 82,9)
- + MACROPICO: Antebrazo Largo (83 en adelante).

+ **ÍNDICE CRURAL.**

$$I.C. = \frac{\text{Long Pierna}(cm)}{\text{Long Muslo}(cm)} \times 100$$

La longitud de la pierna es desde el punto tibial al maleolar, y la del muslo desde el punto ileoespinal hasta el tibial.

4.3.3. **ÍNDICES DE TRONCO.**

+ **ÍNDICE CÓRMICO.**

$$I.C. = \frac{\text{Talla Sentado (cm)}}{\text{Estatura (cm)}} \times 100$$

Según este índice se denominan a los sujetos:

	Hombres	Mujeres
BRAQUICORMICO: Tronco Corto	(Hasta 51)	(hasta 52)
MESOCÓRMICO: Tronco Intermedio	(51,1 - 53)	(52,1 - 54)
MACROSQUELICO: Tronco Largo	(53,1 en →)	(54,1 en →)

+ **ÍNDICE ESQUELETICO O DE MANOUVRIER.**

$$I.E. = \frac{\text{Estatura}(cm) - \text{Talla Sentado}(cm)}{\text{Talla Sentado}(cm)} \times 100$$

Según este índice se denominan a los sujetos:

- + BRAQUIESQUELICO: Extremidades inferiores cortas (hasta 84,9)
- + MESOSQUELICO: Extremidades inferiores intermedias (85 - 89,9)



+ MACROSQUELICO: Extremidades inferiores largas (90 en adelante).

+ **ÍNDICE ACROMIO-ILIACO.**

$$I.A.I = \frac{\text{Diametro Bicrestal (cm)}}{\text{Diametro Biacromial (cm)}} \times 100$$

Según este índice se consideran a los troncos de los sujetos:

- + TRONCO TRAPEZOIDAL: (hasta 69,9).
- + TRONCO INTERMEDIO: (entre 70 y 74,9)
- + TRONCO RECTANGULAR: (75 en adelante).

+ **ENVERGADURA RELATIVA.**

$$E.R = \frac{\text{Envergadura (cm)}}{\text{Estatura (cm)}} \times 100$$

En varones adultos y en mujeres entrenadas el valor suele superar ligeramente los 100.

4.4. BIBLIOGRAFÍA.

- Esparza, F. (Ed) (1993). Manual de Cineantropometría. Pamplona: (GREC) FEMEDE.
- Norton, K. y Olds, T. (2000) Antropometría. Rosario, Argentina: Biosystem.

TEMA 5. COMPOSICIÓN CORPORAL.

Se pueden establecer criterios bioquímicos o por componentes a la hora de realizar divisiones del cuerpo humano en componentes. En la figura 83, se pueden ver algunos niveles a los que se puede dividir el cuerpo humano.

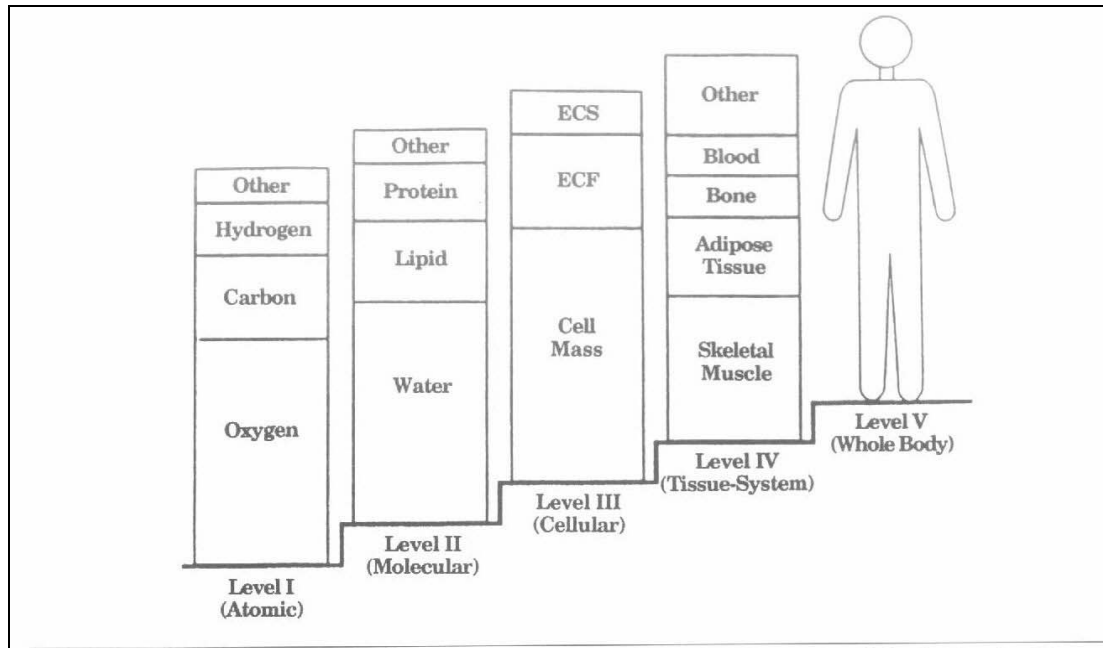


Figura 83. Distintos niveles a los que se pueden dividir el cuerpo humano. Nivel I (Atómico), Nivel II (Molecular), Nivel III (Celular), Nivel IV (Sistemas y Tejidos) Nivel V (Cuerpo Completo) (Forbes, 1987).

A nivel práctico, existen diferentes modelos para dividir el cuerpo humano:

- Modelo de 2 componentes. El cuerpo estaría dividido en Masa Grasa (M.G) y Masa Libre de Grasa (M.L.G)

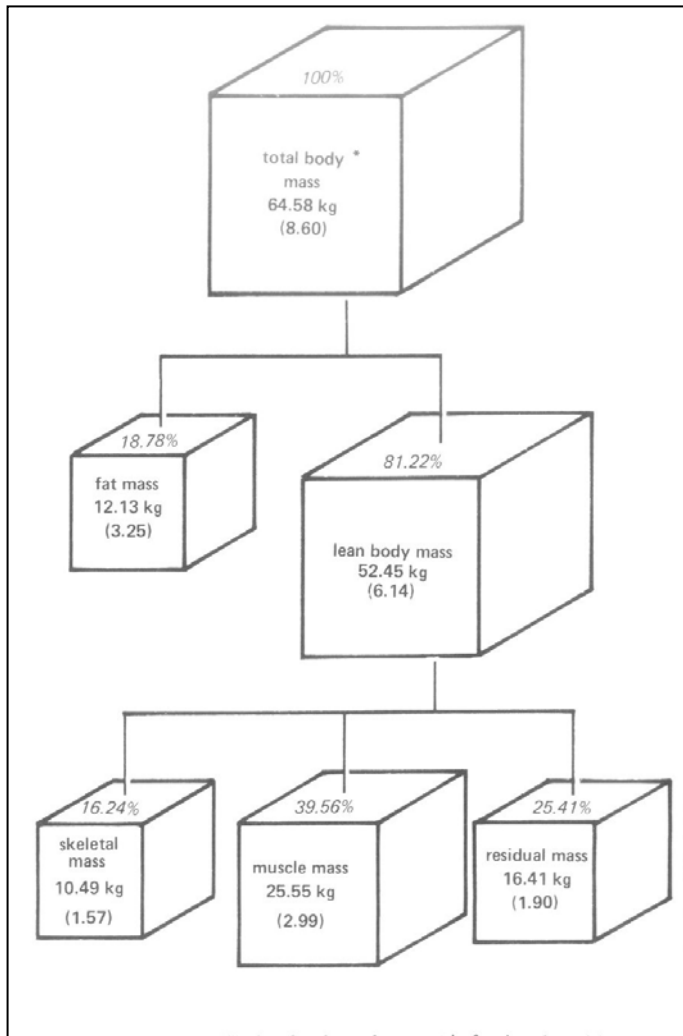
- Modelo químico de 4 componentes. El cuerpo estaría compuesto por Grasa, Agua, Proteínas y Minerales.

- Modelo de fluidos metabólicos. Compuesto por Grasa, Fluido Extracelular (E.C.F), Fluido Intracelular (I.C.F), Sólidos Intracelulares (I.C.S) y Sólidos Extracelulares (E.C.S).

- Modelo Anatómico. Compuesto por tipos de tejidos como son tejido adiposo, tejido blando que no es músculo esquelético, tejido músculo esquelético, hueso.

- Modelo químico de 4 componentes de Matiegka. Es el más utilizado en estudios cineantropométricos. El cuerpo humano se divide en Masa Grasa (M.G), Masa Muscular (M.M), Masa Ósea (M.O) y Masa Residual (M.R).

- Modelo de 5 componentes (Drinkwater). Incluye, al modelo de Matiegka, la piel como componente diferenciado del resto.



El modelo Phantom se basaba en una división del cuerpo humano en cuatro componentes. Los valores medios y sus desviaciones típicas se muestran en la figura 84.

El nivel de rendimiento está muy relacionado con la composición corporal por eso resulta interesante incluir un estudio de composición corporal en el seguimiento del deportista.

Figura 84.- División del modelo Phantom en cuatro componentes (Forbes, 1987).

5.1. CLASIFICACIÓN MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL. MÉTODOS DIRECTOS, INDIRECTOS Y DOBLEMENTE INDIRECTOS.

