



<https://doi.org/10.24245/mim.v41iAbril.10117>

Análisis comparativo correlacional de diámetros aórticos torácicos en presencia y ausencia de rigidez arterial

Comparative correlational analysis of thoracic aortic diameters in the presence and absence of arterial stiffness.

Alberto Guevara Tirado

Resumen

OBJETIVO: Analizar la correlación entre diámetros aórticos torácicos en presencia y ausencia de rigidez arterial.

MATERIALES Y MÉTODOS: Estudio analítico y transversal, efectuado de marzo de 2018 a octubre de 2019, de una base de datos secundaria de pacientes evaluados mediante detector de arteriosclerosis y tomografía de aorta torácica. Las variables fueron: rigidez arterial según el índice vascular cardio-tobillo (CAVI) y nueve segmentos de la aorta torácica.

RESULTADOS: Se incluyeron 801 pacientes. En los sujetos sin rigidez arterial, la correlación fue alta entre los diámetros aórtico-torácicos próximos entre sí, con disminución a correlaciones moderadas cuando se comparó con segmentos más distales de este vaso sanguíneo. Los pacientes con rigidez arterial tendieron hacia una menor correlación entre todos los segmentos de la aorta torácica. A diferencia de los pacientes sin rigidez arterial, hubo una correlación débil entre el seno de Valsalva y la unión sinotubular con la aorta torácica en su porción abdominal en origen del tronco celiaco ($\text{Rho} = 0.344$ y 0.387 , respectivamente). También la correlación entre la aorta en el diafragma y la ascendente media fue moderada ($\text{Rho} = 0.543$), así como entre la aorta abdominal en su origen del tronco celiaco con los arcos aórtico proximal ($\text{Rho} = 0.564$), aórtico medio ($\text{Rho} = 0.551$) y proximal ($\text{Rho} = 0.535$).

CONCLUSIONES: La rigidez vascular afecta la correlación entre los diámetros de los segmentos de la aorta torácica, principalmente entre los proximales y distales.

PALABRAS CLAVE: Aorta; rigidez arterial; rigidez vascular; arteriosclerosis; correlación de datos.

Abstract

OBJECTIVE: To analyze the correlation between thoracic aortic diameters in the presence and absence of arterial stiffness.

MATERIALS AND METHODS: Analytical and cross-sectional study of a secondary database of patients evaluated using an arteriosclerosis detector and thoracic aorta tomography, performed from March 2018 to October 2019. The variables were: arterial stiffness according to the cardio-ankle vascular index (CAVI) and nine segments of the thoracic aorta.

RESULTS: Eight hundred one patients without arterial stiffness were included. Correlation was high between the thoracic aortic diameters close to each other, decreasing to moderate correlations when compared with more distal segments of this blood vessel. Patients with arterial stiffness tended toward lower correlation between all segments of the thoracic aorta. Unlike patients without arterial stiffness, there was a weak correlation between the sinus of Valsalva and the sinotubular junction with the thoracic aorta in its abdominal portion at the origin of the celiac trunk ($\text{Rho} = 0.344$ and 0.387 ,

Médico cirujano. Maestro en Medicina. Facultad de Medicina Humana, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

<https://orcid.org/0000-0001-7536-7884>

Recibido: 19 de octubre 2024

Aceptado: 1 de marzo 2025

Correspondencia

Alberto Guevara Tirado
albertoguevara1986@gmail.com

Este artículo debe citarse como:
Guevara-Tirado A. Análisis comparativo correlacional de diámetros aórticos torácicos en presencia y ausencia de rigidez arterial. Med Int Méx 2025; 41 (4): 210-218.



respectively). Also, the correlation between the diaphragm aorta and the middle ascending aorta was moderate ($\text{Rho} = 0.543$), as well as between the abdominal aorta at its origin from the celiac trunk with the proximal aortic arches ($\text{Rho} = 0.564$), middle aorta ($\text{Rho} = 0.551$) and proximal one ($\text{Rho} = 0.535$).

CONCLUSIONS: Vascular stiffness affects the correlation between the diameters of the segments of the thoracic aorta, mainly between the proximal and distal ones.

