

Vías anatómicas mediadoras del efecto de la diabetes en la aorta abdominal: un modelo de mediación en cadena

Anatomical pathways mediating the effect of diabetes on the abdominal aorta: a chain-of-mediation model

Alberto Guevara-Tirado 

Facultad de Medicina Humana, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

Resumen

Antecedentes: La diabetes mellitus (DM) incrementa el riesgo cardiovascular, posiblemente mediante alteraciones estructurales en la aorta abdominal, mediadas por segmentos aórticos específicos. **Objetivo:** Analizar cómo la DM influye en el diámetro aórtico abdominal a través de segmentos toracoabdominales. **Método:** Estudio transversal de datos secundarios ($n = 801$) de pacientes evaluados por tomografía de tórax sin contraste. Se examinó la relación entre DM (variable independiente) y el diámetro aórtico abdominal (dependiente), incluyendo seis segmentos anatómicos como mediadores. Se aplicó el modelo 6 de mediación en cadena del macro PROCESS de Hayes, con regresión lineal y bootstrap (5,000 muestras). Se diseñó un gráfico acíclico dirigido como soporte teórico del modelo. **Resultados:** No se halló efecto directo de la DM sobre el diámetro aórtico abdominal ($\beta = -0.0199$; IC 95%: -0.2694 a 0.2296), pero sí un efecto total indirecto significativo ($\beta = 0.1268$; IC 95%: 0.0898 a 0.1636). El mayor efecto mediado se observó a través de la aorta descendente media ($\beta = 0.1539$; IC 95%: 0.0779 a 0.2468). **Conclusión:** La DM impacta significativamente el diámetro aórtico abdominal a través de rutas mediadoras específicas.

Palabras clave: Diabetes mellitus. Aorta. Modelos cardiovasculares. Modelos estadísticos. Análisis de mediación.

Abstract

Background: Diabetes mellitus (DM) increases cardiovascular risk, possibly through structural changes in the abdominal aorta mediated by specific aortic segments. **Objective:** To analyze how DM influences abdominal aortic diameter through thoracoabdominal aortic segments. **Method:** Cross-sectional study using secondary data ($n = 801$) from patients evaluated by non-contrast chest CT. The relationship between DM (independent variable) and abdominal aortic diameter (dependent variable) was analyzed, considering six anatomical aortic segments as mediators. PROCESS macro model 6 by Hayes was applied using linear regression and bootstrap resampling (5,000 samples). A directed acyclic graph was created to theoretically support the model. **Results:** There was no direct effect of DM on abdominal aortic diameter ($\beta = -0.0199$; 95% CI: -0.2694 to 0.2296), but the total indirect effect was statistically significant ($\beta = 0.1268$; 95% CI: 0.0898 to 0.1636). The strongest mediating effect was through the mid-descending aorta ($\beta = 0.1539$; 95% CI: 0.0779 to 0.2468). **Conclusion:** DM significantly affects abdominal aortic diameter through specific mediating pathways involving various aortic segments.

Keywords: Diabetes mellitus. Aorta. Cardiovascular models. Statistical models. Mediation analysis.

Correspondencia:

Alberto Guevara-Tirado
E-mail: albertoguevara1986@gmail.com

Fecha de recepción: 02-06-2025
Fecha de aceptación: 20-07-2025
DOI: 10.24875/RMA.25000024

Disponible en internet: 25-09-2025
Rev Mex Angiol. 2025;53(3):101-107
www.RMAngiologia.com

0377-4740/© 2025 Sociedad Mexicana de Angiología y Cirugía Vascular y Endovascular, A.C. 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/>).

Introducción

La diabetes *mellitus* (DM) es una enfermedad metabólica crónica con alta prevalencia global¹ y constituye un reconocido factor de riesgo cardiovascular. Entre sus múltiples complicaciones, destaca su impacto sobre la aorta, aumentando el riesgo de disfunción estructural e incluso rotura². Se ha demostrado que la DM favorece el remodelado de la pared aórtica³, aunque los mecanismos anatómicos específicos de este proceso aún no se comprenden completamente.