Existen muchos métodos de valorar la composición corporal. Vamos a clasificarlos en función de dos criterios:

A) CLASIFICACIÓN SEGÚN LA FORMA DE TRABAJO:

- **Normativos-Descriptivos:** Son modelos teóricos que se resumen en una fórmula ó Nomograma (Ejemplo, el IMC).
- **Densimétricos-Extrapolativos:** Utilizan densidades, pesos específicos, volumen, talla y peso como variables fundamentales.
- **Proporcionales-Fraccionados:** Dividen el cuerpo humano en componentes y calculan los mismos mediante fórmulas. Un ejemplo es el modelo de 4 componentes de Matiegka, que desarrollaremos más adelante.

B) CLASIFICACIÓN SEGÚN LA METODOLOGÍA:

- **Métodos Directos:** El único método directo es la disección de cadáveres. En el pasado se hizo con mendigos.
- **Métodos Indirectos:** Miden un parámetro (Por ejemplo, la densidad corporal), y lo utilizan para estimar uno o más componentes a través de una relación constante.
- **Métodos Doblemente Indirectos:** Resultan de aplicar ecuaciones derivadas, a su vez, de algún otro método indirecto. Un ejemplo es la antropometría. Existe un error al aplicar la ecuación y existió otro error al hacerla. Son necesarios para hacer extensible el estudio de la composición corporal a una población muy amplia.

CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS ANTROPOMÉTRICOS (I).

CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS ANTROPOMÉTRICOS (II).

DIRECTOS: Disección de Cadáveres.			DOBLEMENTE INDIRECTOS:			
INDIRECTOS:			T.O.B.E.C	B.E.I	N.I.R	ANTROPOMETRÍA
Físico-Químicos	Imagen	Densimetría	Total	Body	Near	Ind. Obesidad y Masa Corp Modelo "4 Componentes" Modelo "2 Componentes" Somatogramas. Somatotipo. "Phantom" Ecuac. Regres. Lineales. Ecuac. Regres. Generales O'Scale ;
Plemistografía.	Radiología Clásica	Pesada Hidrostática				
Absorc. de gases. Dilución Isotópica. Espectr. Rayos γ Espectr. Fotónica Activac. Neutrones Excrec. Creatinina	Ultrasonidos. Tomografía Axial Computerizada Resonancia Magn.					
			Electrical	Electrical	Infrared	
			Conductivity	Impedance	Reactance	

Figura 85. Clasificación de los métodos de la estimación de la composición corporal.

5.2. MÉTODOS INDIRECTOS PARA EL ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL.

5.2.1.- MÉTODOS FÍSICOS

En todos los casos se utiliza una cámara presurizada para calcular el volumen corporal. Se pueden clasificar en:

- **PLEMISTOGRAFÍA ACÚSTICA.**

El principio de este método es que la frecuencia de resonancia de una cámara es inversamente proporcional al cuadrado de su volumen. (Ley de Helmholtz).

1º.- Se mide la frecuencia de la cámara.

2º.- Se introduce el cuerpo.

3º.- Se vuelve a medir la frecuencia con el cuerpo dentro. Se registra la frecuencia de resonancia.

4º.- Se calcula el volumen del sujeto en función de la variación de la frecuencia de resonancia de la cámara.

5º.- Con el volumen y el peso del sujeto se calcula su densidad.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

6º.- La densidad sirve para calcular los diferentes componentes a través de ecuaciones.

El problema es la gran infraestructura necesaria y el gran número de factores de variabilidad.

- **DESPLAZAMIENTO DE AIRE.**

Se basa en la medición de la variación de presión dentro de la cámara al introducir el cuerpo. Esto nos permite calcular el volumen y, posteriormente, la densidad del sujeto. Por último, como en el caso anterior se utilizan diversas fórmulas para el cálculo de las diferentes componentes corporales en función de la densidad.

Además de una completa y cara infraestructura, precisa un protocolo muy complejo.

- **DILUCIÓN DE HELIO.**

- 1º.- Se introduce al sujeto en una cámara con Helio a una concentración conocida.
- 2º.- Medición de la cantidad de Helio liberado al introducir el cuerpo.
- 3º.- Se calcula el volumen del cuerpo.
- 4º.- Con el volumen se calcula la densidad.
- 5º.- Se aplican las ecuaciones para la estimación de las diferentes componentes corporales.

De nuevo, volvemos a tener el problema de la compleja infraestructura.

- **GASES SOLUBLES EN GRASA.**

- 1º.- Se disuelve una cantidad determinada de Gas Noble (Xenón o Kriptón) en la cámara presurizada.
- 2º.- Se introduce el sujeto dentro de la cámara y el gas noble se disuelve en el tejido adiposo con un coeficiente de solubilidad conocido.
- 3º.- Se calcula la cantidad de gas noble disuelto.
- 4º.- Se calcula el tejido adiposo.

Además de la compleja infraestructura, se precisa mucho tiempo (4 horas o más).

5.2.2.- MÉTODOS QUÍMICOS.

Se valora la masa grasa gracias a productos o elementos químicos. Los primeros estudios los realizó, en 1930, la marina de los Estados Unidos. Se trataba de comprender la difusión del Nitrógeno en la grasa y en los fluidos corporales de los submarinistas, que originaba grandes trastornos, llegando hasta la muerte, durante las descompresiones. Estos estudios se basaban en el modelo de 2 componentes.

En general, los métodos químicos presentan una serie de inconvenientes:

- Requieren una gran infraestructura y tienen un elevado coste económico.
- Tienen unos protocolos muy complejos, por lo que están limitados al campo experimental.
- La validez científica es relativa puesto que utilizan el modelo de 2 componentes y no el de 4 ó 5 componentes. Además, las constantes de las ecuaciones no han sido suficientemente validadas.

- **DILUCIÓN ISOTÓPICA.**

Mide el agua corporal total por medio de un marcador radiactivo que se diluye en el agua del organismo.

1º.- Se introduce el marcador por ingestión o mediante una inyección. Los marcadores suelen ser Deuterio ($2\text{H}_2\text{O}$), Tritio (THO) o Antipirina.

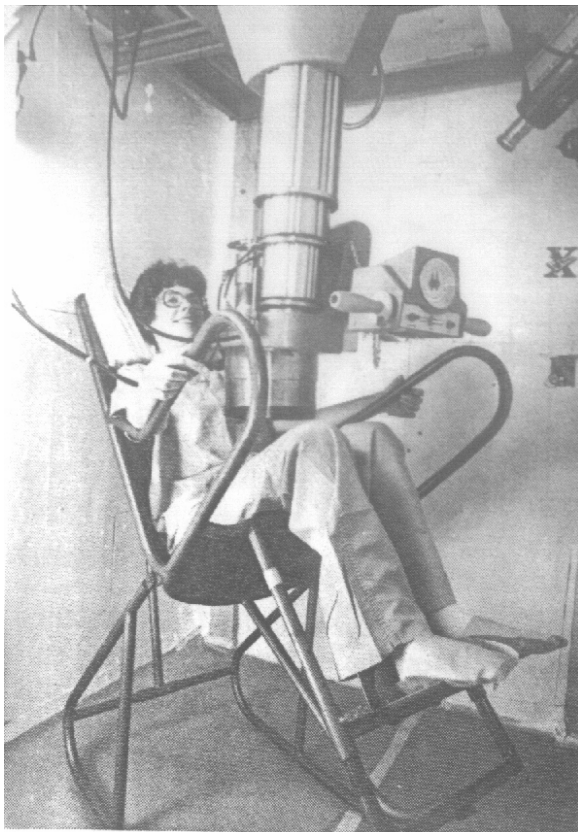
2º.- Se deja que el marcador se equilibre disolviéndose en el agua.

3º.- Se calcula la concentración del marcador, en un análisis de sangre u orina, ó estudiando el espectro de emisión de rayos β de los productos (que tienen naturaleza radiactiva).

4º.- Conocido el volumen de agua se puede estimar la masa magra sabiendo que el músculo tiene un 73,2% de agua y la masa grasa no acumula nada de agua. Posteriormente se estiman el resto de componentes.

El problema es que el 73,2% de agua de la masa muscular es un dato poco validado (existen datos en cerdos y en ocho cadáveres).

- **ESPECTROMETRÍA DE RAYOS GAMMA.**



Se miden la radiaciones de los isótopos del Potasio ^{42}K ó ^{40}K que constituyen el 0,012% del potasio corporal total (Ver Figura 86).

Se considera la concentración de K corporal es de 68,1 mEq/kg. La mayor parte del potasio se encuentra en la masa magra. Los isótopos ^{42}K ó ^{40}K emiten un 11% de la radiación en Rayos γ y el 89% en forma de Rayos β .

En este caso, el “handicap” del método es que el dato de 68,1 mEq/kg varia con la edad, sexo y nivel de hidratación.

Figura 86. Espectrómetro de de rayos γ (Forbes 1987).

- **ACTIVACIÓN DE NEUTRONES.**

Cuando bombardeamos un cuerpo con neutrones, determinados isótopos los capturan y emiten radiación en forma de Rayos γ y Rayos β , la cuál puede ser registrada (Figura 87).