KEYWORDS: Aorta; Arterial stiffness; Vascular stiffness; Arteriosclerosis; Correlation of data.

ANTECEDENTES

Las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de morbilidad y mortalidad en todo el mundo, con una prevalencia en crecimiento constante. En la actualidad afecta al 30-45% de los adultos y a más del 60% de los adultos mayores de 60 años.¹ El incremento de la rigidez vascular produce un ensanchamiento de la presión del pulso arterial, lo que influye profundamente en la biología de los vasos sanguíneos y del corazón.² En las arterias, este efecto se relaciona, principalmente, con cambios en la estimulación vascular mecánica causados por el aumento de la presión y la fuerza de corte pulsátils.³

La rigidez arterial es un factor de riesgo de morbilidad y mortalidad cardiovascular, independientemente de los biomarcadores tradicionales; predice eventos cardiovasculares en individuos asintomáticos sin manifestaciones clínicas, por lo que permite identificar a pacientes en riesgo desde etapas tempranas.⁴ Uno de los medios para determinar la rigidez arterial es el índice vascular cardio-tobillo (CAVI), que requiere un dispositivo detector de rigidez arterial que usa ciertos elementos: velocidad de pulso de onda, presión arterial, densidad sanguínea, datos de fonocardiografía y electrocardiograma.⁵

La rigidez aórtica es una respuesta desadaptativa al estrés hemodinámico y a factores de riesgo modificables y no modificables.⁶ Cuando la rigidez es elevada, se incrementa significativamente la poscarga del corazón. Precede a la hipertensión y los riesgos metabólicos.⁷ Es un predictor fuerte de mortalidad cardiovascular y por todas las causas.⁸ El sistema aórtico se ha estudiado ampliamente en el contexto clínico-patológico, en el que existe heterogeneidad embriológica, mecánica, estructural y de regulación bioquímica y molecular al comparar la aorta torácica y abdominal.⁹

En ese sentido, si bien se han estudiado las diferencias entre la aorta abdominal y torácica, hasta donde se tiene conocimiento, no se han explorado las diferencias entre cada segmento de la aorta torácica en personas con y sin rigidez aórtica. El objetivo de esta investigación fue analizar la correlación entre diámetros aórticos torácicos en presencia y ausencia de rigidez arterial. Ello permitirá determinar si los diferentes segmentos aórticos torácicos muestran cambios en las interacciones de sus segmentos ante el endurecimiento de sus paredes, lo que puede contribuir en los estudios orientados a la comprensión de las aortopatías.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio analítico y transversal a partir de una base de datos secundarios provenientes del repositorio *Harvard Dataverse* (el enlace está en la sección Consideraciones éticas), que incluyó adultos con y sin comorbilidades a los que se practicó una tomografía de tórax sin contraste y se midió la elasticidad arterial mediante detector de arteriosclerosis entre marzo de 2018 y octubre de 2019.

La base de datos estuvo conformada por adultos de más de 18 años, a los que se practicó una tomografía de tórax. Los autores de la base de datos original refirieron que está conformada por sujetos que carecían de anomalías arteriales significativas o enfermedades que pudieran afectar gravemente la estructura de las arterias: antecedentes de revascularización aórtica, reemplazo o implantación de stent; síndromes genéticos identificados o sospechados asociados con aneurismas y disecciones aórticas torácicas (de Marfan, de Turner); variación congénita en una rama completa o importante de la aorta en adultos (arteria subclavia derecha anormal, coartación aórtica); enfermedades inflamatorias asociadas con la enfermedad en la aorta torácica; síndrome arterial agudo (disección aórtica y hematoma intramural); aneurismas aórticos; insuficiencia grave del volumen sanguíneo y hemodinámica inestable; insuficiencia cardiaca grave con fracción de eyeción baja; pacientes en hemodiálisis. Se utilizó el total de la población de la base de datos, por tanto, no hubo técnica de muestreo o distribución al azar.

