

VALORACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL POR ANTROPOMETRÍA Y BIOIMPEDANCIA EN EL ÁMBITO DE LA FISIOTERAPIA

Duque-Castañeda, Santiago*,
Giraldo-Marín, Laura Natalia*,
Afanador-Restrepo, Diego Fernando**,
Gómez-Rodas, Alejandro***

Resumen

La valoración de la composición corporal es relevante para determinar el riesgo de enfermedades cardiovasculares y metabólicas como también en el seguimiento de adaptaciones morfológicas en fisioterapia deportiva. Lamentablemente, este tipo de valoración se centra especialmente en la determinación de medidas sencillas como el índice de masa corporal (IMC) que ofrece información limitada del estado nutricional. Sin embargo, la implementación de otras herramientas permite un mejor acercamiento a la composición corporal, razón por la cual se han creado metodologías como la bioimpedancia eléctrica y la antropometría que son de bajo costo y fáciles de usar, pero requieren de protocolos de medición precisos con un óptimo manejo de los instrumentos de medición. En este sentido, esta revisión narrativa pretende aportar un marco metodológico para la realización de estas mediciones en la práctica clínica y deportiva para el fisioterapeuta.

Palabras clave: Composición corporal, bioimpedancia eléctrica, antropometría, estado nutricional, enfermedades cardiovasculares, enfermedades metabólicas.

* Fisioterapeuta, egresado Fundación Universitaria del Área Andina, Semillero de Investigación SEMFIS, Programa Fisioterapia

** Docente Programa de Fisioterapia, Fundación Universitaria del Área Andina, Grupo de Investigación ZIPATEFI, Facultad de Ciencias de la Salud y el Deporte, Pereira.

*** Docente Programa de Fisioterapia, Fundación Universitaria del Área Andina, Grupo de Investigación ZIPATEFI, Facultad de Ciencias de la Salud y el Deporte, Pereira – Docente Programa Ciencias del Deporte y la Recreación, Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad Ciencias de la Salud, Pereira.

Introducción

Durante las últimas décadas ha crecido el conocimiento y utilización de diversas herramientas para la evaluación de la composición corporal, debido a su aplicación en la detección de riesgos en salud y el monitoreo de la evolución de estos factores (Madden y Smith, 2014). Por estas razones, la inclusión de estas herramientas en la praxis fisioterapéutica en los ámbitos clínico y deportivo ha sido de uso obligado, por lo mismo se han llegado a acuñar, gracias a su utilización, nuevos conceptos como el de sarcopenia y fragilidad, al igual que la ya conocida relación entre obesidad y las enfermedades cardiovasculares basada fundamentalmente en el modelo de dos compartimentos que separa la masa magra de la masa grasa (Madden y Smith, 2014; Talma et al., 2013).

Así las cosas, para la valoración de la composición corporal se han diseñado y validado diversos instrumentos y criterios de diagnóstico y pronóstico que incluyen parámetros clínicos, antropométricos, analíticos e índices nutricionales que permiten un acercamiento fiable y objetivo al conocimiento de la composición por compartimentos del cuerpo humano (Garc et al., 2018). A este respecto, se ha difundido popularmente el uso del IMC para la clasificación del tamaño y cantidad de peso corporal, el cual permite un acercamiento al estado nutricional desde el punto de vista del peso corporal. Sin embargo, esta medición no resulta ser un buen indicador de la composición del peso corporal, dado que no distingue la cantidad de masa grasa y masa magra corporal tan importante para la predic-

ción de riesgos cardiovasculares, metabólicos y músculo-esqueléticos en salud (Talma et al., 2013).

Estas limitaciones del IMC en la valoración de dicha composición han motivado el surgimiento de alternativas más específicas que abarcan un mayor espectro de variables ligadas a la composición corporal que tienen un mayor poder predictor de riesgo en salud. Dentro de estas alternativas, se encuentran el uso de pesaje hidrostático, la pletismografía, la absorciometría dual por rayos X (DXA), la biompedanciometría y el método antropométrico (Moreno et al., 2003; Talma et al., 2013). Sin embargo, algunos de estos métodos consumen mucho tiempo en su realización y otros son muy costosos, lo que reduce su posibilidad de implementación en el ámbito clínico.

Por su parte, la bioimpedancia y la antropometría gozan de mayor popularidad, precisamente por la rapidez de los resultados, en el caso de la bioimpedancia, y el bajo costo asociado a la predicción de la composición corporal por método antropométrico (Hofsteenge et al., 2015). Sin embargo, la complejidad en cuanto a la implementación de los protocolos en cada una de estas metodologías hace necesario un discernimiento claro de su aplicación por parte de los profesionales que los utilizan para conocer sus aspectos favorables y no favorables como también sus usos para la práctica clínica y deportiva, con el fin de realizar una evaluación correcta de la composición corporal (Madden y Smith, 2014).

En la actualidad estas herramientas no son utilizadas frecuentemente por los fi-

sioterapeutas, bien por desconocimiento, bien por la alta complejidad en su aplicación metodológica. El uso de estas valoraciones requiere una gran destreza por parte de los evaluadores y, por tanto, se hace necesario tener protocolos claros de cada uno de estos métodos como también la referencia de una base sólida interpretativa de los resultados que arrojan, para ejecutar así una adecuada valoración del estado nutricional. El conocimiento de estas herramientas le brindará al fisioterapeuta más alternativas y capacidades al momento de la evaluación de la composición corporal, para, de esta manera, ofrecer una aproximación más profunda en su diagnóstico y evolución del estado de salud de sus usuarios. Por tanto, el objetivo de esta revisión narrativa de la literatura es proporcionar un marco metodológico para la realización de las principales medidas antropométricas y de bioimpedancia en el ámbito clínico y deportivo para el profesional en fisioterapia. Lo anterior pretende generar mejores y acertados juicios en sus valoraciones y tratamientos terapéuticos.

Medidas antropométricas

Talla y peso corporal

Estas medidas son fáciles de obtener y son utilizadas constantemente tanto para valoración corporal como para estado nutricional. Además, son habitualmente utilizadas en el seguimiento a poblaciones de riesgo en el campo de la epidemiología y, de manera conjunta, permiten obtener el IMC (Peso en kg/Talla en cm²) (González Jiménez, 2013). Sin embargo, el hecho de que sean me-

didias fáciles de obtener no significa que no requieran procedimientos estandarizados y uso de equipos correctamente calibrados, ya que, la combinación de varios errores en las medidas de talla y peso se ven reflejados notoriamente en el IMC (Madden y Smith, 2014).

En cuanto a la talla, se ha demostrado una pérdida de 1 mm por año en adultos a partir de los 40 años; por otro lado, una curvatura espinal anormal es un factor que puede afectar la medida precisa de la altura (i.e., escoliosis idiopática, lesión espinal o distrofia muscular)(Madden y Smith, 2014). Para medir correctamente la altura, se necesita un estadiómetro o tallímetro, si no se dispone de este instrumento, se puede utilizar una cinta métrica adherida a una pared de forma vertical y una escuadra o instrumento similar.

Para realizar la medición, se requiere a la persona de pie con los talones juntos en contacto con el instrumento de medida al igual que los glúteos y la parte superior de la espalda. La cabeza debe estar en el plano de Frankfort (figura 1); es decir, con un alineamiento en el plano horizontal del borde inferior de la cuenca del ojo (punto orbital) y el borde más superior del meato auditivo (punto del tragion). Para ubicar la cabeza en el plano de Frankfort, se deben ubicar los pulgares del evaluador en los puntos orbitales y los índices sobre los puntos del tragion y verificar que estén alineados los dedos pulgares con los dedos índices. Seguidamente, se debe verificar que la cabeza se encuentre alineada en el plano de Frankfort y se toma el vértex como el punto más alto del cráneo. Posteriormente, se debe indicar una ins-

piración profunda y sostenida y se toma la medida colocando una escuadra sobre el vértex del cráneo de manera firme y comprimiendo el cabello (Guzman, 2015; Madden y Smith, 2014).