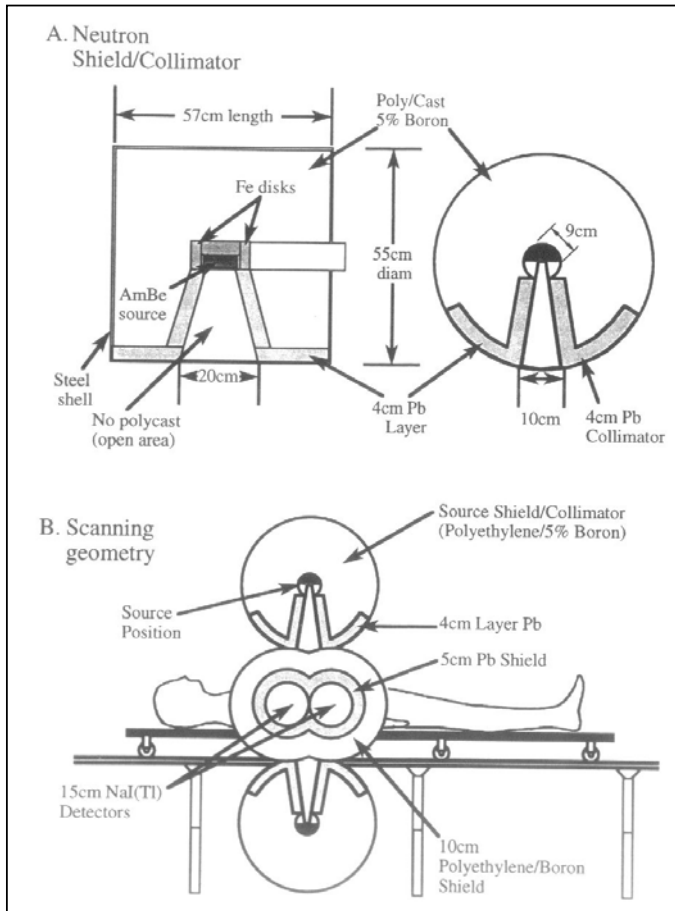


Figura 87.- Esquema de un activador de neutrones (Forbes, 1987)

- ESPECTROMETRÍA FOTÓNICA.

Evalúa la densidad y el contenido mineral óseo (Na y P) y muscular (K). Para ello, se irradia la zona con rayos γ y se registra la radiación absorbida. La cantidad de radiación absorbida es directamente proporcional al contenido del mineral.

La Radiación Fotónica dual reduce la cantidad de radiación a la que se ve sometido el sujeto, exponiéndolo a 1-3 mRem, frente a los 5 mRem del método tradicional.

- EXCRECIÓN DE CREATININA Y 3-METILHISTIDINA.

La grasa contiene un 64% del Carbono corporal total. Si se bombardea con neutrones, se puede medir la radiación γ del ^{12}C .

La cuantificación de la masa muscular se hace a través del ^{40}N , para el cual se asume un valor constante de 30,1 g/Kg. Este es un valor que depende de distintos factores:

- La relación K/N, la cual es muy variable en las distintas partes del cuerpo.
- La deshidratación.
- La densidad ósea.

Esta variabilidad puede inducir a errores acumulados de esta un 18% en los cálculos de la masa muscular por este método.

El 98% de la creatina se encuentra en el músculo y la creatinina es su metabolito. En este método, se registra la creatinina en varias tomas diarias de orina o una sola muestra de sangre.

Se sabe que cada mg. de creatinina en plasma equivale a 0,88 Kg de masa muscular con una correlación bastante alta ($r = 0,87$) (Figura 88). El problema es que la excreción de creatinina puede ser alterada en dietas hiperproteicas, malnutrición o ejercicio intenso

Por otro lado, la 3-Metilhistidina es un aminoácido que se encuentra en el intestino (Figura 89) y que tiene una mayor variación individual que la creatina. Su correlación con la densimetría es algo inferior que la técnica de la creatina ($r=0,79$). La masa muscular se obtiene aplicando la fórmula:

$$M. \text{Musc} = (0,118 \times 3\text{-Mhist en } \mu\text{mol/día}) - 3,45$$

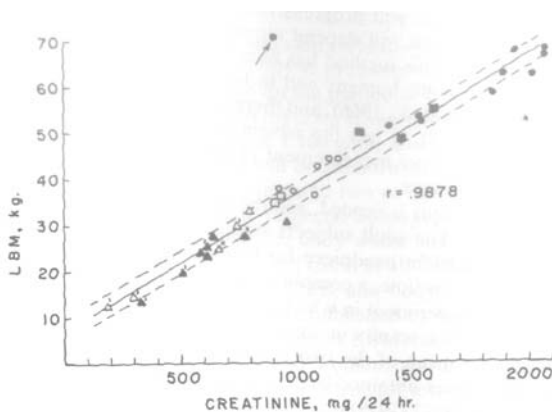


Figura 88.- Relación creatinina-masa libre de grasa (Forbes, 1987).

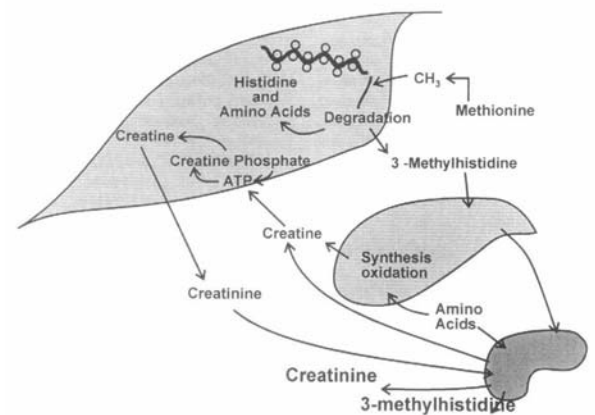


Figura 89.- Metabolismo de la creatina y la 3-Metilhistidina (Forbes, 1987).

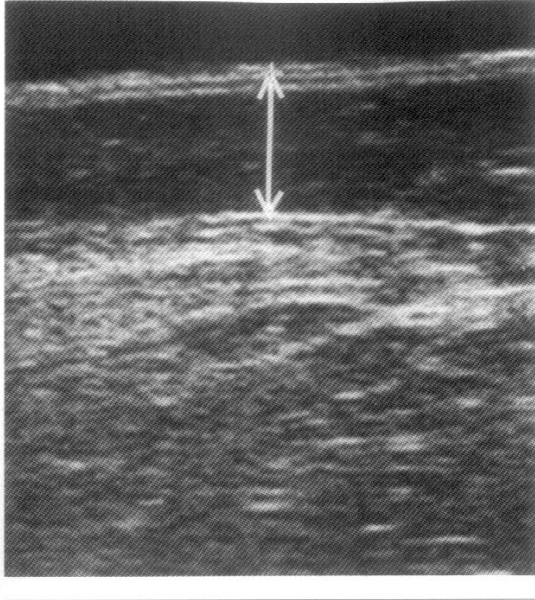
5.2.3.- MÉTODOS DE EXPLORACIÓN DE LA IMAGEN.

- RADIOLOGÍA CONVENCIONAL.

Se precisa una serie de radiografías normales con una intensidad y tiempo de exposición controlados. Las distintas tonalidades identifican con el tejido subcutáneo, el muscular y el óseo, que puede ser medido. Era una técnica muy en vigor hasta los años 70; sin embargo, el escaso poder de contraste entre tejidos blandos y la excesiva radiación (>5 mRem) a la que se tenía que exponer al sujeto la fueron dejando en desuso.

- ULTRASONIDOS.

En una ecografía, un transductor (cristal piezo-eléctrico) vibra emitiendo a una frecuencia de 40 Mhz. El sonido choca contra los distintos órganos que reflejan un eco diferente en función de



su composición. El aparato registra la señal que llega “reflejada”, y la transforma en energía eléctrica, que es enviada a un ordenador y transformada en escalas de grises.

Esta técnica colaboró a hacer decaer las técnicas radiológicas. El problema es que es poco precisa con gases y huesos, y su correlación con la densimetría no es mejor que las técnicas antropométricas. En la figura 90, se puede ver un ejemplo de imagen ecográfica.

Figura 90.- Imagen ecográfica del pliegue suprailíaco (16 mm) (Forbes, 1987).

- TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTERIZADA (T.A.C.).

Un T.A.C. es una secuencia de radiografías. El haz va pasando a lo largo del cuerpo y se registran las diferencias de las emisiones para dar una imagen total del cuerpo en un ordenador. En la figura 91, se puede ver una fotografía de un aparato para realizar esta técnica. El mayor problema es que el sujeto recibe mucha radiación; sin embargo, el método tiene una alta correlación entre el TAC y con otras técnicas de determinación de la composición corporal.

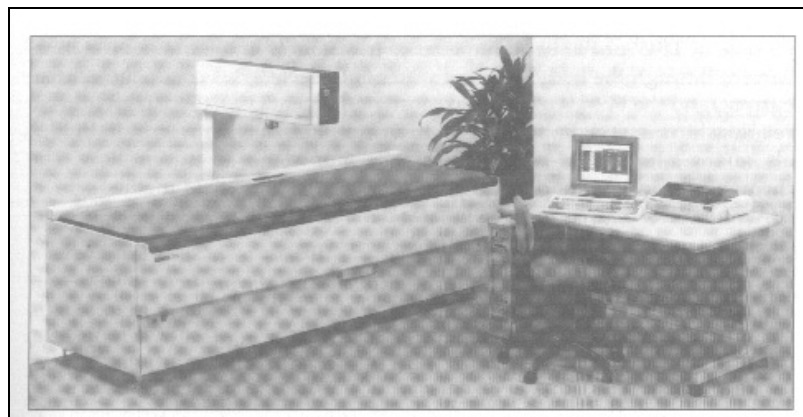


Figura 91.- Ejemplo de aparato para realizar T.A.C. (Forbes, 1987)

- RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR (R.M.N).

Mediante una resonancia magnética se registran las variaciones de imanación de una sustancia bajo la acción de un campo magnético.

Bloch y Purcell recibieron el premio Nobel de Física en 1952 por el descubrimiento. Las técnicas en humanos se desarrollaron en los años 60 y 70.

La R.M.N permite diferenciar los tejidos blandos (grasa, músculo y sangre) de las estructuras óseas. La grasa se registra como una señal blanca, al igual que el tejido esponjoso de los huesos. El tejido óseo compacto presenta color oscuro y los músculos se representan como distintos tonos de gris (Figuras 92 y 93).