El diámetro de la aorta abdominal es un marcador fundamental de la salud vascular, ya que su aumento se asocia a eventos graves como disección aórtica o insuficiencia renal⁴. La mayoría de los estudios previos han centrado su atención en el aneurisma o en la rigidez arterial, sin considerar la posible progresión jerárquica del daño a lo largo de los distintos segmentos de la aorta.

Este estudio propone un enfoque novedoso mediante modelos de mediación en cadena, una herramienta estadística que permite analizar si el efecto de una variable (como la diabetes) sobre un resultado (diámetro aórtico) ocurre de forma directa o por medio de variables intermedias. En este caso se evalúa si los segmentos toracoabdominales de la aorta actúan como mediadores anatómicos, es decir, como eslabones estructurales a través de los cuales la diabetes afecta al diámetro de la aorta abdominal. Para ello, se utiliza el modelo 6 de la macro PROCESS de Hayes, una técnica ampliamente usada en psicología y epidemiología que permite estimar efectos indirectos encadenados de manera estadísticamente robusta.

Adicionalmente, se utilizó un DAG (gráfico acíclico dirigido) para representar visualmente las relaciones causales hipotéticas entre las variables, lo que ayuda a justificar el modelo analítico y controlar posibles confusores.

El objetivo del presente estudio fue analizar cómo la DM influye en el diámetro aórtico abdominal por medio de segmentos mediadores de la aorta torácica y abdominal, aportando evidencia sobre posibles vías anatómicas implicadas y sus repercusiones para la detección temprana y prevención de complicaciones cardiovasculares en personas con diabetes.

Método

Diseño y población

Se realizó un estudio transversal y analítico utilizando una base de datos secundaria del repositorio Harvard Dataverse⁵, con información de adultos evaluados por

tomografía torácica sin contraste entre marzo de 2018 y octubre de 2019. La muestra incluyó 801 individuos mayores de 18 años, con y sin comorbilidades.

Siguiendo los criterios del estudio original, se excluyeron personas con afecciones que alteran la anatomía arterial: revascularización o reemplazo aórtico, *stents*, síndromes genéticos (Marfan, Turner), malformaciones congénitas, enfermedades inflamatorias, síndromes aórticos agudos, aneurismas, hipovolemia, insuficiencia cardíaca avanzada o en hemodiálisis. Se analizaron todos los registros disponibles, sin técnicas de muestreo o aleatorización.

El presente manuscrito se elaboró siguiendo las recomendaciones de la guía STROBE (*Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*), con el fin de asegurar la calidad metodológica y transparencia en la presentación de los resultados.

Variables y mediciones

En este estudio se analizó la relación entre el índice de masa corporal (IMC) y el diámetro de la aorta abdominal, considerando la mediación de distintas secciones anatómicas aórticas. La variable independiente fue la presencia de DM, codificada dicotómicamente: 0 (sin DM) y 1 (con DM), incluyendo DM 1 y 2. La variable dependiente fue el diámetro de la aorta abdominal, en milímetros (mm) mediante tomografía computarizada.

Como mediadores se consideraron seis regiones anatómicas ordenadas según su disposición: seno aórtico de Valsalva, unión sinotubular, aorta ascendente media, arco aórtico medio, aorta descendente media y aorta a nivel del diafragma. Todas las mediciones, en mm, se modelaron como variables continuas en un análisis de mediación serial. Se excluyeron el arco aórtico proximal y la aorta torácica descendente proximal por menor relevancia estadística, respetando el límite de seis mediadores simultáneos del macro PROCESS de Hayes.

Las mediciones del diámetro aórtico se obtuvieron mediante un sistema automatizado basado en inteligencia artificial para la segmentación de órganos en imágenes de tomografía computarizada⁵ y se usaron directamente en el modelo de mediación secuencial.

Análisis estadístico

Con el objetivo de evaluar el efecto indirecto de la DM sobre el diámetro de la aorta abdominal por medio de múltiples mediadores anatómicos, se aplicó un modelo estadístico denominado «mediación en cadena», correspondiente al modelo 6 de la macro PROCESS

desarrollada por Andrew Hayes. Este tipo de modelo permite explorar si una variable influye sobre otra por medio de una secuencia estructurada de variables intermedias, denominadas mediadores⁶.

