

En la
de Civil y

cente y

UNIDAD II

Técnica antropométrica

Capítulo 4.
CALIDAD DE LAS MEDIDAS
CINEANTROPOMÉTRICAS

4. CALIDAD DE LAS MEDIDAS CINEANTROPOMÉTRICAS

Julieta Aréchiga Viramontes
Betty Méndez de Pérez
Enrique Ordaz
M. Dolores Cabañas Armesilla

4.1. Introducción

El control de calidad en las mediciones cineantropométricas constituye hoy día, un aspecto básico a ser considerado dentro de toda investigación que involucre al hombre tanto en movimiento como en reposo. Las más recientes investigaciones reflejan que esta acción se ha incrementado en los últimos tiempos y su objetivo se orienta básicamente hacia las condiciones en las cuales se realizan las medidas y el control del aparataje y su manejo en el error de medición, su origen y la magnitud del mismo (García y Pérez, 2002).

Muchos congresos internacionales han destacado el tema de la estandarización, con atención especial a la definición y revisión de los puntos anatómicos somatométricos de referencia y la práctica de los procedimientos para la toma de las medidas, utilizando la antropometría convencional.

En la actualidad, el desarrollo y los alcances de los estudios en biología humana, en especial los referidos a los aspectos de crecimiento, nutrición, salud y ejercicio físico en todas las etapas de la ontogenia, han propiciado el progreso y adelanto en la modificación de las técnicas cineantropométricas. Los usos e interpretación de las mismas, han trasladado sus aplicaciones a otras especialidades, como la medicina del deporte, la ortopedia, antropología y epidemiología entre otras. Los principios técnicos de la cineantropometría apoyados en el fuerte soporte que proporciona la bioestadística, conforman un binomio de aplicación muy importante en las diferentes áreas de la salud (véase capítulo 6).

La calidad de las medidas cineantropométricas está en función del estricto seguimiento que se le haga a un protocolo de reglas de medición, instrumentado por organismos nacionales e internacionales, los cuales norman las actividades de recolección de la información; vale destacar aquí el esfuerzo hecho por algunos miembros del GREC (Grupo Español de Cineantropometría) integrado dentro de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE) y de la Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría (ISAK) (véase capítulo 3).

4.2. Condiciones para una sesión de medidas cineantropométricas

4.2.1. El sujeto de estudio

En todo momento, los principios éticos deben regir en la toma de las medidas cineantropométricas. Por tanto, se debe hacer especial énfasis en estos valores debido a la interrelación tan cercana que existe entre el evaluador y el evaluado (véase capítulo 3, apartado 3.3.2).

La OMS expone que la dinámica del conocimiento científico y tecnológico tiende hacia la deshumanización de la ciencia. En conjunto con otras asociaciones internacionales, ha planteado la necesidad de incorporar la ética en toda investigación, salvaguardando de esta manera la integridad y los derechos de las personas involucradas.

Los sujetos deben estar informados sobre las mediciones que se llevarán a cabo, y deberán completar un *formulario de consentimiento informado* como parte de los pasos preliminares del protocolo experimental (véase capítulo 2, apartado 2.3). Esta acción que cumple con los principios éticos favorece, además su colaboración.

En este sentido, el cineantropometrista, durante la sesión de medida, deberá poder moverse con facilidad alrededor del sujeto y manipular el equipo con cuidado extremo, sin realizar movimientos bruscos

y respetando en todo momento el "espacio personal". Para que las mediciones se realicen rápido y de la manera más eficiente posible, se les deberá pedir a las personas que se presenten en la sala de antropometría con la mínima cantidad de ropa, como se aconseja en el capítulo 3, situándolo en posición antropométrica (Figura 3.1) encontrándose cómodo y relajado en situación de reposo. Algunas mediciones requieren que el sujeto se coloque en posición anatómica (Figura 3.29). El cineantropometrista debe impartir las instrucciones de manera clara, apropiadas al caso y en un lenguaje adaptado a la persona de estudio (niño o adulto) y a su nivel cultural. Las medidas deben realizarse con el sujeto sobre una base firme, a poder ser de madera, para que le aisle de la temperatura fría del suelo, que le haría estar incomodo, minimizando el error en la medición de las alturas.

