



Revista Clínica Española

www.elsevier.es/rce



ORIGINAL

La velocidad de onda de pulso de la pierna menos brazo medida con un dispositivo propio se correlaciona con la cuantificación de calcio coronario



CrossMark

S. Rico Martín^a, J.M. de Nicolás Jiménez^b, S.L. Moyano Calvente^c,
M.V. Mogollón Jiménez^d, J. Vega Fernández^d, J.F. Calderón García^a,
M.A. Bacaicoa Lopez de Sabando^e, M. Tardio^f y J.F. Sánchez Muñoz-Torrero^{g,*}

^a Facultad de Enfermería y Terapia Ocupacional, Universidad de Extremadura, Cáceres, España

^b Centro de Salud Jaraicejo, Jaraicejo, Cáceres, España

^c Servicio de Radiología, Hospital San Pedro de Alcántara, Cáceres, España

^d Servicio de Cardiología, Hospital San Pedro de Alcántara, Cáceres, España

^e Centro de Salud Manuel Encinas, Cáceres, España

^f Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Extremadura, Badajoz, España

^g Servicio de Medicina Interna, Hospital San Pedro de Alcántara, Cáceres, España

Recibido el 6 de octubre de 2015; aceptado el 17 de enero de 2016

Disponible en Internet el 22 de febrero de 2016

PALABRAS CLAVE

Velocidad de onda de pulso;
Cuantificación de calcio coronario;
Riesgo cardiovascular;
Grosos de íntima media

Resumen

Objetivo: La medida de la velocidad de onda de pulso (VOP) en las grandes arterias es un indicador de riesgo vascular. Nuestro objetivo fue identificar el índice de VOP entre brazos y piernas que mejor se correlaciona con la cuantificación del calcio coronario (CCC) y compararlo con otros métodos.

Material y métodos: A 81 pacientes sin enfermedad vascular, a los que se les había determinado la CCC, se les midió el grosor íntima-media carotídeo (GIM), la VOP carótido-femoral (VOP cf) con COMPLIOR y la VOP en brazos y piernas con un dispositivo propio (VOPITB: VOP índice tobillo brazo).

Resultados: La VOP de pierna menos brazo (VOP P-B) determinado con VOPITB fue el índice mejor correlacionado con la CCC ($r=0,401$, $p<0,001$). Las correlaciones del GIM y VOP cf con la CCC fueron: $r=0,366$, $p=0,001$ y $r=0,385$, $p=0,001$, respectivamente. Con referencia a una puntuación de la CCC mayor de 100 como marcador de arteriosclerosis coronaria significativa, las áreas bajo la curva fueron para VOP P-B de 0,721 ($p=0,002$), GIM: 0,758 ($p<0,001$) y VOP cf: 0,636 ($p=0,058$).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: juanf.sanchezm@gmail.com (J.F. Sánchez Muñoz-Torrero).

KEYWORDS

Pulse wave velocity;
Coronary calcium
quantification;
Cardiovascular risk;
Intima-media
thickness

Conclusiones: En pacientes sin enfermedad vascular la VOP P-B medida con VOPITB parece ser el índice que mejor correlaciona con la CCC. Esta asociación es comparable con la que mantienen el GIM y la VOP cf con la CCC. VOPITB es un dispositivo fácil de manejar que puede contribuir a mejorar la estratificación del riesgo vascular.

© 2016 Elsevier España, S.L.U. y Sociedad Española de Medicina Interna (SEMI). Todos los derechos reservados.

Pulse wave velocity of the leg minus that of the arm measured with a custom device correlates to the coronary calcium quantification

Abstract

Objective: The pulse wave velocity (PWV) in the great arteries is an indicator of vascular risk. Our objective was to identify the PWV index between the arms and legs that best correlates with the coronary calcium quantification (CCQ) and to compare it with other methods.

Material and methods: Eight-one patients without vascular disease underwent the following measurements: CCQ; carotid intima-media thickness (IMT); carotid-femoral PWV (cfPWV), using COMPLIOR; and PWV in the arms and legs, with our own device (abiPWV, ankle brachial index PWV).

Results: The difference in PWVs between the leg and arm (l-a PWV) measured with abiPWV was the index that best correlated with CCQ ($r=0.401$, $P<.001$). The correlation between IMT and CCQ and between CF-PWV and CCQ were $r=0.366$, $P=.001$; and $r=0.385$, $P=.001$, respectively. For a CCQ score higher than 100 as a marker of significant coronary arteriosclerosis, the areas under the curve for l-a PWV, IMT and cfPWV were 0.721 ($P=.002$), 0.758 ($P<.001$) and 0.636 ($P=.058$), respectively.