En este estudio, los mediadores fueron estructuras anatómicas dispuestas en orden descendente según su ubicación natural en la aorta: seno aórtico de Valsalva, unión sinotubular, aorta ascendente media, arco aórtico medio, aorta torácica descendente media y aorta a nivel del diafragma.

El modelo 6 permite estimar cómo una variable independiente (en este caso, la DM) puede afectar una variable dependiente (diámetro de la aorta abdominal) por medio de una serie de pasos o eslabones, representados por estos segmentos anatómicos. Se hipotetizó que la DM ejerce su efecto de manera progresiva, comprometiendo inicialmente las porciones superiores de la aorta y, posteriormente, generando un impacto acumulativo sobre el diámetro abdominal.

El análisis se llevó a cabo mediante regresiones lineales encadenadas, una para cada mediador y su relación con el siguiente segmento, incluyendo finalmente el diámetro abdominal como resultado final. Para evaluar la significancia estadística de los efectos indirectos, se utilizó el método *bootstrap* con 5,000 remuestreos, generando intervalos de confianza al 95% (IC 95%). Un efecto indirecto se consideró estadísticamente significativo si su IC no incluía el valor nulo (cero). Todo el procedimiento se realizó en el programa SPSS versión 25, utilizando el macro PROCESS versión 5.0.

Además, se construyó un DAG, el cual permite visualizar las relaciones causales hipotéticas entre las variables. Este diagrama ayudó a respaldar teóricamente el modelo propuesto y a identificar posibles variables de confusión que podrían distorsionar los resultados.

Consideraciones éticas

Los datos empleados en este estudio provienen del repositorio abierto Harvard Dataverse y están bajo licencia *Creative Commons Zero* (CC0), que permite su uso sin restricciones. Al tratarse de datos secundarios completamente anonimizados, no fue necesaria la obtención de aprobaciones éticas ni permisos adicionales.

El conjunto de datos se encuentra en: <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/C0YY9I>

Para detalles de la base de datos, se puede consultar el siguiente enlace: <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.737161>

Resultados

La muestra estuvo compuesta mayoritariamente por hombres, con un tercio de participantes fumadores o consumidores de alcohol. Las comorbilidades más comunes fueron osteoporosis y cardiopatía coronaria, mientras que la enfermedad pulmonar crónica fue poco frecuente. La edad media fue de 58 años, con amplio rango etario. El IMC indicó normopeso en promedio, con variabilidad interindividual. La presión arterial sistólica fue elevada respecto a valores normales, mientras que la diastólica se mantuvo dentro de rangos esperados, sugiriendo un patrón hipertensivo predominantemente sistólico (Tabla 1).

Las mediciones mostraron una disminución progresiva del diámetro aórtico desde segmentos proximales a distales, con mayores valores en el seno de Valsalva y la aorta ascendente, y menores en la región diafragmática y abdominal. Esta distribución refleja la fisiología vascular y la necesidad de mayor distensibilidad en porciones proximales. La variabilidad sugiere influencia de edad, sexo y comorbilidades. El 36.5% de los participantes tenía DM, proporción adecuada para evaluar su efecto sobre la morfología aórtica (Tabla 2).

El modelo de mediación mostró asociaciones significativas entre la DM y varios segmentos aórticos: seno de Valsalva ($\beta = 15.102$; $p < 0.001$), aorta ascendente media ($\beta = 0.9043$; $p = 0.0015$) y descendente media ($\beta = 0.8493$; $p < 0.001$), lo que sugiere un rol mediador. En cambio, la unión sinotubular y la aorta diafragmática no fueron significativas, y el arco aórtico medio mostró solo una tendencia ($p = 0.0897$). Estos hallazgos resaltan el impacto de la DM en segmentos torácicos de la aorta (Tabla 3).