4.2.2. Condiciones del lugar de la sesión

La comodidad de todos los sujetos implicados en la toma de las medidas que incluye al sujeto de estudio, el cineantropometrista y el anotador *troika*, es importante para que cada uno pueda colaborar con la máxima eficacia y se minimice el riesgo de errores por cansancio, incomodidad o incluso pudor. Sin embargo, el investigador debe estar preparado para afrontar otras situaciones donde no todas las condiciones de confort están disponibles, en cuyo caso debe recurrirse al criterio de plasticidad o adaptación a diferentes medios, que debe primar en el diseño de toda investigación; modificando en el local o la sala las condiciones necesarias reflejadas en el capítulo 3, Figura 3.3.

4.2.3. El cineantropometrista o kinantropometrista

En la capacitación de los evaluadores se hace énfasis en la ejecución exacta del levantamiento de la información y el uso correcto del instrumental cineantropométrico verificando, en todo caso, los posibles errores para erradicarlos. El registro de los valores en las proformas u hoja de registro de los datos como la que se adjunta en el Anexo II, debe hacerse utilizando una nomenclatura clara para evitar confusiones como: el cero atravesado por una raya inclinada (\emptyset), el 7 con su porción transversal perpendicular a la horizontal, el 4 con ángulo para no equivocarlo con un 9 sin cerrar por arriba, el 5 con ángulo en la parte izquierda para no tomar por un 3 mal escrito por prisa o un lápiz de mala calidad, que no completa el tratado.

Es altamente aconsejable que los valores obtenidos en las medidas sean anotados en la ficha proforma por una tercera persona considerada como anotador, conformándose así una *troika* perfecta que, en caso de duda, verificará el dato repitiéndolo en voz alta y clara el mismo dato dictado por el evaluador. De esta manera se evitan errores de anotación; si colabora al tomar y dejar el instrumental, se disminuyen los cambios de posición en el sujeto y se consigue una duración más corta de la sesión, haciéndola más cómoda y agradable.

4.2.4. Control de precisión de los instrumentos

Además de lo anteriormente establecido en el capítulo 3, es necesario tomar en consideración la calibración de los instrumentos de medición (Figuras 3.4 y 3.14).

La **calibración de la báscula** se puede realizar con pesas de calibración certificada por un departamento oficial de pesas y medidas que totalicen un mínimo de 150 kg (Maestre, 2004). En el trabajo de campo, el control de la exactitud de la báscula (Figura 3.13 a,b,c y d) se puede hacer utilizando un peso de calibración certificado por algún departamento gubernamental de pesas y medidas. En caso de balanzas electrónicas es conveniente sacar las pilas o baterías fuera de la misma al guardarla, tras las mediciones tomadas durante ese día.

El **antropómetro** (Figura 3.13 e) es un instrumento con doble función, se utiliza para medir los segmentos corporales de forma proyectada tomando la distancia entre dos puntos antropométricos o como calibrador de ramas rectas, para medir segmentos corporales de manera directa (Figuras 3.17 y 3.19). Cambiando las ramas rectas por las ramas curvas se utiliza para medir el diámetro anteroposterior del tórax (Figura 3.23.c).

El *antropómetro Siber-Hegner GPM* (Figura 3.13.e) está formado por cuatro secciones que se insertan una en otra, con una longitud de 2.100 cm, tiene una precisión de 1 mm, posee aditamentos especiales como ramas rectas y curvas intercambiables que se le añaden para tomar diámetros grandes (Figura 3.19).

El *compás de corredera de ramas curvas* (Figura 3.13.f) se utiliza para medir diámetros pequeños; tiene puntas de oliva y mide de 0-200 mm. El calibre de ramas rectas (Figura 3.13.g) con dos terminaciones en puntas romas y puntas afiladas, mide de 0-205 mm. Se usa para medir diámetros pequeños y la altura al maléolo.

