

Predicción de riesgo cardiovascular en población joven físicamente activa mediante bioimpedancia eléctrica

Prediction of cardiovascular risk in physically active young population using electrical bioimpedance

Isabel Adriana Sánchez Rojas
Camilo Andrés González López
Sebastián Forero Salas
Daniel Fernando Sánchez Carvajal
Erika Johana Ruíz Castellanos
Felipe Ricardo Garavito Peña
Darío Mendoza Romero

Universidad Santo Tomás. Bogotá, Colombia. Contacto: isabel.sanchez@usantotomas.edu.co

Resumen

Actualmente, la bioimpedancia eléctrica se ha convertido en un elemento capaz de establecer de forma más precisa la composición corporal; de igual manera, ha trascendido como herramienta diagnóstica importante para identificar de forma temprana la presencia de factores de riesgo cardiovascular. **Objetivo:** identificar los principales predictores de riesgo cardiovascular en población joven físicamente activa, empleando bioimpedancia. **Método:** estudio correlacional de corte transversal. Se evaluaron 30 estudiantes universitarios (edad 22,1 años \pm 2, peso 65,6 Kg \pm 10,3), empleando: IPAQ (versión corta), glucometría basal, composición corporal mediante bioimpedancia eléctrica (Inbody® 770), fuerza prensil, batería de Bosco (Optogait®), consumo de oxígeno (test de Leger). **Resultados:** en mujeres, se evidencia una correlación muy alta entre la masa magra en tronco y masa magra en brazo izquierdo ($r=0,97$ $p=0,00$) y brazo derecho ($r=0,98$ $p=0,00$); respecto al género masculino, se encontraron correlaciones altas y significativas entre el porcentaje de masa magra en tronco y masa magra en brazo derecho e izquierdo ($r=0,99$ $p=0,00$); igualmente, entre porcentaje de masa magra en tronco y tasa metabólica basal ($r=0,97$ $p=0,00$). **Conclusiones:** se identifican relaciones significativas entre: porcentaje de masa magra en tronco como variable independiente e indicadores de riesgo cardiovascular (masa magra de miembros superiores y tasa metabólica basal), siendo buenos predictores de riesgo cardiometabólico en jóvenes físicamente activos.

Palabras clave: riesgo cardiovascular, impedancia eléctrica, composición corporal.

Abstract

Currently, electrical bioimpedance has become an element capable of more precisely establishing body composition; in the same way it has transcended as an important diagnostic tool to identify early the presence of cardiovascular risk factors. **Objective:** to identify the main predictors of cardiovascular risk in physically active young population using bioimpedance. **Method:** cross-sectional correlational study. 30 university students (age 22.1 years \pm 2, weight 65.6 kg \pm 10.3) were evaluated, using: IPAQ (short version), basal glycometry, body composition by electrical bioimpedance (Inbody® 770), grip strength, Bosco battery (Optogait®), oxygen consumption (Leger test). **Results:** a very high correlation between lean mass in trunk and lean mass in the left arm ($r=0,97$ $p=0,00$) and right arm ($r=0,98$ $p=0,00$) is evident in women; with respect to the male gender, high and significant correlations were found between the percentage of lean mass in trunk and lean mass in the right and left arm ($r=0,99$ $p=0,00$); similarly, between percentage of lean mass in trunk and basal metabolic rate ($r=0,97$ $p=0,00$). **Conclusions:** significant relationships are identified between: percentage of lean mass in trunk as independent variable and indicators of cardiovascular risk (lean mass of upper limbs and basal metabolic rate), being good predictors of cardiometabolic risk in physically active young people.

Keywords: cardiovascular risk, electrical impedance, body composition.

Introducción

El riesgo cardiovascular (RCV) ha sido uno de los principales determinantes de mortalidad por evento coronario a nivel mundial; según datos divulgados por la World Health Organization (OMS), durante 2020, las enfermedades cardiovasculares se han convertido en la principal causa de muerte a nivel mundial, con una tasa de mortalidad de 17,9 millones anualmente.

El impacto que ha tenido el RCV en población joven, no ha sido del todo bien establecido, puesto que los datos epidemiológicos no son claros respecto a la presencia de enfermedades cardiovasculares o factores predisponentes hallados de manera temprana en esta población (Anderson & Vasan, 2018). Sin embargo, diferentes estudios (Lounassalo et al., 2021; Tran et al., 2020), centrados en evaluar la percepción y la presencia de riesgo cardiovascular en jóvenes universitarios mediante el empleo de la escala Framingham, reportan que, aspectos como las modificaciones en el estilo de vida saludable, la exposición a factores de riesgo cardiovascular, los antecedentes y el tiempo en dispositivos electrónicos, han conllevado a la formación temprana de placas ateroscleróticas en esta población, convirtiendo estas situaciones en agentes desencadenantes de posibles enfermedades cardiovasculares a futuro. Lo anterior, coincide con lo descrito por Roth et al. (2020), quienes señalan que, aproximadamente el 11.9% de

enfermedades cardiovasculares (ECV), son atribuidas a una actividad física insuficiente, con una mayor prevalencia de RCV en hombres jóvenes, respecto a las mujeres.