Variables y mediciones

La variable dependiente del estudio fue la rigidez arterial, medida a través del índice vascular cardio-tobillo (*cardio ankle vascular index*, CAVI), calculado como el promedio de las mediciones obtenidas en el lado derecho e izquierdo del cuerpo. Para su análisis, esta variable se dicotomizó en rigidez arterial ($CAVI \geq 9$) y sin rigidez arterial ($CAVI < 9$), según los puntos de corte previamente establecidos en la bibliografía.¹⁰

Esta dicotomización facilita la interpretación clínica, simplifica el análisis estadístico y permite comparaciones con estudios previos. El CAVI se midió con el detector de arteriosclerosis VS-1000, un dispositivo que registra presión arterial, electrocardiograma, fonocardiograma y ondas de pulso arteriales y calcula automáticamente el CAVI en ambos lados del cuerpo. Para garantizar la precisión en la medición, los pacientes permanecieron en reposo durante 15 minutos antes de la evaluación y se evaluaron en posición supina.

Las variables independientes correspondieron a los diámetros de la aorta torácica, medidos en milímetros en diferentes segmentos anatómicos, desde la raíz de la aorta hasta la aorta abdominal. Estas mediciones incluyeron: el seno aórtico de Valsalva, la unión sinotubular, la aorta ascendente media, el arco aórtico proximal y medio, la aorta torácica descendente proximal y media, la aorta en el diafragma y la aorta abdominal en el origen del eje celiaco. Según los autores de la base de datos, estas mediciones se obtuvieron mediante un sistema de procesamiento basado en inteligencia artificial, especializado en la segmentación de órganos a partir de tomografía axial computada.¹¹ El uso de inteligencia artificial permitió una evaluación precisa y reproducible de los diámetros aórticos al minimizar la variabilidad interobservador.

Análisis estadístico

Se utilizaron tablas para la estadística descriptiva; se obtuvieron frecuencias absolutas, relativas y desviación estándar. Se compararon los promedios de los diámetros de los segmentos aórticos torácicos en pacientes con y sin rigidez arterial mediante la prueba t de Student. El análisis de correlación se hizo con la prueba de correlación de Spearman, debido a que la distribución no fue



normal según la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se evaluó la correlación entre los diámetros aórticos en dos grupos, uno con rigidez arterial ($CAVI \geq 9$) y otro sin rigidez arterial ($CAVI < 9$).

Debido a que la población estudiada tenía alta prevalencia de hipertensión arterial (64%) y diabetes mellitus (22.1%), se consideró que ambas afecciones podrían influir en los diámetros aórticos y la rigidez arterial. No obstante, para el análisis los pacientes se dividieron en dos grupos según si tenían o no rigidez arterial, definida como un $CAVI \geq 9$. La rigidez arterial es un marcador integral del daño vascular y refleja los efectos acumulativos de factores como hipertensión y diabetes.¹² Por lo tanto, al estratificar por rigidez arterial, se consideró que los efectos de estas comorbilidades ya estaban incorporados en la clasificación de los grupos, lo que evitó la necesidad de un ajuste adicional.

Los hallazgos se midieron con un valor de p significativo menor de 0.05 con un intervalo de confianza al 95%. El análisis se efectuó con el programa SPSS statistics 25TM.

Consideraciones éticas

La base de datos provino del repositorio de datos abierto *Harvard Dataverse*, de acceso abierto con licencia Creative Commons Zero (CC0), que no requiere permisos o autorizaciones debido a que la investigación se desarrolló a partir de una base de datos secundaria, así como el carácter reservado de la información personal de la unidad de análisis (los encuestados). Se respetó lo establecido en las normas de Helsinki.

La base de datos está disponible en el enlace: <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/C0YY9I>

Las especificaciones de la base de datos se encuentran en el enlace: <https://doi.org/10.3389%2Ffcvm.2021.737161>

RESULTADOS

Se incluyeron 801 adultos. Las características de la población se muestran en el **Cuadro 1**.