Los hallazgos revelan que el efecto directo de la DM sobre el diámetro de la aorta abdominal no alcanzó significancia estadística ($\beta = -0.0199$; BootSE = 0.1271; IC 95%: -0.2694 a 0.2296), lo cual sugiere que en ausencia de mediadores la diabetes no ejerce un impacto directo relevante sobre esta estructura vascular. Sin embargo, el efecto total indirecto fue estadísticamente significativo ($\beta = 12.681$; BootSE = 0.1853; IC 95%: 0.8981 a 1.636), lo que indica que la influencia de la diabetes sobre la aorta abdominal está mediada por variables intermedias relevantes (Tabla 4).

La DM afecta el diámetro de la aorta abdominal principalmente a través de la aorta descendente media (Ind5: $\beta = 0.1539$) y la aorta en el diafragma (Ind63: $\beta = 0.0759$), con efectos significativos. También destacó la vía combinada (Ind21: $\beta = 0.0278$). En cambio, rutas con el seno de Valsalva (Ind1) y la aorta

Tabla 1. Características generales de la población del estudio (n = 801)

Estadísticos descriptivos				
Variable	Categoría	n		%
Sexo	Hombre	559		69.80%
	Mujer	242		30.20%
Tabaquismo	No fumador	536		66.90%
	Fumador	265		33.10%
Consumo de alcohol	No	574		71.70%
	Sí	227		28.30%
Osteoporosis	No	666		83.10%
	Sí	135		16.90%
Enfermedad pulmonar crónica	No	772		96.40%
	Sí	29		3.60%
Cardiopatía coronaria	Sí	155		19.40%
	No	646		80.60%
Frecuencias				
Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Edad (años)	18	95	57.97	14.14
IMC (kg/m²)	15.3	40.2	24.55	3.3
PAS (mmHg)	91	223	148.48	20.45
PAD (mmHg)	52	118	79.37	10.28

IMC: índice de masa corporal; PAD: presión arterial diastólica; PAS: presión arterial sistólica.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables anatómicas de segmentos aórticos toracoabdominales y distribución de la diabetes *mellitus*

Variable (unidad)	Mínimo	Máximo	Media	DE
Seno aórtico de Valsalva (mm)	21.4	51.1	35.23	42.53
Unión sinotubular (mm)	23	51.8	32.98	40.45
Aorta ascendente media (mm)	23.5	53.6	37.12	47.31
Arco aórtico medio (mm)	19.3	39.4	30.31	30.83
Aorta descendente media (mm)	15.9	35.5	25.64	31.94
Aorta en el diafragma (mm)	15.3	33.5	25.25	25.95
Aorta abdominal (mm)	13	31.7	23.85	25.63
Frecuencia				
Variable	Categoría	Frecuencia	Porcentaje	
DM	No diabético	509	63.54	
	Diabético	292	36.46	
	Total	801	100	

Estadísticos descriptivos de los diámetros (en milímetros) de segmentos aórticos toracoabdominales y distribución de la diabetes *mellitus* en la muestra estudiada (n = 801). Se presentan mínimos, máximos, medias y desviaciones estándar (DE) para variables continuas, y frecuencias absolutas y porcentajes para la variable categórica diabetes *mellitus* (DM).

ascendente media (Ind3) no fueron significativas, lo que resalta un efecto segmentario (Tabla 5).

El gráfico acíclico dirigido ilustra cómo la DM (amarillo) afecta el diámetro de la aorta abdominal (azul) mediante segmentos intermedios (gris), ordenados anatómicamente. La aorta descendente media y la diafragmática destacan como mediadores clave. Se observa una vía escalonada desde el seno de Valsalva hasta la aorta abdominal, reflejando una transmisión progresiva del efecto metabólico. Las flechas verdes representan la dirección e intensidad de los efectos dentro de esta red de mediación segmentaria (Fig. 1).

Discusión

Los resultados evidencian cómo la DM influye en el diámetro de la aorta abdominal a través de

mediadores anatómicos específicos, destacando especialmente la aorta descendente media y la aorta a nivel del diafragma como segmentos clave. A diferencia del efecto directo, que no fue estadísticamente significativo, los efectos indirectos fueron predominantes, lo que sugiere que la DM actúa mediante alteraciones estructurales progresivas como rigidez vascular, inflamación crónica y remodelado aórtico⁷, afectando inicialmente segmentos proximales y propagándose hacia zonas distales como la aorta abdominal.