Conclusions: For patients without vascular disease, the l-a PWV measured with abiPWV appears to be the index that best correlates with the CCQ. This association is comparable to that between IMT and CCQ and between cfPWV and CCQ. The abiPWV is an easy-to-use device that can help improve vascular risk stratification.

© 2016 Elsevier España, S.L.U. y Sociedad Española de Medicina Interna (SEMI). All rights reserved.

Introducción

La detección de la enfermedad coronaria silente representa un reto ya que la mitad de los eventos coronarios iniciales, incluida la muerte súbita, ocurren en personas previamente asintomáticas¹. La herramienta más empleada para identificar a los pacientes más predispuestos son las escalas de riesgo. Sin embargo, su valor predictivo es modesto (C-estadístico, $\approx 0,70-0,75$)², ya que la mayoría de los eventos vasculares suceden en individuos clasificados de riesgo bajo o moderado³. Disponer de métodos que valoren objetivamente la magnitud de la arteriosclerosis podría ser de gran utilidad en la prevención cardiovascular^{4,5}. La cuantificación del calcio coronario (CCC) con la tomografía computarizada multidetector puede evaluar el depósito de calcio en las arterias coronarias y, además, permite completar el estudio de la anatomía del árbol coronario para detectar estenosis^{6,7}. La CCC está indicada en pacientes asintomáticos con riesgo vascular intermedio, ya que permite mejorar la estratificación del riesgo cardiovascular y orientar el tratamiento⁸. Sin embargo, el coste de la prueba y la exposición a radiación limitan su empleo⁹. Otros métodos que han demostrado utilidad en la detección precoz de la arteriosclerosis son la medición del grosor de la íntima y media

(GIM) con ecografía carotídea de alta resolución¹⁰, el índice tobillo/brazo¹¹ y el estudio de rigidez de las grandes arterias medida por la velocidad de la onda de pulso (VOP)^{12,13}. Tanto el GIM carotídeo como la VOP carótido-femoral (VOP cf) han demostrado una buena correlación con la CCC^{14,15}.

El estudio de la VOP está reconocido por la European Society of Hypertension y la European Society of Cardiology como una herramienta para cuantificar el daño vascular orgánico¹⁶. La aorta es el vaso más utilizado para estudiar la rigidez arterial y su estimación se realiza con la medida de la VOP cf, considerada como «gold standard»¹⁷. Sin embargo, el coste de los equipos, la dificultad para localizar los pulsos, la incomodidad de algunos pacientes al exponer el área inguinal y el tiempo necesario para realizar la exploración limitan su empleo rutinario fuera del ambiente hospitalario¹⁸. En consecuencia, han surgido otros dispositivos más sencillos que miden la VOP en arterias periféricas¹⁹. Mientras que en Europa y Australia se utiliza frecuentemente la VOP cf, los nuevos aparatos son más empleados en países asiáticos.

Nuestro grupo ha desarrollado un dispositivo denominado velocidad de onda de pulso índice tobillo brazo (VOPITB)²⁰ que de manera sencilla, empleando el método oscilométrico, mide con precisión la VOP en brazos y piernas, independientemente. Consecuentemente, permite realizar

comparaciones entre la VOP de las piernas y la de los brazos y explorar la utilidad de distintos índices de VOP entre ambos (resultantes de la suma, diferencia y cociente) en la evaluación de la rigidez arterial. Los índices propuestos no han sido investigados previamente ni comparados con otras técnicas basadas en la VOP.

El objetivo de nuestro estudio fue determinar qué índice de VOP entre piernas y brazos medido con VOPITB se correlaciona mejor con la CCC. Además, se comparó esta asociación respecto a la que mantienen la VOP cf y el GIM carotídeo con la CCC.

Métodos

Diseño y población

Estudio descriptivo transversal realizado en el Hospital San Pedro de Alcántara de Cáceres en 81 pacientes consecutivos a los que se les había practicado un estudio de CCC para evaluar cardiopatía isquémica por la presencia de síntomas torácicos inespecíficos y considerados de bajo riesgo tras realizar una prueba de esfuerzo. El reclutamiento se realizó entre los meses de marzo del 2013 y abril del 2014. Se excluyó a los pacientes con antecedentes de enfermedad cardiovascular y a los que presentaron fibrilación auricular u otras alteraciones del ritmo, así como cualquier bloqueo de la conducción. El estudio se diseñó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y el protocolo fue aprobado por el Comité de Ética local.

Se recogieron los siguientes datos: edad, sexo, historia de tabaquismo y presencia de factores de riesgo cardiovascular. Asimismo, se determinaron el peso, la talla, la presión arterial y los niveles sanguíneos de glucosa, creatinina,

colesterol total, colesterol LDL, colesterol HDL y triglicéridos. Los pacientes se clasificaron en 2 grupos según que la puntuación en la CCC fuese superior o inferior a 100. El punto de corte de CCC por encima de 100 se considera predictivo de futuros acontecimientos cardiovasculares, mientras que por debajo identifica a pacientes con una baja carga arteriosclerótica²¹.