Con la intención de generar estrategias de detección, análisis y prevención de factores de RCV y ECV, se han diseñado diferentes herramientas que han logrado diagnosticar a tiempo una ECV; gran parte de estas se centran en evaluaciones diagnósticas o de tamizaje, siendo la escala Framingham una de las más utilizadas, dado que estima los factores de RCV con base en variables específicas, como el ejercicio físico y el riesgo potencial de padecer enfermedades crónicas, entre otras (Cosi & Reátegui, 2018). Sin embargo, en la actualidad, este tipo de cuestionarios se han podido complementar mediante el análisis de la composición corporal. Bryce et al. (2017), afirman que el exceso de masa adiposa visceral en el cuerpo, está directamente relacionado con fallas metabólicas y estas, a su vez, se asocian con la presencia de RCV; adicionalmente, León et al. (2018) indican que el contexto actual proporciona las condiciones para desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles (ENT), siendo estas coadyuvantes en el desarrollo de múltiples procesos fisiológicos que inducen a un incremento en el RCV, por la asociación de factores desencadenantes de estados proinflamatorios sistémicos, los cuales afectarían directamente la interacción del tejido adiposo con los diferentes órganos a nivel celular, siendo los miocitos los más comprometidos. Por esta razón, un incremento proporcional y progresivo de miofibrillas se relaciona con la reducción de RCV, entendiendo el impacto que tiene el tejido muscular como órgano endocrino y cardioprotector.

Por lo anterior, tener mejores indicadores de fuerza se asocia a mejores perfiles lipídicos con niveles de HDL elevados y triglicéridos más bajos, menores niveles de glucosa en sangre, mejores pronósticos de tensión arterial y, en general, menores niveles de mortalidad por enfermedad cardiovascular. Estudios como el de Yates et al. (2017), logran demostrar la asociación entre fuerza prensil y RCV en adultos de ambos sexos de mediana edad; estos datos, en conjunto, demuestran una fuerte relación entre la fuerza prensil como variable predictora de RCV. Sin embargo, no se ha profundizado en el hecho de segmentar la masa magra del cuerpo para predecir el riesgo cardiovascular en población joven.

No obstante, herramientas estandarizadas para análisis de composición corporal como los dispositivos de espectroscopia de impedancia bioeléctrica, se han convertido en estrategias viables que permiten predecir de manera más exacta el riesgo de ECV en población joven físicamente activa, teniendo a su favor elementos como la velocidad del procedimiento, una experiencia mínima necesaria para administrar la prueba, su portabilidad, el costo respecto a otros enfoques, su carácter no invasivo y la carencia de radiación frente a otros métodos empleados para evaluar la composición corporal, como la tomografía computarizada y el DEXA, más aún cuando se pretende cuantificar los porcentajes de masa magra con el objetivo de determinar la tasa de mortalidad (Hoi-Yee et al., 2021; Kasper et al., 2021).

Dispositivos como el InBody[®], permiten evaluar la composición corporal mediante ondas electromagnéticas que recorren el cuerpo, segmentando los niveles de masa magra, masa grasa, agua, ángulo de fase y otras variables adicionales existentes en la persona (Wingo et al., 2018). A partir de la impedancia eléctrica ejercida por los tejidos, se logra determinar la cantidad de agua intracelular y extracelular tras la disposición de 8 electrodos distribuidos en pies y manos, segmentando el cuerpo en 5 cilindros (tronco, brazos y piernas), favoreciendo una medición precisa a la hora de identificar los diferentes tipos de tejido y así determinar, mediante la composición corporal, diversas variables de análisis en un sujeto sano (Sabogal et al., 2020).

De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente estudio se fundamentó en determinar las correlaciones existentes entre los datos obtenidos por bioimpedancia y los principales predictores de RCV, con el fin de establecer aquellas variables susceptibles a cambios, que permitan pronosticar, de manera temprana y oportuna, factores desencadenantes de riesgo cardiovascular en población joven físicamente activa.