Hubo mayor promedio de diámetro en todos los segmentos de la aorta torácica en pacientes con rigidez arterial. **Cuadro 2**

En pacientes sin rigidez arterial, se observó que la correlación fue alta entre los diámetros aórtico-torácicos que están próximos entre sí, con disminución a correlaciones moderadas cuando se comparó con segmentos más distales de este vaso sanguíneo. **Cuadro 3**

Los pacientes con rigidez arterial tendieron hacia una menor correlación entre todos los segmentos de la aorta torácica. La correlación fue alta entre segmentos aórticos torácicos cercanos, pero las correlaciones, a diferencia de pacientes sin rigidez arterial, fueron débiles entre segmentos distales entre sí respecto al seno de Valsalva y la aorta torácica en su porción abdominal en el origen del tronco celiaco ($\text{Rho} = 0.344$) y entre la unión sinotubular y la aorta torácica en su porción abdominal en el origen del tronco celiaco ($\text{Rho} = 0.387$).

A diferencia de los pacientes sin rigidez arterial, la correlación entre la aorta en el diafragma y la ascendente media fue moderada ($\text{Rho} = 0.543$), así como entre la porción de la aorta abdominal en el origen del tronco celiaco con los arcos aórtico-proximal ($\text{Rho} = 0.564$), aórtico-medio ($\text{Rho} = 0.551$) y descendente proximal ($\text{Rho} = 0.535$). **Cuadro 4**

DISCUSIÓN

Los valores de correlación de los diámetros fueron menores en todos los segmentos de pacientes con rigidez arterial que en pacientes sin rigidez. Ello puede atribuirse a los efectos de la rigidez arterial en la capacidad de elasticidad arterial,

Cuadro 1. Características de la población estudiada

	Rigidez arterial (CAVI ≥ 9)	Frecuencia	Porcentaje	
Coronariopatía	No	646	80.60	
	Sí	155	19.40	
Enfermedad pulmonar crónica*	No	772	96.40	
	Sí	29	3.60	
Hipertensión arterial (presión sistólica ≥ 140 mmHg)	Sí	513	64	
	No	288	36	
Bebe alcohol actualmente	No	574	71.70	
	Sí	227	28.30	
Fumador	No	536	66.90	
	Sí	265	33.10	
Diabetes mellitus 2	Sí	177	22.10%	
	No	624	77.90	
	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Edad	18	95	57.97	14.13
Promedio del índice vascular cardio-tobillo izquierdo	3.21	14.73	8.18	1.42
Índice de masa corporal	15.30	40.20	24.55	3.30
Presión arterial sistólica	91	223	148.48	20.45
Presión arterial diastólica	52	118	79.37	10.27
Seno de Valsalva	21.40	51.10	35.23	4.25
Unión sinotubular	23	51.80	32.98	4.04
Ascendente media	23.50	53.60	37.12	4.73
Arco aórtico proximal	22	44.70	33.15	3.70
Arco aórtico medio	19.30	39.40	30.30	3.08
Descendente proximal	19.50	40.60	28.60	3.27
Descendente media	15.90	35.50	25.63	3.19
Aorta en diafragma	15.30	33.50	25.25	2.59
Abdominal en origen del tronco celiaco	13	31.70	23.84	2.56

* La enfermedad pulmonar crónica incluyó: asma, fibrosis quística, bronquitis crónica, enfisema bulloso, atelectasia, enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

lo que disminuye la capacidad para expandirse y contraerse de la misma forma que en ausencia de rigidez y afecta la relación del diámetro de diferentes segmentos de la aorta torácica, lo que podría tener repercusiones en el flujo sanguíneo en este vaso.

Desde el punto de vista clínico, estos cambios tienen implicaciones directas en la práctica cardiovascular, especialmente en el tratamiento de pacientes con hipertensión arterial y enfermedades arteriales. Se ha observado que una mayor variabilidad de la presión arterial promueve la

**Cuadro 2.** Diámetro promedio de los segmentos de la aorta torácica en pacientes con o sin rigidez arterial

	Rigidez	Diámetro promedio	Desviación estándar	p
Seno aórtico de valsalva	Sí	35.94	4.11	< 0.001
	No	34.99	4.27	
Unión sinotubular	Sí	33.76	3.42	< 0.001
	No	32.71	4.20	
Aorta ascendente media	Sí	39.41	4.27	< 0.001
	No	36.34	4.62	
Arco aórtico proximal	Sí	35	3.42	< 0.001
	No	32.50	3.57	
Arco aórtico medio	Sí	31.71	2.81	< 0.001
	No	29.82	3.02	
Aorta torácica descendente proximal	Sí	30.21	2.99	< 0.001
	No	28.06	3.19	
Aorta descendente media	Sí	27.63	2.83	< 0.001
	No	24.96	3.02	
Aorta en el diafragma	Sí	26.46	2.34	< 0.001
	No	24.84	2.54	
Aorta abdominal	Sí	25.13	2.36	< 0.001
	No	23.41	2.8	