El peso corporal brinda información sobre la suma de masa grasa y masa magra, pero no discrimina entre estos, esto es, cambios en el peso corporal pueden significar aumento de grasa, músculo, agua o incluso una combinación de ellos; por lo tanto, ofrece una información limitada en cuanto a la evaluación de la composición corporal. Sin embargo, el peso es una medida utilizada de manera constante en estudios de salud y nutrición clínica. También es una medida que requiere poca habilidad del evaluador y es altamente precisa debido a la instrumentación utilizada para su valoración, pero, como se mencionó anteriormente, la combinación de pequeñas imprecisiones en su medida se pueden ver reflejadas en un cálculo impreciso del IMC (Madden y Smith, 2014). Por otra parte, el peso corporal puede presentar diferencias durante el transcurso del día de hasta 2

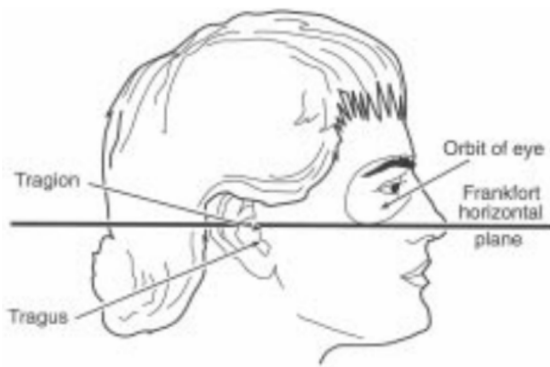
kg en adultos que pueden estar asociados a la ingesta de alimentos y líquidos; por tanto, los valores más confiables y estables son los que se miden constantemente en la mañana, después de 12 horas sin comer, después de orinar y evacuar. Si no es posible tener un tiempo de medición estándar, es de suma importancia registrar los horarios en que se realizan las medidas (Madden y Smith, 2014; Stewart et al., 2011).

Para la correcta medida del peso corporal es necesaria una báscula. Se requiere que el individuo lo haga sin zapatos, sin joyería y con la mínima vestimenta posible. También se debe comprobar que la báscula inicie en 0. La persona por pesar debe estar de pie sobre el centro de la báscula, con los brazos libres al lado del cuerpo, la cabeza hacia adelante más no hacia abajo, y el peso distribuido de manera equitativa en ambos pies (Madden y Smith, 2014; Stewart et al., 2011).

Índice de masa corporal (IMC)

El IMC es un índice de uso mundial y una de las medidas antropométricas más uti-

Figura 1. Plano de toma para la talla sedente y bípeda con respecto al plano de Frankfort



lizadas en la práctica clínica, ya que proporciona una evaluación rápida del estado nutricional (Garc et al., 2018; Khan et al., 2017). El IMC describe la relación entre el peso corporal y la estatura y se calcula de la siguiente manera $IMC = \text{peso (kg)} / \text{talla (cm)}^2$ (Madden y Smith, 2014).

Según la OMS, el IMC evalúa el riesgo de obesidad o desnutrición y determina un rango de normalidad para los adultos de 18,5 a 24,99 kg/m² (Garc et al., 2018) (ver tabla 1). Actualmente, la evidencia ha mostrado que la morbilidad y mortalidad aumentan de manera proporcional con el grado de obesidad. De igual manera, niveles de IMC fuera de la normalidad, ya sean altos o bajos, están asociados con mayor riesgo de muerte (Suárez-Carmona y Sánchez-Oliver, 2018). Además, la OMS afirma que las personas con obesidad se encuentran expuestas a un mayor riesgo de padecer complicaciones metabólicas, por ejemplo, aumento de la presión arterial, triglicéridos, colesterol y resistencia a la insulina. En ese orden de ideas, el aumento del IMC se relaciona con mayor morbilidad de enfermedad cardiovascu-

lar (i. e., cardiopatías coronarias, ataques isquémicos), algunos tipos de cáncer y diabetes mellitus tipo 2 (Guzman, 2015; Madden y Smith, 2014). Por otro lado, una disminución en el IMC se asocia con mayor mortalidad, infección, complicaciones posquirúrgicas y duración de la estancia hospitalaria (Madden y Smith, 2014).

Respecto a la obesidad, se debe considerar como una vía hacia las enfermedades crónicas mencionadas anteriormente. De igual forma, las personas obesas, así no presenten anormalidades metabólicas, tienen mayor riesgo cardiovascular que las personas delgadas (Suárez y Sánchez, 2018). Los valores de este índice constituyen un parámetro de alta especificidad para diagnosticar la obesidad; sin embargo, tiene una menor sensibilidad para identificar niveles altos de adiposidad (González Jiménez, 2013).

Es decir, este índice presenta limitaciones al no discriminar entre masa muscular y masa grasa (Garc et al., 2018). En este sentido, este índice puede confundir sujetos muy magros como obesos y sujetos con altos grados de adiposidad como delgados (Madden y Smith, 2014). En la tabla 1, se presentan los valores de referencia del IMC propuestos por la OMS. Así, valores entre 18,50 y 24,99 señalan un rango normal, mientras que valores por encima de 24,99 indican exceso de peso y por debajo de 18,50 bajo peso.

Tabla 1. Clasificación de la composición corporal según el IMC reportado por la OMS

CLASIFICACIÓN	VALORES
Bajo peso	< 18,50
Rango normal	18,50 – 24,99
Exceso de peso	
Sobrepeso	25,00 - 29,99
Obesidad Tipo I	30,00 – 34,99
Obesidad Tipo II	35,00 – 39,99
Obesidad Tipo III	≥ 40,00

Fuente: Adaptado de los valores dados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Perímetros y circunferencias

La valoración de los perímetros corporales brinda una acertada información

con respecto a la composición corporal y, por ende, del volumen muscular, graso y óseo (González Jiménez, 2013). Los perímetros más destacados son el perímetro del brazo, del muslo, de la cintura y de la cadera, los cuales se describen a continuación.

Perímetro de brazo

El perímetro del brazo es una de las medidas de mayor importancia, ya que, junto con medidas de pliegues cutáneos, es posible estimar la masa libre de grasa o los componentes magros del

Tabla 2. Percentiles perímetro del brazo en hombres

Perímetro del brazo en hombres (mm)							
Grupo de edad	Percentiles						
	5	10	25	50	75	90	95
1-1.9	142	146	150	159	170	176	183
2-2.9	141	145	153	162	170	178	185
3-3.9	150	153	160	167	175	184	190
4-4.9	149	154	162	171	180	186	192
5-5.9	153	160	167	175	185	195	204
6-6.9	155	159	167	179	188	209	228
7-7.9	162	167	177	187	201	223	230
8-8.9	162	170	177	190	202	220	245
9-9.9	175	178	187	200	217	249	257
10-10.9	181	184	196	210	231	262	274
11-11.9	186	190	202	223	244	261	280
12-12.9	193	200	214	232	254	282	303
13-13.9	194	211	228	247	263	286	301
14-14.9	220	226	237	253	283	303	322
15-15.9	222	229	244	264	284	311	320
16-16.9	244	248	262	278	303	324	343
17-17.9	246	253	267	285	308	336	347
18-18.9	245	260	276	297	321	353	379
19-24.9	262	272	288	308	331	355	372
25-34.9	271	282	300	319	342	362	375
35-44.9	278	287	305	326	345	363	374
45-54.9	267	281	301	322	342	362	376
55-64.9	258	273	296	317	336	355	369
65-74.9	248	263	285	307	325	344	355

Fuente: Adaptado de Frisancho (1981).

cuerpo en evaluación nutricional y la relación de esta con la reserva proteica (González Jiménez, 2013; Madden y Smith, 2014). También se puede utilizar para evaluar el riesgo de desnutrición (Madden y Smith, 2014).

Para calcular este perímetro, se realiza la medida con una cinta métrica en el punto medio entre el acromion y el olecranon, con la extremidad relajada y en forma paralela al eje del brazo, tal como se muestra en la figura 2 (González Jiménez, 2013; Moreno et al., 2001). Dado que el resultado de esta medida está compuesto por el compartimento graso y el compartimento muscular, existen fórmulas para determinar el área muscular (reserva proteica) y el área grasa (reserva energética) y mediante dichas áreas el índice adiposo muscular. En las tablas 3 y 4 se presentan

Figura 2. Medición perímetro del brazo



Fuente: Elaboración propia, 2021.

los percentiles del perímetro del brazo en hombres y mujeres respectivamente.