Materiales y métodos

Diseño del estudio

Estudio con enfoque cuantitativo de tipo no experimental, correlacional, de corte transversal. La población fue seleccionada por conveniencia. El tamaño de la muestra del estudio estuvo constituido por 30 participantes (22 hombres y 8 mujeres). Como criterios de inclusión se tuvieron en cuenta participantes que fueran activos físicamente por lo menos durante un año consecutivo; sin restricciones médicas para el ejercicio o el desarrollo de actividad física; estudiantes universitarios que tuvieran un rango de edad entre los 18 a 30 años y firmar el consentimiento informado. Finalmente, se excluyeron aquellos participantes con antecedentes médicos o alteraciones musculoesqueléticas, cardiovasculares, endocrinas, autoinmunes activas que restrinjan la realización de actividad física.

Consideraciones éticas

Se contó con el aval del comité de ética proporcionado por la Universidad Manuela Beltrán, bajo el marco del convenio Docencia – Investigación con la Universidad Santo Tomás. Cada participante fue informado respecto al objetivo del estudio y firmaron el consentimiento informado considerando las pautas éticas y normativas de la Declaración de Helsinki (1961) (Asociación Médica Mundial, 2017), en la cual se establece la normatividad ética y de rigor frente a los procesos investigativos en seres humanos, así como la Resolución 8430 de 1993, mediante la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en Salud en Colombia. De igual forma, con base en la Resolución 8430 de 1993, se determina que el estudio presenta un riesgo mínimo para los participantes en los procedimientos establecidos (Ministerio de Salud, 1993).

Procedimientos para la recolección de datos

Para el desarrollo del estudio, en su primer día se organizó una batería de pruebas que permitieron la recolección de información. Posteriormente, se realizó el diligenciamiento de datos personales y demográficos, acompañado del cuestionario de nivel de actividad física (IPAQ). El nivel de actividad física fue medido mediante el cuestionario internacional de actividad física (IPAQ) en su versión corta, el cual considera como aspectos básicos de la actividad física: intensidad (caminar, moderada, vigorosa), frecuencia (días por semana) y duración (tiempo por día); adicionalmente, se tuvo en cuenta el tiempo que el individuo permanece sentado. El IPAQ, en su versión validada para Colombia, demuestra que es un instrumento válido y/o confiable para determinar el estado de salud, especialmente en sujetos con niveles óptimos de actividad física (Jiménez et al., 2019).

Posteriormente se calculó la actividad física semanal representada en Mets (gasto metabólico o consumo de oxígeno en reposo), en donde caminar equivale a 3,3 mets, moderada es igual a 4 mets y vigorosa equivale a 8 mets; el cálculo de Mets gastados a la semana se calculó bajo la fórmula: *Coeficiente de intensidad X número de días a la semana X número minutos por día*. Al final, se suman los resultados de cada una de las categorías: Mets de caminata + Mets de actividad moderada + Mets de actividad vigorosa, permitiendo clasificar a los individuos según su nivel de actividad física en baja, moderada o alta (Jiménez et al., 2019).

En las 24 horas posteriores al diligenciamiento de los cuestionarios, se realiza la toma de glucometría basal, realizada con el instrumento glucómetro de referencia OneTouch®; los participantes se presentaron en ayunas para conocer los niveles de glicemia basal de cada uno, dado que esta es una de las variables determinantes de riesgo propuesta por la *International Diabetes Federation* (Alberti et al., 2006). Posterior a la glucometría, se realizó la medición de composición corporal mediante bioimpedancia eléctrica con el instrumento Inbody® de referencia 770; cabe aclarar que los participantes debían cumplir con las recomendaciones básicas que involucran: adecuada postura frente a la máquina con abducción de piernas no mayor a 30°, no debe existir ingesta de café, fluidos o comida al menos por 4 horas, por lo que la indicación a los usuarios fue la de mantenerse en ayunas; de igual manera, para el control del peso y el registro adecuado de agua corporal total, se indicó a los participantes que hicieran vaciamiento de la vejiga y no realizar ejercicio físico previo a la medición (Alvero et al., 2011). Como parte adicional del control, se tomó la temperatura ambiente dentro del laboratorio, con el fin de evitar pérdidas insensibles excesivas que alteraran la información recolectada, y se tuvieron en cuenta datos relacionados con: peso, análisis de obesidad, análisis de masa magra segmental, ángulo de fase, nivel de fitness y área de grasa visceral. 48 horas posteriores a la evaluación de la bioimpedancia eléctrica, se realizaron las mediciones de condición física.

