

Factores asociados con la disfunción diastólica del ventrículo izquierdo en adultos de una región de los Andes en Perú

Factors associated with left ventricular diastolic dysfunction in adults from a region of the Andes in Peru

Aníbal V. Díaz-Lazo^{1,2}, Mely Ruiz-Aquino³ y Hugo Arroyo-Hernández^{4*}

¹Facultad de Medicina Humana, Universidad Peruana Los Andes, Huancayo; ²Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel Alcides Carrión, Huancayo; ³Universidad de Huánuco, Huánuco; ⁴Instituto de Investigaciones en Ciencias Biomédicas, Universidad Ricardo Palma, Lima. Perú

Resumen

Objetivo: Determinar los factores asociados con la disfunción diastólica del ventrículo izquierdo (DDVI) en adultos de una región de los Andes, en Perú. **Método:** Estudio de casos y controles en adultos residentes a más de 3000 metros de altitud en Perú. Los casos fueron pacientes adultos diagnosticados con DDVI por ecocardiografía, y los controles fueron adultos sin DDVI por ecocardiografía. **Resultados:** Se incluyeron 50 casos y 100 controles. El 38.7% tuvieron hipertensión arterial y el 41.3% sobrepeso. En el análisis ajustado, la edad de 60 o más años (ORa: 4.06; IC95%: 1.29-12.8), el sexo femenino (ORa: 2.24; IC95%: 1.01-4.96) y la hipertrofia ventricular izquierda (ORa: 3.17; IC95%: 1.41-7.17) fueron factores estadísticamente significativos. **Conclusiones:** El riesgo de DDVI estuvo asociado a los adultos mayores, las mujeres y los pacientes con hipertrofia ventricular izquierda que viven por encima de los 3000 metros de altitud en una región de los Andes, en Perú.

Palabras clave: Factores de riesgo. Disfunción ventricular. Hipertrofia ventricular izquierda. Enfermedades cardíacas.

Abstract

Objective: To determine the factors associated with left ventricular diastolic dysfunction (LVDD) in adults residing in a region of the Andes in Peru. **Method:** A case-control study was conducted on adults living at an altitude of more than 3000 meters in Peru. Cases consisted of patients diagnosed with LVDD through echocardiography, whereas controls were adults without LVDD, as confirmed by echocardiography. **Results:** A total of 50 cases and 100 controls were included in the study. Among them, 38.7% had high blood pressure, and 41.3% were overweight. Upon adjusted analysis, age 60 or older (aOR: 4.06; 95%CI: 1.29-12.8), female sex (aOR: 2.24; 95%CI: 1.01-4.96) and left ventricular hypertrophy (aOR: 3.17; 95%CI: 1.41-7.17) were identified as statistically significant factors associated with LVDD. **Conclusions:** The risk of LVDD is associated with older adults, female gender, and left ventricular hypertrophy among individuals residing above 3000 meters altitude in a region of the Andes, in Peru.

Keywords: Risk factors. Ventricular dysfunction. Left ventricular hypertrophy. Heart diseases.

***Correspondencia:**

Hugo Arroyo-Hernández

E-mail: hugoarroyo2007@gmail.com

1405-9940 / © 2024 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/>).

Fecha de recepción: 11-10-2023

Fecha de aceptación: 30-05-2024

DOI: 10.24875/ACM.23000217

Disponible en internet: 04-07-2024

Arch Cardiol Mex. 2024;94(4):444-450

www.archivoscardiologia.com

Introducción

La disfunción diastólica del ventrículo izquierdo (DDVI) es una condición de importancia en la fisiopatología de la insuficiencia cardiaca. En la población general, su prevalencia oscila entre el 22.4% y el 49.7%^{1,2}, mientras que en pacientes recién diagnosticados con hipertensión arterial esta cifra puede alcanzar hasta el 62%, aumentando con la gravedad y la presencia de factores de riesgo cardiovascular^{3,4}. La ecocardiografía es la principal modalidad utilizada para evaluar la función diastólica del ventrículo izquierdo en el ámbito clínico⁵. No obstante, su reconocimiento podría ser limitado debido a la escasez de equipos o de médicos especialistas, especialmente en las regiones más pobres.