Perímetro de la cintura y perímetro de la cadera

Los perímetros de cintura y de cadera son importantes y útiles para evaluar e identificar individuos con riesgo cardio-metabólico asociado al sobrepeso u obesidad, mediante el posterior índice denominado cintura-cadera (González Jiménez, 2013; Khan et al., 2017; Madden y Smith, 2014). Al realizar la medición de estos perímetros, es importante tener en cuenta algunos aspectos que pueden impedir unos resultados precisos, como por ejemplo, el volumen de masa muscular glútea o la edad del sujeto debido a los cambios en la configuración de estas estructuras (González Jiménez, 2013).

Para tomar las medidas, se requiere que el individuo esté sin zapatos y sin ropa voluminosa. Además, deben vaciar su vejiga porque, en caso contrario, se podría alterar el resultado del perímetro de la cintura. La cinta métrica debe pasar alrededor del cuerpo y se ubica en el medio de la cresta ilíaca y el margen costal de la costilla inferior, la medida se toma al final de la espiración (figura 3). Para la medición del perímetro de la cadera, la cinta métrica deberá pasar alrededor de la zona más ancha de los glúteos y debajo de la cresta ilíaca de manera horizontal (figura 4) (Madden y Smith, 2014). Para el perímetro de cintura y cadera el sujeto estará en bipedestación, con los brazos cruzados en el tórax y el peso estará distribuido uniformemente en los pies (Streng et al., 2018).

Perímetro del muslo

El perímetro del muslo es un parámetro rápido y fácil de medir. Es utilizado comúnmente con el fin de identificar la atrofia muscular y asimetrías. También es altamente utilizado para cuantificar el progreso del proceso de rehabilitación después de cirugías de rodilla y ciertas patologías (Santonja et al., 2012).

La correcta medida del perímetro del muslo no está claramente descrita en la literatura, ya que, diferentes autores divergen frente al punto exacto en el que se debe medir dicha circunferencia. Por ejemplo, se ha descrito que la medida se debe tomar en la parte más voluminosa del muslo y posteriormente medir la distancia al polo proximal de la rótula. También se ha sugerido medir entre 10 y

Tabla 3. Percentiles perímetro del brazo en mujeres

Perímetro del brazo en mujeres (mm)							
Grupo de edad	Percentiles						
	5	10	25	50	75	90	95
1-1.9	138	142	148	156	164	172	177
2-2.9	142	145	152	160	167	176	184
3-3.9	143	150	158	167	175	183	189
4-4.9	149	154	160	169	177	184	191
5-5.9	153	157	165	175	185	203	211
6-6.9	156	162	170	176	187	204	211
7-7.9	164	167	174	183	199	216	231
8-8.9	168	172	183	195	214	247	261
9-9.9	178	182	194	211	224	251	260
10-10.9	174	182	193	210	228	251	265
11-11.9	185	194	208	224	248	276	303
12-12.9	194	203	216	237	256	282	294
13-13.9	202	211	223	243	271	301	338
14-14.9	214	223	237	252	272	304	322
15-15.9	208	221	239	254	279	300	322
16-16.9	218	224	241	258	283	318	334
17-17.9	220	227	241	264	295	324	350
18-18.9	222	227	241	258	281	312	325
19-24.9	221	230	247	265	290	319	345
25-34.9	233	240	256	277	304	342	368
35-44.9	241	251	267	290	317	356	378
45-54.9	242	256	274	299	328	362	384
55-64.9	243	257	280	303	335	367	385
65-74.9	240	252	274	299	326	356	373

Fuente: Adaptado de Frisancho (1981).

Figura 3. Medición perímetro de la cintura



Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 4. Medición perímetro de la cadera



Fuente: Elaboración propia, 2021

14 cm del polo proximal de la patela y en ese punto medir la circunferencia, mientras que recientemente se han recomendado dos mediciones, una para la primera mitad del muslo a 10 o 15 cm por encima del polo proximal de la patela y, una segunda medida, para la parte distal del muslo a 5 o 7 cm del polo proximal de la patela (Santonja et al., 2012).

Por otra parte, en el protocolo internacional para la valoración antropométrica publicado por la ISAK, también se recomienda tomar dos medidas, la primera tomando como referencia 1 o 2 cm por debajo del pliegue glúteo perpendicular al eje longitudinal y, la segunda, a nivel del muslo medio ubicando la cinta en el punto medio del cóndilo lateral de la tibia y el trocánter del fémur, perpendicular al eje longitudinal (figura 5) (Stewart et al., 2011).

Para la medición de este perímetro, el sujeto adopta una postura bípeda, relajada, con los brazos cruzados en el tórax y con los pies un poco separados y distribuyendo el peso corporal por igual en ambos pies (Stewart et al., 2011).

Pliegues cutáneos

La medición de los pliegues cutáneos evalúa el volumen de grasa corporal mediante la determinación de la grasa subcutánea, la cual supone aproximadamente el 50% del tejido adiposo. Dicha medición se realiza en diferentes zonas de referencia del cuerpo que representan el grosor promedio del tejido adiposo subcutáneo, para definir el espesor de la epidermis, fascia adyacente y tejido adiposo subcutáneo. Además, el hecho

Figura 5. Medición Perímetro del muslo

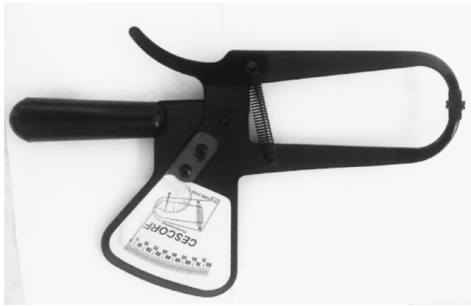


Fuente: Elaboración propia, 2021

de que sea un método de bajo coste, no invasivo y de metodología simple justifica su uso clínico y epidemiológico (Garc et al., 2018; González Jiménez, 2013).

El aparato de medición utilizado para la evaluación de pliegues cutáneos es denominado plicómetro o lipocalibre (figura 6). Son seis los pliegues cutáneos principales que valoran la distribución de grasa. Estos son tricípital, bicípital, subescapular, suprailíaco, muslo y pantorrilla. Aunque el más utilizado es el pliegue tricípital, la medida conjunta de cuatro pliegues (bicípital, tricípital, subescapular y suprailíaco) aporta información más precisa en la práctica clínica. De esta manera, el pliegue tricípital aporta información sobre el grado de obesidad general y a nivel periférico, por otro lado, los plie-

Figura 6. Plicómetro: herramienta para la toma de pliegues cutáneos



Nota: Elaboración propia. 2021

gues subescapular y supraíliaco aportan información importante sobre el componente de grasa corporal en el nivel central (Garc et al., 2018; González Jiménez, 2013; Hernández, 2001).

De todas las mediciones antropométricas, los pliegues cutáneos son lo menos precisos, motivo por el cual es necesario realizar la medición con máximo cuidado (Stewart et al., 2011). Por esta razón, seguidamente se presentan algunas consideraciones para tener cuenta durante la medición de los pliegues cutáneos:

- La existencia de edema puede alterar los resultados.
- En personas con desnutrición moderada no se evidenciarán cambios significativos en los depósitos grasos, es decir, estarán dentro de los valores normales.
- Se necesita un examinador experimentado para minimizar los errores de la técnica (González Jiménez, 2013).
- La medición no se debe realizar posterior a una sesión de entrenamiento o competencia, ya que el ejercicio y el calor producen hiperemia con el

subsiguiente incremento del grosor de la piel (Stewart et al., 2011).

A continuación, se describen los puntos y manera correcta para medir los pliegues cutáneos:

- Pliegue tricípital: medido en la parte posterior del miembro superior no dominante, en el punto medio entre acromion y olécranon, con la extremidad relajada, de forma paralela al eje del brazo.

Para la interpretación de los valores arrojados del pliegue tricípital, se tiene en cuenta la tabla de percentiles por grupos de edades y géneros (mm^2) (tablas 4 y 5) planteada por Frisancho (1981).

