

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

El índice cintura-IMC supera al IMC y la circunferencia de la cintura en la predicción de la presión de pulso elevada: un análisis poblacional en Perú

Waist-to-BMI index outperforms BMI and waist circumference in predicting elevated pulse pressure: a population-based analysis in Peru

Víctor J. Vera-Ponce^{1,2*}, Fiorella E. Zuzunaga-Montoya³, Nataly M. Sánchez-Tamay^{1,2},
Juan C. Bustamante-Rodríguez^{1,2}, Luisa E.M. Vásquez-Romero¹, Joan A. Loayza-Castro¹
y Carmen I. Gutiérrez-De Carrillo^{1,2}

¹Facultad de Medicina, Instituto de Investigación de Enfermedades Tropicales, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Amazonas; ²Facultad de Medicina, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Amazonas; ³Escuela de Posgrado, Universidad Continental, Lima. Perú

Resumen

Objetivo: Comparar el índice de masa corporal (IMC), la circunferencia de la cintura (CC) y el índice CC-IMC en la predicción de la presión de pulso elevada y examinar cómo estas asociaciones varían según la edad y el sexo. **Método:** Se realizó un análisis transversal utilizando datos de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar de Perú (2018-2023). Se emplearon modelos de regresión de Poisson con varianza robusta para evaluar la asociación entre las medidas antropométricas y la presión de pulso elevada (≥ 50 mmHg), ajustando por factores sociodemográficos y de estilo de vida. **Resultados:** El CC-IMC mostró la asociación más consistente y robusta con la presión de pulso elevada en comparación con el IMC y la CC. La fuerza de la asociación fue mayor en los adultos menores de 60 años y en las mujeres. Se observó una atenuación del efecto en los mayores de 60 años para todas las medidas antropométricas. El CC-IMC presentó una relación más lineal y estable en los diferentes subgrupos poblacionales. **Conclusiones:** el CC-IMC es un predictor más preciso de la presión de pulso elevada que el IMC o la CC por separado. La atenuación del efecto en adultos mayores y las diferencias por sexo subrayan la importancia de considerar factores demográficos en la evaluación del riesgo cardiovascular.

Palabras clave: Índice de masa corporal. Circunferencia abdominal. Presión arterial. Perú.

Abstract

Objective: To compare body mass index (BMI), waist circumference (WC) and WC-BMI in predicting elevated pulse pressure and to examine how these associations vary by age and sex. **Method:** A cross-sectional analysis used data from the Peru Demographic and Health Survey (2018-2023). Poisson regression models with robust variance were employed to evaluate the association between anthropometric measures and elevated pulse pressure (≥ 50 mmHg), adjusting for sociodemographic and lifestyle factors. **Results:** WC-BMI showed the most consistent and robust association with elevated pulse pressure compared to BMI and WC. The strength of the association was more significant in adults under 60 years and women.

*Correspondencia:

Víctor J. Vera-Ponce
E-mail: vicvepo@gmail.com

Fecha de recepción: 11-10-2024
Fecha de aceptación: 01-02-2025
DOI: 10.24875/ACM.24000187

Disponible en internet: 10-03-2025
Arch Cardiol Mex. 2025;95(3):185-196
www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

*An attenuation of the effect was observed in individuals over 60 years for all anthropometric measures. WC-BMI presented a more linear and stable relationship across different population subgroups. **Conclusions:** WC-BMI predicts elevated pulse pressure more precisely than BMI or WC alone. The attenuation of the effect in older adults and the differences by sex highlights the importance of considering demographic factors in evaluating cardiovascular risk.*

Keywords: Body mass index. Waist circumference. Arterial pressure. Peru.

Introducción

La presión de pulso (PP), definida como la diferencia entre la presión arterial sistólica (PAS) y la presión arterial diastólica (PAD), ha emergido como un importante indicador de riesgo cardiovascular en las últimas décadas. Los estudios longitudinales han demostrado que una PP elevada se asocia de manera independiente con un aumento en la morbilidad y la mortalidad por causa cardiovascular, en particular en poblaciones de edad avanzada¹. La PP refleja la rigidez arterial y la función ventricular izquierda, proporcionando información valiosa sobre la salud vascular que va más allá de las mediciones tradicionales de la presión arterial².

Dada la importancia de la PP en la evaluación del riesgo cardiovascular, la relación entre las medidas antropométricas y la PP ha sido objeto de creciente interés en la investigación cardiovascular. Entre las medidas antropométricas más relevantes, el índice de masa corporal (IMC) y la circunferencia de la cintura (CC) han sido ampliamente estudiados en relación con la PP. Estudios previos han sugerido que tanto el IMC como la CC pueden estar asociados con cambios en la PP³⁻⁵, pero estos análisis son escasos en la población latinoamericana y más aún en la peruana.

Además de estas medidas individuales, recientemente se ha propuesto el uso de un índice combinado CC-IMC como factor que podría proporcionar una evaluación más completa de la composición corporal y su relación con la salud cardiovascular^{6,7}. Este enfoque combinado busca capturar tanto la adiposidad general como la distribución específica de la grasa abdominal, potencialmente ofreciendo una visión más integral de cómo la composición corporal influye en la PP.

A pesar de la evidencia acumulada, persisten importantes lagunas en nuestro entendimiento de cómo estas diferentes medidas antropométricas se relacionan con la PP. La mayoría de los estudios han examinado estas asociaciones de manera lineal o utilizando categorías amplias de IMC o CC, lo que podría oscurecer patrones más sutiles o puntos de inflexión críticos en estas relaciones. Además, pocos estudios han comparado directamente la fuerza relativa de la asociación entre el IMC, la CC y el índice combinado CC-IMC con

la PP, o han explorado cómo estas relaciones podrían variar en diferentes subgrupos demográficos o clínicos.

En este contexto, nuestro estudio busca abordar estas brechas de conocimiento mediante un análisis detallado de la relación entre el IMC, la CC, el índice combinado CC-IMC y la PP en una amplia muestra poblacional peruana. Utilizando categorías más finas de estas medidas antropométricas, nuestro objetivo es identificar patrones no lineales y umbrales críticos en dichas relaciones. Además, pretendemos comparar directamente la fuerza de asociación de estas medidas antropométricas con la PP, y explorar posibles interacciones entre ellas. Los resultados de este estudio podrían tener implicaciones significativas para la evaluación del riesgo cardiovascular y la orientación de estrategias de prevención más personalizadas en la práctica clínica.

Método

Diseño y contexto del estudio

La presente investigación se basa en un diseño observacional y analítico, utilizando datos secundarios provenientes de las Encuestas Demográficas y de Salud Familiar (ENDES) realizadas en Perú. Nuestro análisis abarca un periodo de 6 años, desde 2018 hasta 2023, examinando los datos de las encuestas transversales anuales llevadas a cabo durante ese tiempo.