Para evaluar la fuerza prensil manual, se aplicó el protocolo de dinamometría propuesto por la Asociación Internacional de Terapeutas de Mano, usando un dinamómetro análogo de mano marca Takei®. Para ejecutar la prueba, cada el sujeto se ubicó sentado, con el brazo ligeramente

separado del torso, el codo flexionado a 90° y la muñeca neutral (Villa & García, 2003). El dinamómetro debe estar ajustado al tamaño de la mano del usuario y se revisará que no presente valores diferentes a 0 que puedan alterar los resultados. La prueba dio inicio cuando el evaluador indicó al usuario que puede hacer fuerza, manteniendo la presión por un periodo de 3 segundos; este procedimiento se realizó dos veces, tanto en su brazo dominante como en el no dominante, y se registró el dato con mayor valor entre ambas tomas.

Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva analítica con medidas de tendencia central para las variables escalares de naturaleza continua. Posteriormente se aplicó una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, encontrando que las variables tenían una distribución normal, por esta razón las pruebas estadísticas utilizadas para el análisis se basaron en la utilización de pruebas paramétricas. Luego de ello se realizó una prueba de correlación bivariada dado que fueron homogéneas, con un coeficiente de Pearson con valores de significancia de $p = (0,05)$ con la totalidad de la población y correlaciones segmentadas en hombres y mujeres.

Los datos son presentados por sexo en tablas y gráficas para aquellas variables que resultaron significativas, y para aquellas que no cumplieron el supuesto de normalidad se reportó el coeficiente de correlación de Spearman. Los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS® versión 26 para Windows (Licencia Universidad Santo Tomás).

Resultados

A continuación, se muestran los resultados encontrados en la población, cuyo promedio de edad fue de 22,1 años, como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Descriptivos de la población (n=30).

Variables	Mín.	Máx.	X	Desv. típ.
Edad	20,0	28,0	22,1	2,0
Peso (kg)	35,9	86,3	65,6	±10,3
IMC (kg/m ²)	19,7	30,2	23,4	2,9
Relación Cintura Cadera (cm)	,79	,98	,84	,04
Fuerza Prensil Izquierda	18,0	51,5	33,9	9,5
Fuerza Prensil Derecha	17,0	54,0	35,6	8,8
Tasa Metabólica Basal (Kcal)	1175	1910	1513	200,4
Glucometría (mg/dl)	64,0	103,0	81,3	9,8

*IMC: índice de masa corporal

En la tabla 1 se encuentran documentados los descriptivos de la población de estudio, donde tenemos variables expresadas en sus diferentes unidades de medida, con sus respectivos valores mínimos, máximos y desviación típica; estos fueron: edad $22,1 \pm 2$ años; peso $65,6 \pm 10,3$ kg; IMC $23,4 \pm 2,9$ kg/m²; relación cintura-cadera $0,84 \pm 0,04$ cm; fuerza prensil izquierda $33,9 \pm 9,5$ kg; fuerza prensil derecha $35,6 \pm 8,8$ kg; tasa metabólica basal, $1513 \text{ Kcal} \pm 204,4$; y glucometría $81,3 \pm 9,8$ mg/dl.

En cuanto a las correlaciones encontradas por sexo, se evidencia que, en mujeres, existe una correlación muy alta entre la masa magra en tronco, y la masa magra en brazo izquierdo ($r=0,97$ $p= 0,00$) y brazo derecho ($r=0,98$ $p=0,00$). Otra, es la masa magra en tronco y la tasa metabólica basal ($r=0,85$ $p=0,06$), tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Correlación entre la masa magra en tronco y composición corporal en mujeres (n=8).

Variable	Correlación de Pearson
Índice de Masa Corporal (kg/m ²)	,708*
Masa Magra Brazo Derecho (kg)	,984**
Masa Magra Brazo Izquierdo (kg)	,976**
Masa Magra Pierna Derecha (kg)	,433
Tasa Metabólica Basal (kcal)	,858**

Los valores de correlación más altos entre porcentaje de masa magra en tronco, para las mujeres, se muestran a continuación en las siguientes figuras, en las cuales se pueden observar los aspectos más relevantes que estuvieron centrados en la tasa metabólica basal y la masa magra en brazo derecho, siendo estadísticamente significativos.

Masa Magra Tronco vs Tasa Metabólica Basal

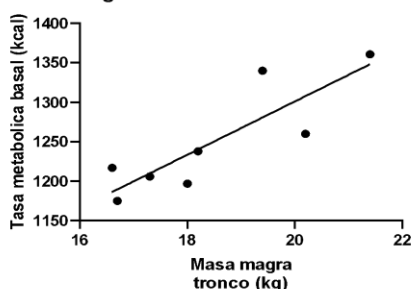


Figura 1. Correlación de masa magra en tronco y tasa metabólica basal.