- Pliegue bicipital: medido en el mismo punto que el tricípital, pero en la cara anterior del brazo.
- Pliegue subescapular: medido justo por debajo del ángulo inferior de la escápula, con un eje de 45° respecto de la columna vertebral.
- Pliegue supraíliaco: medido por encima de la cresta ilíaca a nivel de la línea medio-axilar, formando un ángulo de 45° respecto a la línea inguinal media.
- Pliegue del muslo: medido en el punto medio entre el pliegue inguinal y el punto patelar, sujeto en posición sedente, sostiene pierna y la mantiene extendida con el talón en el suelo (Stewart et al., 2011)

Índice cintura-cadera

Este índice es un preciso indicador para calcular la grasa visceral existente y tam-

Tabla 4. Percentiles del pliegue tricpital en hombres

Pliegue tricpital en hombres (mm ²)								
Grupo de edad	Percentiles							
	n°	5	10	25	50	75	90	95
1-1.9	228	6	7	8	10	12	14	16
2-2.9	223	6	7	8	10	12	14	15
3-3.9	220	6	7	8	10	11	14	15
4-4.9	230	6	6	8	9	11	12	14
5-5.9	214	6	6	8	9	11	14	15
6-6.9	117	5	6	7	8	10	13	16
7-7.9	122	5	6	7	9	12	15	17
8-8.9	117	5	6	7	8	10	13	16
9-9.9	121	6	6	7	10	13	17	18
10-10.9	146	6	6	8	10	14	18	21
11-11.9	122	6	6	8	11	16	20	24
12-12.9	153	6	6	8	11	14	22	28
13-13.9	134	5	5	7	10	14	22	26
14-14.9	131	4	5	7	9	14	21	24
15-15.9	128	4	5	6	8	11	18	24
16-16.9	131	4	5	6	8	12	16	22
17-17.9	133	5	5	6	8	12	16	19
18-18.9	91	4	5	6	9	13	20	24
19-24.9	531	4	5	7	10	15	20	22
25-34.9	971	5	6	8	12	16	20	24
35-44.9	806	5	6	8	12	16	20	23
45-54.9	898	6	6	8	12	15	20	25
55-64.9	734	5	6	8	11	14	19	22
65-74.9	1503	4	6	8	11	15	19	22

Tabla 5. Percentiles del pliegue tricipital en mujeres

Pliegue tricipital en mujeres (mm ²)								
Grupo de edad	Percentiles							
	n°	5	10	25	50	75	90	95
1-1.9	204	6	7	8	10	12	14	16
2-2.9	208	6	8	9	10	12	15	16
3-3.9	208	7	8	9	11	12	14	15
4-4.9	208	7	8	8	10	12	14	16
5-5.9	219	6	7	8	10	12	15	18
6-6.9	118	6	6	8	10	12	14	16
7-7.9	126	6	7	9	11	13	16	18
8-8.9	118	6	8	9	12	15	18	24
9-9.9	125	8	8	10	13	16	20	22
10-10.9	152	7	8	10	12	17	23	27
11-11.9	117	7	8	10	13	18	24	28
12-12.9	129	8	9	11	14	18	23	27
13-13.9	151	8	8	12	15	21	26	30
14-14.9	141	9	10	13	16	21	26	28
15-15.9	117	8	10	12	17	21	25	32
16-16.9	142	10	12	15	18	22	26	31
17-17.9	114	10	12	13	19	24	30	37
18-18.9	109	10	12	15	18	22	26	30
19-24.9	1060	10	11	14	18	24	30	34
25-34.9	1987	10	12	16	21	27	34	37
35-44.9	1614	12	14	18	23	29	35	38
45-54.9	1047	12	16	20	25	30	36	40
55-64.9	809	12	16	20	25	31	36	38
65-74.9	1670	12	14	18	24	29	34	36

Fuente: Adaptado de Frisancho (1981)

Tabla 6. Percentiles del área muscular del brazo en hombres

Área muscular del brazo en hombres (mm²)							
Grupo de edad	Percentiles						
	5	10	25	50	75	90	95
1-1.9	956	1014	1133	1278	1447	1644	1720
2-2.9	973	1040	1190	1345	1557	1690	1787
3-3.9	1095	1201	1357	1484	1618	1750	1853
4-4.9	1207	1264	1408	1579	1747	1926	2008
5-5.9	1298	1411	1550	1720	1884	2089	2285
6-6.9	1360	1447	1605	1815	2056	2297	2493
7-7.9	1497	1548	1808	2027	2246	2494	2886
8-8.9	1550	1664	1895	2089	2296	2628	2788
9-9.9	1811	1884	2067	2288	2657	3053	3257
10-10.9	1930	2027	2182	2575	2903	3486	3882
11-11.9	2016	2156	2382	2670	3022	3359	4226
12-12.9	2216	2339	2649	3022	3496	3968	4640
13-13.9	2363	2546	3044	3553	4081	4502	4794
14-14.9	2830	3147	3586	3963	4575	5368	5530
15-15.9	3138	3317	3788	4481	5134	5631	5900
16-16.9	3625	4044	4352	4951	5753	6576	6980
17-17.9	3998	4252	4777	5286	5950	6886	7726
18-18.9	4070	4481	5066	5552	6374	7067	8355
19-24.9	4508	4777	5274	5913	6660	7606	8200
25-34.9	4694	4963	5541	6214	7067	7847	8436
35-44.9	4844	5181	5740	6490	7265	8034	8488
45-54.9	4546	4946	5589	6297	7142	7918	8458
55-64.9	4422	4783	5381	6144	6919	7670	8149
65-74.9	3973	4411	5031	5716	6432	7074	7453

Tabla 7. Percentiles del área muscular del brazo en mujeres

Área muscular del brazo en mujeres (mm²)							
Grupo de edad	Percentiles						
	5	10	25	50	75	90	95
1-1.9	885	973	1084	1221	1378	1535	1621
2-2.9	973	1029	1119	1269	1405	1595	1727
3-3.9	1014	1133	1227	1396	1563	1690	1846
4-4.9	1058	1171	1313	1475	1644	1832	1958
5-5.9	1238	1301	1423	1598	1825	2012	2159
6-6.9	1354	1414	1513	1683	1877	2182	2323
7-7.9	1330	1441	1602	1815	2045	2332	2469
8-8.9	1513	1566	1808	2034	2327	2657	2996
9-9.9	1723	1788	1976	2227	2571	2987	3112
10-10.9	1740	1784	2019	2296	2583	2873	3093
11-11.9	1784	1987	2316	2612	3071	3739	3953
12-12.9	2092	2182	2579	2904	3225	3655	3847
13-13.9	2269	2426	2657	3130	3529	4081	4568
14-14.9	2418	2562	2874	3220	3704	4294	4850
15-15.9	2426	2518	2847	3248	3689	4123	4756
16-16.9	2308	2567	2865	3248	3718	4353	4946
17-17.9	2442	2674	2996	3336	3883	4552	5251
18-18.9	2398	2538	2917	3243	3694	4461	4767
19-24.9	2538	2728	3026	3406	3877	4439	4940
25-34.9	2661	2826	3148	3573	4138	4806	5541
35-44.9	2750	2948	3359	3783	4428	5240	5877
45-54.9	2784	2956	3378	3858	4520	5375	5964
55-64.9	2784	3063	3477	4045	4750	5632	6247
65-74.9	2737	3018	3444	4019	4739	5566	6214

Fuente: Adaptado de Frisancho (1981)

Tabla 8. Percentiles del área grasa del brazo en hombres

Área grasa del brazo en hombres (mm²)							
Grupo de edad	Percentiles						
	5	10	25	50	75	90	95
1-1.9	452	486	590	741	895	1036	1176
2-2.9	434	504	578	737	871	1044	1148
3-3.9	464	519	590	736	868	1071	1151
4-4.9	428	494	598	722	859	989	1085
5-5.9	446	488	582	713	914	1176	1299
6-6.9	371	446	539	678	896	1115	1519
7-7.9	423	473	574	758	1011	1393	1511
8-8.9	410	460	588	725	1003	1248	1558
9-9.9	485	527	635	859	1252	1864	2081
10-10.9	523	543	738	982	1376	1906	2609
11-11.9	536	595	754	1148	1710	2348	2574
12-12.9	554	650	874	1172	1558	2536	3580
13-13.9	475	570	812	1096	1702	2744	3322
14-14.9	453	563	786	1082	1608	2746	3508
15-15.9	521	595	690	931	1423	2434	3100
16-16.9	542	593	844	1078	1746	2280	3041
17-17.9	598	698	827	1096	1636	2407	2888
18-18.9	560	665	860	1264	1947	3302	3928
19-24.9	594	743	963	1406	2231	3098	3652
25-34.9	675	831	1174	1752	2459	3246	3786
35-44.9	703	851	1310	1792	2463	3098	3624
45-54.9	749	922	1254	1741	2359	3245	3928
55-64.9	658	839	1166	1645	2236	2976	3466
65-74.9	573	753	1122	1621	2199	2876	3327