La ENDES, realizada anualmente por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), proporciona datos detallados sobre indicadores demográficos y de salud, incluyendo medidas antropométricas y parámetros cardiovasculares, en muestras representativas de la población peruana.

Población, muestra y criterios de elegibilidad

La población objetivo de este estudio abarca a todos los adultos de 18 años o más que residían en hogares particulares en Perú durante el periodo 2018-2023. La ENDES emplea una estrategia de muestreo caracterizada por un diseño bietápico, probabilístico de tipo

equilibrado, estratificado e independiente. Esta metodología asegura una representatividad adecuada por departamentos y considera la división entre áreas urbanas y rurales.

Para nuestro análisis específico sobre la relación entre las medidas antropométricas y la PP se incluyeron todos los participantes adultos que contaban con datos completos de peso, talla, circunferencia de cintura y mediciones de PAS y PAD.

Con el objetivo de garantizar la validez de los datos y minimizar sesgos potenciales, se aplicaron criterios de exclusión específicos. En primer lugar, se excluyeron del análisis las mujeres embarazadas, debido a los cambios fisiológicos en la presión arterial y la composición corporal asociados con el embarazo. En segundo lugar, para asegurar la fiabilidad de los datos antropométricos y de presión arterial, se eliminaron los casos con valores extremos o implausibles, siguiendo las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud para la vigilancia de factores de riesgo de enfermedades no transmisibles⁸. Específicamente, se excluyeron participantes con un IMC $< 10 \text{ kg/m}^2$ o $> 70 \text{ kg/m}^2$, así como aquellos con una CC $< 40 \text{ cm}$ o $> 150 \text{ cm}$. En cuanto a los parámetros de presión arterial, se eliminaron registros con PAS $\geq 250 \text{ mmHg}$ o PAD $< 50 \text{ mmHg}$. Estos criterios de exclusión están basados en rangos biológicamente plausibles y son consistentes con las prácticas estándar en estudios epidemiológicos a gran escala.

Adicionalmente, para el análisis de la PP, que es el foco principal de nuestro estudio, se excluyeron los casos en que la PP calculada era $< 20 \text{ mmHg}$ o $> 100 \text{ mmHg}$. Estos valores se consideraron como potencialmente erróneos o indicativos de condiciones cardiovasculares extremas que podrían sesgar los resultados del estudio¹.

Variables del estudio

La variable dependiente principal de este estudio fue la PP, calculada como la diferencia entre la PAS y la PAD⁹. Para el análisis, la PP se categorizó en dos grupos: $< 50 \text{ mmHg}$ y $\geq 50 \text{ mmHg}$ ¹⁰.

Las variables independientes principales fueron la CC medida en centímetros y el IMC calculado como el peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la altura en metros. Adicionalmente, se analizó la combinación CC-IMC, que se calcula como peso $\times$ CC/talla².

Para un análisis más comprehensivo, se incluyeron varias covariables en el estudio. La edad, medida en años cumplidos, y el sexo, categorizado como hombre o mujer, se consideraron por su influencia conocida en

los parámetros cardiovasculares. La residencia se categorizó en urbana o rural, reconociendo las diferencias entre estos entornos en cuanto a estilos de vida y acceso a servicios de salud. Para evaluar el impacto socioeconómico en la salud cardiovascular, el índice de riqueza se dividió en cinco categorías: muy pobre, pobre, medio, rico y muy rico. La altitud de residencia, medida en metros sobre el nivel del mar, se incluyó debido a su potencial efecto en la presión arterial y la adaptación cardiovascular.

Para reflejar el impacto del tabaquismo en la salud cardiovascular, el estado de fumador se categorizó en cuatro grupos: nunca ha fumado, exfumador, fumador ocasional y fumador diario. El consumo de alcohol se clasificó en tres categorías: nunca ha tomado o no ha tomado en el último año, consumo en los últimos 30 días pero no en exceso, y consumo en exceso. Este último se definió como el consumo en los últimos 30 días con al menos una ocasión de ingesta de cinco o más bebidas para hombres, o cuatro o más para mujeres, en una sola ocasión.

Procedimientos

La ENDES en el Perú ha modernizado sus métodos de recolección de datos, implementando el uso de tabletas digitales desde 2016. Esta recolección se lleva a cabo siguiendo protocolos estandarizados y validados internacionalmente. Personal capacitado del INEI realiza entrevistas y mediciones en los hogares seleccionados, asegurando la calidad y la consistencia de los datos obtenidos.

Para la medición de la PA, elemento crucial en nuestro estudio de la PP, se utilizan esfigmomanómetros digitales automáticos, los cuales son calibrados regularmente para garantizar su precisión. El procedimiento implica tomar tres mediciones de la presión arterial con el participante en posición sentada, después de un tiempo de reposo de al menos 5 minutos. Para minimizar el «efecto de bata blanca» se utiliza el promedio de las dos últimas mediciones en el análisis, descartando la primera. La PP, nuestra variable dependiente principal, se calcula posteriormente como la diferencia entre la PAS y la PAD promedio.

Las medidas antropométricas, que constituyen nuestras variables independientes principales, se realizan con equipos calibrados diariamente. El peso se determina utilizando básculas electrónicas SECA modelo 874, con una precisión de 0.1 kg, y la altura se mide con estadiómetros portátiles SECA modelo 213, que ofrecen una precisión de 1 mm. Durante estas mediciones, los

participantes visten ropa ligera y no usan calzado. Para la medición de la altura se sigue el protocolo de Frankfurt para la posición de la cabeza. La CC, una medida clave en nuestro estudio, se obtiene utilizando una cinta métrica inextensible con precisión de 0.1 cm. Esta medición se realiza en el punto medio entre el borde inferior de la última costilla palpable y la parte superior de la cresta ilíaca, con el participante de pie y después de una exhalación normal.

Para garantizar la precisión de las medidas antropométricas se realizan dos mediciones y se utiliza el promedio. Si se observan discrepancias significativas (más de 0.5 kg en peso o más de 1 cm en altura o CC), se lleva a cabo una tercera medición y se utiliza el promedio de las dos más cercanas. Este enfoque metódico asegura la confiabilidad de los datos antropométricos utilizados en nuestro análisis.

La información sobre variables sociodemográficas, económicas y de estilo de vida, incluyendo el consumo de alcohol y el hábito de fumar, se recopila mediante cuestionarios estructurados durante la entrevista.

Finalmente, es importante destacar que todos los participantes proporcionan su consentimiento informado antes de participar en la encuesta. Además, los datos recolectados pasan por un riguroso proceso de control de calidad, que incluye la supervisión directa de una muestra de las mediciones y la repetición de mediciones en una submuestra de participantes.