El efecto de mediación más fuerte correspondió a la aorta descendente media, seguida por la aorta diafragmática, ambas consideradas zonas vulnerables a cambios inducidos por la DM, incluyendo engrosamiento, rigidez y pérdida de elasticidad arterial^{8,9}. En particular, la aorta descendente media, que distribuye el flujo

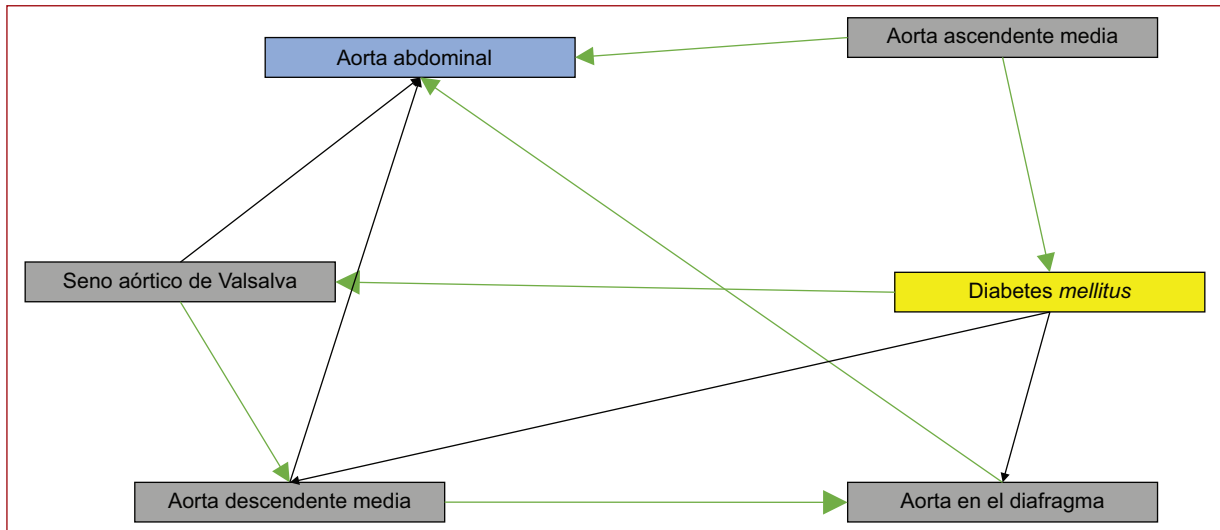


Figura 1. Modelo de mediación en cadena basado en un diagrama acíclico dirigido que representa el efecto de la diabetes *mellitus* (en amarillo) sobre el diámetro de la aorta abdominal (en azul), por medio de segmentos anatómicos intermedios de la aorta (en gris). La secuencia refleja una progresión estructural desde el seno aórtico de Valsalva hasta la aorta en el diafragma. Las flechas verdes indican relaciones causales hipotéticas entre variables, y sugieren un mecanismo escalonado de remodelado vascular inducido por la diabetes *mellitus*. Las flechas negras representan conexiones adicionales observadas en el análisis, no incluidas en la vía principal de mediación. Este modelo se utilizó como base teórica para el análisis estadístico mediante mediación en cadena.

Tabla 3. Resumen del modelo para las variables mediadoras

Variable	Coefficiente (β)	Error estándar	t	p	IC 95%
Seno aórtico de Valsalva	15.102	0.368	41.035	-	(0.7876 a 22.328)
Unión sinotubular	0.0441	0.1972	0.2238	0.823	(-0.343 a 0.4313)
Aorta ascendente media	0.9043	0.2832	31.934	0.0015	(0.3483 a 14.603)
Arco aórtico medio	0.2682	0.1578	16.995	0.0897	(-0.0417 a 0.5781)
Aorta descendente media	0.8493	0.1512	56.171	-	(0.5524 a 11.461)
Aorta en el diafragma	-0.0209	0.1307	-0.1597	0.8732	(-0.2775 a 0.2357)

Resumen del modelo de regresión para las variables mediadoras del diámetro aórtico. Se muestran los coeficientes estandarizados (β), error estándar, valores t, valores P y los intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para cada segmento aórtico incluido en el modelo.