Más de 140 millones de personas habitan a altitudes superiores a los 2500 metros, y una cantidad menor viviendo por encima de los 3000 metros de altitud. Los principales factores relacionados con el proceso de adaptación y aclimatación a la altitud incluyen la presión barométrica y la disminución de la presión parcial de oxígeno^{6,7}. A diferencia de poblaciones más antiguas y genéticamente adaptadas a la altitud, como los tibetanos o los sherpas, en América del Sur la población quechua en los Andes peruanos todavía está en proceso de adaptación fenotípica. Su perfil clínico se caracteriza por unos niveles elevados de hemoglobina, una saturación de oxígeno en sangre más baja, un aumento de la resistencia vascular pulmonar e hipertrrofia del ventrículo derecho^{7,8}.

A las condiciones ambientales en que viven los habitantes de gran altitud se suman los nuevos estilos de vida, como el alto consumo de alimentos procesados industrialmente, bebidas azucaradas y comida rápida, que están estrechamente relacionados con el síndrome metabólico y con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades crónicas^{9,10}. En este contexto, el objetivo del presente estudio es determinar los factores asociados con la DDVI en personas adultas que habitan en una región de los Andes, en Perú.

Método

Diseño y población de estudio

Se realizó un estudio observacional retrospectivo de tipo casos y controles. La población estuvo conformada por pacientes adultos de 18 años o más, cuyos informes ecocardiográficos se realizaron entre enero

de 2018 y junio de 2019 en el Laboratorio de Ecocardiografía del Servicio de Cardiología del Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel Alcides Carrión, ubicado en la ciudad de Huancayo, a una altitud de 3259 metros sobre el nivel del mar, en la región de Junín, en los Andes centrales del Perú, en Sudamérica.

Se incluyeron pacientes que residían en áreas ubicadas a más de 3000 metros de altitud, con fracción de eyección del ventrículo izquierdo $> 50\%$, evaluada por ecocardiografía. Se excluyeron los pacientes con diagnóstico de cardiomiopatía hipertrófica idiopática, enfermedad valvular, enfermedad neoplásica, fibrilación auricular o enfermedad infecciosa aguda o crónica.

Se calculó un tamaño de muestra para casos y controles con grupos independientes en el programa Epi- dat 3.1, considerando una prevalencia de DDVI del 35% en la población general¹¹ y del 60% en los pacientes hipertensos³, con una relación de dos controles por cada caso, se estableció una potencia estadística del 80% y un nivel de confianza del 95%, y se ajustó a la prueba χ^2 con corrección de Yates. La muestra incluida fue de 50 casos y 100 controles.

Variables de estudio

Los casos fueron adultos diagnosticados con DDVI por ecocardiografía, siguiendo las recomendaciones de la American Society of Echocardiography¹². Se consideró el diagnóstico positivo cuando presentaban tres o cuatro de las siguientes características ecocardiográficas: onda e' septal < 7 m/s, onda e' lateral < 10 m/s, promedio E/e' > 14 , índice de volumen de la aurícula izquierda > 34 ml/m² (medición en dos y cuatro cámaras en vista apical) o velocidad de regurgitación tricúspidea > 2.8 m/s. Los controles fueron adultos sin DDVI confirmado por ecocardiografía. Se evaluaron otros valores ecocardiográficos, incluyendo el índice de masa ventricular izquierda determinado en modo M mediante la fórmula de Devereux según la superficie corporal, clasificado como normal según los siguientes valores: < 115 g/m² en varones o < 95 g/m² en mujeres. También se evaluó el grosor parietal relativo, obtenido al multiplicar el grosor de la pared media del ventrículo izquierdo por 2 y dividirlo entre el diámetro diastólico del ventrículo izquierdo, siendo considerado como normales los valores ≤ 0.42 . Además, se consideró la velocidad de propagación del Doppler color en modo M como índice de función diastólica independiente de la carga ventricular, considerando como valor normal > 45 cm/s.