Análisis estadístico

Inicialmente se realizó un análisis descriptivo de todas las variables del estudio. Para las variables categóricas se calcularon frecuencias y porcentajes, mientras que para las variables numéricas se obtuvieron la media y la desviación estándar (DE). A continuación, se efectuó un análisis descriptivo bivariado para examinar la distribución de las variables en relación con la PP.

Para evaluar la asociación entre las variables de interés se optó por un modelo de regresión de Poisson con varianza robusta. Este enfoque se eligió debido a su capacidad para estimar directamente las razones de prevalencia ajustadas (RPa). El modelo se ajustó por todas las covariables (edad, sexo, residencia, índice de riqueza, altitud, estado de fumador y consumo de alcohol), considerando que cada una de ellas podría actuar como una variable confusora importante en la relación entre las medidas antropométricas y la PP.

Con el objetivo de captar de manera más precisa el efecto de las medidas antropométricas sobre la PP, se empleó una categorización detallada de estas variables.

El IMC se categorizó en intervalos de cinco unidades, mientras que la CC se dividió en categorías de 2.5 cm. Adicionalmente, se creó una variable combinada CC-IMC, también categorizada en intervalos de cinco unidades, para explorar el efecto conjunto de estas medidas.

Las RPa calculadas para cada categoría de las medidas antropométricas se presentan gráficamente. Estos gráficos proporcionan una representación visual clara de cómo la asociación entre las medidas antropométricas y la PP varía a lo largo del espectro de valores de IMC, CC y CC-IMC.

Para explorar posibles diferencias en estas asociaciones según las características demográficas clave, se realizaron análisis de sensibilidad estratificados por sexo y edad. Específicamente, se llevaron a cabo análisis separados para hombres y mujeres, así como para participantes menores de 60 años y de 60 años o más. Estos análisis de sensibilidad también se presentan en forma gráfica, permitiendo una comparación visual directa de cómo la relación entre las medidas antropométricas y la PP puede variar entre estos subgrupos poblacionales.

Es importante recabar que todos los análisis se llevaron a cabo considerando que se trataba de un muestreo complejo. Además, se consideró significativo cuando las RPa del intervalo de confianza al 95% no cruzaban la unidad.

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el *software* Stata versión 17.0 (StataCorp, College Station, TX, USA). Los gráficos se generaron utilizando el paquete ggplot2 en R versión 4.0.3 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

Consideraciones éticas

La presente investigación se fundamenta en un análisis secundario de la información proporcionada por la ENDES, cuyos datos son de dominio público y acceso abierto. El INEI de Perú facilita esta información habiendo eliminado previamente cualquier identificador personal, lo que asegura el completo anonimato de los individuos encuestados. Considerando que este estudio no implicó contacto directo con los participantes y se trabajó exclusivamente con información desprovista de elementos identificatorios, no fue necesario solicitar una evaluación adicional por parte de un comité de ética para proceder con este análisis de datos secundarios.

Sin embargo, es crucial enfatizar que esta investigación se ha llevado a cabo respetando rigurosamente los principios éticos consagrados en la Declaración de

Helsinki. El equipo de investigación ha asumido el compromiso de salvaguardar la integridad de la información, utilizándola únicamente para los fines específicos detallados en este estudio. Además, se ha puesto especial cuidado en asegurar que la divulgación de los hallazgos mantenga en todo momento la confidencialidad y el anonimato de los sujetos participantes.

Resultados

El estudio incluyó 171,375 participantes (Tabla 1), con una distribución equilibrada en cuanto al sexo, y con una edad media de 43.21 años (DE: 17.17). La mayoría de la población residía en áreas urbanas (84.63%) y tenía un nivel educativo secundario (43.63%) o superior (35.79%). La distribución del índice de riqueza fue relativamente uniforme entre los cinco quintiles. En cuanto a los factores de riesgo, el 67.05% reportaron un consumo de alcohol no excesivo, mientras que el 81.50% nunca habían fumado. Las medidas antropométricas mostraron un IMC medio de 27.59 (DE: 4.76) y una CC media de 93.34 cm (DE: 11.68), indicando una prevalencia considerable de sobrepeso en la población. La PAS promedio fue de 122.58 mmHg (DE: 18.20) y la PAD promedio fue de 74.63 mmHg (DE: 10.42), resultando en una presión de pulso media de 47.95 mmHg (DE: 13.75). Finalmente, el 37.20% de los participantes presentaron una PP elevada (≥ 50 mmHg).

Asociación entre el IMC y la PP elevada

En la figura 1 se muestra una clara asociación positiva entre el IMC y la PP elevada en la población general, con un incremento constante del riesgo a medida que aumenta el IMC. Esta tendencia se mantiene en los subgrupos de edad, pero con diferencias notables. En los adultos menores de 60 años se observa una marcada disparidad entre sexos: las mujeres presentan un aumento más pronunciado del riesgo con el incremento del IMC, alcanzando RPa superiores a 5 en IMC altos, mientras que en los hombres el aumento es más moderado, con RPa que no superan 3. En contraste, para adultos de 60 años o más, aunque la tendencia ascendente persiste, las diferencias entre sexos son menos pronunciadas y el riesgo global es menor en comparación con el grupo más joven, especialmente en IMC elevados. Notablemente, en ambos grupos de edad, el riesgo comienza a aumentar significativamente a partir de un IMC de aproximadamente 25.

Tabla 1. Características de la muestra del estudio (n = 171,375)

Características	n (%)
Sexo	
Femenino	82,882 (48.36%)
Masculino	88,493 (51.64%)
Edad*	43.21 (17.17)
Residencia	
Urbana	145,029 (84.63%)
Rural	26,346 (15.37%)
Educación	
Sin nivel	353 (0.21%)
Primaria	33,695 (20.37%)
Secundaria	72,175 (43.63%)
Superior	59,212 (35.79%)
Índice de riqueza	
Muy pobre	31,344 (18.29%)
Pobre	34,493 (20.13%)
Medio	35,727 (20.85%)
Rico	35,081 (20.47%)
Muy rico	34,730 (20.27%)
Consumo de alcohol	
Nunca o no ha tomado en los últimos 12 meses	51,127 (29.83%)
No en exceso	114,914 (67.05%)
En exceso	5,334 (3.11%)
Estado de fumador	
Nunca ha fumado	139,670 (81.50%)
Exfumador	13,571 (7.92%)
Actualmente fumador	15,408 (8.99%)
Fumador diario	2,725 (1.59%)
Índice de masa corporal	27.59 (4.76)
Circunferencia de cintura	93.34 (11.68)
Presión arterial sistólica	122.58 (18.20)
Presión arterial diastólica	74.63 (10.42)
Presión de pulso	47.95 (13.75)
Presión de pulso ≥ 50	
Normal	107,631 (62.80%)
Alto	63,744 (37.20%)

*Media y desviación estándar.