Tabla 4. Efectos directos e indirectos de la diabetes sobre el diámetro de la aorta abdominal

Tipo de efecto	Efecto (β)	Error estándar (BootSE)	IC 95%
Efecto directo	-0.0199	0.1271	(-0.2694 a 0.2296)
Efecto total indirecto	12.681	0.1853	(0.8981 a 1.636)

Efectos directos e indirectos totales de la diabetes *mellitus* sobre el diámetro de la aorta abdominal. Se presentan los coeficientes estandarizados (β), errores estándar obtenidos por bootstrap (BootSE) y los intervalos de confianza al 95% (IC 95%).

sanguíneo hacia la parte inferior del cuerpo¹⁰, presenta mayor susceptibilidad a rigidez por productos de glicación avanzada que alteran la elastina y el colágeno^{11,12}, lo cual favorece la dilatación progresiva del segmento abdominal.

Asimismo, la aorta diafragmática, la cual es un puente anatómico entre la aorta torácica y abdominal¹³, también mostró un efecto indirecto relevante. Su rigidez afecta la adaptación hemodinámica y modifica el perfil del flujo distal, contribuyendo a variaciones en el diámetro abdominal. Aunque otros segmentos como el

Tabla 5. Efectos indirectos de la DM sobre la aorta abdominal por medio de mediadores de segmentos aórticos toracoabdominales

Efecto indirecto	Efecto (β)	Error estándar	IC 95%
Ind1: DM → seno aórtico de Valsalva → aorta abdominal	0.0339	0.0339	(-0.027 a 0.1057)
Ind3: DM → aorta ascendente media → aorta abdominal	-0.011	0.0214	(-0.0565 a 0.0299)
Ind5: DM → aorta descendente media → aorta abdominal	0.1539	0.0431	(0.0779 a 0.2468)
Ind10: DM → seno aórtico de Valsalva → aorta descendente media aorta abdominal	0.011	0.0089	(-0.0037 a 0.0313)
Ind21: DM → aorta descendente media → aorta en el diafragma aorta abdominal	0.0278	0.0118	(0.0085 a 0.0542)
Ind63: DM → aorta en el diafragma → aorta abdominal	0.0759	0.0215	(0.0366 a 0.1214)

Efectos indirectos específicos de la diabetes *mellitus* (DM) sobre el diámetro de la aorta abdominal por medio de mediadores correspondientes a segmentos aórticos toracoabdominales. Se muestran los coeficientes estandarizados (β), errores estándar y los intervalos de confianza al 95% (IC 95%).

seno aórtico de Valsalva y la aorta ascendente media también intervinieron, su impacto fue menor. Sin embargo, estos tramos cumplen funciones esenciales en la absorción de presión sistólica y regulación del flujo¹⁴, lo que justifica su inclusión como parte de la progresión estructural inducida por la DM.

Estos hallazgos se explican por la acumulación de productos de glicación avanzada¹⁵ que deterioran fibras estructurales y aumentan la rigidez, elevando la presión sistólica y promoviendo un remodelado secuencial de la aorta toracoabdominal. Además, la DM puede alterar la distribución del flujo sanguíneo¹⁶, reforzando su efecto sobre el diámetro de la aorta abdominal.

Este estudio destaca a la aorta descendente media y a la aorta en el diafragma como mediadores clave en la evaluación de salud aórtica en pacientes diabéticos. La detección temprana de engrosamientos o rigidez focal en estos segmentos permitiría una estratificación de riesgo más precisa, facilitando el monitoreo ecográfico individualizado y la prevención de complicaciones mayores como rotura o insuficiencia multiorgánica.

Entre las limitaciones, se reconoce el diseño observacional del estudio, que impide establecer causalidad directa, así como la exclusión de otras comorbilidades asociadas a la DM, dada la naturaleza del análisis. Futuras investigaciones deberían contemplar diseños longitudinales o experimentales que evalúen la direccionalidad de estos efectos, así como explorar biomarcadores moleculares relacionados con los cambios anatómicos inducidos por la diabetes.