Masa Magra Tronco vs Masa Magra Brazo Derecho

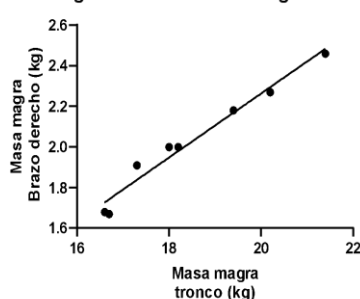


Figura 2. Correlación de masa magra en tronco y de brazo derecho.

Con respecto al género masculino, se encontraron correlaciones altas y significativas entre el porcentaje de masa magra en tronco y masa magra en brazo derecho e izquierdo ($r=0,99$ $p= 0,00$);

igualmente, entre porcentaje de masa magra en tronco y tasa metabólica basal ($r=0,97$ $p= 0,00$), como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Correlación entre la masa magra en tronco y composición corporal en hombres ($n=22$).

Variable	Correlación de Pearson
Índice de Masa Corporal (kg/m ²)	,745**
Sig. (bilateral)	,000
Masa Magra Brazo Derecho (kg)	,994**
Sig. (bilateral)	,000
Masa Magra Brazo Izquierdo (kg)	,994**
Sig. (bilateral)	,000
Masa Magra Pierna Derecha (kg)	,790**
Sig. (bilateral)	,000
Tasa Metabólica Basal (kcal)	,976**
Sig. (bilateral)	,000

Masa Magra en Tronco vs Masa Magra en Brazos

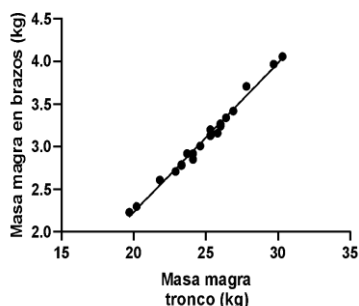


Figura 3. Correlación de masa magra en tronco y masa magra en brazos.

Masa Magra en Tronco vs Tasa Metabólica Basal

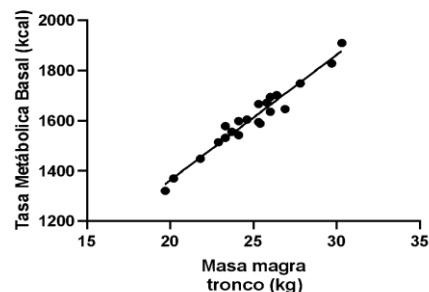


Figura 4. Correlación de masa magra en tronco y metabólica basal.

Discusión

El objetivo del presente estudio se centró en determinar las correlaciones existentes entre los datos obtenidos por bioimpedancia, y las posibles variables predictoras de RCV en población joven físicamente activa. Para ello, se analizaron datos de la composición corporal, con la finalidad de identificar aquellos factores susceptibles a cambios que permitan pronosticar, de manera temprana y oportuna, elementos desencadenantes de riesgo y/o de enfermedad cardiovascular.

De acuerdo con lo anterior, se encontró, para la población sujeto de estudio, una correlación alta (0,994) entre el volumen de masa muscular y mejores resultados en predictores de RCV en fuerza prensil; esto obedece a que la composición corporal, y en este caso la masa muscular, es un indicador del comportamiento metabólico que evidencia, principalmente, el metabolismo energético, siendo este último un factor determinante en el desarrollo de dislipidemias y afecciones a nivel cardiovascular, identificadas, a su vez, como alteraciones que predisponen a RCV, ya que, al aumentar los niveles de masa muscular, hay menor concentración de lípidos en plasma, mayor sensibilidad a la insulina y niveles regulados de tensión arterial, los cuales son indicadores directos de padecer afecciones cardiacas (Blasco et al., 2021).

El entrenamiento de fuerza en el tren superior es beneficioso para disminuir los factores de RCV, debido a que, un porcentaje elevado de masa magra en el tronco, se verá directamente relacionado con una disminución en los porcentajes de masa adiposa (Lugo, 2017). Los niveles de masa muscular son utilizados como predictores de enfermedades cardiometabólicas, y estos, en relación con niveles altos de grasa visceral, presentan un mayor riesgo de sufrir síndrome metabólico (Ramírez et al., 2018).