Las ventajas de este método son:

- La ausencia de irradiaciones.
- Buena resolución de las partes blandas.
- Permite obtener imágenes tridimensionales.

Como inconvenientes había que destacar el elevado coste económico y el gran tiempo de exposición.

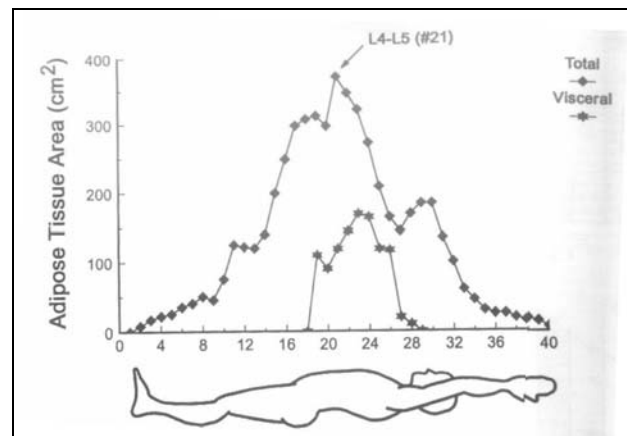
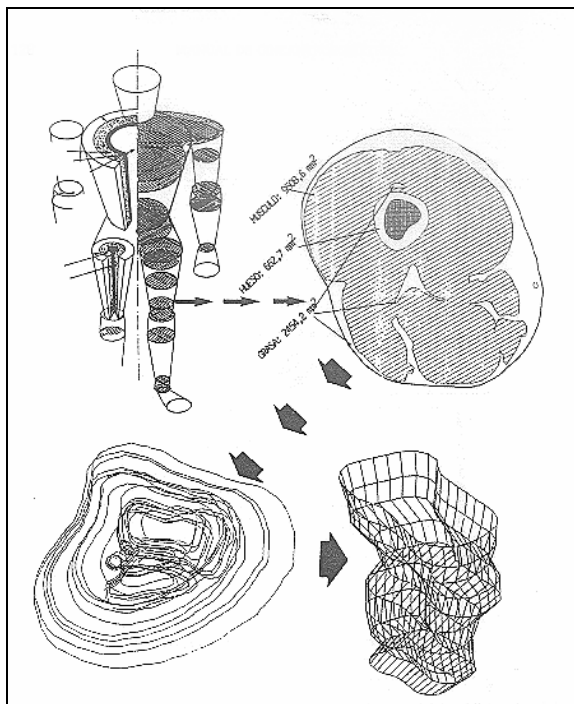


Figura 92.- Esquema de una RMN. (Forbes, 1987) Figura 93.- Concentración de tejido adiposo total y visceral en zonas del cuerpo (Forbes, 1987).

5.2.4.- MÉTODOS DENSIMÉTRICOS.

La densimetría es el método de laboratorio más utilizado para estimar el modelo de 2 componentes. Es el método “base” para validar cualquier otro método indirecto (Figura 94).

La idea de la densimetría para estimar la composición corporal surgió del estudio de la narcosis en el buceo. Los efectos del nitrógeno dependen de la cantidad y distribución del tejido graso. Se observó que existía una correlación directa entre la densidad del cuerpo humano y su contenido en grasa.

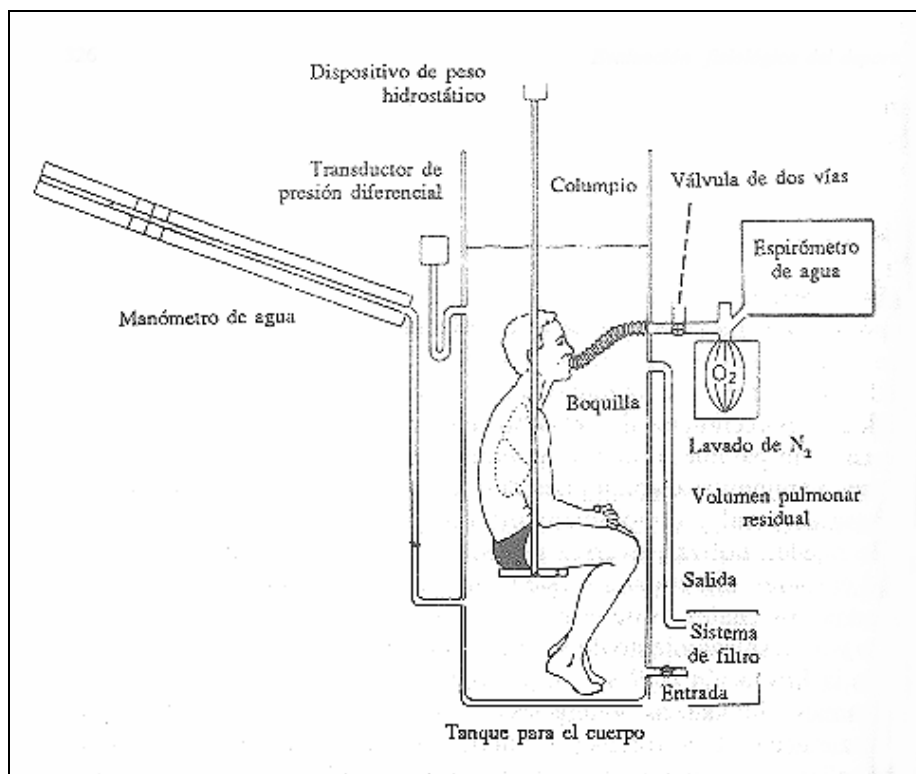


Figura 94.- Esquema de balanza hidrostática para realizar una densimetría.

El método consiste en pesar al sujeto en el aire y después en el agua para, posteriormente, calcular la densidad, por medio de la fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{m_{\text{aire}}}{m_{\text{aire}} - m_{\text{agua}}} \quad (\text{Ver Forbes, 1987})$$

Esta técnica también se puede aplicar con volúmenes. La densidad se calcularía teniendo en cuenta el volumen de agua desalojado al introducir al sujeto en un tanque de agua de volumen conocido.

Existen distintas fórmulas para la estimación del porcentaje de grasa a partir de la densidad corporal. Cada una se debería aplicar a un grupo de población específico y de una determinada edad. Algunas de ellas se pueden ver a continuación.

$$\% \text{ M.G.} = \left(\frac{5,548}{D} - 5,044 \right) \times 100 \text{ (Rathbun - Pace, 1945)}$$

$$\% \text{ M.G.} = \left(\frac{4,95}{D} - 4,5 \right) \times 100 \text{ (Siri, 1961)}$$

$$\% \text{ M.G.} = \left(\frac{4,57}{D} - 4,142 \right) \times 100 \text{ (Brozek y cols, 1961)}$$

$$\% \text{ M.G.} = \left(\frac{5,053}{D} - 4,614 \right) \times 100 \text{ (Behnke - Wilmore, 1974)}$$

$$\% \text{ M.G.} = \left(\frac{530}{D} - 489 \right) \times 100 \text{ (Lohman, 1984, para 8 - 12 años)}$$

Hay que tener en cuenta que la densimetría se fundamenta en considerar constantes la densidad de la masa magra (1,1 g/ml) y la masa grasa (0,9 g/ml). Estos datos son falsos cuando:

- Varía la composición de la grasa. El dato de 0,9 g/ml corresponde a la densidad de los triglicéridos. La densidad de la grasa cerebral es de 1,005 g/ml, debido a que su composición es rica en fosfolípidos, ésteres, colesterol, que son moléculas con un mayor peso específico que los triglicéridos y los ácidos grasos. Teniendo en cuenta que la masa grasa cerebral es de 200 gr., esto origina un error mínimo, que sólo es apreciable en personas muy delgadas.
- La proporción de los componentes de la masa magra (huesos, músculos y vísceras, principalmente) varía en cada sujeto, por tanto, también lo hará su densidad. Son normales valores entre 1,057 (en sujetos con osteoporosis) y 1,189 (en sujetos osteocleróticos). Hay que tener en cuenta que pequeñas variaciones en la densidad de la masa magra originan grandes diferencias al estimar la masa grasa. Esto puede originar que se alteren los valores de masa grasa hasta llegar, incluso, a valores negativos.
- La masa grasa calculada por densimetría está influida por el nivel de hidratación del sujeto. La deshidratación conlleva un aumento de la densidad corporal, debido a una disminución de la cantidad de agua en la masa magra.

Otro punto a tener en cuenta en la densimetría es que la masa magra tiene distintos componentes:

- Estudios con cadáveres han indicado una gran variación en la cantidad de masa magra que es masa muscular. Se obtuvieron un gran rango de valores entre un 40 y un 60%.
- La densidad del hueso fresco varia entre los 1,18 y el 1,33 g/ml, y su composición es de 18,6% de grasa, 32,4% agua, 19,8% proteínas y un 29,2% minerales. La densidad del hueso libre de grasa esta entre 1,14 – 1,72 g/ml, siendo la medio 1,43 g/ml.
- La proporción de hueso, frente a masa muscular, influirá mucho más en el cálculo de la densidad de la masa magra.

Densidad de la masa magra = 1,10 g/ml.

Densidad del músculo = 1,07 g/ml; (poca influencia en la densidad de la masa magra)

Densidad del hueso = 1,43 g/ml: (Elevada influencia en la densidad de la masa magra)

Hay que considerar que la masa magra de los niños tiene una menor densidad ($D = 1,084$ g/ml) debido a una osificación incompleta. Por otro lado, la densidad de la masa magra de los individuos de raza negra es mayor ($D = 1,113$ g/ml).