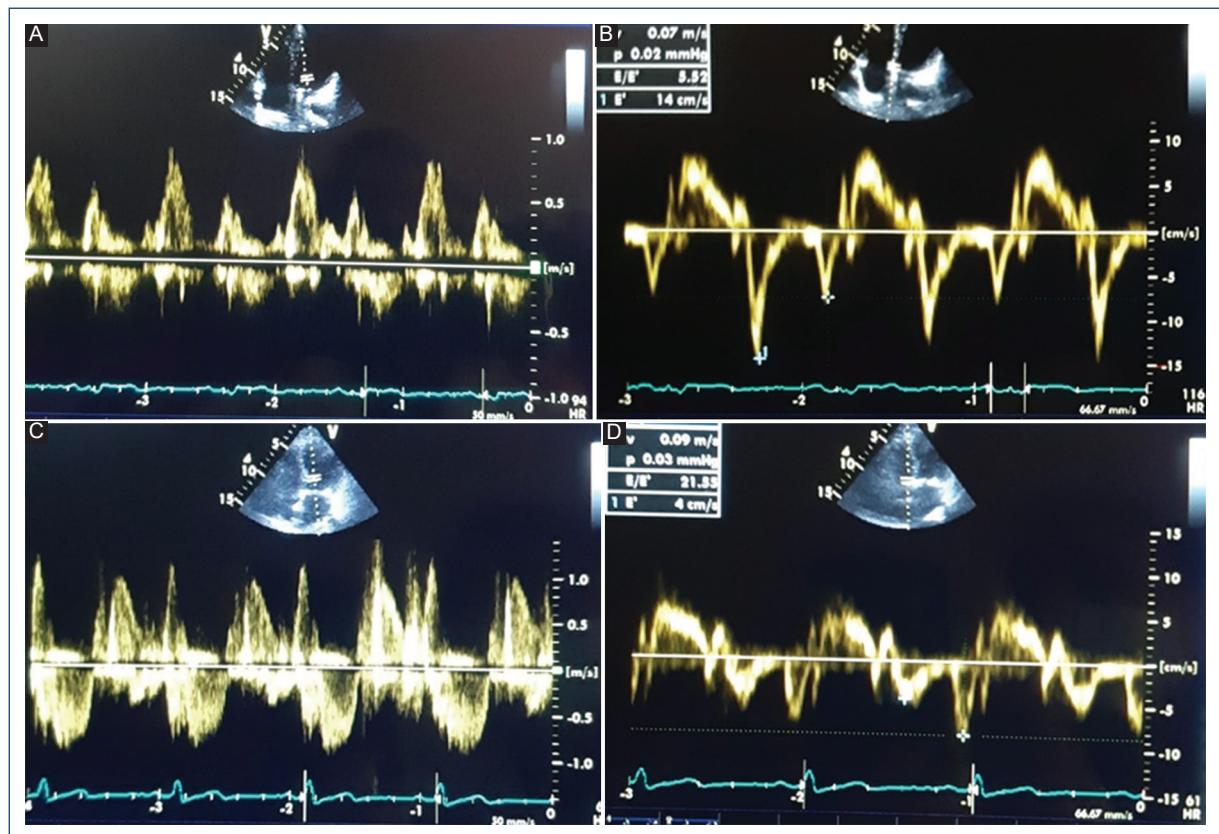


Figura 1. Imágenes características de los pacientes diagnosticados mediante ecocardiografía con Doppler pulsado y tisular. **A:** Doppler pulsado sin disfunción diastólica del ventrículo izquierdo. **B:** Doppler tisular sin disfunción diastólica del ventrículo izquierdo. **C:** Doppler pulsado con disfunción diastólica del ventrículo izquierdo. **D:** Doppler tisular con disfunción diastólica del ventrículo izquierdo.

Las imágenes características de los pacientes con o sin DDVI mediante ecocardiografía Doppler pulsado y tisular se muestran en la figura 1.