La *cinta métrica* (Figura 3.15.a) debe ser metálica, flexible, indeformable, menor de 7 mm de ancho, y debe estar calibrada en centímetros con gradación milimétrica, con un espacio al inicio sin graduar, y el marchamo de control de cada país que servirá para un mejor manejo en su uso. Se utiliza para medir los perímetros o circunferencias y para valorar el punto medio entre dos puntos anatómicos (Figura 3.15.a y b).

El *paquímetro o compás de diámetros pequeños* (Figura 3.15.b), tiene dos ramas rectas, una fija graduada y la otra deslizante; su precisión es de 1 mm.

El *plicómetro o calibrador de pliegues grasos* (Figura 3.15.c), tiene una precisión de 0,2 mm y mantiene una presión constante de 10 gr/mm², mide el grosor del pliegue cutáneo.

El *segmómetro* (Figura 3.16.a y b) se utiliza para medir las longitudes directas, a partir de las distancias entre dos puntos anatómicos de referencia. Se diseñó como una alternativa al antropómetro, aunque no es apropiado para medir diámetros óseos grandes y alturas (véase Figura 3.26).

Banco de madera o cajón antropométrico (Figura 3.15.d) con altura de 40 cm, 50 cm de ancho y 30 cm de profundidad. Deberá tener un corte en la parte baja para que el sujeto coloque sus pies debajo del mismo, facilitando la toma de las medidas porque permite tener al sujeto de estudio siempre en posición antropométrica. Se utiliza para tomar las alturas ilioespinal y trocantérea, así como todas aquellas medidas del sujeto en posición sedente (Figura 3.31).

Otros accesorios que facilitan la labor del cineantropometrista y que generalmente se encuentran dentro de los laboratorios son las *plataformas de madera* que sirven como base del antropómetro, utilizadas para nivelar el suelo. Es conveniente contar por otra parte con un *lápiz dermatográfico* para marcar en la piel del sujeto a evaluar los puntos o marcas de referencia (Figuras 3.9 y 3.12).

4.3. Control y manejo de errores en medidas directas

En este contexto, la técnica cineantropométrica válida requiere reducir a su mínima expresión la variabilidad en las mediciones y sobre todo, contar con precisión, confiabilidad, exactitud y validez en el proceso de recolección de los datos.

La *precisión* se obtiene al medir varias veces al mismo sujeto y comprobar que la variabilidad entre las medidas tomadas o la diferencia entre ellas sean muy pequeñas o nulas. Por todo ello, en la hoja de recogida de datos o proforma (véase Anexo II) figuran casillas para tal fin, donde se realizan tres mediciones completas del sujeto, y se añade la casilla correspondiente a la media o mediana de las mismas cuando los datos son muy dispares, aun realizándose siempre con el mismo material antropométrico y por el mismo antropometrista.

La *fiabilidad, fidelidad o confiabilidad* es el grado en el cual, si repetimos varias mediciones de una misma variable, en las mismas condiciones y sobre el mismo sujeto, los resultados coinciden.

La *exactitud* es la capacidad técnica de que el valor medido coincida con el valor real de la magnitud. Para alcanzar gran exactitud (Norton y cols., 1996) el instrumental debe ser calibrado con patrones obtenidos de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (París) o bien de una oficina gubernamental, y la técnica debe ser revisada para obtener estos mismos valores patrón.

La **validez de la medida**, viene dada por la capacidad de la técnica que permite medir realmente una característica previamente definida.

4.3.1 Clases de errores

Se llama **error o error absoluto** (OMS, 1990; Albarrán e Isak, 2005) a la diferencia que existe entre el valor medido y el valor real de una magnitud. Se llama **error relativo** a la razón entre el error absoluto y el valor real de la variable. Es decir, si (ϵ_a) es el error absoluto cometido al medir una variable de magnitud M , el error relativo (ϵ_r) tiene la expresión:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_a}{M}$$

Puesto que el valor real de la variable no es conocido, lo máximo que podemos hacer con los errores es dar una estimación del mismo con una determinada confianza.