Asociación entre la CC y la PP elevada

En la figura 2 se revela una asociación entre la CC y el riesgo de la PP elevada en la población general, con un incremento gradual del riesgo a medida que aumenta la CC. Esta tendencia se observa de manera más pronunciada en ciertos subgrupos demográficos. En adultos menores de 60 años se evidencia una marcada disparidad entre sexos: las mujeres muestran un aumento exponencial del riesgo con el incremento de la CC, alcanzando

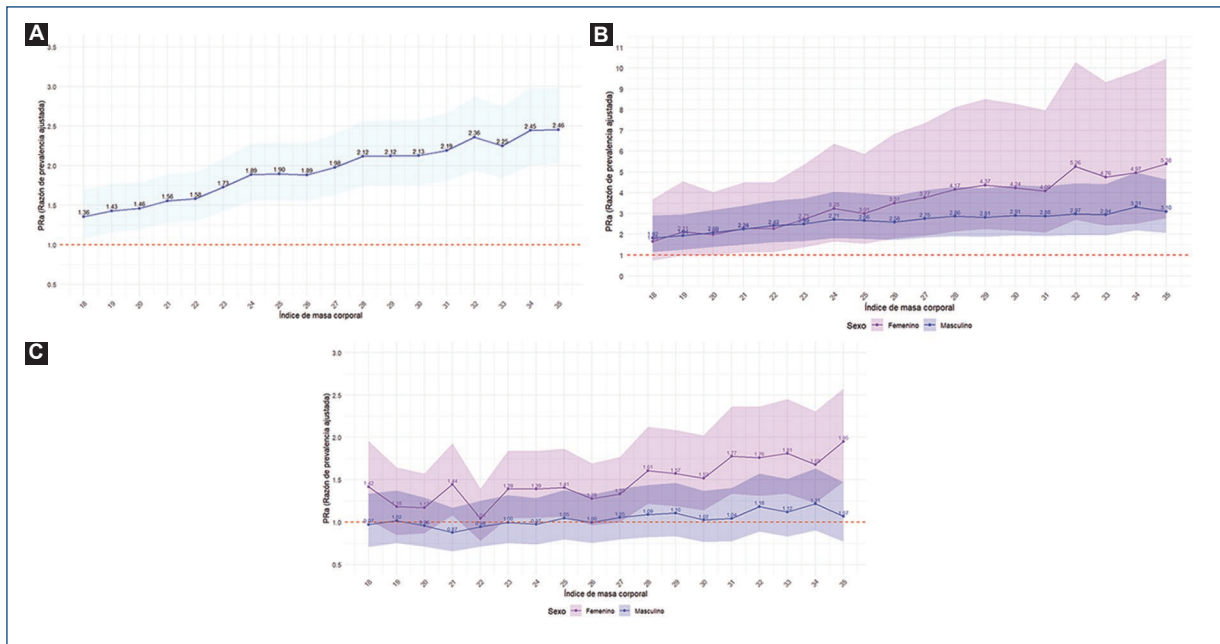


Figura 1. Asociación entre el IMC y la PP elevada estratificada por sexo y edad en la población en general (A), en adultos menores de 60 años (B) y en adultos con edad ≥ 60 años (C).

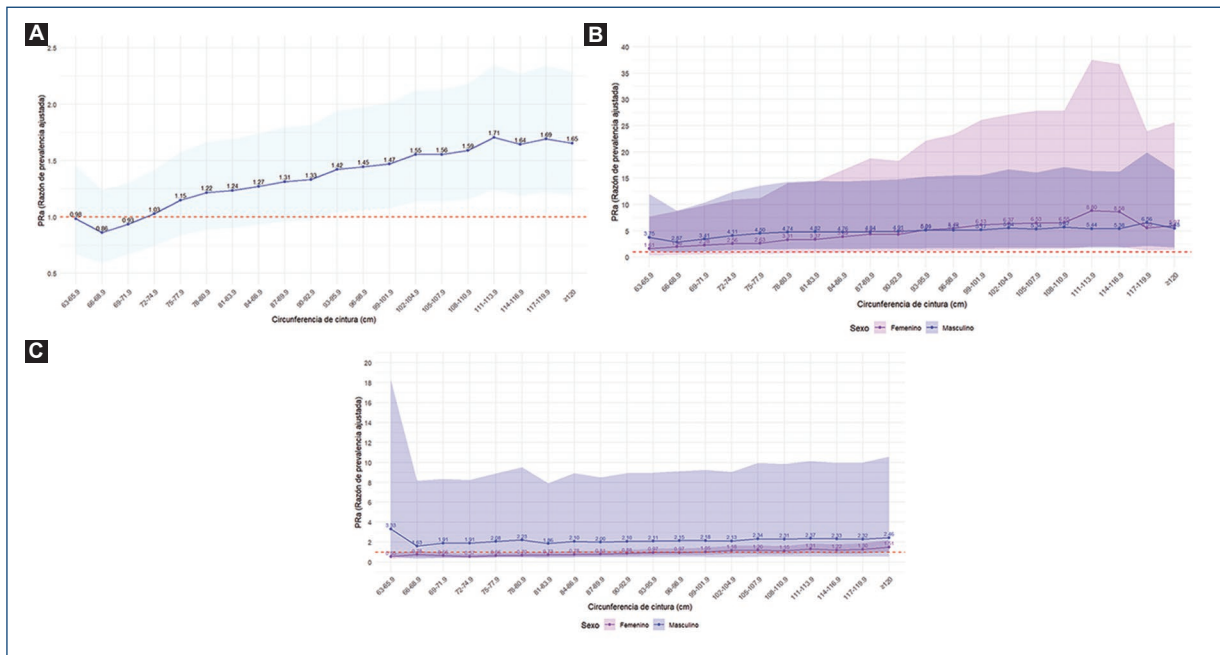


Figura 2. Asociación entre la CC y la PP elevada estratificada por sexo y edad en la población en general (A), en adultos menores de 60 años (B) y en adultos con edad ≥ 60 años (C).

RPa extremadamente altas (más de 30) en los valores más elevados de CC. En contraste, los hombres en este grupo de edad presentan un aumento más moderado y lineal del riesgo, con RPa que no superan 7.

Para los adultos de 60 años o más, aunque la tendencia ascendente persiste, las diferencias entre sexos son menos pronunciadas y el riesgo global es considerablemente menor en comparación con el grupo más joven.