Tabla 9. Percentiles del área grasa del brazo en mujeres

Área grasa del brazo en mujeres (mm²)							
Grupo de edad	Percentiles						
	5	10	25	50	75	90	95
1-1.9	401	466	578	706	847	1022	1140
2-2.9	469	526	642	747	894	1061	1173
3-3.9	473	529	656	822	967	1106	1158
4-4.9	490	541	654	766	907	1109	1236
5-5.9	470	529	647	812	991	1330	1536
6-6.9	464	508	638	827	1009	1263	1436
7-7.9	491	560	706	920	1135	1407	1644
8-8.9	527	634	769	1042	1383	1872	2482
9-9.9	642	690	933	1219	1584	2171	2524
10-10.9	616	702	842	1141	1608	2500	3005
11-11.9	707	802	1015	1301	1942	2730	3690
12-12.9	782	854	1090	1511	2056	2666	3369
13-13.9	726	838	1219	1625	2374	3272	4150
14-14.9	981	1043	1423	1818	2403	3250	3765
15-15.9	839	1126	1396	1886	2544	3093	4195
16-16.9	1126	1351	1663	2006	2598	3374	4236
17-17.9	1042	1267	1463	2104	2977	3864	5159
18-18.9	1003	1230	1616	2104	2617	3508	3733
19-24.9	1046	1198	1596	2166	2959	4050	4896
25-34.9	1173	1399	1841	2548	3512	4690	5560
35-44.9	1336	1619	2158	2898	3932	5093	5847
45-54.9	1459	1803	2447	3244	4229	5416	6140
55-64.9	1345	1879	2520	3369	4360	5276	6152
65-74.9	1363	1681	2266	3063	3943	4914	5530

Fuente: Adaptado de Frisancho (1981)

bién es un predictor de aumento de lípidos en sangre y resistencia a la insulina; sin embargo, no predice riesgo de desnutrición (Khan et al., 2017).

El síndrome metabólico abarca diferentes factores de riesgo cardiometabólicos como hipertensión arterial, obesidad, diabetes mellitus, dislipidemia, aterosclerosis, insuficiencia cardíaca, entre otras. De todos estos factores de riesgo, la obesidad es el más predominante para desarrollar otras enfermedades cardiovasculares o cardiometabólicas. Por lo tanto, el IMC y el perímetro de la cintura son índices utilizados para determinar el riesgo de síndrome metabólico, pero estos no discriminan la masa grasa de la masa libre de grasa como se describió en el apartado anterior; por tanto, existen otros índices para medir la grasa abdominal como el índice cintura-cadera y el índice cintura-altura que pueden determinar con mayor precisión factores de riesgo cardiovasculares y metabólicos (Bener et al., 2013).

La relación de cadera-cintura se calcula de la siguiente manera: circunferencia de la cintura (cm)/ circunferencia de la cadera (cm). Por su parte, la relación cintura-altura se calcula: circunferencia de la cintura (cm) dividido por altura (cm) (Bener et al., 2013; Streng et al., n.d.). Según la OMS los rangos normativos del índice cadera-cintura son en hombres $\geq 0,90$ y en mujeres $\geq 0,85$ (Streng et al., 2018).

Áreas grasa y muscular

Área grasa del brazo

El área de grasa del brazo (AGB) se puede utilizar como índice nutricional. Es

una aproximación a las reservas corporales energéticas en forma de grasa subcutánea. En las ecuaciones de área grasa y muscular planteadas por Frisanch (1981), se entiende que el brazo está constituido por anillos de músculo, hueso y grasa respectivamente, lo que corresponde al área total del brazo (ATB) $ATB = \pi/4 * [circunferencia\ del\ brazo * 10 / \pi]^2$.

Dicho lo anterior, para obtener el resultado del área grasa se le debe quitar al área total del brazo (ATB) el valor de los anillos de músculo y hueso, es decir, el área muscular del brazo (AMB) así: $AGB = ATB - AMB$. Sin embargo, cabe aclarar que esta ecuación genera imprecisiones en el valor real de la grasa, ya que se entiende que la extremidad es cilíndrica y la grasa está distribuida uniformemente y no se toma en cuenta la compresibilidad del pliegue cutáneo (Hernández, 2001; Hidalgo, 2011).

Área muscular del brazo

El área muscular del brazo (AMB) representa la masa muscular alrededor de un pequeño centro de hueso. Una de sus limitantes es no tomar en cuenta la variación que pueda existir entre diferentes individuos en cuanto al diámetro de la circunferencia del húmero; sin embargo, el AMB presenta gran validez como medidor del estado nutricional, ya que en individuo sanos se correlaciona positivamente con la fuerza muscular. Este parámetro constituye la reserva almacenada en forma de proteína (Hernández, 2001).

Diversos autores sostienen la importancia de tener en cuenta algunas consideraciones al momento del calcular el área

muscular del brazo (Frisancho, 1981; Hernández, 2001; Hidalgo, 2011), entre ellos se encuentran:

- El área del anillo muscular del brazo no es un círculo perfecto.
- Durante la desnutrición, la atrofia del hueso y la disminución muscular son proporcionales.
- Las áreas de tejido neurovascular y del húmero son tan pequeñas que pueden ser omitidas.

$$AMB = \frac{[(\text{circunferencia brazo} * 10) - (\pi * \text{pliegue tricipital})]^2}{4 * \pi}$$

Frisancho (1981) presenta tablas de percentiles para la interpretación de los resultados del área grasa y área muscular del brazo, tanto para hombres como para mujeres en distintos grupos de edades, tal como se presenta en las tablas 6, 7, 8 y 9.

Porcentaje de grasa corporal

Existen diferentes factores de riesgo como la genética, el exceso de grasa y el sedentarismo que aumentan la probabilidad de padecer síndrome metabólico, y, por ende, provocar en el individuo mayor posibilidad de originar enfermedades cardíacas, cerebrovasculares o diabetes mellitus. En relación con lo anterior, el porcentaje de grasa corporal (%GC) es uno de los indicadores asociados al síndrome metabólico, es decir, la determinación de este porcentaje de grasa es utilizado como componente del diagnóstico del estado de la salud metabólica (Cardozo et al., 2016).

Más del 85 % de la grasa corporal se encuentra ubicada en los tejidos subcutáneos, mientras que solo alrededor del

10 % se halla en las vísceras. Por esta razón, el % GC se puede determinar por medio de pliegues cutáneos y otras dimensiones antropométricas; sin embargo, el % GC solo determina la cantidad de grasa corporal en estado de normopeso, sobrepeso y obesidad, dado que, en estado de desnutrición, disminuye la correlación de los pliegues cutáneos con la densidad corporal, que es el parámetro utilizado para determinar el porcentaje de grasa corporal (Hernández, 2001; Navarro y Vargas, 2016).

Para determinar la densidad corporal (D), se pueden emplear dos ecuaciones: la de Jackson/Pollock o la ecuación de Durning/ Womersley. La primera se basa en la sumatoria de tres pliegues cutáneos, en hombres: pectoral, abdominal y muslo medio anterior siendo la $D = 1,1093800 - 0,0008267 * (\Sigma 3 \text{ pliegues}) + 0,0000016 * (\Sigma 3 \text{ pliegues}) - 0,0002574 * (\text{edad en años})$ y para mujeres tricipital, supra espinal y muslo medio anterior siendo la $D = 1,099421 - 0,0009929 * (\Sigma 3 \text{ pliegues}) + 0,0000023 * (\Sigma 3 \text{ pliegues}) - 0,0001392 * (\text{edad en años})$ (Aristizábal et al., 2007). La segunda emplea la sumatoria de cuatro pliegues cutáneos: bicipital, tricipital, subescapular y de cresta ilíaca siendo $D = C - M \times \log_{10} \Sigma 4 \text{ pliegues}$, C y M son valores que cambian por grupo de edad (tabla 10) (Aristizábal et al., 2007).