Los errores se pueden clasificar en dos tipos:

1. **Errores aleatorios.** Son errores casuales que afectan al resultado de la medida, unas veces por defecto y otras en exceso, de tal manera que si se repiten las medidas tienden a compensarse al hacer una estimación del valor.
2. **Errores sistemáticos.** Son aquellos que se deben a los aparatos de medida, a la técnica utilizada o a determinadas cualidades del cineantropometrista. Estos errores se pueden minimizar calibrando los aparatos de medida, verificando las técnicas utilizadas y comparando los resultados de varios cineantropometristas experimentados.

4.3.2. Estimación del error de la medida: el error técnico de medida

La estimación que podemos hacer de todos los errores cometidos en una sesión de medidas se basa en que, realizadas varias medidas de una misma magnitud, los resultados difieren unos de otros. Teniendo en cuenta estas diferencias se puede estimar el error total cometido. A este error se le llama **Error Técnico de Medida** (ETM).

Supongamos que tenemos n medidas $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Se llama error técnico de medida a la siguiente expresión (Burbano y Burbano, 1981; Spigel, 1991),

$$ETM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n (x_i - x_j)^2}{2N}} \quad (1)$$

siendo N el número de pares de la forma $(x_i - x_j)$ con $i \neq j$. El ETM representa una estimación del promedio de las diferencias entre las medidas realizadas.

La ecuación (1) es muy laboriosa de usar debido a que hay $(n - 1) \cdot n/2$ pares distintos (esto es porque $(x_i - x_j)^2 = (x_j - x_i)^2$). Es decir, para 10 valores tendemos que calcular 45 pares y para 20 valores 190 pares.

Para simplificar estos cálculos, estadísticamente se demuestra que $N = n \cdot (n - 1)$, mientras que

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n (x_i - x_j)^2 = 2 \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

siendo \bar{x} el valor medio de las medidas x_i .

De esta forma, sustituyendo en (1) llegamos a la expresión (OMS, 1990; Albarrán e Isak, 2005):

$$ETM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (2)$$

que nos permite, una vez calculado el valor medio de la variable medida, para conocer el *ETM* y calcular solamente n diferencias. En algunos textos al *ETM* se le llama *error estándar de la media* y se expresa por *EEM*. Ello es debido a que, si tomamos por valor verdadero la media, el error que cometemos es proporcional a la expresión (2) y función de la fiabilidad o confianza que queramos considerar.

Por ejemplo: se han realizado cuatro medidas de un mismo diámetro siendo los resultados en cm: {20,3; 20,4; 20,1; 20,0} calcular el *ETM* usando las ecuaciones (1) y (2).

Solución: usando la ecuación (1) (todo en cm) tenemos:

$$ETM = \sqrt{\frac{2 \cdot (20,3 - 20,4)^2 + 2 \cdot (20,3 - 20,1)^2 + 2 \cdot (20,3 - 20,0)^2 + 2 \cdot (20,4 - 20,1)^2 + 2 \cdot (20,4 - 20,0)^2 + 2 \cdot (20,1 - 20,0)^2}{2 \cdot 12}} \approx 0,18$$

Usando la ecuación (2) calculamos primero la media, cuyo valor es 20,2 cm, y sustituyendo obtenemos el mismo resultado con menos operaciones (todo en cm):

$$ETM = \sqrt{\frac{(20,3 - 20,2)^2 + (20,4 - 20,2)^2 + (20,1 - 20,2)^2 + (20,0 - 20,2)^2}{4 \cdot 3}} \approx 0,18$$

4.3.3. Intervalo de confianza y precisión de un intervalo

Cuando tenemos una serie de medidas de una misma magnitud, estas formarán una función de distribución en torno al posible valor real de esa magnitud. Por esto, cuando se da el resultado de una medida, este deberá estar expresado en forma de intervalo de confianza de la forma (OMS, 1990; Spiegel, 1991): $x \pm \Delta x_\alpha$ siendo x el valor que consideramos como estimación del valor real e Δx_α el error que cometemos al tomar como real dicha estimación con una confianza α .