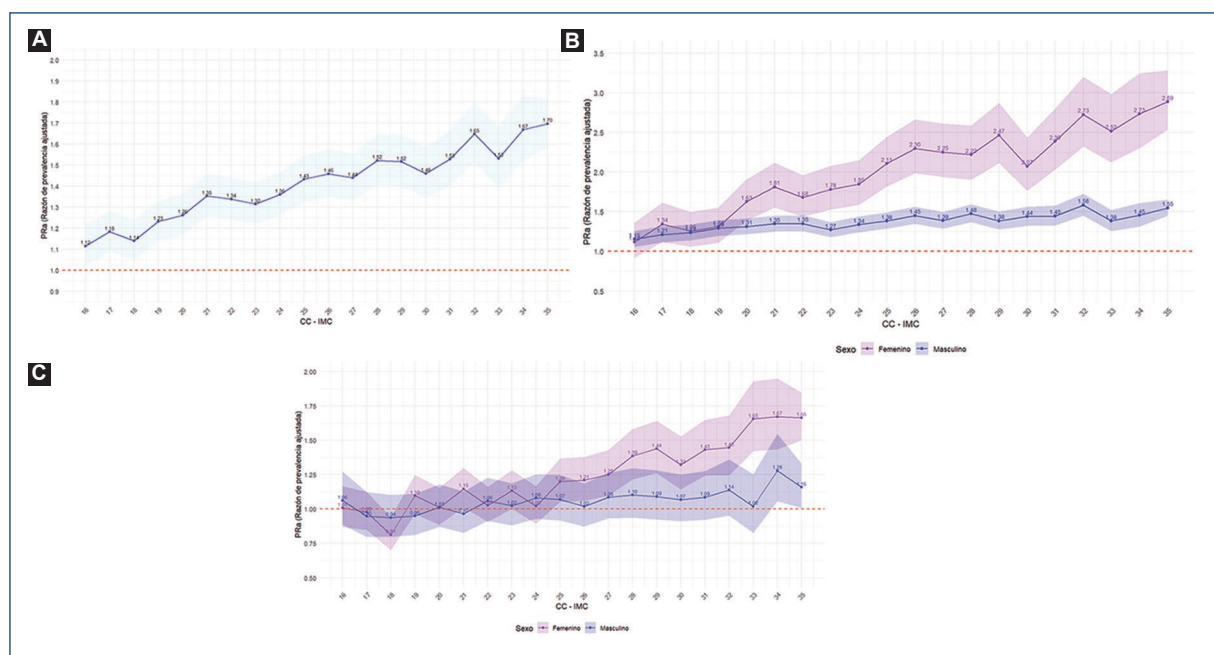


Figura 3. Asociación entre el índice CC-IMC y la PP elevada estratificada por sexo y edad en la población en general (A), en adultos menores de 60 años (B) y en adultos con edad ≥ 60 años (C).

En este grupo etario, tanto los hombres como las mujeres muestran un aumento gradual del riesgo con la CC, pero las RPa se mantienen por debajo de 3 incluso en los valores más altos de CC. Notablemente, en ambos grupos de edad, el riesgo comienza a aumentar significativamente a partir de una CC de aproximadamente 80-85 cm.

Es importante destacar la amplitud de los intervalos de confianza en los valores extremos de CC, especialmente en las mujeres menores de 60 años, lo que indica una mayor incertidumbre en estas estimaciones.

Asociación entre el índice CC-IMC y la PP elevada

En la figura 3, el análisis de regresión del índice CC-IMC muestra una asociación positiva con el riesgo de PP elevada en la población general, con un incremento gradual y constante del riesgo a medida que aumenta el CC-IMC. Esta tendencia se mantiene en los subgrupos de edad, pero con diferencias notables entre sexos y grupos etarios.

En adultos menores de 60 años se observa una marcada disparidad entre sexos: las mujeres presentan un aumento más pronunciado del riesgo con el incremento del CC-IMC, alcanzando RPa cercanas a 3 en los valores más altos del índice. En contraste, los hombres en

este grupo de edad muestran un aumento más moderado y lineal del riesgo, con RP que no superan 1.5 incluso en los valores más altos de CC-IMC.

Para los adultos de 60 años o más, aunque la tendencia ascendente persiste, las diferencias entre sexos son menos pronunciadas. En este grupo etario, tanto los hombres como las mujeres muestran un aumento gradual del riesgo con el CC-IMC, pero las RPa se mantienen generalmente por debajo de 2, incluso en los valores más altos del índice. Notablemente, en este grupo de edad, los intervalos de confianza son más amplios, en especial en los valores extremos del CC-IMC, lo que indica una mayor incertidumbre en estas estimaciones.

Es importante destacar que, en promedio, el riesgo comienza a aumentar de manera significativa a partir de un CC-IMC de aproximadamente 20-25 en ambos grupos de edad.

Discusión

Hallazgos principales

En este estudio se optó por examinar tres índices antropométricos diferentes —el IMC, la CC y el CC-IMC— para evaluar su relación con el riesgo de PP elevada. Esta elección se basó en la necesidad de comparar medidas ampliamente utilizadas (IMC y CC) con

un enfoque más novedoso que las combina (CC-IMC). El IMC, al ser una medida estandarizada de la adiposidad general, ofrece una base de comparación ampliamente reconocida en la literatura médica. La CC, por otro lado, se incluyó por su capacidad para reflejar específicamente la adiposidad abdominal, un factor de riesgo cardiovascular bien establecido. El CC-IMC se incorporó como una medida que podría capturar los beneficios de ambos índices, proporcionando una evaluación más integral de la composición corporal y su impacto en la salud cardiovascular.

Al comparar el desempeño de estos tres indicadores se observaron patrones distintivos. El IMC mostró una asociación positiva con el riesgo de PP elevada, pero con diferencias notables entre grupos de edad y sexo, lo que sugiere una menor consistencia en su capacidad predictiva para diferentes subpoblaciones. La CC, aunque también mostró una fuerte asociación con el riesgo, presentó estimaciones extremadamente altas en algunos subgrupos, en particular en las mujeres jóvenes, con intervalos de confianza muy amplios que indicaban una menor precisión en estas estimaciones. El CC-IMC, en contraste, mostró una asociación más estable y lineal con el riesgo de PP elevada, manteniendo una consistencia notable en los diferentes grupos demográficos.

El CC-IMC emerge como el índice más adecuado para evaluar el riesgo de PP elevada, por varias razones clave. Primero, demostró una asociación más consistente y gradual con el riesgo a través de los diferentes grupos de edad y sexo, lo que sugiere una mayor robustez en su capacidad predictiva. Segundo, los intervalos de confianza más estrechos observados con el CC-IMC indican estimaciones más precisas del riesgo en comparación con los otros marcadores. Tercero, la relación más lineal entre el CC-IMC y el riesgo facilita su interpretación y aplicación en contextos clínicos. Además, al combinar información tanto del IMC como de la CC, el CC-IMC parece ofrecer una evaluación más integral de la composición corporal, capturando aspectos tanto de la adiposidad general como de la distribución específica de la grasa abdominal. Esta combinación de factores hace del CC-IMC una herramienta potencialmente más valiosa para la evaluación del riesgo cardiovascular en la práctica clínica y la investigación epidemiológica.