Cuantificación de calcio coronario por tomografía computarizada

La determinación del calcio coronario se realizó mediante un aparato de tomografía computarizada de 64 detectores (LightSpeed VCT 64 Slice CT, General Electrics Healthcare), con el siguiente protocolo de adquisición: cobertura del detector 20 mm, espesor 2,5 mm a 8 imágenes por rotación, tiempo de rotación 0,4 s, sincronización ECG, 380 mA, 120 Kv. Las imágenes adquiridas se procesaron en una estación de trabajo Advantage Workstation 4.4 (GE Medical Systems, Reino Unido), con el programa Smartscore 4.0 para identificar la presencia de calcificación regional y global de las arterias coronarias, mediante el método de cálculo AJ 130 que utiliza la técnica Agatston/Janowitz convencional²², con un umbral de 130 UH que se ajusta al grosor del corte apropiado de la imagen.

Medición de la rigidez arterial

La exploración se realizó a primera hora de la mañana, con el paciente en ayunas y tras 20 min en posición de decúbito supino en un ambiente tranquilo. Todas las exploraciones se efectuaron al menos a 12 h desde la toma de cualquier fármaco vasoactivo. La medición de la VOP cf se realizó con

Tabla 1 Características clínicas de los pacientes según la cuantificación del calcio coronario

	Total (n = 81)	CCC < 100 (n = 54)	CCC > 100 (n = 27)	p
Edad, años	61 ± 11	58 ± 11	65 ± 9	0,007
Sexo varón, n (%)	35 (43)	18 (33)	17 (63)	0,011
Historia de tabaquismo, n (%)	36 (44)	23 (43)	13 (48)	0,635
Diabetes, n (%)	16 (19)	9 (17)	7 (25)	0,324
Hipertensión, n (%)	52 (64)	33 (61)	19 (70)	0,413
Dislipidemia, n (%)	43 (53)	24 (44)	19 (70)	0,028
Obesidad, n (%)	44 (54)	30 (56)	14 (52)	0,752
PA sistólica, mmHg	133 ± 16	133 ± 18	133 ± 12	0,955
PA diastólica, mmHg	77 ± 12	78 ± 13	76 ± 9	0,460
Presión de pulso	56 ± 14	56 ± 16	58 ± 11	0,518
IMC, kg/m ²	32 ± 6	32 ± 7	32 ± 4	0,997
Perímetro abdominal, cm	101 ± 13	100 ± 14	104 ± 10	0,195
Glucosa, mg/dL	108 ± 32	103 ± 25	118 ± 43	0,051
Creatinina, mg/dL	0,88 ± 0,26	0,85 ± 0,19	0,96 ± 0,37	0,317
Colesterol total, mg/dL	191 ± 33	190 ± 32	194 ± 35	0,653
C-HDL, mg/dL	56 ± 16	58 ± 16	51 ± 15	0,078
C-LDL, mg/dL	112 ± 30	110 ± 29	113 ± 30	0,406
Triglicéridos, mg/dL	125 ± 60	112 ± 46	152 ± 31	0,026

C: colesterol; CCC: cuantificación de calcio coronario; HDL: high density lipoprotein; IMC: índice de masa corporal; LDL: low density lipoprotein; PA: presión arterial.

Los datos se expresan en: número (porcentaje) o en media +/- DE.

el dispositivo Complior® (Artech Medical, Pantin, Francia), siguiendo las recomendaciones del fabricante¹⁷. La medición de la VOP con el dispositivo VOPITB se realizó según la técnica descrita previamente²⁰. Brevemente, se adaptan 4 manguitos, 2 en los brazos, próximos a la flexura del codo, y 2 en las piernas, cercanos a ambos tobillos. El aparato realiza todas las funciones automáticamente, infla los manguitos y registra las ondas de pulso a través de un sensor oscilométrico incorporado. Para medir el tiempo se tomó como referencia la salida de la onda de pulso del corazón (pico de la onda R en la derivación I de un registro electrocardiográfico incorporado al sistema) hasta su llegada a cada miembro (inicio de la onda de pulso en el registro del manguito). La distancia recorrida se midió con el paciente en bipedestación, los brazos extendidos en cruz a 90° y las piernas juntas. Se utilizó una cinta métrica no extensible desde el hueso supraesternal hasta el punto medio de cada manguito. La VOP en cada miembro se referencia automáticamente por VOPITB en metros por segundo (m/s). Para calcular los índices se consideraron: a) VOP en brazo: la

Tabla 2 Correlación de los índices de VOP máxima entre brazos y piernas medida con VOPITB con la cuantificación del calcio coronario

VOP máxima	r	p
Suma pierna y brazo	0,241	0,032
Diferencia pierna y brazo	0,401	< 0,001
Cociente pierna y brazo	0,263	0,019

r: coeficiente de correlación de Pearson respecto a la medida de cuantificación de calcio coronario; VOP: velocidad onda de pulso.

menor de los brazos; b) VOP en pierna: la mayor de las piernas; c) suma de VOP en todos los miembros; d) VOP P-B: VOP mayor de las piernas menos la menor de los brazos, y e) cociente: VOP mayor de las piernas dividido por la menor de los brazos.