Conclusiones

En este estudio, la DM impactó significativamente en el diámetro de la aorta abdominal mediante rutas

mediadoras en segmentos específicos, especialmente la aorta descendente media y la aorta en el diafragma. Estos hallazgos destacan cómo la alteración de la elasticidad y rigidez arterial inducida por la DM contribuye a la dilatación aórtica abdominal, con importantes implicaciones para la evaluación del riesgo cardiovascular en pacientes diabéticos.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores públicos, comercial o con ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. El autor declara 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. El autor declara que no utilizó algún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

- Hossain MJ, Al-Mamun M, Islam MR. Diabetes mellitus, the fastest growing global public health concern: Early detection should be focused. *Health Sci Rep.* 2024;7(3):e2004.

2. Raffort J, Lareyre F, Clément M, Hassen-Khodja R, Chinetti G, Mallat Z. Diabetes and aortic aneurysm: current state of the art. *Cardiovasc Res*. 2018;114(13):1702-13.
3. Meng T, Wang J, Tang M, Liu S, Ding L, Yan Y. Diabetes mellitus promotes atrial structural remodeling and PARP-1/ikko/NF- κ B pathway activation in mice. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2021;14:2189-99.
4. Isselbacher EM, Preventza O, Hamilton Black J 3rd, Augoustides JG, Beck AW, Bolen MA, et al. 2022 ACC/AHA guideline for the diagnosis and management of Aortic Disease: A report of the American heart association/American college of cardiology joint committee on clinical practice guidelines. *Circulation*. 2022;146(24):e334-482.
5. Liu Y, Luo X, Jia H, Yu B. The effect of blood pressure variability on coronary atherosclerosis plaques. *Front Cardiovasc Med*. 2022;9:803810.
6. Lo CC, Chen IC, Ho WS, Cheng YC. A sequential mediation model of perceived social support, mindfulness, perceived hope, and mental health literacy: An empirical study on Taiwanese university students. *Acta Psychol (Amst)*. 2023;240:104016.
7. Zanolli L, Briet M, Empana JP, Cunha PG, Mäki-Petäjä KM, Protogerou AD, et al. Vascular consequences of inflammation: a position statement from the ESH Working Group on Vascular Structure and Function and the ARTERY Society. *J Hypertens*. 2020;38(9):1682-98.
8. Kim HL. Arterial stiffness and hypertension. *Clin Hypertens*. 2023;29(1):31.
9. Ahmadizar F, Wang K, Roos M, Bos M, Mattace-Raso F, Kavousi M. Association between arterial stiffness/remodeling and new-onset type 2 diabetes mellitus in general population. *Diabetes Res Clin Pract*. 2023;196:110237.
10. White HJ, Bordes SJ, Borger J. Anatomy, abdomen and pelvis: aorta [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30726004>
11. Dec-Gilowska M, Trojnar M, Makaruk B, Mosiewicz-Madejska B, Dzida G, Mosiewicz J. Local elasticity of the aorta in patients with type 2 diabetes mellitus. *J Int Med Res*. 2020;48(9):300060520952643.
12. Sell DR, Monnier VM. Molecular basis of arterial stiffening: role of glycation - a mini-review. *Gerontology*. 2012;58(3):227-37.
13. Di Gioia CRT, Ascione A, Carletti R, Giordano C. Thoracic aorta: anatomy and pathology. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(13):2166.
14. Ragosta M, Kennedy JLW. Normal waveforms, artifacts, and pitfalls. En: *Textbook of Clinical Hemodynamics*. Elsevier; 2018. pp. 17-55.
15. Fuhr JC, Ramos MEK, Piovesan F, Renner L de O, Siqueira L de O. Relationship of advanced glycation end-products in hypertension in diabetic patients: a systematic review. *J Bras Nefrol*. 2022;44(4):557-72.
16. Shin E, Kim JJ, Lee S, Ko KS, Rhee BD, Han J, et al. Hemodynamics in diabetic human aorta using computational fluid dynamics. *PLoS One*. 2018;13(8):e0202671.