Los factores asociados que se exploraron fueron las características sociodemográficas, como la edad, el sexo y la altitud sobre el nivel del mar de la residencia. Además, se consideraron antecedentes clínicos y comorbilidad, como hipertensión arterial definida por unos valores $\geq 140/90$ mmHg o valores normales de presión arterial con tratamiento antihipertensivo; diabetes mellitus, identificada por una glucemia ≥ 126 mg/dl en ayunas, o por estar bajo tratamiento antidiabético; sobrepeso, cuando el índice de masa corporal (IMC) estaba entre 25 y 29.9 kg/m², y obesidad, cuando el IMC era ≥ 30 kg/m²; dislipidemia, caracterizada por niveles de colesterol sérico > 200 mg/l, colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad > 100 mg/dl, colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad < 40 mg/dl en varones y < 50 mg/dl en mujeres, o triglicéridos > 150 mg/dl; eritrocitosis excesiva, evidenciada

por hemoglobina > 19 g/dl en hombres y > 18 g/dl en mujeres; e hipertrofia ventricular izquierda, definida por un incremento de la masa ventricular izquierda > 95 g/m² en mujeres y > 115 g/m² en hombres¹³.

Procedimientos

La técnica empleada para la recolección de datos fue el análisis documental de historias clínicas. El instrumento utilizado fue una ficha de registro de datos revisada y validada por expertos.

La ecocardiografía se realizó en reposo por un médico ecocardiográfista, utilizando un ecocardiógrafo Vivid S50 de General Electric con software cardiológico, equipado con un transductor de 2.5 MHz.

Análisis estadístico

La descripción de las variables categóricas se presenta en frecuencias y porcentajes, mientras que para

Tabla 1. Características ecocardiográficas en pacientes del servicio de cardiología del Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel Alcides Carrión en Huancayo, Perú

Características ecocardiográficas*	Casos	Controles	p
Fracción de eyección (%)	68.7 (7.0)	70.6 (6.4)	0.117
Índice de volumen auricular izquierdo (ml/m ²)	49.4 (15.6)	25.7 (10.3)	< 0.001
Velocidad de regurgitación tricúspidea (ms)	2.9 (0.5)	2.4 (0.4)	< 0.001
Onda e' septal (ms)	4.7 (1.7)	6.6 (2.9)	< 0.001
Onda e' lateral (ms)	6.1 (2.1)	9.0 (3.4)	< 0.001
Promedio de onda E/e'	0.9 (0.5)	1.0 (0.5)	0.249
Velocidad de onda E (ms)	81.1 (30.0)	69.8 (17.8)	0.018
Relación onda E/A	0.9 (0.5)	1.0 (0.5)	< 0.001
Tiempo de desaceleración (ms)	205.6 (56.7)	208.1 (58.9)	0.803
Área de aurícula izquierda (cm ²)	24.1 (5.1)	16.3 (4.4)	< 0.001
Velocidad de propagación del Doppler color en modo M (VP) (cm/s)	71.6 (20.9)	73.6 (27.5)	0.643
Masa ventricular izquierda (g/m ²)	139.8 (47.5)	109.2 (34.9)	< 0.001
Grosor relativo de pared ventricular	0.53 (0.13)	0.46 (0.11)	0.007

*Promedio (desviación estándar).

las variables numéricas se presentan el promedio y la desviación estándar, previa verificación de su normalidad. Para identificar los factores asociados se realizó un análisis de regresión logística, en el cual las *odds ratio* (OR) se muestran con sus intervalos de confianza al 95% (IC95%); las variables con un valor *p* < 0.20 en los análisis crudos fueron incluidas en modelos ajustados. Todos los análisis se realizaron utilizando el software Stata 15.0.

Aspectos éticos

El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel Alcides Carrión de Huancayo y de la Universidad Peruana Los Andes. Durante el procesamiento de los datos se aseguraron el anonimato y la confidencialidad de los pacientes registrados en las historias clínicas.