Comparación con otros estudios

Nuestros hallazgos sobre la superioridad del índice CC-IMC en la predicción del riesgo de PP elevada se

alinean con estudios recientes que han explorado medidas combinadas de adiposidad. El índice CC-IMC ha emergido como un marcador prometedor de obesidad y riesgo cardiovascular, demostrando su superioridad frente a otros indicadores antropométricos tradicionales. Aunque su uso es relativamente reciente y la evidencia es aún limitada, los hallazgos iniciales son alentadores. Por ejemplo, Vera-Ponce et al.⁷ encontraron que este marcador exhibía mayores sensibilidad y especificidad en la estimación del porcentaje de grasa corporal en comparación con otros marcadores antropométricos convencionales. Originalmente propuesto para predecir anomalías en la geometría cardíaca, resistencia a la insulina, aumento de la rigidez arterial y dislipidemia⁶, el CC-IMC ha ganado atención por su capacidad para integrar información tanto de la adiposidad general como de la distribución específica de la grasa abdominal. Corroborando nuestros resultados, el trabajo de Moltrier et al.¹¹ también concluyó que este nuevo índice supera a los marcadores tradicionales en la evaluación del riesgo cardiovascular. Estas observaciones subrayan el potencial del CC-IMC como una herramienta más precisa y completa para la evaluación de la obesidad y sus complicaciones asociadas, aunque se requiere más investigación para validar su utilidad en diversos contextos clínicos y poblacionales.

La inestabilidad observada en las estimaciones basadas únicamente en la CC, en particular en las mujeres jóvenes, puede atribuirse a varios factores. Primero, como señalan Sebo et al.¹², la medición de la CC está sujeta a mayor variabilidad interobservador que el IMC. Además, la CC no tiene en cuenta las diferencias en la estatura, lo que puede llevar a interpretaciones erróneas en individuos con estructuras corporales diversas. Esta limitación es especialmente relevante en poblaciones con gran variabilidad étnica y antropométrica, como la peruana.

El IMC, aunque mostró ser algo mejor que la CC en términos de consistencia, aún presenta limitaciones significativas. Diversos estudios, como el de Romero-Corral et al.¹³, han destacado que el IMC tiene una sensibilidad subóptima para detectar el exceso de adiposidad, sobre todo en rangos intermedios. Sin embargo, su relativa estabilidad en comparación con la CC puede atribuirse a su naturaleza estandarizada y a la menor variabilidad en su medición, lo que resulta en estimaciones más robustas en los diferentes subgrupos poblacionales.

La superioridad del CC-IMC sobre el IMC y la CC individualmente en la predicción del riesgo de PP elevada

sugiere que este índice podría capturar mejor los mecanismos fisiopatológicos subyacentes. Lee et al.¹⁴ demostraron que la combinación de IMC y CC proporcionaba una evaluación más precisa del porcentaje de grasa corporal que cualquiera de las medidas por separado. Esta integración permite una evaluación más completa del riesgo, capturando los efectos adversos tanto del exceso de peso general como de la acumulación de grasa visceral, ambos factores críticos en la patogénesis de la hipertensión y la rigidez arterial. Czernichow et al.¹⁵ demostraron que tanto el IMC como la CC se asociaban independientemente con la rigidez arterial, un determinante clave de la presión de pulso. Al combinar ambas medidas, el CC-IMC posiblemente integra los efectos de la carga total de adiposidad (reflejada por el IMC) y la distribución específica de la grasa abdominal (indicada por la CC) sobre la función vascular, proporcionando así una evaluación más completa del riesgo cardiovascular.

Adicionalmente, es importante detallar que, en nuestros análisis, observamos diferencias significativas en la asociación entre los marcadores antropométricos y la PP elevada según el sexo y la edad de los participantes. Estas variaciones son cruciales para entender la complejidad de la relación entre la composición corporal y el riesgo cardiovascular en diferentes grupos demográficos.

Para el IMC, notamos una asociación más fuerte con la PP elevada en las mujeres que en los hombres, especialmente en el grupo de menores de 60 años. Este hallazgo está en línea con estudios previos que han reportado diferencias según el sexo en la relación entre obesidad y riesgo cardiovascular¹⁶. La CC mostró una tendencia similar, con un efecto más pronunciado en las mujeres jóvenes, en las que se observaron razones de prevalencia extremadamente altas en los valores más elevados de CC. El índice CC-IMC, aunque demostró ser el marcador más consistente, como ya se ha mencionado, también presentó variaciones según el sexo y la edad. En general, la asociación fue más fuerte en las mujeres que en los hombres, pero las diferencias fueron menos pronunciadas que con el IMC o la CC por separado. Esta menor disparidad entre sexos podría explicar en parte la mayor consistencia del CC-IMC como predictor de PP elevada.

Por otro lado, un hallazgo particularmente notable en nuestro estudio fue la atenuación del efecto de todos los marcadores antropométricos en la población mayor de 60 años. Este fenómeno se observó de manera consistente para los tres marcadores antropométricos, aunque en diferentes grados. La asociación entre estos

marcadores y la PP elevada fue considerablemente más débil en este grupo etario en comparación con los adultos más jóvenes.

Varias hipótesis podrían explicar esta atenuación del efecto en los mayores de 60 años. Primero, los cambios fisiológicos asociados con el envejecimiento, como la pérdida de masa muscular y la redistribución de la grasa corporal, podrían alterar la relación entre las medidas antropométricas y el riesgo cardiovascular¹⁷. Segundo, el «efecto del sobreviviente» podría estar en juego, por el cual los individuos que llegan a edades avanzadas con obesidad podrían representar un subgrupo con mayor resistencia a sus efectos adversos¹⁸. Tercero, otros factores de riesgo cardiovascular podrían cobrar mayor importancia relativa en la población de edad avanzada, disminuyendo el impacto relativo de la obesidad¹⁹.

Es importante destacar que, aunque el efecto se atenúa, no desaparece por completo en la población mayor de 60 años. Esto sugiere que las medidas antropométricas, en especial el CC-IMC, siguen siendo relevantes para la evaluación del riesgo cardiovascular en los adultos mayores, aunque su interpretación debe ser más cautelosa y considerarse en el contexto de otros factores de riesgo.

Es así como nuestros resultados, respaldados por la literatura existente sobre otros factores de riesgo cardiovascular, sugieren que el CC-IMC proporciona una evaluación más robusta y precisa del riesgo de PP elevada en comparación con el IMC o la CC por separado. Este índice combinado parece superar las limitaciones individuales de cada medida, ofreciendo una herramienta potencialmente más valiosa para la estratificación del riesgo cardiovascular en la práctica clínica. La capacidad del CC-IMC para integrar información tanto de la adiposidad general como de la distribución de la grasa abdominal puede explicar su aparente superioridad en la predicción del riesgo.