5.3. MÉTODOS DOBLEMENTE INDIRECTOS PARA EL ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL.

5.3.1.- T.O.B.E.C: (Conductividad Eléctrica Total Corporal)

Este método trata de medir el agua corporal basándose en el hecho de que la cantidad de electrolitos es mayor en la masa muscular que en la masa grasa. Para ello, se introduce al sujeto en una bobina, a la que la conductividad corporal induce un campo magnético de 2,5 a 5 Mhz. (Ver figura 95)

Su correlación con la densimetría es muy alta ($r = 0,92$), pero se necesita una estructura muy compleja para llevarla a cabo.

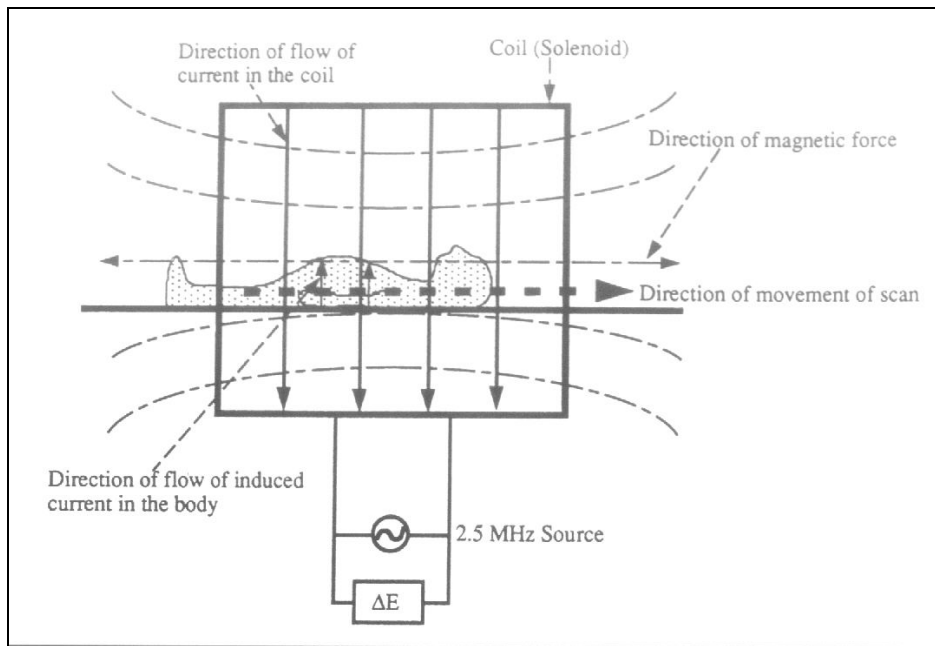


Figura 95.- Esquema del funcionamiento de un aparato para registrar la TOBEC (Forbes, 1987).

5.3.2.- B.E.I. (Impedancia Bioeléctrica)

Se ha demostrado que existe una elevada correlación entre el contenido en agua y la impedancia eléctrica del organismo. Impedancia Eléctrica (Z) es “el obstáculo que cualquier circuito ofrece al paso de una corriente eléctrica” y está en función de la Resistencia (R) y la Reactancia (X_c)

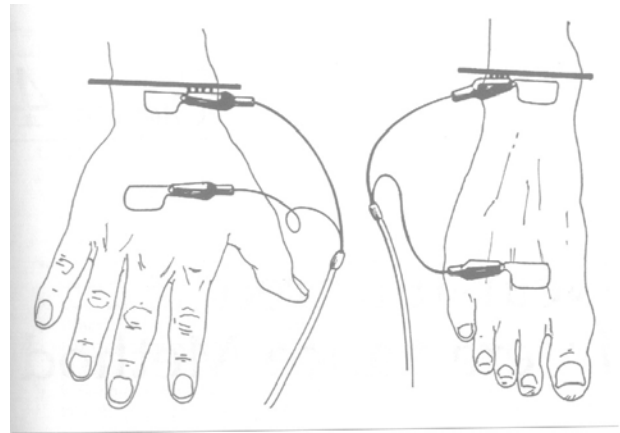
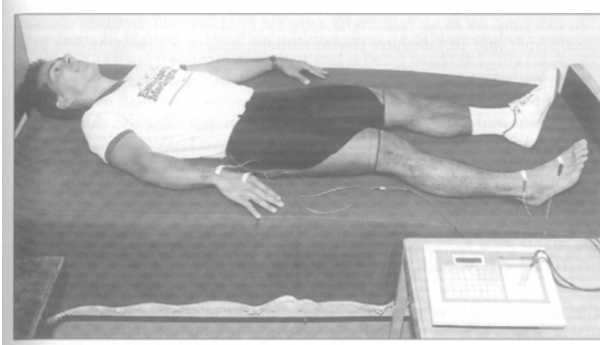
$$X = R^2 + X_c^2$$

En el cuerpo humano, la resistencia la constituye principalmente el agua y la masa muscular, el condensador lo constituyen las membranas celulares y la masa grasa, y el circuito los líquidos intra y extracelulares.

IMPEDANCIA → (Indirectamente) → % H₂O → (Indirectamente) → M.M. y M.G.

La resistencia y las reactancias se miden con un ohmímetro con cuatro electrodos (dos en las manos en las manos y en los pies, ver figura 96 y 97). La corriente utilizada suele ser de 800 uA y 50 kHz.

Los registros se tienen que incluir en una ecuación, que da la auténtica validez al método. Para ello, la ecuación tiene que ser de una población lo más próxima posible a la población que estudiamos.



Figuras 96 y 97.- Registro de la bioimpedancia y colocación de los electrodos en manos y pies (Forbes, 1987).

El principal inconveniente de este método es que considera la impedancia de la Masa Muscular como una constante, lo cual no es siempre cierto. Influye mucho el nivel de hidratación y los electrolitos del agua.



Hay aparatos bastante económicos (sobre unos 170 €) que estiman el porcentaje de grasa considerando la edad, la estatura y el sexo del sujeto. Sin embargo, suelen dar un porcentaje de masa grasa muy diferente al obtenido con las técnicas antropométricas.

Figura 98. Aparato de bioimpedancia OMROM BF 300.

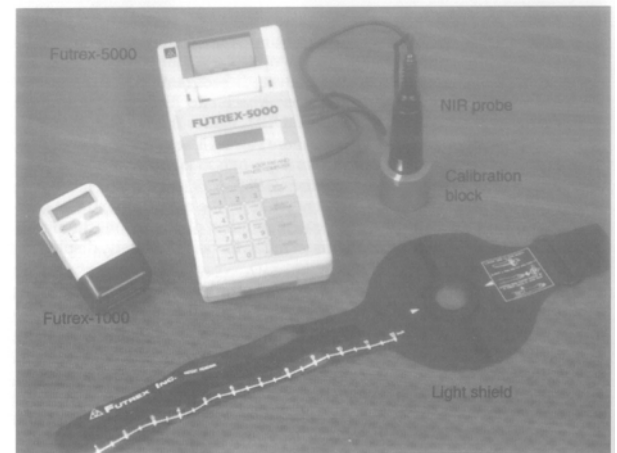
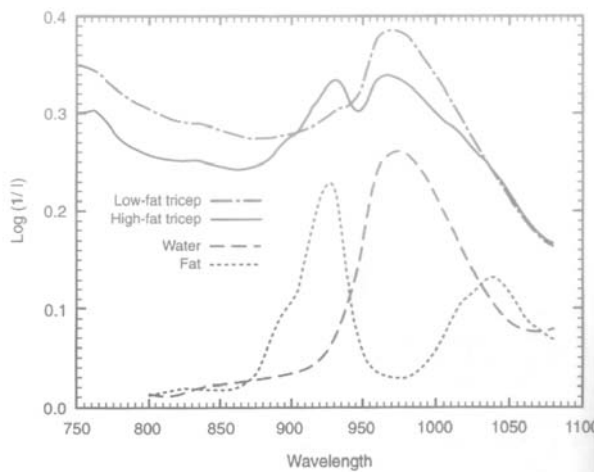
5.3.3.- N.I.R. (Reactancia a la luz subinfraroja).

Este método está basado en la distinta absorción de los materiales frente a una fuente luminosa. Se proyecta una luz con un espectro conocido y, posteriormente, se mide la reflexión, que, en cuerpos opacos, es la luz que no se absorbe.

Se sabe que la grasa absorbe, principalmente, longitudes de onda (λ) de 930 nm., mientras que el agua absorbe longitudes de onda (λ) de 970 nm. (Ver figura 99).

Existen tablas para estimar la masa grasa y magra según la talla, el peso, el sexo y la raza en función de la cantidad de luz absorbida. La correlación es de $r = 0,91$, frente a la densimetría y técnicas de medición de pliegues grasos.

El principal problema para generalizar esta técnica es que los espectrómetros comerciales (ver figura 100) son menos precisos (precisión de ± 50 nm) que los de laboratorio (± 5 nm).



Figuras 99 y 100.- Espectros de absorción del agua (línea discontinua) y de la grasa (línea continua), y modelo comercial de espectrómetro (Forbre, 1987).

5.3.4.- TÉCNICAS ANTROPOMÉTRICAS.