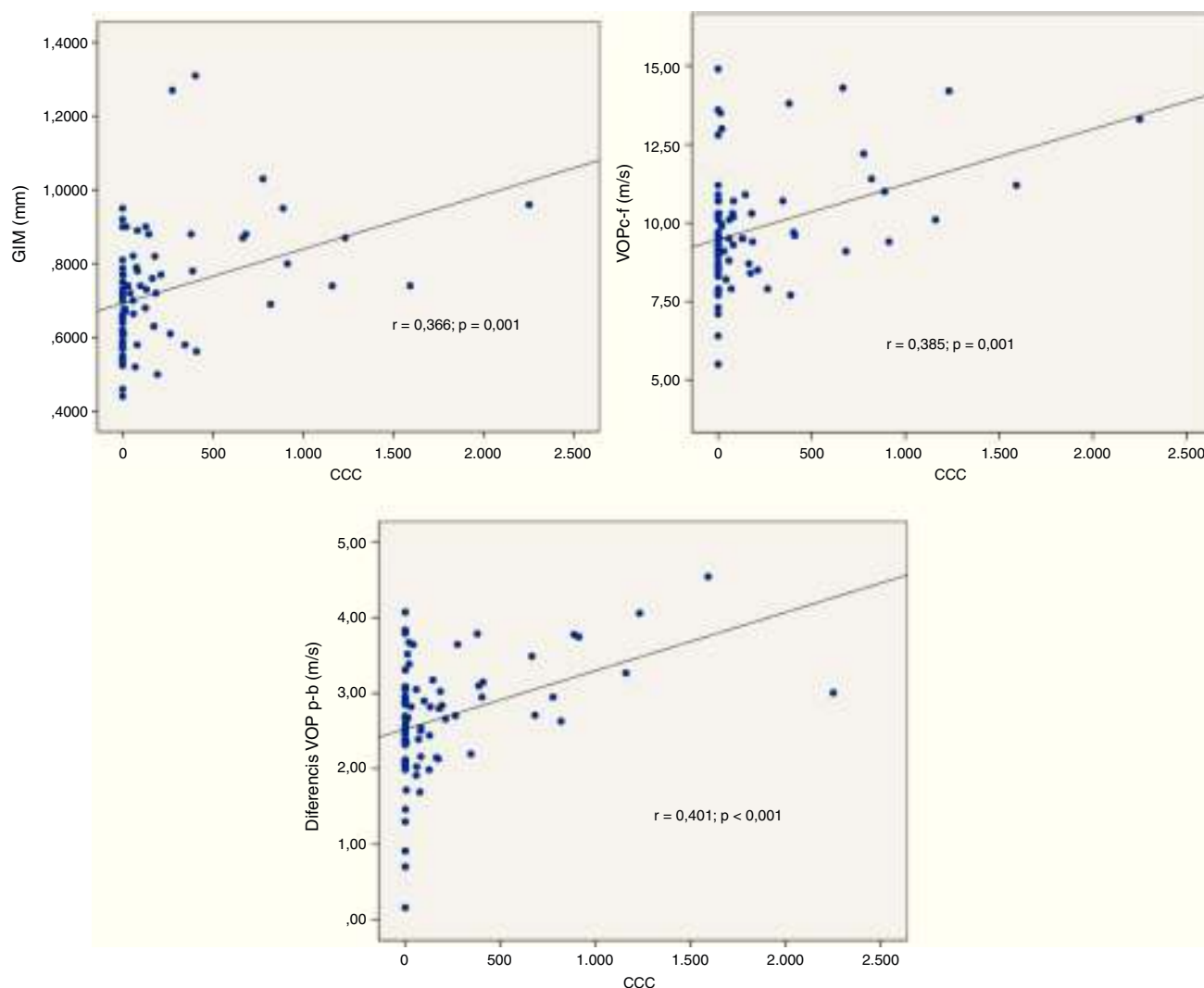


Figura 1 Relación entre GIM, VOP cf (COMPLIOR) y VOP P-B (VOPITB) con cuantificación de calcio coronario. GIM: grosor íntima-media en carótida común; VOP cf: velocidad onda de pulso carótido-femoral medida con COMPLIOR; VOP P-B: diferencia de velocidad de onda de pulso máxima de las piernas y mínima de los brazos medida con VOPITB; r: coeficiente de correlación de Pearson respecto a la medida de cuantificación de calcio coronario.