Además, se ha demostrado que una programación enfocada en ejercicios de fuerza muscular, tiende a aumentar la tasa metabólica basal, con adaptaciones anabólicas dentro del músculo esquelético, tal como ocurre en el aumento del área de sección transversal del músculo. Por otra parte, aumentos concomitantes en la masa magra y masa corporal total, inducen aumentos en la tasa metabólica basal, gracias a un elevado volumen de tejido metabólicamente activo, la remodelación del músculo esquelético y la activación endocrina que permite regular los procesos inflamatorios que ocurren en el músculo (MacKenzie et al., 2020). Por otro lado, se ha demostrado que el envejecimiento, en sí mismo, y en especial el sedentarismo, tienden a disminuir la tasa metabólica basal hasta un 2%, debido a la pérdida de músculo esquelético; esto, a su vez, disminuye el requerimiento energético, lo cual favorece el desarrollo de comorbilidades cardiovasculares como la obesidad y el síndrome metabólico (Vásquez et al., 2021).

La bioimpedancia eléctrica, usada como herramienta para medir la composición corporal, aporta de manera significativa a los estudios, ya que, por su técnica no invasiva y precisión en periodos cortos de tiempo, permite obtener resultados de la evaluación corporal en personas físicamente activas y en personas sedentarias, siguiendo los protocolos adecuados para la toma de datos (Quesada et al., 2016). En el caso de esta investigación, se analizó la cantidad de masa muscular por segmento corporal, su relación con la tasa metabólica basal y la incidencia directa en pruebas predictoras de RCV. Es importante resaltar que las ecuaciones empleadas por bioimpedancia eléctrica y los puntos de corte para toma de decisiones, varían según el dispositivo y la población de estudio, más aún cuando se reconoce que los resultados tienden a modificarse por estados de hidratación (Li et al., 2021). Además, la evidencia científica sugiere tener en cuenta las dimensiones longitudinales de los segmentos corporales, ya que estos pueden afectar considerablemente las

estimaciones de composición corporal (Utczas et al., 2020). Es así como se concibe, en lo posible, emplear siempre el mismo dispositivo y protocolo, con el fin de garantizar una fiabilidad y validez en los datos a analizar por parte del profesional encargado.

Por otra parte, la literatura actual en población de similares características a la del presente estudio, tiende a informarnos sobre grandes correlaciones entre IMC, masa grasa y composición corporal en ambos sexos, soportados, en su mayoría, por el estado inflamatorio que se genera por parte del tejido adiposo y su elevada tasa de producción de citocinas (Da Cruz et al., 2018; Magnani et al, 2018), no obstante, los hallazgos pueden soportar dichas afirmaciones de una manera diferente, ya que un aumento de la masa magra corporal, en especial de tronco, reduce el riesgo de desarrollar hormonas especialmente producidas en la zona visceral, que presentan efectos pro-inflamatorios y aceleran el proceso de aparición de una ENT y RCV (Zea et al., 2014).

Teniendo como base la información brindada por la bioimpedancia, la prescripción de la actividad física debe ser sistemática, individualizada, teniendo en cuenta las características propias de cada individuo (Atín, 2019), siempre integrando la fuerza como principal adaptación metabólica, ya que, debido al crecimiento de la población joven con síndrome metabólico, se han evidenciado los beneficios del entrenamiento de fuerza en jóvenes, donde, a mayores niveles de masa magra, menor es el RCV en posteriores edades (Benson et al., 2008).

Ahora bien, al comparar los datos obtenidos por bioimpedancia con otros métodos *Gold Standard*, se encuentra que esta báscula fue validada con el método DXA (Ling et al, 2011), estudio en el que se compararon los resultados de la masa magra en población normal y con sobrepeso, encontrándose una correlación del 99%. Por otra parte, Miller et al. (2016) compararon los resultados del porcentaje graso de los dos métodos (Inbody, DXA), encontrando una relación significativa ($r = .94$, $p < 0.0001$).

Conclusiones

Actualmente, la bioimpedancia es un medio útil y confiable, tanto para determinar la composición corporal como para tener una visión más exacta de la predisposición y potencialidad para padecer enfermedad cardiovascular, puesto que permite analizar distintas variables de forma precisa y en todos los segmentos corporales, permitiendo discriminar elementos óseos, musculares, grasos, agua, entre otros, complementando de manera óptima las evaluaciones de la composición corporal convencionales, cuyo fin es aproximarse a un diagnóstico más acertado.

De acuerdo con lo anterior, resulta interesante observar la relación existente entre el porcentaje de masa magra en tronco, como variable independiente de la bioimpedancia, con indicadores de riesgo cardiovascular, como la masa magra de miembros superiores y la tasa metabólica basal, entendiéndose su correlación como un buen predictor de riesgo cardiometabólico en la población participante. Aunque, para este caso, el análisis se realizó en población universitaria, es importante resaltar los cambios encontrados tanto en hombres como en mujeres, ya que modulaciones muy

sutiles en esta población, pueden ser indicadores de riesgo potencial en su vida adulta si no se identifican de manera temprana.