Finalmente, la ecuación de Siri es una de las ecuaciones más utilizadas para estimar el porcentaje de grasa corporal a partir de la densidad corporal: $\%GC = (4,95/\text{densidad}) - 4,5) * 100$ (Aristizábal et al., 2007).

Índice córmico

El índice córmico es un parámetro de uso común en el ámbito clínico para la evaluación de la proporcionalidad corporal y para el diagnóstico de crecimientos desproporcionados en niños y adolescentes. Dicho índice expresa la relación entre la altura sentado y la altura total del individuo, es decir, que su resultado indica el porcentaje de la estatura total que está compuesto por la cabeza y el tronco. Cuanto mayor sea el resultado de este índice menor será la longitud de las piernas del sujeto (Zhang et al., 2016).

Por muchos años se ha suscitado controversia en torno a los motivos por los cuales se generan cambios en el crecimiento de las extremidades en el ser humano. Por ejemplo, se ha evidenciado que algunos mamíferos tienen mayor masa corporal como también colas y extremidades más cortas en climas fríos en comparación con los mamíferos que habitan climas cálidos. Se han atribuido estas variaciones en el desarrollo a mecanismos termorregulatorios, dado que, al aumentar el área de superficie corporal en relación con el volumen, se incrementa la pérdida de calor corporal en temperaturas más cálidas, mientras que en temperaturas frías las extremidades cortas aumentan la relación entre el volumen y el área de superficie promoviendo mayor retención de calor corporal.

Por otro parte, se ha reportado que los ratones y otras especies presentan piernas más largas en climas más cálidos debido al aumento de flujo sanguíneo y aporte de nutrientes (Serrat et al., 2008). En la actualidad, hay evidencia en hu-

manos que demuestra que el aumento del flujo sanguíneo a las extremidades se relaciona con un mayor crecimiento de estas (Boros et al., 1975). Sin embargo, también se ha evidenciado que, aunque los factores climáticos son significativos en los cambios y tamaños de la morfología del cuerpo, parece tener mayor importancia e influencia el tipo de alimentación y el estilo de vida durante los años de crecimiento. En otras palabras, aunque el clima puede tener influencia en el tamaño de las extremidades, la disponibilidad de alimentos y nutrientes son esenciales para su desarrollo tanto en clima frío como en clima cálido (Bogin y Varela-Silva, 2010).

Así las cosas, durante el desarrollo del ser humano existen variaciones en el crecimiento de diferentes tejidos que son influenciados por la calidad y cantidad de factores ambientales importantes para la vida, es decir, la longitud de las piernas de una persona en relación con la altura total es un indicador de la calidad del medio ambiente para el desarrollo y el crecimiento en las primeras etapas de la vida. En este sentido, se ha evidenciado que distintas enfermedades en las etapas de crecimiento y desarrollo, así como la desnutrición reducen la longitud de las piernas y producen un metabolismo trastornado. Además, existen un par de principios generales de crecimiento en la especie humana, el primero dice que las piernas crecen más rápido hasta los siete años en comparación con otros segmentos del cuerpo; el segundo, que las partes del cuerpo que más se verán afectadas por la escasez de nutrientes u otras adversidades serán los segmentos que crecen más rápido, es decir, en

el caso de la niñez, serán los miembros inferiores (Bogin y Varela-Silva, 2009, 2010).

Cuando se producen resultados altos en el índice córmico se presenta una relación de longitud alterada entre los miembros inferiores y el tronco. Entonces, las primeras tienden a ser cortas. En este sentido, un índice córmico alto ha sido asociado con un mayor riesgo de enfermedad coronaria, alteración del metabolismo de la glucosa, aumento de la presión arterial sistólica y niveles más altos de fibrinógeno, mientras que resultados bajos (piernas largas) han sido asociado con algunos tipos de cáncer (Ferrie et al., 2006). En esta misma línea, se ha demostrado que niños entre los 11 y 15 años de edad con retraso en el crecimiento generan más ganancia de masa grasa que de masa magra que niños con crecimiento normal (Martins et al., 2004). Igualmente, se ha demostrado que mujeres con miembros inferiores más cortos tienen mayor riesgo de obesidad, hecho que se explica por un déficit en la oxidación de grasas durante el crecimiento infantil que lleva a un retraso en el crecimiento corporal y, como consecuencia, a un mayor depósito de reserva de grasa (Bogin y Varela-Silva, 2010).

Para la medición del índice córmico es necesario determinar la talla sedente (figura 12) que incluso también es utilizada cuando se dificulta medir la talla total de una persona, por ejemplo, en deformidades de miembros inferiores (De Arriba Muñoz et al., 2013). Para calcular la medida de la altura sedente, se toma como referencia la distancia máxima en-

tre el vértice del cráneo hasta la superficie para sentarse. Se ubica al usuario en sedestación en un cajón de 40 cm de altura, con manos apoyadas en los muslos, evitando contraer la musculatura glútea o empujar con las piernas, la medida se toma al final de la respiración profunda (Abela, 2011). La ecuación para calcular este índice según Banik (2016) es la siguiente:

$$\text{Índice córmico} = \frac{\text{Altura del banco (cm)} * 100}{\text{Talla (cm)}}$$

Biompedanciometría

La bioimpedancia es una herramienta que, en comparación con el método antropométrico, es de más alto costo, pero de más fácil manejo para su implementación en el ámbito clínico. Además, este método permite la posibilidad de interactuar con otros índices. Es una técnica de valoración de la composición corporal. El modelo más comúnmente aplicado para dicha valoración es el modelo de dos compartimentos, el cual divide el cuerpo en masa grasa y masa libre de grasa (Ellis, 2018; Fosbøl y Zerahn, 2015). La impedancia bioeléctrica se basa en conducciones de corrientes eléctricas a través de los tejidos del cuerpo, de esta manera permite estimar la cantidad de agua corporal total y, por medio de constantes de hidratación de los tejidos, se obtiene el porcentaje de masa libre de grasa y masa grasa (Alvero y Correas, 2011; Aristizábal et al., 2007).

La corriente arrojada por la bioimpedancia en el cuerpo es de intensidad baja y es conducida por los electrolitos disueltos en el agua corporal, mientras

Figura 12. Medición talla sedente



Fuente: Tomado de Stewart et al. (2011)

que los demás tejidos realizan una resistencia al paso de la corriente (Alvero y Correas, 2011; Ellis, 2018; Fosbøl y Zerahn, 2015). La bioimpedancia es más precisa que el IMC y tiene una fiabilidad mayor que la toma de pliegues cutáneos, ya que no depende del explorador. De igual forma, su estandarización es más fácil y, además, es un método no invasivo y de simplicidad en su uso, ya que no requiere una alta capacitación del evaluador para su aplicación (Aristizábal et al., 2007; Portao et al., 2009). Este es el motivo por el cual es uno de los métodos más utilizados en la práctica clínica y deportiva en los últimos años.

que la técnica de mano-pie es la más recomendada por la Sociedad Europea de Nutrición Clínica (Aristizábal et al., 2007). Para ejecutarse, se solicita generalmente la bipedestación sobre la báscula de bioimpedancia; sin embargo, otro método clínico muy utilizado es en decúbito supino por medio de electrodos en muñecas y tobillos. Esta posición es utilizada para disminuir los efectos de la gravedad, debido a que el cuerpo tiene tendencia a distribuir el agua en las extremidades inferiores después de la bipedestación (Alvero y Correas, 2011; Slinde et al., 2003).

Durante la medición se puede usar vestido, a excepción de medias y zapatos. Además, se debe estar con la vejiga totalmente vacía y alejado de cualquier objeto metálico (Jaeger, 2009). Los resultados de la bioimpedancia pueden presentar afectaciones por diferentes factores como el ejercicio previo, la posición corporal, la temperatura de la piel y la ingesta de alimentos. Aunque es un método más práctico y sencillo, necesita el cumplimiento de normas de gran rigor metodológico (Alvero y Correas, 2011; Fosbøl y Zerahn, 2015).