En una distribución normal, el valor que se toma como estimación más exacta del valor real es el promedio de las medidas. Por otra parte, el error que se comete (Δx_α) dependerá del producto del *ETM* y de una función que depende de la confianza α que queramos tener en nuestro intervalo.

Se denomina con la letra griega α a la *confianza* o probabilidad de que el valor real de la variable esté dentro del intervalo que vamos a considerar. (OMS, 1990; Spiridonov y Lopatkin, 1983; Villasuso, 2003), igualmente se llama *precisión del intervalo* o *nivel de significación* a un valor p inferior a $(1 - \alpha)/2$.

El intervalo de confianza de una medida x para un conjunto de medidas $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ con una precisión $p < (1 - \alpha)/2$ y distribución normal, tiene la forma (OMS, 1990; Spiridonov y Lopatkin, 1983).

$$x \pm t_{p;n-1} \cdot ETM \quad (3)$$

siendo $t_{p;n-1}$ la función t de Student para el valor $p = (1 - \alpha)/2$ y siendo n el número de medidas (se dice que tiene $n - 1$ grados de libertad). Los valores de $t_{p;n-1}$ se pueden obtener en una tabla estadística o calcular mediante una hoja de cálculo (Alonso y Finn, 1970). Para valores de n suficientemente grandes $t_{(1-\alpha)/2;n-1} \approx Z_{(1-\alpha)/2}$ que corresponde al valor de la variable x para que, en la distribución normal, el área entre 0 y el valor Z sea igual a $\alpha/2$.

Ejemplo: si hemos tomado 10 medidas del pliegue del tríceps de un sujeto y el valor medio de las medidas es de 6,5 cm y su $ETM = 0,12$ cm, calcular el intervalo de confianza con $\alpha = 90\%$.

Solución: en primer lugar, $p = (1 - \alpha)/2 = 0,05$. Aplicando la ecuación (3) y sustituyendo obtenemos: $(6,5 \pm t_{0,05;9} \cdot 0,12)$ cm. Buscando en una tabla: $t_{0,05;9} \approx 2,2622\dots$; sustituyendo y redondeando queda: $(6,5 \pm 0,3)$ cm para $p < 0,05$.

4.4. Control y manejo de errores en medidas indirectas

Cuando el valor de una medida es consecuencia de una serie de operaciones realizadas con otros valores se dice que tal medida es indirecta. Por ejemplo, el cálculo de la masa grasa a partir de una fórmula.

La forma de calcular el error relativo o el intervalo de confianza de una medida indirecta consta de tres pasos (Albarrán e Isak, 2005).

1. En la ecuación de la medida indirecta *calcular* el logaritmo neperiano.
2. *Diferenciar* (derivar) la expresión obtenida.
3. Hacer las *diferencias finitas*.

Por ejemplo: queremos conocer el valor y el intervalo de confianza para $p < 0,05$ del índice ponderal

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

cuando la estatura es de (175 ± 1) cm y el peso (73 ± 1) kg ambos intervalos con $p < 0,05$.