Sin embargo, dada la novedad de este enfoque, en particular en relación con la PP, es crucial interpretar estos resultados con cautela. Se requieren estudios longitudinales adicionales para validar la utilidad predictiva a largo plazo del CC-IMC en diferentes poblaciones y para diversos resultados cardiovasculares, incluyendo específicamente la PP elevada. Además, futuras investigaciones deberían explorar los mecanismos fisiopatológicos subyacentes que vinculan el CC-IMC con la PP y otros marcadores de salud cardiovascular. Esto no solo fortalecería la base teórica para el uso del CC-IMC, sino que también podría abrir nuevas vías para intervenciones preventivas y terapéuticas en el manejo del riesgo cardiovascular.

Importancia del estudio para la salud pública

Este estudio tiene implicaciones significativas para la salud pública, en particular en el ámbito de la prevención y el manejo de las enfermedades cardiovasculares. Al identificar el índice CC-IMC como un predictor más robusto de la PP elevada en comparación con las medidas tradicionales, como el IMC y la CC, nuestro trabajo proporciona una herramienta potencialmente más precisa para la evaluación del riesgo cardiovascular en el ámbito poblacional. Esto es en especial relevante considerando que las enfermedades cardiovasculares siguen siendo una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo. La capacidad de identificar con mayor precisión a los individuos en riesgo podría permitir una asignación más eficiente de los recursos de salud pública y una intervención más temprana y efectiva, alineándose con los objetivos globales de reducción de la carga de enfermedades no transmisibles.

Desde la perspectiva de la prevención primaria, los hallazgos de este estudio podrían conducir a una reevaluación de las estrategias actuales de cribado y prevención de riesgos cardiovasculares. La incorporación del CC-IMC en los protocolos de evaluación del riesgo podría mejorar la identificación de individuos que, aunque no clasificados como de alto riesgo según las medidas tradicionales, podrían beneficiarse de intervenciones preventivas tempranas. Esto es particularmente importante en el contexto de la creciente prevalencia global de obesidad y síndrome metabólico. Además, la aparente superioridad del CC-IMC en diferentes grupos demográficos sugiere que podría ser una herramienta más universal y reducir las disparidades en la evaluación del riesgo cardiovascular entre diferentes poblaciones, lo cual es un aspecto crucial en la búsqueda de la equidad en salud.

En la práctica clínica, la adopción del CC-IMC como medida estándar podría tener un impacto significativo en el manejo de los pacientes. Su mayor precisión en la predicción de la PP elevada, un marcador importante de rigidez arterial y riesgo cardiovascular, podría conducir a una mejor estratificación del riesgo y, por lo tanto, a decisiones de tratamiento más informadas y personalizadas. Esto es en especial relevante en el contexto de la medicina preventiva y la atención primaria, donde la detección temprana y la intervención oportuna son cruciales para prevenir complicaciones cardiovasculares a largo plazo. Además, la relativa simplicidad de la determinación del CC-IMC lo hace factible para su

implementación en entornos con recursos limitados, potencialmente ampliando el alcance de las evaluaciones de riesgo cardiovascular en diversas poblaciones, incluidas las de países de ingresos bajos y medios donde la carga de enfermedades cardiovasculares está aumentando rápidamente²⁰.

En cuanto a las políticas de salud pública, este estudio podría influir en la formulación de nuevas directrices para la evaluación y el manejo del riesgo cardiovascular. La inclusión del CC-IMC en las recomendaciones de salud pública podría llevar a una revisión de los umbrales de riesgo actuales y a la creación de nuevas estrategias de intervención basadas en este índice. Además, estos hallazgos podrían impulsar futuras investigaciones sobre intervenciones dirigidas no solo a reducir el peso corporal general, sino también a modificar específicamente la distribución de la grasa corporal, dado que el CC-IMC captura ambos aspectos. En última instancia, la adopción generalizada del CC-IMC como herramienta estándar en la evaluación del riesgo cardiovascular podría contribuir a una reducción significativa de la carga de enfermedades cardiovasculares en la población, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la organización de las Naciones Unidas, específicamente el objetivo 3.4 de reducir en un tercio la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles para 2030²¹.

Limitaciones y fortalezas

Este estudio presenta varias fortalezas y limitaciones que deben ser consideradas al interpretar sus resultados. Entre sus fortalezas destaca el uso de una muestra grande y representativa de todo el ámbito nacional, lo que aumenta la validez externa de los hallazgos. Además, la utilización de medidas antropométricas estandarizadas y la consideración de múltiples factores de confusión en los análisis fortalecen la robustez de las conclusiones. La inclusión del índice CC-IMC junto con medidas más tradicionales, como el IMC y la CC, permite una comparación directa de su eficacia en la predicción del riesgo de PP elevada. Sin embargo, el estudio también tiene limitaciones importantes. En primer lugar, su naturaleza transversal impide establecer relaciones causales entre las medidas antropométricas y la PP elevada. Además, aunque se controlaron varios factores de confusión, no se puede descartar la posibilidad de confusión residual por factores no medidos. La generalización de estos resultados a poblaciones con características demográficas y étnicas diferentes debe hacerse con cautela. Finalmente, la falta de datos

longitudinales limita nuestra capacidad para evaluar cómo los cambios en las medidas antropométricas a lo largo del tiempo podrían afectar el riesgo de PP elevada. A pesar de estas limitaciones, nuestro estudio proporciona evidencia valiosa sobre la utilidad comparativa de diferentes medidas antropométricas en la evaluación del riesgo cardiovascular, sentando las bases para futuras investigaciones longitudinales y de intervención.

Conclusiones

Este estudio proporciona evidencia sólida de que el índice CC-IMC es un predictor más robusto y consistente de la PP elevada en comparación con el IMC y la CC por separado. Nuestros hallazgos sugieren que el CC-IMC ofrece una evaluación más precisa del riesgo cardiovascular asociado con la adiposidad, especialmente en adultos menores de 60 años. La atenuación del efecto observada en la población mayor de 60 años para todas las medidas antropométricas subraya la importancia de considerar la edad en la evaluación del riesgo cardiovascular. Además, las diferencias observadas entre sexos en la fuerza de la asociación entre las medidas antropométricas y la PP elevada resaltan la necesidad de enfoques específicos por sexo en la evaluación y el manejo del riesgo cardiovascular. En conjunto, estos resultados sugieren que el CC-IMC podría ser una herramienta valiosa para mejorar la estratificación del riesgo cardiovascular en la práctica clínica y en los esfuerzos de salud pública.