Medición del grosor íntima-media carotídeo

Se practicó una ecografía carotídea con el paciente en decúbito supino y el cuello ligeramente hiperextendido, siguiendo las recomendaciones del Consenso de Mannheim²³. Se utilizó un equipo de ultrasonido General Electrics Healthcare, Logiq S7® (General Electric Healthcare, Reino Unido), con una sonda lineal de 8 MHz. El GIM se midió automáticamente con el software específico del equipo. Para ello se tomó un segmento libre de placas de 1 cm en la pared posterior de la arteria carótida común, a 1 cm del bulbo carotídeo. Como valor del GIM se consideró la media de 5 mediciones en cada carótida, 2 anteriores, 2 posteriores y una intermedia.

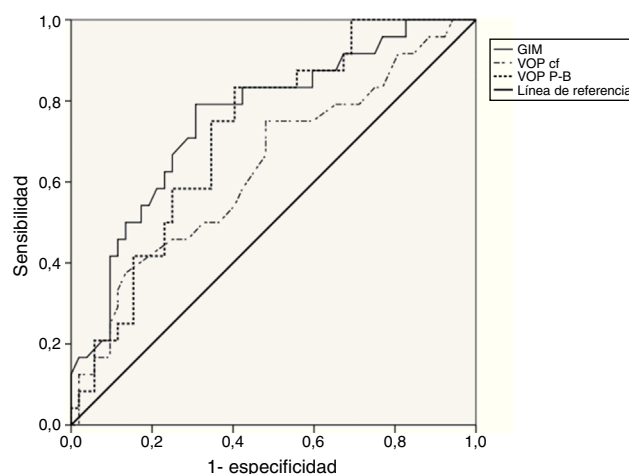
Análisis estadístico

Las variables continuas se expresaron como media $\pm$ desviación estándar, y las categóricas en porcentaje. Para comprobar si tenían una distribución normal se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. La comparación entre variables se estudió con la prueba t de Student en los casos de distribución normal o la U de Mann-Whitney en caso contrario, y la prueba de la chi al cuadrado para las variables categóricas. La relación entre los distintos parámetros se analizó con el coeficiente de correlación de Pearson. Para el estudio del área bajo la curva (ABC) se tomó como punto de corte de la CCC el valor de 100. Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$. Los datos se analizaron utilizando el programa estadístico IBM® SPSS® Statistics versión 22.

Resultados

Se incluyó a 81 pacientes (43% mujeres) con una edad media de 61 ± 11 años. Las principales características clínicas según la CCC se muestran en la [tabla 1](#). La edad media de los pacientes con $CCC < 100$ comparada con los de $CCC > 100$ fue de 58 ± 11 vs. 65 ± 9 años ($p = 0,007$). La proporción de varones en el grupo de $CCC > 100$ fue superior (63% vs. 33%, $p = 0,011$). En los pacientes del grupo con $CCC > 100$, la dislipidemia fue más frecuente (70% vs. 44%, $p = 0,028$), a expensas de niveles de triglicéridos más elevados (152 ± 31 mg/dL vs. 112 ± 46 mg/dL; $p = 0,026$). No se encontraron diferencias significativas en el resto de las variables analizadas.

En la [tabla 2](#) se muestran las correlaciones observadas entre la CCC y los índices obtenidos con VOPITB. La correlación de la suma de las VOP de las piernas y los brazos con la puntuación de la CCC fue: $r = 0,241$ ($p = 0,032$) y la del



	Área bajo la curva	IC (95%)	p
GIM (mm)	0,758	0,641 – 0,875	< 0,001
VOPcf (m/s)	0,636	0,499 – 0,773	0,058
VOP P-B (m/s)	0,721	0,605 – 0,837	0,002

Figura 2 Área bajo la curva para predecir $CCC > 100$ de GIM. CCC: cuantificación de calcio coronario; GIM: grosor íntima-media en carótida común; VOP cf: velocidad onda de pulso carótida-femoral medida con COMPLIOR; VOP P-B: diferencia velocidad onda de pulso máxima en piernas menos la máxima en brazos medida con VOPITB.

cociente VOP entre piernas y brazos: $r = 0,263$ ($p = 0,019$). La VOP de pierna menos brazo (VOP P-B), no obstante, fue la que mejor correlación tuvo con la CCC: $r = 0,401$ ($p < 0,001$).