Solución: aplicando los tres pasos a la ecuación del índice ponderal obtenemos:

1. En la ecuación de la medida indirecta *calcular* el logaritmo neperiano.

$$\ln(IP) = \ln \left[\frac{\text{Estatura}}{\sqrt[3]{\text{Peso}}} \right] = \ln(\text{Estatura}) - \frac{1}{3} \cdot \ln(\text{Peso})$$

2. *Diferenciar* (derivar) la expresión obtenida. Recordando que la derivada de $\ln(x)$ es igual a $\frac{dx}{x}$ siendo d el operador derivada (o diferencial, es decir, diferencia infinitesimal), el resultado de la derivada es:

$$\frac{d(IP)}{IP} = \frac{d(\text{Estatura})}{\text{Estatura}} - \frac{1}{3} \frac{d(\text{Peso})}{\text{Peso}}$$

3. Hacer las *diferencias finitas*. Es decir, sustituir los valores $\pm dx$ por $+\Delta x$. Mientras que el operador d era una diferencia infinitesimal, Δ es la diferencia finita que representa a un error. Concretamente Δx representa al error de la variable x . Es importante observar que, independientemente del signo, la diferencia finita siempre se suma:

(3)

$$\frac{\Delta(IP)}{IP} = \frac{\Delta(Estatura)}{Estatura} + \frac{1}{3} \frac{\Delta(Peso)}{Peso}$$

En resumen, el índice ponderal IP, tendrá un valor medio de:

$$IP = \frac{175}{\sqrt[3]{73}} \approx 41,87 \text{ cm/kg}^{1/3}$$

un error de la estimación de:

$$\Delta(IP) = \left[\frac{\Delta(Estatura)}{Estatura} + \frac{1}{3} \frac{\Delta(Peso)}{Peso} \right] \cdot IP \approx \left[\frac{1}{175} + \frac{1}{3 \cdot 73} \right] \cdot 41,87 \approx 0,43 \text{ cm/Kg}^{1/3}$$

y por tanto el intervalo de confianza para IP será: $(41,87 \pm 0,43) \text{ cm/kg}^{1/3}$ con $p < 0,05$.



Bibliografía

- Albarrán MA, Holway F. *Estándares Internacionales para la Valoración Antropométrica*. (ISAK Manual). Universidad de Puerto Rico. Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría. (June 26, 2005). Disponible en: <http://www.isakonline.com>
- Alonso M, Finn EJ. *Mediciones y unidades*. En: Alonso M, Finn EJ. *Física. Volumen 1. Mecánica*. Fondo educativo interamericano. Addison-Wesley. Massachussets. 1970; p. 15-30.
- Aragonés MT. *Cineantropometría: puntos anatómicos y técnicas de medición*. En: Libro de Ponencias: Jornadas de Estandarización del Grupo Español de Cineantropometría (GREC). Sant Cugat (Barcelona); 1989.
- Burbano S, Burbano E. *Física general*. Mira. Zaragoza. 1981; p. 6-17.
- Esparza F. *Manual de Cineantropometría*. Colección de Monografías de medicina del deporte. FEMEDE. 1993; p. 63-65.
- García Avendaño, Pérez, B. M. Perfil antropométrico y Control de Calidad en Bioantropología, Actividad Física y Salud. Ediciones. FACES/UCV. Caracas. 2002. p:174 .
- García P, Pérez BM. *Perfil antropométrico y Control de Calidad en Biocineantropología*, Actividad Física y Salud. Ediciones FACES/UCV. Caracas. 2002; p. 174.
- Maestre MI. *Análisis cineantropométrico del crecimiento en deportistas adolescentes* [tesis doctoral]. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. 2004; 85-93.
- Norton K, Whittingham N, Carter L, Kerr D, Gore C, Marfell-Jones M. *Measurements techniques in anthropometry*. En: K. Norton y T. Olds. Antropometría. UNSW. Sydney. 1996; p. 25-75.
- OMS. Bioética. Temas y Perspectivas. Publicación Científica No. 527. Washington DC. 1990.
- Spiegel MR. *Estadística*. McGraw Hill. Madrid. 1991; p. 208-222.
- Spiridonov VP, Lopatkin AA. *Tratamiento matemático de datos físico-químicos*. Moscú. MIR. 1983; p. 53-96.
- Villasuso J. *La medida*. Disponible en URL: http://teleformacion.edu.aytolacor.una.es/FISICA/document/fisicalnteractiva/medidas/medidas_indice.htm. 2003.