Como se describió anteriormente, el análisis de la composición corporal por medio de la bioimpedancia tuvo un gran crecimiento y ha brindado grandes aportes al ámbito clínico y al deportivo; no obstante, a la hora de calcular la masa muscular de manera segmentaria presentaba importantes vacíos (Alizadehkhayat et al., 2014). Esto debido a que la estimación del volumen muscular de cuerpo entero supone que el cuerpo humano es cilíndrico, es decir, sus valores

son iguales en todas sus direcciones (Tanaka et al., 2007); por tanto, se entiende que las conducciones eléctricas viajan a través de un área de sección transversal uniforme. Lo anterior crearía un sesgo de medición en las estimaciones del volumen muscular en cuerpo entero, ya que realmente existen variaciones en las áreas de las zonas distales de las extremidades del brazo y la pierna (Tanaka et al., 2007; Thomas et al., 2003).

Por este motivo, distintos autores han buscado alternativas para corregir este error. Por ejemplo, se ha introducido la disposición de electrodos en distintas combinaciones para determinar la bioimpedancia de cada segmento corporal (Organ et al., 1994; Tanaka et al., 2007). Posteriormente, se determinó también que dicho análisis segmentario se podía aplicar a la valoración del volumen muscular del tronco (Ishiguro et al., 2006). En conclusión, el análisis segmentario involucra los índices de bioimpedancia del tronco, la parte superior del brazo y la pierna como variables independientes con mayor grado de precisión que el análisis de cuerpo entero (Tanaka et al., 2007).

La estimación de la masa magra por segmentos del cuerpo ha suscitado gran interés, porque es un parámetro completamente relacionado con la función mecánica, en especial con los aspectos relacionados con la salud. Dicho interés surge a partir de la cercanía entre masa magra y la fuerza muscular, tan importante para brindarle a los fisioterapeutas información más detallada y clara al momento de las evaluaciones e intervenciones, así como en la prevención de lesiones (Alizadehkhayat et al., 2014).

En el modelo de medición mano-pie, el sujeto debe permanecer en bipedestación durante la prueba. Antes de tener contacto con el dispositivo se ingresan las siguientes variables para el análisis: edad, sexo y talla. Posterior a esto, el sujeto, en una posición erguida, procede a posicionarse sobre la báscula. Los pies se centran en los electrodos y los electrodos de las manos se sujetan con los brazos lo suficientemente abiertos para evitar algún contacto entre los brazos y el torso. La prueba puede durar de 30 a 60 segundos (Nickerson et al., 2020).

En el modelo pie- pie, los electrodos de esta báscula están en la plataforma del sistema y tienen la forma de dos pies. El sexo y la talla del sujeto se ingresan previamente a la medición. El sujeto se posiciona en bipedestación, ubicando los pies en la forma de pies de la plataforma. En este modelo, las extremidades inferiores y el peso corporal se miden en simultáneo. Las demás variables son arrojadas por el *software* de la bioimpedancia (Pietrobelli et al., 2004).

Las variables que arroja el análisis de composición corporal mediante la impedancia eléctrica, acorde con las diferentes frecuencias, son agua corporal total, masa libre de grasa, porcentaje de masa grasa y masa grasa visceral (García-Orjuela et al., 2019).

Conclusión

El uso de metodologías de análisis de tamaño y composición corporal en el ámbito clínico y deportivo en fisioterapia es de importancia capital para el

diagnóstico, pronóstico y seguimiento longitudinal de los planes de intervención fisioterapéutica. La presente revisión de la literatura desarrolló un marco metodológico esencial para la adecuada valoración, interpretación e implementación de este tipo de valoraciones para fisioterapeutas, enfatizando la relevancia clínica y la aplicación práctica de estas metodologías en su praxis profesional.

Referencias

- Abela, M. (2011). Body Mass Index adjustment for sitting height for better assessment of obesity risks in Maltese women. *International Journal of Risk & Safety in Medicine*, 23, 241-248. <https://doi.org/10.3233/JRS-2011-0540>
- Alizadehkhayat, O., Hawkes, D. H., Kemp, G. J., Howard, A., y Frostick, S. P. (2014). Muscle strength and its relationship with skeletal muscle mass indices as determined by segmental bio-impedance analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 114(1), 177-185. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2764-y>
- Alvero, J.R, Correas, L, R. . (2011). La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(4), 167-174. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-pdf-X1888754611937896>
- Aristizábal, J. C., Restrepo, M. T., y Estrada, A. (2007). Evaluación de la composición corporal de adultos sanos por antropometría e impedancia bioeléctrica. *Biomedica*, 27(2), 216-224. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v27i2.217>
- Banik, S. D. (2016.). Sitting height ratio and interpretation of BMI-based nutritional status among Sarak adults of Bundu , Ranchi. *Anthropological Notebooks*,22(1), 109-115. http://www.drustvoantropologov.si/AN/PDF/2016_1/Anthropological_Notebooks_XXII_1_Banik.pdf
- Bener, A., Yousafzai, M. T., Darwish, S., Al-hamaq, A. O. A. A., Nasralla, E. A., y Abdul-ghani, M. (2013). Obesity index that better predict metabolic syndrome : body mass index, waist circumference, waist hip ratio, or waist height ratio. *Journal of Obesity*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/269038>
- Bogin, B., y Varela-Silva, M. I. (2009). Leg length, proportion, health and beauty: a review. *Anthropologischer Anzeiger*, 67(4), 439-459. <https://doi.org/10.1127/0003-5548/2009/0036>
- Bogin, B., y Varela-Silva, M. I. (2010). Leg length, body proportion, and health: a review with a note on beauty. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(3), 1047-1075. <https://doi.org/10.3390/ijerph7031047>
- Boros, S. J., Nystrom, J. F., Thompson, T. R., Reynolds, J. W., y Williams, H. J. (1975). Leg growth following umbilical artery catheter-associated thrombus formation: a 4-year follow-up. *The Journal of Pediatrics*, 87(6 Pt 1), 973-976. [https://doi.org/10.1016/S0022-3476\(75\)80921-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3476(75)80921-8)
- Brown, J. K., Whittemore, K. T., y Knapp, T. R. (2000). Is arm span an accurate measure of height in young and middle-age adults? *Clinical Nursing Research*, 9(1), 84-94. <https://doi.org/10.1177/10547730022158456>
- Cardozo, L. A., Cuervo, Y. A., y Murcia, J. (2016). Porcentaje de grasa corporal y prevalencia de sobrepeso - obesidad en estudiantes universitarios de rendimiento deportivo de Bogotá. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 36(3), 68-75. <https://doi.org/10.12873/363cardozo>