Como limitaciones del estudio, es necesario indicar el bajo número de participantes, a pesar de haber empleado instrumentos de alta tecnología. Además, es importante considerar la necesidad de implementar análisis de perfiles lipídicos completos, para dar mayor robustez a la investigación.

Referencias

- Alberti, K., Zimmet, P., & Shaw, J. (2006). Metabolic syndrome-a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabetic Medicine*, 23(5), 469–480. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2006.01858.x>
- Alvero-Cruz, J. R., Correas, L., Ronconi, M., Fernández, R., & Porta, J. (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>
- Anderson, C., & Vasan, R. (2018). Epidemiology of cardiovascular disease in young individuals. *Nature Reviews Cardiology*, 15, 230-240. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2017.154>
- Asociación Médica Mundial (2017). *Declaración de Helsinki sobre investigación médica en seres humanos*. <https://www.wma.net/es/news-post/amm-inicia-proceso-de-consulta-publica-sobre-declaracion-de-helsinki/>
- Atín, A. (2019). *Influencia de la actividad física sobre el metabolismo muscular y su valoración por técnica de 31 p-rmn* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/51009/>
- Benson, A. C., Torode, M. E., & Fiatarone, M. A. (2008) Effects of resistance training on metabolic fitness in children and adolescents: a systematic review. *Obesity Reviews*, 9(1), 43-66. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2007.00388.x>
- Blasco, M. J., Puig, T., Balada, G., Gich, I., Hernández, H., Parra, M. & Serra-Grima, R. (2021). Health profile, cardiovascular risk prevention and physical exercise in adolescents. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 144, 18-24. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/2\).144.03](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/2).144.03)
- Bryce-Moncloa, A., Alegría-Valdivia, E., & San Martín, M. (2017). Obesidad y riesgo de enfermedad cardiovascular. *Anales de la Facultad de Medicina*, 78(2), 202-206. <http://dx.doi.org/10.15381/anales.v78i2.13218>

- Così, G., & Reátegui, M. (2018). *Riesgo cardiovascular según score Framingham de las enfermeras de un instituto nacional agosto – noviembre* (Tesis de maestría). Universidad Peruana Cayetano Heredia. <https://hdl.handle.net/20.500.12866/4350>
- Da Cruz Fernandes, I., Pinto, R., Ferreira, P., & Lira, S. (2018). Low back pain, obesity, and inflammatory markers: exercise as potential treatment. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(2), 168-174. <https://doi.org/10.12965/jer.1836070.035>
- Jiménez, J., Obregón, M., & Tamayo, G. (2019). *Medición de la actividad física por medio del IPAQ corto versión Colombia de los estudiantes del primer semestre de la Universidad San Buenaventura Medellín* (Tesis de grado). Universidad San Buenaventura. <http://bibliotecadigital.usb.edu.co/handle/10819/7337>
- Kasper, A. M., Langan-Evans, C., Hudson, J. F., Brownlee, T. E., Harper, L. D., Naughton, R. J., ... & Close, G. L. (2021). Come back skinfolds, all is forgiven: a narrative review of the efficacy of common body composition methods in applied sports practice. *Nutrients*, 13(4), 1075. <https://doi.org/10.3390/nu13041075>
- León-Ariza, H. H., Mendoza-Navarrete, M. P., Maldonado-Arango, M. I., & Botero-Rosas, D. A. (2018). A systematic review of “myokines and metabolic regulation”. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 53(200), 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2018.09.003>
- Li, G. H. Y., Lee, G. K. Y., Au, P. C. M., Chan, M., Li, H. L., Cheung, B. M. Y., ... & Cheung, C. L. (2021). The effect of different measurement modalities in the association of lean mass with mortality: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis and Sarcopenia*, 7(1), 13-18. <https://doi.org/10.1016/j.afos.2021.02.004>
- Ling, C. H., De Craen, A. J., Slagboom, P. E., Gunn, D. A., Stokkel, M. P., Westendorp, R. G., & Maier, A. B. (2011). Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. *Clinical Nutrition*, 30(5), 610-615. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2011.04.001>
- Lounassalo, I., Hirvensalo, M., Palomäki, S., Salin, K., Tolvanen, A., Pahkala, K., ... & Tammelin, T. (2021). Life-course leisure-time physical activity trajectories in relation to health-related behaviors in adulthood: the Cardiovascular Risk in Young Finns study. *BMC Public Health*, 21(533), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-10554-w>
- Lugo, K. (2017). *Relación entre composición corporal y fuerza prensil en docentes de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/33657>
- Magnani, B., Bernuci, M., Marques, D., Zanquetta, I., Lopera, C., Mendes de Oliveira, F., Fassina, G., & Nardo, N. (2018). Proposal of a normative table for body fat percentages of Brazilian

young adults through bioimpedanciometry. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(6), 974-979. <https://doi.org/10.12965/jer.1836400.200>

MacKenzie-Shalders, K., Kelly, T., So, D., Coffey, V., & Byrne, N. (2020). The effect of exercise interventions on resting metabolic rate: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport Sciences*, 38(14), 1635-1649. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1754716>

Miller, R., Chambers, T., & Burns, S. (2016). Validating InBody® 570 Multi-frequency Bioelectrical Impedance Analyzer versus DXA for Body Fat Percentage Analysis. *Journal of Exercise Physiology Online*, 19(5), 71-78.