Cuadro 3. Correlación de Spearman entre diámetros aórticos en adultos sin rigidez arterial

Rho	Segmento aórtico									
	Seno de Valsalva	Unión sinotubular	Ascendente media	Arco aórtico proximal	Arco aórtico medio	Descendente proximal	Descendente media	Aorta en diafragma	Abdominal en origen del tronco celiaco	
Seno de valsalva	1	0.845	0.646	0.650	0.597	0.541	0.604	0.532	0.492	
Unión sinotubular	0.845	1	0.727	0.688	0.661	0.587	0.630	0.558	0.501	
Ascendente media	0.646	0.727	1	0.847	0.791	0.693	0.756	0.629	0.592	
Arco aórtico proximal	0.650	0.688	0.847	1	0.901	0.711	0.773	0.659	0.633	
Arco aórtico medio	0.597	0.661	0.791	0.901	1	0.795	0.790	0.654	0.641	
Descendente proximal	0.541	0.587	0.693	0.711	0.795	1	0.794	0.678	0.619	
Descendente media	0.604	0.630	0.756	0.773	0.790	0.794	1	0.821	0.743	
Aorta en diafragma	0.532	0.558	0.629	0.659	0.654	0.678	0.821	1	0.802	
Abdominal en origen del tronco celiaco	0.492	0.501	0.592	0.633	0.641	0.619	0.743	0.802	1	

Cuadro 4. Correlación entre diámetros aórticos en adultos con rigidez arterial

Rho	Segmento aórtico								
	Seno de valsalva	Unión sinotubular	Ascendente media	Arco aórtico proximal	Arco aórtico medio	Descendente proximal	Descendente media	Aorta en diafragma	Abdominal en origen del tronco celiaco
Seno de valsalva	1	0.800	0.616	0.604	0.572	0.482	0.436	0.412	0.344
Unión sinotubular	0.800	1	0.718	0.670	0.650	0.519	0.528	0.456	0.387
Ascendente media	0.616	0.718	1	0.801	0.755	0.656	0.653	0.543	0.497
Arco aórtico proximal	0.604	0.670	0.801	1	0.877	0.739	0.763	0.646	0.564
Arco aórtico medio	0.572	0.650	0.755	0.877	1	0.782	0.770	0.654	0.551
Descendente proximal	0.482	0.519	0.656	0.739	0.7	1	0.765	0.613	0.535
Descendente media	0.436	0.528	0.653	0.763	0.770	0.765	1	0.766	0.692
Aorta en diafragma	0.412	0.456	0.543	0.646	0.654	0.613	0.766	1	0.801
Abdominal en origen del tronco celiaco	0.344	0.387	0.497	0.564	0.55*	0.535	0.692	0.801	1

Rho: coeficiente de correlación de Spearman.

proliferación de células musculares lisas vasculares y la aterosclerosis, así como el incremento del estrés oscilatorio de la pared vascular.¹³

Estos procesos pueden contribuir a una mayor rigidez arterial y a la alteración del flujo hemodinámico, lo que aumenta el riesgo de eventos cardiovasculares, como disecciones aórticas y aneurismas. Asimismo, estos cambios en la elasticidad aórtica pueden influir en la disfunción ventricular izquierda y favorecer la insuficiencia cardiaca con fracción de eyección preservada, un fenotipo de insuficiencia cardiaca frecuente en pacientes con rigidez arterial.

En ambos grupos (con y sin rigidez arterial) se observó que la correlación fue elevada en segmentos cercanos en la aorta torácica, mientras

que la correlación disminuía entre los primeros y últimos segmentos. Ello es atribuible a que los diámetros de la aorta torácica difieren según el segmento, por ejemplo, en el seno de Valsalva, que es aproximadamente de 34.70 mm, y la aorta descendente distal, que es de alrededor de 23.80 mm.¹⁴ Esto implica que las características fisiológicas pueden diferir en segmentos cercanos de una misma localización aórtica, como la porción torácica. Además, la correlación puede ser mayor en segmentos cercanos porque el flujo sanguíneo y las presiones están más sincronizados debido a su proximidad, lo que explicaría la elevada correlación entre segmentos cercanos.