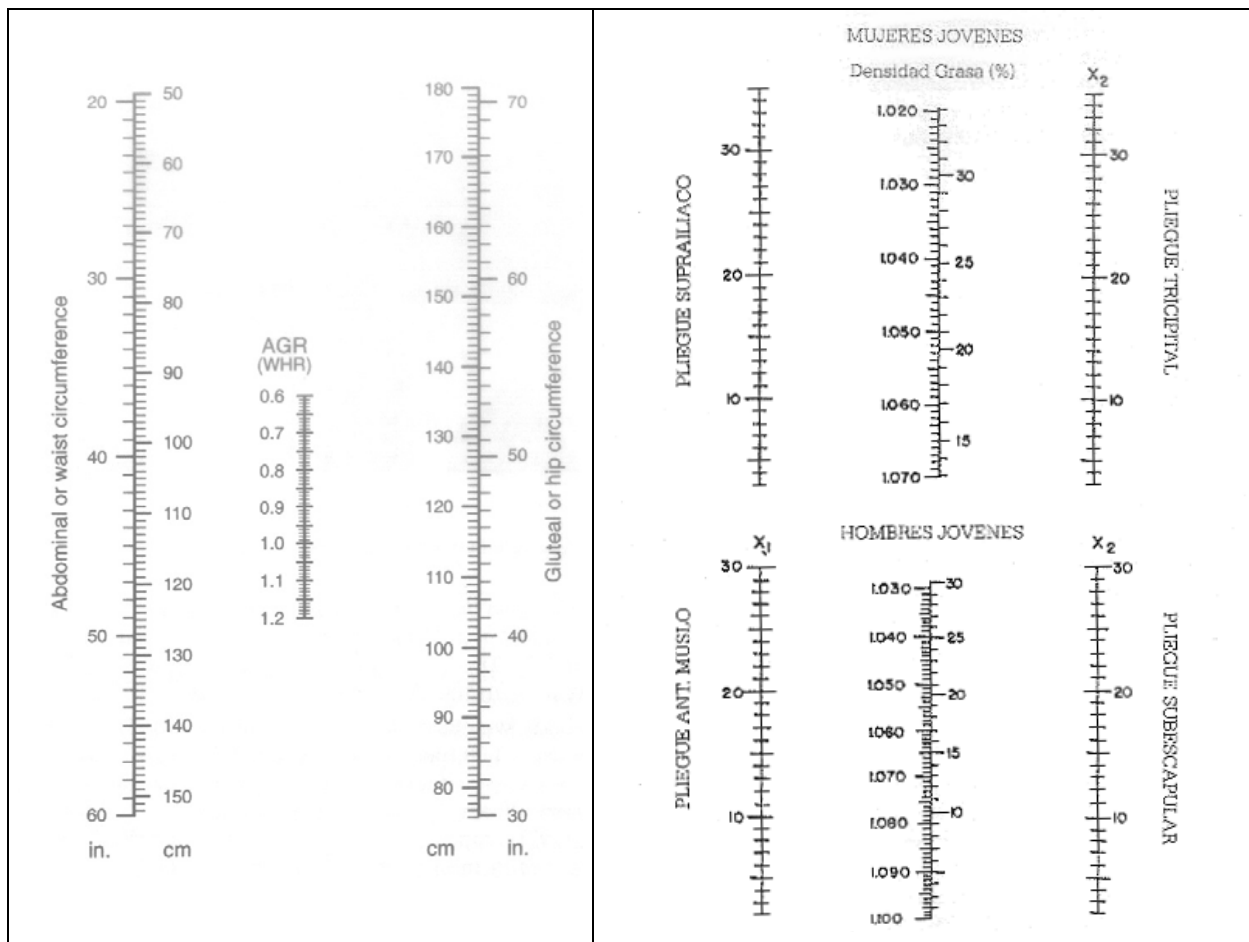
Existen distintos modelos antropométricos para estimar los diferentes componentes corporales por medio de técnicas antropométricas.

5.3.4.1- INDICES DE ADIPOSIDAD INDIRECTOS.

Existen en la bibliografía muchos nomogramas que, por medio de un número reducido de variables se puede estimar, de manera gráfica, la densidad corporal (o cualquier otra variable) que permite estimar el porcentaje de grasa del sujeto (ver figuras 101 y 102).

En general, las técnicas que utilizan pliegues grasos para la estimación del porcentaje de masa grasa, se consideran más válidas que las que utilizan otro cierto tipo de variables (como la estatura, el peso o el perímetro de cintura y el de cadera) para estimar, de forma indirecta, la densidad o el porcentaje de grasa del sujeto.

Hay un gran número de índices de adiposidad indirectos para estimar el porcentaje de grasa del sujeto. Como ejemplos de ellos podemos ver:



Figuras 101 y 102.- Ejemplos de nomogramas para el cálculo del índice cintura-glúteo, y de la densidad corporal y % de masa grasa mediante técnicas antropométricas (Forbes, 1987 y Esparza, 1993).

- EL INDICE DE QUETELET (1833) Ó ÍNDICE DE MASA CORPORAL Ó B.M.I.

$$IC = \text{Peso} / \text{Talla}^2$$

Su principal inconveniente es el considerar que todo exceso de peso respecto a lo normal se debe a un aumento de la masa grasa, algo que no es cierto en algunas razas por su mayor densidad corporal, en deportistas y, especialmente, en culturistas. (Ver figura 103).

La debilidad del I.M.C. también se pone de manifiesto cuando se consideran las tablas de peso ideal establecidas con este índice (Figura 104)

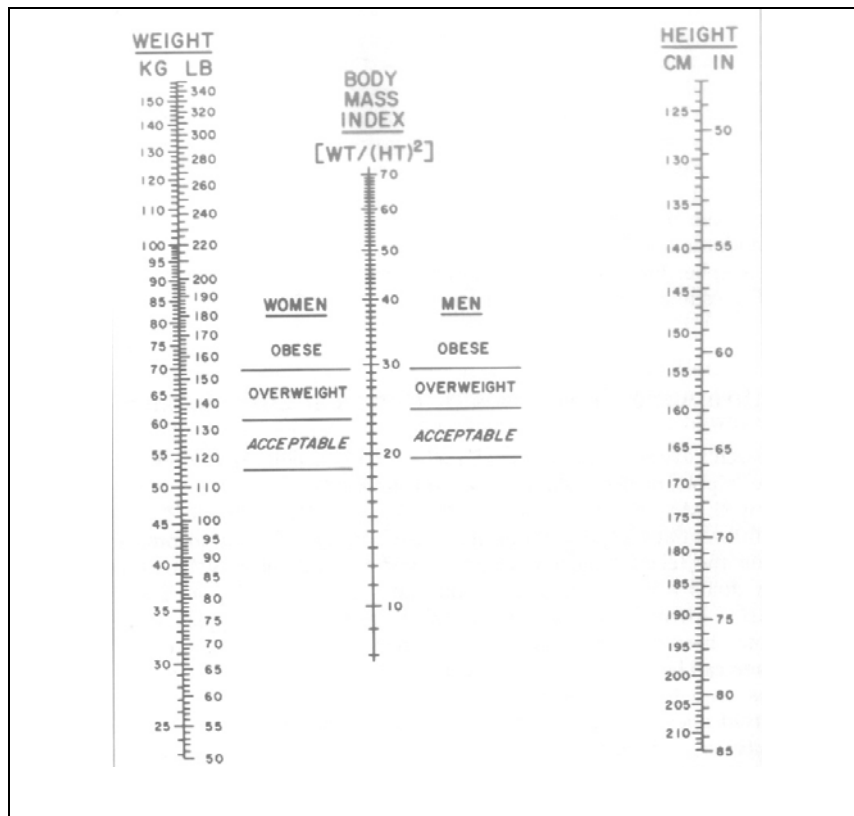


Figura 103.- Nomograma para calcular el Índice de masa corporal.

	Altura (cm)	Peso mín.	EMI Peso mín (Kg)	Peso máx.	EMI Peso máx (Kg)	EMI dispersión (máx-mín)
HOMBRES	155.5	58.3	24.1	68.3	28.2	4.1
	160.5	60.0	23.3	71.1	27.6	4.3
	165.5	61.8	22.6	74.7	27.3	4.7
	170.5	63.8	21.9	78.2	26.9	5.0
	175.5	65.4	21.2	81.8	26.6	5.3
	180.5	67.7	20.8	85.4	26.2	5.4
	185.5	70.3	20.4	89.4	26.0	5.6
	190.5	73.5	20.3	93.9	25.8	5.6
	Media		21.8		26.8	5.0
MUJERES	145.5	46.4	21.9	59.8	28.2	6.3
	150.5	47.4	20.9	62.4	27.5	6.6
	155.5	49.3	20.4	65.3	27.0	6.6
	160.5	51.9	20.1	68.8	26.7	6.6
	165.5	54.6	19.9	72.4	26.4	6.5
	170.5	57.3	19.7	75.9	26.1	6.4
	175.5	60.0	19.5	78.6	25.5	6.0
	180.5	62.6	19.2	81.2	24.9	5.7
	Media		20.2		26.6	6.4

Figura 104.- I.M.C. correspondientes a los pesos máximos y mínimos recomendados.

En la actualidad, el índice ponderal ($\text{Estatura}^3/\text{Peso}$) se considera más apropiado el BMI debido a su congruencia dimensional. Sin embargo, el I.M.C. se sigue utilizando en algunas compañías de seguros para estimar si el cliente tiene riesgo de padecer una enfermedad (ver figura 105).