Ministerio de Salud de Colombia. *Resolución 8430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

Quesada, L., León, C., Bethencourt, J., & Pestana, E. (2016). Elementos teóricos y prácticos sobre la bioimpedancia eléctrica en salud. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 20(5), 565-578. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=68704>

Ramírez-Vélez, R., Correa-Rodríguez, M., Izquierdo, M., Schmidt-RioValle, J., & González-Jiménez, E. (2018). Muscle fitness to visceral fat ratio, metabolic syndrome and ideal cardiovascular health metrics. *Nutrients*, 11(1), 11-24. <https://doi.org/10.3390/nu11010024>

Rodríguez, J. E., Badillo, X. V., Pérez, K. N., Tiburcio, M. A., Aguilar, J. A., Herrera, L. M., & Sánchez, R. D. (2019). Relación entre la fuerza prensil y los marcadores de riesgo cardiovascular en jóvenes universitarios. *Ciencia y Salud Virtual*, 11(2), 90-101. <https://doi.org/10.22519/21455333.1325>

Roth, G., Menash, G., Jhonson, C., Addolorato, G., Ammirati, E., Baddour, L., Barengo, N., ... & Fuster, V. (2020). Global burden of cardiovascular diseases and risk factors, 1990–2019: update from the GBD 2019 Study. *Journal of the American College of Cardiology*, 76(25), 2982-3021. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.11.010>

Sabogal Romero, J. M., Castro, L., Sánchez-Rojas, I. A., Argüello Gutiérrez, Y. P., & Galves Pardo, A. Y. (2020). Relación del ángulo de fase con variables de composición corporal y fuerza muscular en deportistas. *Revista Universitaria de la Educación Física y el Deporte*, 13, 29-37. <https://doi.org/10.28997/ruefd.v0i13.3>

Tran, D. M., Dingley, C., & Arenas, R. (2021). Perception and beliefs regarding cardiovascular risk factors and lifestyle modifications among high-risk college students. *Canadian Journal of Nursing Research*, 53(2), 94-106. <https://doi.org/10.1177/0844562119899310>

- Utczas, K., Troznai, Z., Palinkas, G., Kalabiska, I., & Petridis, L. (2020). How length sizes affect body composition estimation in adolescent athletes using bioelectrical impedance. *Journal of Sport Science & Medicine*, 19(3), 577-584.
- Vásquez-Álvarez, S., Bustamante-Villagomez, K., & González-Mejía, M. (2021). Metabolic age, an index based on basal metabolic rate, can predict individuals that are high risk of developing metabolic syndrome. *High Blood Pressure & Cardiovascular Prevention*, 28(1), 263-270. <https://doi.org/10.1007/s40292-021-00441-1>
- Villa, J. G., & Garcia-Lopez, J. (2003). Tests de salto vertical (I): aspectos funcionales. *Rev. Rendimiento Deportivo.com*, 6(1), 1-14. <https://buleria.unileon.es/handle/10612/9459>
- Wingo, B., Barry, V., Ellis, A., & Gower, B. (2018). Comparison of segmental body composition estimated by bioelectrical impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry. *Clinical Nutrition ESPEN*, 28, 141-147. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2018.08.013>
- World Health Organization (2020). *Las diez principales causas de defunción*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- Yates, T., Zaccardi, F., Dhalwani, N., Davies, M., Bakrania, K., Celis-Morales, C., Gill, J., Franks, P., & Khunti, K. (2017). Association of walking pace and handgrip strength with all-cause, cardiovascular, and cancer mortality: a UK Biobank observational study. *European Heart Journal*, 38(43), 3232-3240. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx449>
- Zea-Robles, A. C., León-Ariza, H. H., Botero-Rosas, D. A., Afanador-Castañeda, H. D., & Pinzón-Bravo, L. A. (2014). Factores de riesgo cardiovascular y su relación con la composición corporal en estudiantes universitarios. *Revista de Salud Pública*, 16(4), 505-515. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642014000400003