Sin embargo, las diferencias en las correlaciones entre segmentos proximales y distales fueron mayores en el grupo con rigidez arterial, en el



que las correlaciones entre el seno de Valsalva y la unión sinotubular con la aorta torácica en su porción abdominal en el origen del tronco celíaco fueron bajas: 0.344 y 0.387, respectivamente, y moderadas en ausencia de rigidez.

Hubo menor correlación entre la aorta abdominal en su origen del tronco celíaco y los arcos aórtico proximal ($\text{Rho} = 0.564$), aórtico medio ($\text{Rho} = 0.551$) y proximal ($\text{Rho} = 0.535$), que tuvieron correlaciones altas en pacientes sin rigidez arterial. Estos resultados sugieren una desregulación y falta de sincronización de los mecanismos que determinan el equilibrio del flujo hemodinámico del trayecto aórtico torácico hacia la aorta abdominal. En la fórmula de Poiseuille, que explica la hemodinámica del sistema vascular, consiste en el flujo volumétrico, diferencia de presiones en extremos del vaso, viscosidad, longitud del vaso sanguíneo y radio.¹⁵ Este último se relaciona con el diámetro porque éste equivale al doble del radio del vaso.

En términos clínicos, esta alteración en la dinámica aórtica podría estar relacionada con mayor riesgo de enfermedades (insuficiencia aórtica e hipertrofia ventricular izquierda) debido a cambios en la poscarga del ventrículo izquierdo. Además, la rigidez arterial podría influir en la perfusión de órganos distales, particularmente los riñones, lo que favorece la aparición de nefropatía hipertensiva y disfunción endotelial sistémica. Estos cambios podrían justificar un mayor monitoreo hemodinámico en pacientes con rigidez arterial, especialmente en sujetos con factores de riesgo cardiovasculares adicionales: diabetes mellitus y enfermedad renal crónica.

Las limitaciones de esta investigación fueron el tamaño de la población de la base de datos ($n = 801$), que requiere mayor volumen para una mejor generalización de los resultados. También está la posibilidad de sesgos de información y clasificación debido al origen de la fuente de información, que fue una base de datos se-

cundaria. El uso de datos secundarios implica limitaciones inherentes, como la falta de control sobre la recolección de datos y la posible existencia de errores en la clasificación de los participantes. Asimismo, el diseño transversal de este estudio impide establecer relaciones de causalidad entre la rigidez arterial y los patrones de correlación aórtica observados, lo que limita la interpretación de los hallazgos a asociaciones observacionales. Asimismo, no se tuvo información de otros parámetros que guardan relación con el flujo hemodinámico, como la diferencia de presiones y velocidad de flujo, que hubieran permitido mayor comprensión de la dinámica arterial de la aorta torácica.

CONCLUSIONES

La rigidez arterial afecta la correlación entre los diámetros de los segmentos de la aorta torácica, principalmente entre los proximales y distales. Estos resultados sugieren que el endurecimiento y envejecimiento arterial alteran la interacción entre segmentos de una misma porción de esta arteria de gran calibre, lo que podría repercutir en la aparición de aortopatías torácicas y abdominales, así como en la circulación sistémica. Esto subraya la importancia de explorar otros componentes de la ley de Poiseuille en relación con la porción torácica de la aorta y sus implicaciones clínicas en la evaluación y tratamiento de pacientes con rigidez arterial. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de estrategias terapéuticas dirigidas a preservar la elasticidad arterial, como el control estricto de la presión arterial y la administración de tratamientos antihipertensivos con efecto vasodilatador: inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina y bloqueadores de los receptores de angiotensina II. Las investigaciones futuras podrían enfocarse en estudios longitudinales que permitan evaluar la evolución de la rigidez arterial y su efecto en la hemodinámica aórtica a lo largo del tiempo. Sería relevante explorar con mayor profundidad la relación entre la rigidez arterial y otros factores

hemodinámicos: velocidad del flujo sanguíneo y diferencia de presiones en distintos segmentos de la aorta. Los estudios con modelos computacionales podrían complementar estos hallazgos al proporcionar simulaciones que permitan comprender mejor la dinámica del flujo aórtico y sus implicaciones clínicas.