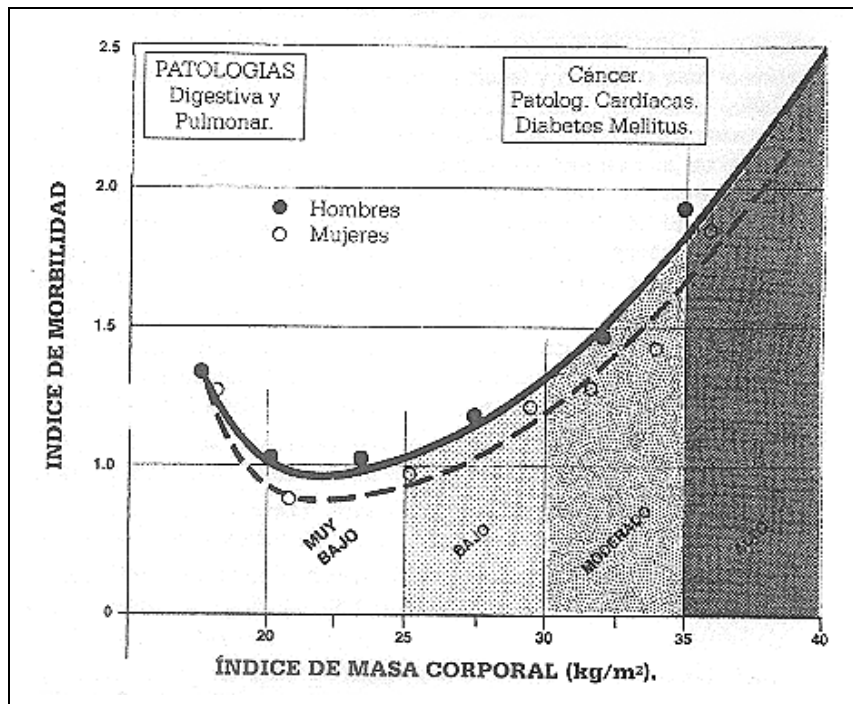


Figura 105.- Calificación del riesgo del sujeto a padecer enfermedades en función del I.M.C. (Esparza, 1993).

- EL ÍNDICE CINTURA/GLÚTEO.

En la Figura 101, podemos ver un nomograma para calcular el índice cintura-glúteo. Se entiende que el sobrepeso en mujeres entre 40 y 49 años estaría en un valor "0,8", mientras que en hombres sería "0,95". Es obvio que el fallo de este método será la posibilidad de que la grasa se localice en lugares diferentes a la cintura y el abdomen.

Independientemente del método utilizado, se considera que el porcentaje de grasa ideal en un hombre está entre el 8 y el 15 % de su masa corporal total, mientras que en la mujer estará entre un 13 y un 20%. En la figura 106, se muestran valores normales de masa grasa para distintos deportistas y para sujetos normales. Valores inferiores a los normales son difíciles de mantener y pueden traer como consecuencia alteraciones en el estado de ánimo del sujeto. En ciertos momentos de la preparación del deportista, los niveles de masa grasa pueden ser inferiores a los normales. Habrá que tener en cuenta que el deportista puede manifestar cambios de carácter e irascibilidad en esos momentos y que, en mujeres, se pueden producir trastornos en la

menstruación, debido a que el organismo detiene la ovulación si el cuerpo de la mujer no está preparado para concebir un hijo.

EL PORCENTAJE DE GRASA IDEAL		
CLASIFICACIÓN SEGÚN PORCENTAJE		
Clasificación	Hombres	Mujeres
Delgado	< 8%	< 15%
Óptimo	8-15%	13-20%
Ligero Sobrepeso	16-20%	21-25%
Sobrepesado	21-24%	25-32%
Obeso	≥ 25%	≥ 32%
Corredores de larga dist.	4-9%	6-15%
Luchadores	4-10%	-----
Gimnastas	4-10%	10-17%
Culturistas (Élite)	6-10%	10-17%
Nadadores	5-11%	14-24%
Jugadores de basket	7-11%	18-27%
Remo	11-15%	18-24%
Tenistas	14-17%	19-22%

Figura 106.- Porcentajes de grasa de sujetos normales y distintos deportistas.

5.3.4.2- MÉTODOS ANTROPOMÉTRICOS.

Son el método más utilizado en la valoración de la composición corporal. Matiegka (1921), desarrollo el modelo de 4 componentes; sin embargo, entre 1932-1935 se comenzó a utilizar más el modelo de 2 componentes (Masa Magra y Masa Muscular).

Brozek y Keys (1951) publicaron las primeras fórmulas de predicción de la masa grasa por medio de pliegues cutáneos. En 1965, Von Döbeln desarrolló una ecuación para el cálculo del peso óseo, modificada posteriormente por Rocha (1974), dando origen el modelo de 3 componentes.

$$P.O (Rocha) = 3,02 \times (Talla^2 \times \varnothing \text{ Estiloideo} \times \varnothing \text{ B. Femur} \times 400)^{0,712}$$

Posteriormente, Behnke (1959) propuso un método de valoración de la composición corporal en función de un modelo cilíndrico. Consideró la densidad del cuerpo como 1,000 g/ml entendiendo que la masa del cuerpo era igual al volumen del sujeto. Sobre esta idea, desarrolló una compleja fórmula para estimar la Masa Magra del sujeto:

$$M.Magra (Fem) = D^2 \times H^{0,7} \times 0,255$$

$$M.Magra (Masc) = D^2 \times H^{0,7} \times 0,263$$

Donde,

$$D = \Sigma (\emptyset \text{ biacromial} + \emptyset \text{ bicrestal} + \emptyset \text{ muñeca} + \emptyset \text{ tobillo}) / K$$

Siendo,

$$K = \Sigma (11 \emptyset \text{ en una muestra patrón}) / R_{corp}$$

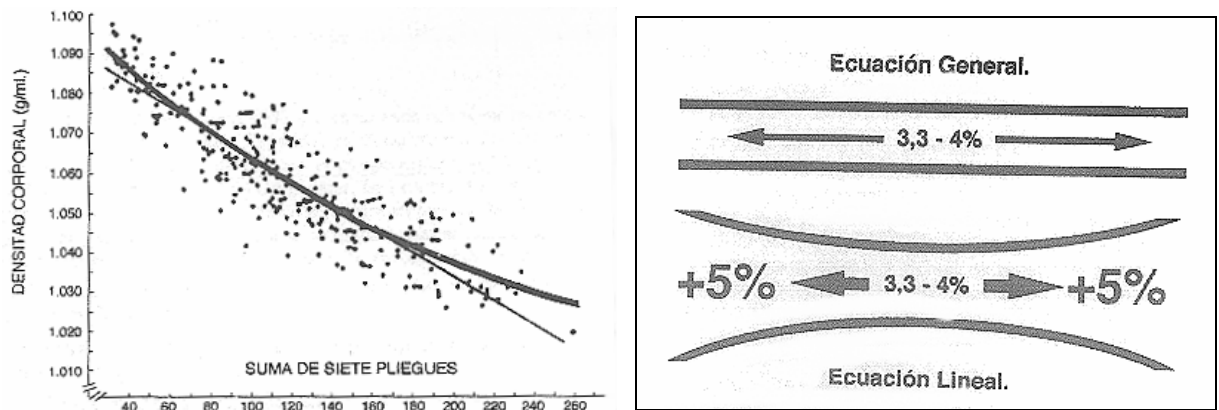
Y,

$$R_{corp} = (\text{Peso} / \pi \times \text{Talla})^{0,05}$$

A partir de los años 70, con la aparición de los ordenadores personales, se desarrollaron un gran número de ecuaciones de regresión. En general, hay que considerar que a mayor número de variables, mayor es la precisión y la especificidad de dicha ecuación.

En este punto hay que considerar dos tipos de ecuaciones: las **lineales** que consideran una sólo variable y la ecuación de regresión corresponde a una línea recta, y las **generales**, que pueden tener más de un coeficiente (o variable) y un orden (índice al que está elevado la variable) superior a dos.

Las ecuaciones lineales no tienen en cuenta los cambios producidos por variables como la edad, ni las diferentes distribuciones del tejido subcutáneo y las vísceras. Esto origina que tengan mayores errores en los valores extremos que en los centrales (Ver figura 107). Las fórmulas generales disminuyen el error en los valores extremos. En algunos casos, las fórmulas generales con dos o más variables se pueden ver resumidas en nomogramas como los de la Figura 108.



Figuras 107 y 108.- Ecuaciones de regresión lineal y ecuaciones generales (Esparza, 1993).

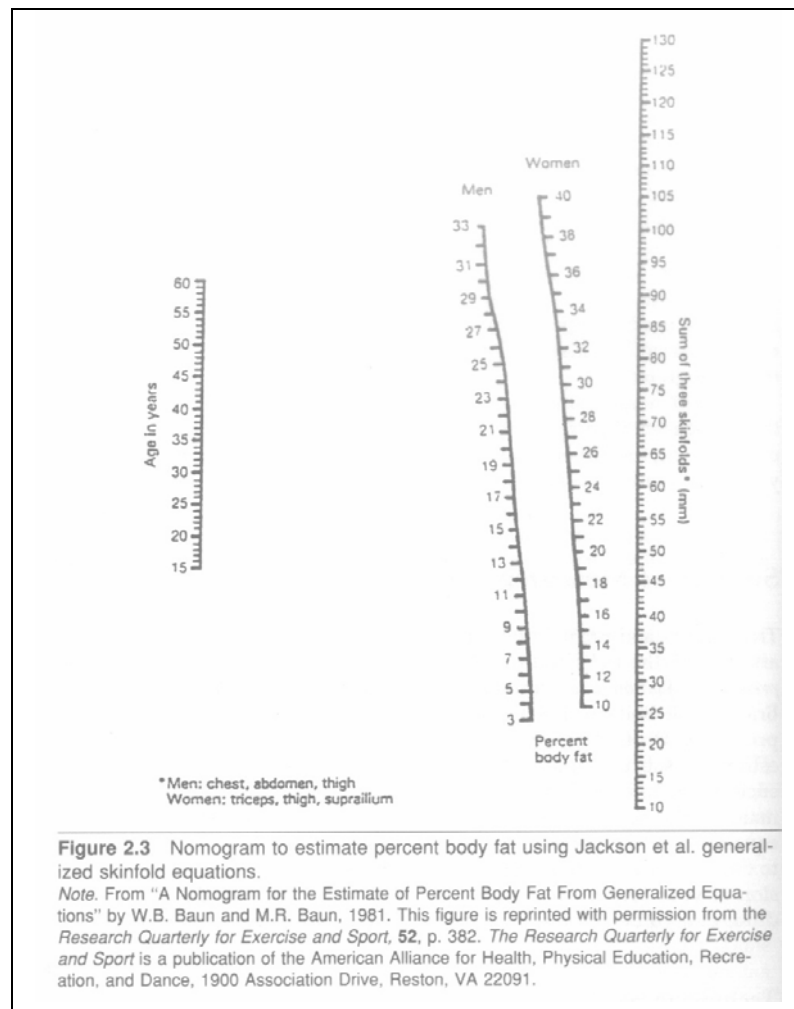


Figura 109.- Nomograma para estimar el porcentaje de masa grasa en hombre y mujeres en función de la edad y la suma de tres pliegues (pecho, abdomen y muslo en hombres, y tríceps, muslo y suprailiaco en mujeres). Nota: dirigirse a la referencia, R.Q.E.S, 52, p. 382 (1981), para las técnicas de medición. (Forbes, 1987)