En la [figura 1](#) se representan, mediante diagramas de dispersión, las correlaciones entre la CCC y el GIM ($r = 0,366$), la VOP cf medida con COMPLIOR ($r = 0,385$) y la VOP P-B medida con VOPITB ($r = 0,40$, $p < 0,001$ para todas las correlaciones).

En la [figura 2](#) se representa el ABC de las variables analizadas para una $CCC > 100$, considerada como medida de arteriosclerosis coronaria significativa. El ABC para el GIM fue 0,758 (intervalo de confianza [IC] del 95%, 0,641-0,875, $p < 0,001$); para VOP cf con COMPLIOR 0,636 (IC del 95%, 0,499-0,773), $p = 0,058$ y para VOP P-B con VOPITB 0,721 (IC del 95%, 0,605-0,837, $p = 0,002$).

La comparación de los valores del GIM, VOP cf (COMPLIOR) y VOP P-B (VOPITB) según la presencia o no de arteriosclerosis coronaria significativa, dependiendo de que la puntuación de la CCC fuera mayor o menor de 100, mostró: a) GIM (mm), $CCC < 100$ vs. $CCC > 100$ (media $\pm$ desviación estándar): $0,67 \pm 0,11$ vs. $0,81 \pm 0,18$, $p = 0,002$; b) VOP cf

Tabla 3 Comparación de los valores de GIM, VOP cf y VOP P-B según la cuantificación del calcio coronario

	CCC < 100 (n = 54)	CCC > 100 (n = 27)	p
Grosor íntima media (mm)	$0,67 \pm 0,11$	$0,81 \pm 0,18$	0,002
VOP cf. COMPLIOR (m/s)	$9,53 \pm 1,74$	$10,45 \pm 1,93$	0,043
Diferencia VOPP-B VOPITB (m/s)	$2,50 \pm 0,77$	$3,02 \pm 0,62$	0,003

Los resultados se expresan como media $\pm$ desviación estándar.

CCC: cuantificación de calcio coronario; GIM: grosor íntima-media (en carótida común); VOP cf: velocidad de onda de pulso carótida-femoral medida con COMPLIOR; VOP P-B: diferencia de velocidad de onda de pulso entre la máxima de la pierna y mínima del brazo medida con VOPITB.

(m/s) $9,53 \pm 1,74$ vs. $10,54 \pm 1,93$, $p=0,043$, y c) VOP P-B (m/s) $2,50 \pm 0,77$ vs. $3,02 \pm 0,62$, $p=0,003$ (tabla 3).

Discusión

Los resultados de este estudio muestran que la VOP P-B medida con el dispositivo VOPITB mantiene una buena correlación con la CCC. Esta asociación es comparable con la de otros métodos que cuantifican la arteriosclerosis, como la medición del GIM carotídeo y la VOP cf. La VOP P-B puede ser de utilidad para mejorar la estratificación del riesgo vascular y ayudar a identificar la enfermedad coronaria oculta en pacientes sin historia previa de cardiopatía isquémica, ictus o enfermedad arterial periférica.

La VOP es una medida de la rigidez arterial asociada al daño vascular, con poder predictivo de futuros acontecimientos cardiovasculares. La VOP en la aorta se considera la prueba de referencia, determinada localizando simultáneamente la onda de pulso en las arterias carótida y femoral (VOP cf)^{16,24}. Debido a algunos inconvenientes de esta prueba y buscando simplificar la técnica, se han introducido nuevos aparatos que miden la VOP en las arterias periféricas²⁵. Estos dispositivos han demostrado una eficacia comparable a los que determinan la VOP cf y sus mediciones se consideran como un marcador de riesgo vascular aceptable^{18,26}. En el presente trabajo se compara la asociación de distintos índices de VOP entre las extremidades con la presencia de arteriosclerosis coronaria significativa. De entre los índices investigados, la VOP P-B fue el más estrechamente asociado con la CCC. Por su mayor afectación en la arteriosclerosis, las medidas de VOP empleadas en la clínica se realizan en la aorta y los miembros inferiores. Aunque se han propuestos valores fijos de VOP que marcan un riesgo vascular elevado, la rigidez arterial está muy influenciada por la edad y el sexo; en consecuencia, deberían normalizarse para estas variables. Una ventaja potencial de la VOP P-B es que al comparar en el mismo paciente las arterias de las piernas con las menos enfermas del brazo, posiblemente sometidas al envejecimiento fisiológico, evitaría realizar estos ajustes. Finalmente, los resultados del presente estudio muestran que el ABC de la VOP P-B medido con VOPITB para la predicción de enfermedad coronaria silente fue superior a 0,7, indicando que este índice puede comportarse como un marcador aceptable de riesgo vascular. La VOP P-B medida con VOPITB podría complementar la información que proporcionan otras técnicas sobre el daño vascular en otros territorios arteriales, como el GIM carotídeo y la VOP cf, que, por otro lado, también han demostrado su correlación con la CCC. De estos métodos, VOPITB se postula como el más sencillo de realizar, siendo además independiente del operador.