REFERENCIAS

1. Lutai YA. Combined antihypertensive therapies in patients with arterial hypertension and chronic obstructive pulmonary disease. *FAC* 2020; 49 (3): 92-8.
2. Ferizoli R, Karimpour P, May JM, Kyriacou PA. Arterial stiffness assessment using PPG feature extraction and significance testing in an in vitro cardiovascular system. *Sci Rep* 2024; 14 (1). <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-024-51395-y>
3. Zieman SJ, Melenovsky V, Kass DA. Mechanisms, pathophysiology, and therapy of arterial stiffness. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2005; 25 (5): 932-43. <http://dx.doi.org/10.1161/01.atv.0000160548.78317.29>
4. Bonarjee VVS. Arterial stiffness: A prognostic marker in coronary heart disease. Available methods and clinical application. *Front Cardiovasc Med* 2018; 5. <http://dx.doi.org/10.3389/fcvm.2018.00064>
5. Miyoshi T, Ito H. Arterial stiffness in health and disease: The role of cardio-ankle vascular index. *J Cardiol* 2021; 78 (6): 493-501. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcc.2021.07.011>
6. Korneva A, Humphrey JD. Maladaptive aortic remodeling in hypertension associates with dysfunctional smooth muscle contractility. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2019; 316 (2): H265-78. <http://dx.doi.org/10.1152/ajpheart.00503.2017>
7. Agbaje AO. Arterial stiffness precedes hypertension and metabolic risks in youth: a review. *J Hypertens* 2022; 40 (10): 1887-96. <http://dx.doi.org/10.1097/hjh.00000000000003239>
8. Angoff R, Mosarla RC, Tsao CW. Aortic stiffness: Epidemiology, risk factors, and relevant biomarkers. *Front Cardiovasc Med* 2021; 8. <http://dx.doi.org/10.3389/fcvm.2021.709396>
9. Bonfili GB, Rodella L, Rosati R, Carrozza A, Metra M, Vizzardi E. Aortopathies: From etiology to the role of arterial stiffness. *J Clin Med* 2023; 12 (12): 3949. <http://dx.doi.org/10.3390/jcm12123949>
10. Elosua-Bayés M, Martí-Lluch R, García-Gil M del M, Camós L, et al. Asociación de los factores de riesgo cardiovascular y estilos de vida clásicos con el índice vascular corazón-tobillo en población general mediterránea. *Rev Esp Cardiol* 2018; 71 (6): 458-65. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0300893217305481>
11. Wang Y, Yang J, Lu Y, Fan W, et al. Thoracic aorta diameter calculation by artificial intelligence can predict the degree of arterial stiffness. *Front Cardiovasc Med* 2021; 8. <http://dx.doi.org/10.3389/fcvm.2021.737161>
12. Kim H-L. Arterial stiffness and hypertension. *Clin Hypertens* 2023; 29 (1). <http://dx.doi.org/10.1186/s40885-023-00258-1>
13. Liu Y, Luo X, Jia H, Yu B. The effect of blood pressure variability on coronary atherosclerosis plaques. *Front Cardiovasc Med* 2022; 9. <http://dx.doi.org/10.3389/fcvm.2022.803810>
14. Chang HW, Kim SH, Hakim AR, Chung S, et al. Diameter and growth rate of the thoracic aorta—analysis based on serial computed tomography scans. *J Thorac Dis* 2020; 12 (8): 4002-13. <https://jtd.amegroups.org/article/view/42508/html>
15. Holmes AP, Ray CJ, Kumar P, Coney AM. A student practical to conceptualize the importance of Poiseuille's law and flow control in the cardiovascular system. *Adv Physiol Educ* 2020; 44 (3): 436-43. <http://dx.doi.org/10.1152/advan.00004.2019>