Resultados

En la **tabla 1** se muestran las características ecocardiográficas de los casos y de los controles. Se observa un aumento significativo en el volumen del área de la

aurícula izquierda y en el grosor relativo de la pared ventricular en los casos en comparación con los controles. Además, se evidencia una disminución significativa en la velocidad de las ondas e' septal y e' lateral en los casos en comparación con los controles. En 45 de los casos, la velocidad de regurgitación tricúspidea fue significativamente mayor en comparación con los controles.

Para el total de los pacientes incluidos en el estudio, el 76.7% eran adultos mayores, el 59.3% eran mujeres y el 93.3% procedían de lugares situados entre 3000 y 3500 metros de altitud. Se registró que el 38.7% padecían hipertensión, el 9.3% diabetes, el 16.0% obesidad, el 10.7% dislipidemia y el 56.0% hipertrofia ventricular izquierda. Luego de realizar los análisis de regresión crudos, se encontró que las variables edad, sexo y presencia de hipertrofia ventricular izquierda tenían un valor *p* < 0.05, y las variables hipertensión arterial y sobrepeso un valor *p* < 0.20 (**Tabla 2**).

En un primer análisis ajustado por las variables que mostraron significancia estadística en el análisis crudo (*p* < 0.05) se observó que la edad ≥ 60 años (ORa: 4.06; IC95%: 1.29-12.80; *p* = 0.017), ser mujer (ORa: 2.24; IC95%: 1.01-4.96; *p* = 0.046) y la presencia de

Tabla 2. Características sociodemográficas y clínicas en pacientes del servicio de cardiología del Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel Alcides Carrión en Huancayo, Perú

Características	Total n (%)	Casos n (%)	Controles n (%)	Análisis crudo		
				OR	IC95%	p
Edad						
< 59 años	35 (23.3)	4 (11.4)	31 (88.6)	1.00		
≥ 60 años	115 (76.7)	46 (40.0)	69 (60.0)	5.17	1.71-15.6	0.004
Sexo						
Hombres	61 (40.8)	13 (21.3)	48 (78.7)	1.00		
Mujeres	89 (59.3)	37 (41.6)	52 (58.4)	2.63	1.25-5.53	0.011
Nivel de altitud de residencia						
3000-3500 metros	140 (93.3)	45 (32.1)	95 (67.9)	1.00		
> 3500 metros	10 (6.7)	5 (50.0)	5 (50.0)	2.11	0.58-7.66	0.256
Hipertensión arterial						
No	92 (61.3)	26 (28.3)	66 (71.7)	1.00		
Sí	58 (38.7)	24 (41.4)	34 (58.6)	1.79	0.89-3.58	0.099
Diabetes						
No	136 (90.7)	44 (32.4)	92 (67.6)	1.00		
Sí	14 (9.3)	6 (42.9)	8 (57.1)	1.57	0.51-4.79	0.430
Sobrepeso						
No	88 (58.7)	25 (28.4)	63 (71.6)	1.00		
Sí	62 (41.3)	25 (40.3)	37 (59.7)	1.70	0.86-3.38	0.129
Obesidad						
No	126 (84.0)	41 (32.5)	85 (67.5)	1.00		
Sí	24 (16.0)	9 (37.5)	15 (62.5)	1.24	0.50-3.08	0.637
Dislipidemia						
No	134 (89.3)	46 (34.3)	88 (65.7)	1.00		
Sí	16 (10.7)	4 (25.0)	12 (75.0)	0.64	0.19-2.09	0.457
Eritrocitosis excesiva						
No	145 (96.7)	49 (33.8)	96 (66.2)	1.00		
Sí	5 (3.3)	1 (20.0)	4 (80.0)	0.49	0.05-4.50	0.528
Hipertrofia ventricular izquierda						
No	66 (44.0)	11 (16.7)	55 (83.3)	1.00		
Sí	84 (56.0)	39 (46.4)	45 (53.6)	4.33	1.99-9.42	< 0.001

IC95%: intervalo de confianza del 95%; OR: *odds ratio*.

hipertrofia ventricular izquierda (ORa: 3.17; IC95%: 1.41-7.17; p = 0.005) se asociaban con un mayor riesgo de DDVI. En un segundo análisis, ajustado además por las variables hipertensión arterial y sobrepeso, se encontró que solo la edad ≥ 60 años (ORa: 4.32; IC95%: 1.35-13.83; p = 0.014) y la hipertrofia ventricular izquierda (ORa: 2.86; IC95%: 1.24-6.59; p = 0.014) estaban asociadas con un mayor riesgo de DDVI, mientras que el sexo ya no mostraba significancia estadística (Tabla 3).