La relación entre la rigidez arterial y la arteriosclerosis no está bien establecida¹⁵. La rigidez es consecuencia predominante de cambios en la capa media, progresando más rápidamente en las grandes arterias. Puesto que el aumento de grosor en la media puede observarse antes que la disminución del diámetro de la luz y el desarrollo de estenosis²⁷, la presencia de rigidez arterial permite realizar un diagnóstico precoz. Aunque todos los territorios arteriales comparten los mismos factores de riesgo, inciden de manera diferente en cada paciente y condicionan su

presentación clínica. La relación que mantienen la arteriosclerosis coronaria con otras arterias no es lineal, de aquí que la correlación entre la VOP P-B y la CCC no sea consistente, sin que ello pueda restarle valor a su utilidad clínica.

Una de las limitaciones de este trabajo es el pequeño número de pacientes reclutados de un solo centro. Además, se trata de un estudio transversal que solo permite especular acerca de los mecanismos fisiopatológicos que subyacen entre la asociación de las medidas de rigidez arterial o el GIM carotídeo con la CCC. Se ha intentado minimizar la influencia de los medicamentos vasoactivos sobre las mediciones de la VOP; para ello los pacientes no debían tomar medicación antihipertensiva en las 12 h previas a la realización de la prueba. Aunque no podemos afirmar que eliminamos estas posibles interferencias, creemos que, a diferencia de las estrictas investigaciones en laboratorios de hemodinámica, las condiciones de este estudio podrían acercarse a las habituales de la clínica diaria.

En conclusión, en pacientes sin enfermedad vascular sintomática, la VOP P-B determinada con el dispositivo VOPITB muestra una buena correlación con la CCC. Esta asociación es comparable con la del GIM carotídeo y la VOP cf con la CCC. Las mediciones de las VOP realizadas con VOPITB son fáciles, no requieren entrenamiento previo y pueden realizarse en cualquier consultorio. El dispositivo VOPITB puede contribuir a mejorar la estratificación de pacientes con riesgo vascular moderado.

Financiación

Instituto de Salud Carlos III: FIS 12/0013. Programa de Fomento para la Intensificación en investigación sanitaria. 2015. FUNDESALUD. Consejería de Salud y Política Sociosanitaria, Gobierno de Extremadura.

Conflicto de intereses

J. Vega Fernández, M. Tardío Fernández y JF Sánchez Muñoz-Torrero son coinventores del Dispositivo VOPITB. Patente registrada: ES 2 400 134 B2.

El resto de autores no declaran ningún conflicto de interés.

Bibliografía

1. Davies MJ. Anatomic features of victims of sudden death. *Coronary artery pathology*. 1992;85 (Suppl):19–24.
2. Cook NR, Paynter NP, Eaton CB, Manson JE, Martin LW, Robinson JG, et al. Comparison of the Framingham and Reynolds Risk scores for global cardiovascular risk Prediction in the multiethnic Women's Health Initiative. *Circulation*. 2012;125:1748–56.
3. Berry JD, Liu K, Folsom AR, Lewis CE, Carr JJ, Polak JF, et al. Prevalence and progression of subclinical atherosclerosis in younger adults with low short-term but high lifetime estimated risk for cardiovascular disease: The coronary artery risk development in young adults study and multi-ethnic study of atherosclerosis. *Circulation*. 2009;119:382–9.
4. Peters SA, den Ruijter HM, Bots ML, Moons KG. Improvements in risk stratification for the occurrence of cardiovascular disease by imaging subclinical atherosclerosis: A systematic review. *Heart*. 2012;98:177–84.