Basándonos en estos hallazgos, recomendamos seguir realizando estudios al respecto, tanto con la PP como con eventos cardiovasculares para estudios longitudinales. De coincidir con estos resultados, sería importante incorporar el índice CC-IMC en las evaluaciones sistemáticas del riesgo cardiovascular, particularmente en entornos de atención primaria y programas de salud pública. Se sugiere el desarrollo de puntos de corte específicos por edad y sexo para el CC-IMC que permitan una estratificación más precisa del riesgo de PP elevada. Además, instamos a la realización de estudios longitudinales que evalúen la capacidad predictiva del CC-IMC para eventos cardiovasculares a largo plazo y su respuesta a intervenciones de pérdida de peso. Es crucial que futuras investigaciones exploren los mecanismos fisiopatológicos que subyacen a la relación entre el CC-IMC y la PP elevada, en especial en diferentes grupos de edad. Recomendamos también la inclusión del CC-IMC en las guías clínicas de evaluación del riesgo cardiovascular, junto con programas de capacitación para profesionales de la salud

sobre su interpretación y uso. Finalmente, sugerimos el desarrollo de estrategias de intervención que no solo se enfoquen en la reducción del peso corporal, sino también en la modificación de la distribución de la grasa corporal, dada la importancia aparente de ambos factores capturados por el CC-IMC en el riesgo de PP elevada.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los hallazgos de este estudio están accesibles en el artículo de investigación original en el siguiente enlace: <https://proyectos.inei.gob.pe/microdatos/>.

Contribución de los autores

V.J. Vera-Ponce: conceptualización, investigación, metodología, recursos, redacción, borrador original, revisión y edición. F.E. Zuzunaga-Montoya: *software*, curación de datos, análisis formal, redacción, revisión y edición. N.M. Sánchez-Tamay: investigación, recursos, redacción, borrador original, revisión y edición. J. Loayza-Castro: investigación, metodología, redacción, borrador original, revisión y edición. L.E.M. Vásquez-Romero: investigación, administración del proyecto, redacción, borrador original, revisión y edición. J.C. Bustamante-Rodríguez: validación, visualización, redacción, borrador original, revisión y edición. C.I. Gutiérrez-De Carrillo: metodología, supervisión, obtención de fondos, redacción, revisión y edición.

Financiamiento

Este estudio fue financiado por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. El estudio no involucra datos personales de pacientes ni requiere aprobación ética. No se aplican las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial.
Los autores declaran que no utilizaron algún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Safar ME, Levy BI, Struijker-Boudier H. Current perspectives on arterial stiffness and pulse pressure in hypertension and cardiovascular diseases. *Circulation*. 2003;107:2864-9.
2. Mitchell GF. Arterial stiffness and wave reflection: biomarkers of cardiovascular risk. *Artery Res*. 2009;3:56-64.
3. Fahs CA, Smith DL, Horn GP, Agiovlasitis S, Rossow LM, Echols G, et al. Impact of excess body weight on arterial structure, function, and blood pressure in firefighters. *Am J Cardiol*. 2009;104:1441-5.
4. Sakboonyarat B, Poovieng J, Sangkool T, Lertsakulbunlue S, Jongcherdchotrakul K, Srisawat P, et al. Relationship between pulse pressure and body mass index in active-duty Royal Thai Army personnel in Thailand. *BMC Cardiovasc Disord*. 2023;23:361.
5. Wang Y-Y, Yang S, Chen S-W. Relationship between body mass index and pulse pressure in a non-diabetic population: evidence from a multi-center, cross-sectional study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2023;27:188-98.
6. Antonini-Canterin F, Di Nora C, Poli S, Sparacino L, Cosei I, Ravasol A, et al. Obesity, cardiac remodeling, and metabolic profile: validation of a new simple index beyond body mass index. *J Cardiovasc Echogr*. 2018;28:18-25.
7. Vera-Ponce VJ, Zuzunaga-Montoya FE, Loayza-Castro JA, Vasquez-Romero LEM, Paucar CRI, Valladares-Garrido MJ, et al. Waist body mass index outperforms other anthropometric indicators in identifying obesity using bioimpedance. *Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2024;14:13-20.
8. World Health Organization. STEPwise approach to NCD risk factor surveillance (STEPS). (Consultado el 18-09-2024.) Disponible en: <https://www.who.int/teams/noncommunicable-diseases/surveillance/systems-tools/steps>
9. Homan TD, Bordes SJ, Cichowski E. Physiology, pulse pressure. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024. (Consultado el 21-09-2024.) Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482408/>.
10. Benetos A, Safar M, Rudnichi A, Smulyan H, Richard JL, Ducimetière P, et al. Pulse pressure: a predictor of long-term cardiovascular mortality in a French male population. *Hypertension*. 1997;30:1410-5.
11. Moltré M, Pala L, Cosentino C, Mannucci E, Rotella CM, Cresci B. Body mass index (IMC), waist circumference (CC), waist-to-height ratio (WHtR) e waist body mass index (wIMC): which is better? *Endocrine*. 2022;76:578-83.
12. Sebo P, Herrmann FR, Haller DM. Accuracy of anthropometric measurements by general practitioners in overweight and obese patients. *BMC Obes*. 2017;4:23.
13. Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, Thomas RJ, Collazo-Clavell ML, Korinek J, et al. Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population. *Int J Obes (Lond)*. 2008;32:959-66.
14. Lee K, Song Y-M, Sung J. Which obesity indicators are better predictors of metabolic risk? Healthy twin study. *Obesity (Silver Spring)*. 2008;16:834-40.
15. Czernichow S, Bertrais S, Oppert J-M, Galan P, Blacher J, Ducimetière P, et al. Body composition and fat repartition in relation to structure and function of large arteries in middle-aged adults (the SU.VI.MAX study). *Int J Obes (Lond)*. 2005;29:826-32.
16. Mongraw-Chaffin ML, Peters SAE, Huxley RR, Woodward M. The sex-specific association between IMC and coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis of 95 cohorts with 1·2 million participants. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2015;3:437-49.
17. Ding J, Kritchevsky SB, Newman AB, Taaffe DR, Nicklas BJ, Visser M, et al. Effects of birth cohort and age on body composition in a sample of community-based elderly. *Am J Clin Nutr*. 2007;85:405-10.
18. Stessman J, Jacobs JM, Ein-Mor E, Bursztyn M. Normal body mass index rather than obesity predicts greater mortality in elderly people: the Jerusalem longitudinal study. *J Am Geriatr Soc*. 2009;57:2232-8.
19. Dhana K, Ikram MA, Hofman A, Franco OH, Kavousi M. Anthropometric measures in cardiovascular disease prediction: comparison of laboratory-based versus non-laboratory-based model. *Heart*. 2015;101:377-83.
20. Roth GA, Johnson C, Abajobir A, Abd-Allah F, Abera SF, Abyu G, et al. Global, regional, and national burden of cardiovascular diseases for 10 causes, 1990 to 2015. *J Am Coll Cardiol*. 2017;70:1-25.
21. United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. (Consultado el 24-09-2024.) Disponible en: <https://sdgs.un.org/2030agenda>.