Discusión

Los hallazgos de nuestro estudio, realizado en una región de los Andes en Perú, evidencian que los

adultos mayores, las mujeres y las personas con hipertrofia ventricular izquierda tienen mayor riesgo de presentar DDVI. La identificación de estos factores de riesgo contribuye a comprender su epidemiología y aporta información para mejorar su diagnóstico en la práctica clínica, lo que a su vez ayuda a prevenir que la DDVI desencadene complicaciones como la insuficiencia cardiaca avanzada.

Debido al proceso de envejecimiento se producen una serie de cambios, como la desaceleración de la relajación del ventrículo izquierdo y la rigidez de su cavidad, que resultan en un aumento de la presión de llenado ventricular. Estos hallazgos confirman que los adultos mayores constituyen un grupo de riesgo para desarrollar DDVI. Según una revisión sistemática, la prevalencia de

Tabla 3. Factores asociados a disfunción diastólica del ventrículo izquierdo en pacientes del servicio de cardiología del Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel Alcides Carrión en Huancayo, Perú

Factores asociados	Análisis ajustado (modelo 1)			Análisis ajustado (modelo 2)*		
	ORa	IC95%	p	ORa	IC95%	p
Edad						
< 59 años	1.00			1.00		0.014
≥ 60 años	4.06	1.29-12.80	0.017	4.32	1.35-13.83	
Sexo						
Hombres	1.00			1.00		0.056
Mujeres	2.24	1.01-4.96	0.046	2.19	0.98-4.88	
Hipertrofia ventricular izquierda						
No	1.00			1.00		
Sí	3.17	1.41-7.17	0.005	2.86	1.24-6.59	0.014

*Ajustado además por hipertensión arterial y sobrepeso.

IC95%: intervalo de confianza del 95%; ORa: odds ratio ajustada.

disfunción diastólica ventricular en adultos mayores es del 36.0%, con un rango del 15.8% al 52.8%. Además, se observa que esta condición es más frecuente que la disfunción sistólica^{14,15}. Aunque nuestro estudio no fue diseñado específicamente para medir la prevalencia, considerando que los adultos mayores representan un grupo de riesgo significativo se sugiere incluirlos en evaluaciones ecocardiográficas sistemáticas.

Asimismo, se ha observado que las velocidades del Doppler tisular tienden a disminuir con la edad y el tamaño del ventrículo izquierdo¹⁶. Los hallazgos ecocardiográficos de nuestro estudio mostraron ondas e' septales y e' laterales disminuidas, lo cual es compatible con la DDVI. Basándonos en estos resultados, también se evidencia que la DDVI contribuye a la remodelación de la aurícula izquierda, lo que sugiere que su incremento está asociado con la gravedad de la disfunción diastólica y con los cambios estructurales causados por un aumento sostenido de la presión a lo largo del tiempo.

Nuestros hallazgos muestran que las mujeres presentaron un mayor riesgo para desarrollar DDVI cuando el análisis de regresión ajustado incluyó la edad y la hipertrofia ventricular izquierda. Sin embargo, al incluir también la hipertensión arterial y el sobrepeso en el análisis, junto con la edad y la hipertrofia ventricular izquierda, el sexo dejó de ser un factor de riesgo estadísticamente significativo. Por lo tanto, hombres y mujeres tienen una probabilidad similar de DDVI^{10,17}. Aunque el sobrepeso tiene un rol importante en el deterioro de la función diastólica del ventrículo izquierdo, independientemente del envejecimiento, no se asoció con DDVI en nuestros análisis. Sin embargo, es una variable que influyó en el sexo.