5. Ibañez B, Pinero A, Orejas M, Badimón JJ. Nuevas técnicas de imagen para la cuantificación de la carga aterosclerótica global. *Rev Esp Cardiol.* 2007;60:299–309.
6. Morcillo C, Valderas JM, Roca JM, Oliveró R, Núñez C, Sánchez M, et al. La determinación de calcio coronario con tomografía computarizada en la evaluación del riesgo cardiovascular: un estudio descriptivo. *Rev Esp Cardiol.* 2007;60:268–75.
7. Loscalzo J, Bonow RO, Jacobs AK. Coronary calcium screening and the American Heart Association News Embargo. *Circulation.* 2004;110:3504–5.
8. Greenland P, Gaziano JM. Selecting asymptomatic patients for coronary computed tomography or electrocardiographic exercise testing. *N Engl J Med.* 2003;349:465–73.
9. Einstein AJ, Henzlova MJ, Rajagopalan S. Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography. *JAMA.* 2007;298:317–23.
10. Inaba Y, Chen JA, Bergmann SR. Carotid plaque, compared with carotid intima-media thickness, more accurately predicts coronary artery disease events: A meta-analysis. *Atherosclerosis.* 2012;220:128–33.
11. Dachun X, Jue L, Liling Z, Yawei X, Dayi H, Pagoto S, et al. Sensitivity and specificity of the ankle –brachial index to diagnose peripheral artery disease: A structured review. *Vasc Med.* 2010;15:361–9.
12. Vlachopoulos C, Xaplanteris P, Aboyans V, Brodmann M, Cifková R, Cosentino F, et al. The role of vascular biomarkers for primary and secondary prevention. A position paper from the European Society of Cardiology Working Group on peripheral circulation: Endorsed by the Association for Research into Arterial Structure and Physiology (ARTERY) Society. *Atherosclerosis.* 2015;241:507–32.
13. Sugawara J, Hayashi K, Yokoi T, Cortez-Cooper MY, DeVan AE, Anton MA, et al. Brachial-ankle pulse wave velocity: An index of central arterial stiffness. *J Hum Hypertens.* 2005;19:401–6.
14. Sharma RK, Donekal S, Rosen BD, Tattersall MC, Volpe GJ, Ambale-Venkatesh B, et al. Association of subclinical atherosclerosis using carotid intima-media thickness, carotid plaque, and coronary calcium score with left ventricular dysynchrony: The multi-ethnic Study of Atherosclerosis. *Atherosclerosis.* 2015;239:412–8.
15. Kullo IJ, Bielak LF, Turner ST, Sheedy PF, Peyser PA. Aortic pulse wave velocity is associated with the presence and quantity of coronary artery calcium: A community-based study. *Hypertension.* 2006;47:174–9.
16. ESH/ESC Task Force for the Management of Arterial Hypertension. 2013 Practice guidelines for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and the European Society of Cardiology (ESC): ESH/ESC Task Force for the Management of Arterial Hypertension. *J Hypertens.* 2013;31:1925–1938.
17. Van Bortel LM, Laurent S, Boutouyrie P, Chowienczyk P, Cruickshank JK, De Backer T, et al. Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity. *J Hypertens.* 2012;30:445–8.
18. Yamashina A, Tomiyama H, Takeda K, Tsuda H, Arai T, Koji Y, et al. Validity, reproducibility, and clinical significance of noninvasive brachial-ankle pulse wave velocity measurement. *Hypertens Res.* 2002;25:359–64.
19. Rajzer MW, Wojciechowska W, Kloczek M, Palka I, Brzozowska-Kiszka M, Kawecka-Jaszcz K. Comparison of aortic pulse wave velocity measured by three techniques: Complior, SphygmoCor and Arteriograph. *J Hypertens.* 2008;26:2001–7.
20. Muñoz-Torrero JF, Tardío-Fernández M, Valverde-Valverde JM, Duque-Carrillo F, Vega-Fernández JM, Joya-Vázquez P, et al. Pulse wave velocity in four extremities for assessing cardiovascular risk using a new device. *J Clin Hypertens (Greenwich).* 2014;16:378–84.
21. Keelan PC, Bielak LF, Ashai K, Jamjoum LS, Denktas AE, Rumberger JA, et al. Long-term prognostic value of coronary calcification detected by electron-beam computed tomography in patients undergoing coronary angiography. *Circulation.* 2001;104:412–7.
22. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte M Jr, Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol.* 1990;15:827–32.
23. Touboul PJ, Hennerici MG, Meairs S, Adams H, Amarenco P, Bornstein N, et al. Mannheim carotid intima-media thickness and plaque consensus (2004-2006-2011). An update on behalf of the advisory board of the 3rd, 4th and 5th watching the risk symposia, at the 13th, 15th and 20th European Stroke Conferences, Mannheim. *Cerebrovasc Dis.* 2012;34:290–6.
24. Laurent S, Cockcroft J, van Bortel L, Boutouyrie P, Giannattasio C, Hayoz D, et al. European Network for non-invasive investigation of large arteries. Expert consensus document on arterial stiffness: Methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J.* 2006;27:2588–605.
25. Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: A systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2010;55:1318–27.
26. Tanaka H, Munakata M, Kawano Y, Ohishi M, Shoji T, Sugawara J, et al. Comparison between carotid-femoral and brachial-ankle pulse wave velocity as measures of arterial stiffness. *J Hypertens.* 2009;27:2022–7.
27. Lino R, Yokoyama N, Konno K, Naito K, Isshiki T. Impact of combined assessment of coronary artery calcium score, carotid artery plaque score, and brachial-ankle pulse wave velocity for early coronary revascularization in patients with suspected coronary artery disease. *Int Heart J.* 2012;53:154–9.