- De Arriba Muñoz, A., Cajal, M. D., Caballero, C. R., Aizpún, J. I. L., Dehesa, E. M., y Longás, Á. F. (2013). Relación talla sentada/talla de pie del nacimiento a la adultez en niños españoles. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 111(4), 309-314. <https://doi.org/10.5546/aap.2013.309>
- Ellis, K. J. (2018). Human body composition : in vivo methods. *Cadaver Studies*. 80(2), 649-680. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.2.649>
- Ferrie, J. E., Langenberg, C., Shipley, M. J., y Marmot, M. G. (2006). Birth weight, components of height and coronary heart disease: evidence from the Whitehall II study. *International Journal of Epidemiology*, 35(6), 1532-1542. <https://doi.org/10.1093/ije/dyl184>
- Fosbøl, M. O., y Zerahn, B. (2015). Contemporary methods of body composition measurement. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35(2), 81-97. <https://doi.org/10.1111/cpf.12152>
- Frisancho, A. R. (1981). New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *American Journal of Clinical Nutrition*, 34(11), 2540-2545. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.11.2540>
- Garc, M., Garc, C., Casta, V. B., y Guerrero, D. B. (2018). Nuevo enfoque de la nutrición. Valoración del estado nutricional del paciente: función y composición corporal. *Nutrición Hospitalaria*, 35, 1-14. <https://doi.org/10.20960/nh.2027>
- Garzón-Orjuela, N., Barrera-Perdomo, M. del P., Gutiérrez-Sepúlveda, M. P., Merchán-Chaverra, R., León-Avenida, A. C., Caicedo-Torres, L. M., Hernández-Rodríguez, M. X., y Montaña-Palma, A. A. (2019). Análisis de la composición corporal mediante impedancia bioeléctrica octopolar en pacientes hospitalizados en Bogotá D.C., Colombia. Estudio piloto. *Revista de la Facultad de Medicina*, 67(3), 239-247. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v67n3.68897>
- González Jiménez, E. (2013). Body composition: assessment and clinical value. *Endocrinología y Nutrición (English Edition)*, 60(2), 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.endoen.2012.04.015>
- Guzman, A. (2015). *Manual de cineantropometría*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Hernández, L. O. (2001). Evaluación nutricional de adolescentes. 3. Composición corporal. *Revista médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 40(3), 223-232. <https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2002/im023g.pdf>
- Hidalgo, C. (2011). Evaluación antropométrica del estado nutricional empleando la circunferencia del brazo en estudiantes universitarios. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 31(3), 22-27. <https://revista.nutricion.org/PDF/Evaluacion-antropometrica.pdf>
- Hofsteenge, G. H., Chinapaw, M. J. M., y Weijs, P. J. M. (2015). Fat-free mass prediction equations for bioelectric impedance analysis compared to dual energy X-ray absorptiometry in obese adolescents: A validation study. *BMC Pediatrics*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s12887-015-0476-7>
- Ishiguro, N., Kanehisa, H., Miyatani, M., Masuo, Y., y Fukunaga, T. (2006). Applicability of segmental bioelectrical impedance analysis for predicting trunk skeletal muscle volume. *Journal of Applied Physiology*, 100(2), 572-578. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00094.2005>
- Jaeger, A. S. (2009). Sánchez Jaeger, A., y Barón, M. A. (2009, December). Uso de la bioimpedancia eléctrica para la estimación de la composición corporal en niños y adolescentes. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 22(2), 105-110. <https://www.analesdenutricion.org/ve/ediciones/2009/2/art-8/>

- Khan, A., Aggarwala, J., y Dhingra, M. (2017). Application of bioelectrical impedance analysis and anthropometry as interchangeable methods to assess body composition of sportspersons. *International Journal of Biomedical and Avanced Reseach*, 8(11), 400-406. <https://core.ac.uk/download/pdf/144879252.pdf>
- Madden, A. M., y Smith, S. (2014). Body composition and morphological assessment of nutritional status in adults : a review of anthropometric variables. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 29(1), 7-25. <https://doi.org/10.1111/jhn.12278>
- Martins, P. A., Hoffman, D. J., Fernandes, M. T. B., Nascimento, C. R., Roberts, S. B., Sesso, R., y Sawaya, A. L. (2004). Stunted children gain less lean body mass and more fat mass than their non-stunted counterparts: a prospective study. *British Journal of Nutrition*, 92(5), 819-825. <https://doi.org/10.1079/bjn20041274>
- Moreno, V. M., Gandoy, B. G., González, M. J. A., y Herranz, S. F. (2001). Validación del monitor de medición de la grasa corporal por impedancia bioeléctrica OMRON BF 300. *Atención Primaria*, 28(3), 174-181. [https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(01\)78927-5](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(01)78927-5)
- Moreno, V. M., Gandoy, J. B. G., Otero, M. D. O., Gómez, A., Cámara, D., y González, J. A. (2003). Grado de acuerdo entre los índices adiposo-musculares obtenidos a partir de medidas antropométricas del brazo, pliegues cutáneos e impedancia bioeléctrica. *Nutrición Hospitalaria*, 18(2), 77-86. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S021216112003000200004
- Navarro, E., y Vargas, R. (2016). Grasa corporal total como indicador de síndrome metabólico en adultos. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(3), 198-207. <https://doi.org/10.14306/renhyd.20.3.216>
- Nickerson, B. S., McLester, C. N., McLester, J. R., y Kliszczewicz, B. M. (2020). Agreement Between 2 Segmental Bioimpedance Devices, BOD POD, and DXA in Obese Adults. *Journal of Clinical Densitometry*, 23(1), 138-148. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2019.04.005>
- Organ, L., Bradham, G., Gore, D., y Lozier, S. (1994). Segmental bioelectrical impedance analysis: theory and application of a new techniqueand. *Journal of Applied Physiology*, 77(1), 98-112. doi: 10.1152/jappl.1994.77.1.98
- Pietrobelli, A., Rubiano, F., y Heymsfield, S. B. (2004). New bioimpedance analysis system: improved phenotyping with whole-body analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(11), 1479-1484. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601993>
- Portao, J., Bescós, R., Irurtia, A., Cacciatore, E., y Vallejo, L. (2009). Valoración de la grasa corporal en jóvenes físicamente activos: antropometría vs bioimpedancia. *Nutrición Hospitalaria*, 24(5), 529-534. <https://doi.org/10.3305/nh.2009.24.5.4463>
- Santonja, F., Peña, W., Medina, D., Ferrer-López, V., y Canteras- Jordana, M. (2012). Metodología y fiabilidad de la medición del perímetro de muslo. *Actividad Física y Desarrollo Humano*, 4(1), 150-154. <https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/afdh/article/view/1728/1836>
- Serrat, M. A., King, D., y Lovejoy, C. O. (2008). Temperature regulates limb length in homeotherms by directly modulating cartilage growth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(49), 19348-19353. <https://doi.org/10.1073/pnas.0803319105>
- Sliinde, F., Bark, A., Jansson, J., y Rosander-Hulthén, L. (2003). Bioelectrical impedance variation in healthy subjects during 12 h in the supine position. *Clinical Nutrition*, 22(2), 153-157. <https://doi.org/10.1054/clnu.2002.0616>

Stewart, A., Marfell-jones, M., Olds, T., y Riddler, H. De. (2011). *Protocolo internacional para la valoración antropométrica*. ISAK

Streng, K. W., Voors, A. A., Hillege, H. L., Anker, S. D., Cleland, J. G., Dickstein, K., Filippatos, G., Metra, M., Ng, L. L., Ponikowski, P., Samani, N. J., Veldhuisen, D. J. Van, Zwinderman, A. H., Zannad, F., Damman, K., Meer, P. Van Der, y Lang, C. C. (2018) Waist-to-hip ratio and mortality in heart failure. *European Journal of Heart Failure*, 20(9), 1269-1277. <https://doi.org/10.1002/ejhf.1244>

Suárez-Carmona, W., y Sánchez-Oliver, A. (2018). Índice de masa corporal: ventajas y desventajas de su uso en la obesidad. Relación con la fuerza y la actividad física. *Nutrición Clínica en Medicina*, 12(3), 128-139. <http://www.aulamedica.es/nutricionclinicamedicina/pdf/5067.pdf>

Talma, H., Chinapaw, M. J. M., Bakker, B., Hirasing, R. A., Terwee, C. B., y Altenburg, T. M. (2013). Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition in children and adolescents: a systematic review and evidence appraisal of validity, responsiveness, reliability and measurement error. *Obesity Reviews*, 14(11), 895-905. <https://doi.org/10.1111/obr.12061>

Tanaka, N. I., Miyatani, M., Masuo, Y., Fukunaga, T., y Kanehisa, H. (2007). Applicability of a segmental bioelectrical impedance analysis for predicting the whole body skeletal muscle volume. *Journal of Applied Physiology*, 103(5), 1688-1695. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00255.2007>

Thomas, B. J., Cornish, B. H., Pattermore, M. J., Jacobs, M., y Ward, L. C. (2003). A comparison of the whole-body and segmental methodologies of bioimpedance analysis. *Acta Diabetológica*, 40(1), 10-11. <https://doi.org/10.1007/s00592-003-0074-2>

Zhang, Y. X., Chu, Z. H., y Zhao, J. shan. (2016). Distribution of sitting height ratio and its association with body mass index among children and adolescents in Shandong, China. *Biology and Medicine*, 8(1), 8-10. <https://doi.org/10.4172/0974-8369.1000267>