El sobrepeso puede contribuir al deterioro de la función diastólica debido al aumento de la retención de sodio y agua, como es común en personas con sobrepeso u obesidad. Esto conlleva un aumento del volumen intravascular y una elevación de la presión arterial, en particular de la presión diastólica. Por lo tanto, el control ecocardiográfico de los pacientes con estas condiciones debe evaluar la relación de la onda E/A como información pronóstica, que puede estar influenciada por el estado de hidratación y la presión arterial sistólica elevada¹⁸⁻²⁰.

Otro factor asociado es la hipertrofia ventricular izquierda. Estudios previos han mostrado que su frecuencia aumenta con la edad, aunque con diferencias en el sexo según los criterios de selección de los pacientes, así como por la medición de otras condiciones como la obesidad o la hipertensión arterial. La hipertrofia ventricular izquierda se ha identificado como un marcador pronóstico para el desarrollo futuro de DDVI grave; sin embargo, también se ha observado que ambas son expresiones del daño orgánico causado por la hipertensión arterial y podrían desarrollarse simultáneamente^{20,21}.

A diferencia de otros estudios en los que la DDVI se asoció con factores de riesgo cardiovascular como la hipertensión arterial, la obesidad, la hipercolesterolemia y la diabetes mellitus, nuestros resultados no encontraron asociación estadística. Se ha propuesto que esta comorbilidad induce inflamación sistémica, disfunción microvascular coronaria y estrés oxidativo, lo que provoca fibrosis miocárdica y rigidez de los miocitos^{13,21}. Asimismo, en nuestro estudio, los residentes a una altitud mayor de 3500 metros tuvieron el doble de riesgo para DDVI en comparación con los residentes a una altitud entre 3000

y 3500 metros, aunque sin diferencia estadísticamente significativa. La evaluación de la función diastólica debería ser parte de cada ecocardiograma, especialmente en personas que residen en altitudes elevadas y que presenten factores de riesgo cardiovascular.

El estudio presenta algunas limitaciones relacionadas con la heterogeneidad en los criterios de diagnóstico de DDVI, lo que podría dificultar la comparación de sus características epidemiológicas con otros estudios. Aunque utilizamos una medición estándar reconocida en directrices y consensos internacionales, otros estudios previos han empleado diversos criterios para definir la DDVI. Además, el diagnóstico de hipertrofia ventricular izquierda ha sido desplazado en la actualidad por la resonancia magnética como método de referencia, pero esta no siempre se aplica para el diagnóstico y no es fácilmente accesible en la atención primaria e incluso en el ámbito hospitalario en contextos con recursos limitados, con en Perú.

En conclusión, en habitantes de una región de los Andes en Perú que viven por encima de los 3000 metros de altitud, el riesgo de desarrollar DDVI fue mayor en los adultos ≥ 60 años, en las mujeres y en aquellos que presentaron hipertrofia ventricular izquierda.

Financiamiento

El estudio fue financiado por la Universidad Peruana Los Andes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses en la publicación de este artículo.

Responsabilidades 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 de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido la aprobación del Comité de Ética para el análisis y publicación de datos clínicos obtenidos de forma rutinaria. El consentimiento informado de los pacientes no fue requerido por tratarse de un estudio observacional retrospectivo.

Uso de inteligencia artificial para generar textos. Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo

de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

Bibliografía

- Kloch-Badelek M, Kuznetsova T, Sakiewicz W, Tikhonoff V, Ryabikov A, González A, et al. Prevalence of left ventricular diastolic dysfunction in European populations based on cross-validated diagnostic thresholds. *Cardiovasc Ultrasound*. 2012;10:10.
- Mehta H, Armstrong A, Swett K, Shah J, Allison A, Hurwitz B, et al. Burden of systolic and diastolic left ventricular dysfunction among Hispanics in the United States: insights from the Echocardiographic Study of Latinos. *Circ Heart Fail*. 2016;9:e002733.
- Adamu GU, Katibi AI, Opadijo GO, Omotoso AB, Araoye AM. Prevalence of left ventricular diastolic dysfunction in newly diagnosed Nigerians with systemic hypertension: a pulsed wave Doppler echocardiographic study. *Afr Health Sci*. 2010;10:177-82.
- Swierblewska E, Wolf J, Kunicka K, Graff B, Polonis K, Hoffmann M, et al. Prevalence and distribution of left ventricular diastolic dysfunction in treated patients with long lasting hypertension. *Blood Press*. 2018;27:376-84.
- Silbiger JJ. Pathophysiology and echocardiographic diagnosis of left ventricular diastolic dysfunction. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019;32:216-32.
- Bigham AW, Lee FS. Human high-altitude adaptation: forward genetics meets the HIF pathway. *Genes Dev*. 2014;28:2189-204.
- Santos-Martínez LE, Gómez-Tejada RA, Murillo-Jauregui CX, Hoyos-Paladines RA, Poyares-Jardim CV, Orozco-Levi M. Exposición crónica a la altura. Características clínicas y diagnóstico. *Arch Cardiol Mex*. 2021;91:500-7.
- García-Grullera JM, Nader-Kawachi JA, Crespo-Serge L, Del Brutto OH. Estudio comparativo de la función cardíaca en dos poblaciones de América Latina mediante el ecocardiograma transtorácico: Atahualpa, Ecuador y Ciudad de México, México. *Arch Cardiol Mex*. 2020;90:274-83.
- Mallet RT, Burtscler J, Richalet JP, Millet GP, Burtscler M. Impact of high altitude on cardiovascular health current perspective. *Vasc Health Risk Manag*. 2021;17:317-35.
- Zheng C, Chau Z, Zhang L, Wang X, Dong Y, Wang J, et al. Metabolic risk factors and left ventricular diastolic function in middle aged Chinese living in the Tibetan plateau. *J Am Heart Assoc*. 2019;8:e010454.
- Bouthoorn S, Valstar GB, Gohar A, den Ruijter HM, Reitsma HB, Hoes AW, et al. The prevalence of left ventricular diastolic dysfunction and heart failure with preserved ejection fraction in men and women with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diab Vasc Dis Res*. 2018;15:477-93.
- Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF 3rd, Dokainish H, Edvardsen T, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29:277-314.
- Díaz-Lazo A. Caracterización de la hipertrofia ventricular izquierda en pacientes hipertensos. *Horiz Med*. 2020;20:e1222.
- García MJ. Diagnosis and therapeutic guidance of diastolic heart failure. *Rev Esp Cardiol*. 2003;56:396-406.
- van Riet EE, Hoes AW, Wagenaar KP, Limburg A, Landman MA, Rutten FH. Epidemiology of heart failure: the prevalence of heart failure and ventricular dysfunction in older adults over time. A systematic review. *Eur J Heart Fail*. 2016;18:242-52.
- Lang RM, Badano LR, Mar-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiographic in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of cardiovascular imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28:1-39.
- Mika M, Kanzaki H, Hasegawa T, Fukuda H, Amaki M, Kim J, et al. Arterial stiffening is a crucial factor for left ventricular diastolic dysfunction in a community-based normotensive population. *Int J Cardiol Hypertens*. 2020;6:100038.
- Nakabachi M, Mikami T, Okada K, Onozuka H, Kaga S, Inoue M, et al. Overweight causes left ventricular diastolic asynchrony and diastolic dysfunction: a study based on speckle tracking echocardiography in healthy subjects. *J Echocardiogr*. 2012;10:83-9.
- Abdul-Raheem JN, Binka E, Roem J, Turer CB, Urbina EM, Brady TM. Left ventricular diastolic dysfunction among youth with obesity and history of elevated blood pressure. *J Pediatr*. 2021;235:130-7.
- Kosmala W, Marwick TH. Asymptomatic left ventricular diastolic dysfunction: predicting progression to symptomatic heart failure. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020;13:215-27.
- Díaz-Lazo A, Barrientos-Huamani C, Cordova-Rosales C. Factores asociados a hipertrofia ventricular izquierda en personas adultas en una ciudad de altura en el Perú. *Rev Fac Med Hum*. 2021;21:82-9.