Yuhasz, en 1974, editó una fórmula para el cálculo del porcentaje de masa grasa en jóvenes de edades comprendidas entre los 18 y 30 años, que es la fórmula que más se utiliza actualmente para el cálculo de la masa grasa, pues tiene distintas fórmulas para mujeres y para hombres:

$$\% \text{ M.G. (Fem)} = 4,56 + (\sum 6 \text{ pliegues (mm)} \times 0,143)$$

$$\% \text{ M.G. (Masc)} = 3,64 + (\sum 6 \text{ pliegues (mm)} \times 0,097)$$

Donde los pliegues son: Tríceps, Subescapular, Suprailiaco (2 cm por delante de línea axilar media), Abdominal, Muslo Anterior y Pierna.

- PROPUESTA DE "DE ROSE Y GÜIMARAES".

Este modelo establece cuatro componentes que se obtienen a través de las siguientes fórmulas:

- Masa Grasa (Faulkner)

$$\% \text{ MG} = (\sum 4 \text{ pliegues} \times 0,153) + 5,783$$

En la que los pliegues son: Tríceps, Subescapular, Suprailiaco y Abdominal.

- Masa Osea (Rocha)

$$\text{P.O} = 3,02 \times (\text{Talla}^2 \times \text{Ø Estil} \times \text{Ø B. Fem} \times 400)^{0,712}$$

- Masa Residual (Wurch)

$$\text{P.R} = \text{P}_{\text{tot}} \times 24,1 / 100 \text{ (Chicos)}$$

$$\text{P.R.} = \text{P}_{\text{tot}} \times 20,9 / 100 \text{ (Chicas)}$$

- Masa Muscular (Matiegka)

$$\text{P.M (Kg)} = \text{P}_{\text{total}} - (\text{PG} + \text{PO} + \text{PR})$$

Galiano propuso una corrección al modelo de De Rose y Güimaraes, corrigiendo las fórmulas de Faulkner según el sexo:

$$\% \text{ M.G. (Fem)} = \text{valor Faulkner} - 6,465 / 0,249$$

$$\% \text{ M.G. (Masc)} = \text{valor Faulkner} - 6,036 / 0,272$$

- PROPUESTA DEL G.R.E.C.

El Grupo Español de Cineantropometría utiliza el método de De Rose y Güimaraes, pero calculando el porcentaje de masa grasa con las fórmulas de Yuhasz:

$$\% \text{ M.G. (Fem)} = 4,56 + (\sum 6 \text{ pliegues (mm)} \times 0,143)$$

$$\% \text{ M.G. (Masc)} = 3,64 + (\sum 6 \text{ pliegues (mm)} \times 0,097)$$

- PROPUESTA DE DRINKWATER.

Este método utiliza grupos de variables (correspondientes a cada componente) ajustadas al modelo Phantom para, posteriormente, utilizar el valor medio "Z" de dichas variables para estimar el valor de cada componente "V". Para ello, introduce dicho valor "Z" en la fórmula general del modelo Phantom (Drinkwater y Ross, 1980)

$$Z = \frac{\left[v \times \left(\frac{170,18}{E} \right)^d - p \right]}{s}$$

Los grupos de variables son:

MASA GRASA: Pliegue del Tríceps, Pliegue Subescapular, Pliegue Supraespinal, Pliegue Abdominal, Pliegue del Muslo, Pliegue de la Pierna.

MASA RESIDUAL: Diámetro Biacromial, Diámetro Biileocrestal, Diámetro Transverso del Tórax, Diámetro Antero-posterior del Tórax.

MASA OSEA: Diámetro Biepicondilar del Fémur, Diámetro Biepicondilar del Húmero, Perímetro de la Muñeca, Perímetro del Tobillo.

MASA MUSCULAR: Perímetro del Brazo Relajado (* Pliegue Tríceps), Perímetro del Antebrazo, Perímetro del Tórax (* Pliegue Subescapular), Perímetro del Muslo (* Pliegue Muslo), Perímetro de la Pierna (* Pliegue Pierna Medial).

Los perímetros indicados con asterisco (*) están corregidos con los pliegues cutáneos correspondientes multiplicados por "π".

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FISICA Y DEL DEPORTE (I.N.E.F)
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID

El método es bastante cuestionable si se aplica en niños, ya que no se incluyeron en la muestra del Phantom. Además, su validez depende de la consistencia del modelo Phantom, el cual no tuvo en cuenta las diferencias de densidades entre tejidos.

- MÉTODO “O-SCALE”.

La virtud de este método concebido por Ross y Ward en 1985, es que diferencia 44 grupos de edad y sexo, desde jóvenes a adultos. Contó con una base de datos muy amplia (n=24.000) y proporciona información en valor absoluto y relativo (en forma de percentiles) de las distintas variables y componentes.

Los valores de las variables son relativos a una altura de referencia (170,18 cm) y compara los resultados de la masa grasa por tres métodos (Yuhasz, Sloan y Durin-Womersley).

Tiene una versión corta que precisa de la talla, el peso, 6 pliegues, y tres perímetros, y otra completa (talla, peso, 8 pliegues, 10 perímetros y 2 diámetros óseos).

VALORACION DE LA COMPOSICION CORPORAL

MÉTODOS		Seguridad del sujeto	Adaptación del sujeto	Material necesario.	Método.	Coste Económico.	Funcionalidad.	Validez.	
DIRECTOS	DISECCIÓN Anat.	0	0	2	5	1	0	5	
INDIRECTOS	FÍSICO-QUÍMICOS	PLETIS. y ABS. G. N.	4	1	1	3	1	1	3
		DILUCIÓN ISOTÓP.	4	3	2	2	2	2	3
		ESPECTRO. FOTON.	2	3	2	3	2	2	3
		ACTIVACIÓN NEUT.	3	2	1	2	1	1	3
		EXCRECIÓN CREAT.	4	3	3	3	3	3	2
	IMAGEN	RADIOLOGÍA	1	2	1	2	1	1	2
		ULTRASONIDOS	4	4	2	3	2	3	2
		T.A.C.	1	1	0	2	0	1	4
		R.M.N.	4	2	0	2	0	2	4
		DENSIOMETRÍA	3	1	2	2	2	2	4
DOBLE INDEEC.	ANTROP.	T.O.B.E.C.	3	4	0	3	0	1	4
		N.I.R.	5	5	4	4	3	3	2
		B.I.E.	3	4	3	4	3	3	3
	ANTROP.	ÍND. MASA y/o ADIP.	5	5	6	5	5	5	1
		ECUA. REGRESIÓN	5	4	4	3	4	4	4

Una variación de este método es la “OZ-Scale” que se desarrolló en Australia para adaptarlo a las características de la población australiana.

Como final de este capítulo, uno se podría cuestionar qué método es el más apropiado para valorar la composición corporal.

La respuesta estaría en función de muchos factores que están resumidos en la Figura 110.

En el caso de la masa grasa, también habría que considerar la localización de la grasa que se quiere medir (Ver figura 111).

Figura 110.- Valoración de los métodos de estudio de la composición corporal.

ESPECIFICIDAD		DEPÓSITOS DE GRASA		
		TEJIDO ADIPOSÓ		GRASA ESENCIAL
		SUBCUTANEO	VISCERAL	
ANTROPOMETRÍA	PLIEGUES GRASOS	XXX		
	PERÍMETRO y DIÁM.	X	X	
IMAGEN	ULTRASONIDOS	XXX		
	T.A.C.	XXX	XXX	
	R.M.N.	XXX	XXX	
	DENSIOMETRÍA	XX	XX	XX
	IMPEDANCIA BIOELÉC. H ₂ O y K	X	X	X
	MET. FÍSICO-QUÍMICOS	X	X	X

Figura 111.- Especificidad de los distintos métodos de valoración corporal.

5.4. BIBLIOGRAFÍA.

- Drinkwater, D. y Ross, W.D. (1980) Antropometric fractionation of body mass. En Ostyn, W, Beunen, G. y Simons, J. (Editores). Kinanthropometry II. (pp. 177-188). Baltimore: University Park Press.
- Forbes, G.B. (1987) Human Body Composition (Growth, Aging, Nutrition and Activity). New York: Springer-Verlag.
- Esparza, F. (Ed) (1993). Manual de Cineantropometría. Pamplona: (GREC) FEMEDE.
- Norton, K. y Olds, T. (2000) Antropometrica. Rosario, Argentina: Biosystem.