

Pediatría

www.elsevier.es/revistapediatria



Original

Evaluación vascular funcional por ecografía en pacientes pediátricos con riesgo cardiovascular, desarrollo de protocolo de estudio

Álvaro Ariza^a y Álvaro Jácome^{b,*}

^aMédico radiólogo, Clínica del Country, Bogotá, D.C., Colombia

^bMédico pediatra, Clínica del Country, Bogotá, D.C., Colombia

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 6 de junio de 2014

Aceptado el 1 de agosto de 2014

Palabras clave:

Riesgo Cardiovascular

Enfermedad de Kawasaki

Ecografía vascular

R E S U M E N

Objetivo: Desarrollar un protocolo de estudio con ultrasonido para establecer riesgo cardiovascular en la población pediátrica.

Metodología: Se desarrolló un protocolo de estudio mediante ultrasonido para evaluar el riesgo cardiovascular en la población pediátrica que evalúa el estado de la reacción vascular. **Resultados:** Se incluyeron 50 sujetos en edad pediátrica entre enero y junio del 2012, once pacientes con antecedentes de enfermedad de Kawasaki y 39 pacientes sin antecedentes para riesgo cardiovascular. En 17 pacientes sin antecedentes cardiovasculares no se pudo realizar la prueba en forma completa por falta de colaboración o datos incompletos. La edad promedio de los pacientes sanos fue de 75 meses y en los pacientes con enfermedad de Kawasaki fue de 68 meses. Las pruebas que se realizaron midieron parámetros vasculares físicos y funcionales. No se encontraron diferencias significativas entre las dos poblaciones, aunque se demostró una tendencia de aumento en la velocidad de onda de pulso, con disminución de la capacidad de distensión en los pacientes con enfermedad de Kawasaki con respecto a los sanos.

Conclusiones: Se desarrolló un protocolo de estudio mediante ultrasonido para evaluar el riesgo cardiovascular en la población pediátrica. Este estudio ecográfico puede ser rutinariamente realizado en niños mayores de tres años, en los niños menores de treinta meses, el estudio es limitado por falta de colaboración de estos. No se encontraron diferencias significativas entre la población normal y la de riesgo cardiovascular. Dada la limitación del tamaño de la muestra se hace necesario ampliarla con el objeto de evaluar la tendencia observada.

© 2014 Revista Pediatría EU. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: alvarjacome@gmail.com (Á Jácome).

Functional vascular assessment with ultrasound in pediatric patients with cardiovascular risk: Development of study protocol

A B S T R A C T

Keywords:

Cardiovascular Risk
Kawasaki Disease
Vascular Ultrasound

Objective: To develop an ultrasound study protocol to establish cardiovascular risk in the pediatric population.

Materials and methods: An ultrasound protocol to assess cardiovascular risk was developed to evaluate vascular reactivity in the pediatric population.

Results: Fifty pediatric patients were recruited between January and June 2012. Eleven patients had a history of Kawasaki's disease, and 40 patients with no history of cardiovascular risk. In 17 patients with no history of cardiovascular disease, the test could not be fully performed due to lack of collaboration. The mean age of the healthy subjects was 75 months, and in patients with Kawasaki's disease it was 68 months. The test performed included vascular physical and functional parameters. The test did not find significant differences between the two populations, although a trend of increasing pulse wave velocity associated with reduced distensibility was found in patients with Kawasaki's disease compared to the healthy subjects.

Conclusions: This protocol can be routinely performed in cooperative patients but is limited in children under thirty months of age due to lack of collaboration. No significant differences between the normal and cardiovascular risk population were found. An increase in the sample size is necessary in order to assess the observed trend.

© 2014 Revista Pediatría EU. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons CC BY-NC-ND Licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>).

Introducción

La enfermedad cardiovascular arterioesclerótica se encuentra entre las principales causas de muerte en adultos. Sin embargo, su manifestación en la infancia y adolescencia es infrecuente. Los factores de riesgo y los comportamientos de riesgo que aceleran el desarrollo de la arterioesclerosis se inician en la infancia y hay evidencia de que la reducción del riesgo retrasa la progresión de la enfermedad clínicamente evidente¹.

La información disponible hasta el momento apoya la hipótesis de que una intervención temprana en los estilos de vida debería comenzar desde los primeros años de vida. Por ello, resulta de tanto interés disponer de un método que permita una aproximación al problema en la fase preclínica, en particular cuando comienza la fase de cambios funcionales en el endotelio o durante los primeros cambios histológicos, como elemento para evaluación y seguimiento²⁻⁵.

En este sentido, se han desarrollado diversas técnicas no invasivas basadas en el ultrasonido dirigidas a determinar el grado de compromiso arterial en los sujetos con factores de riesgo cardiovascular. La mayoría de los artículos publicados evalúan los cambios morfológicos de la pared arterial midiendo el grosor de la capa íntima y media de la arteria carótida y relacionando su incremento progresivo con la gravedad y la extensión de la enfermedad arterial coronaria y los accidentes vasculares⁶⁻¹⁰.

Sin embargo, diversos autores han concluido que esta aproximación es una valoración estructural de la región examinada y proponen el empleo de técnicas de ultrasonido

de alta resolución para una evaluación funcional en la elasticidad arterial. La mayoría de estos trabajos se han llevado a cabo en población adulta concluyendo que el aumento de la rigidez arterial por la arterioesclerosis es un buen factor predictor de eventos cardiovasculares, independiente de los factores clásicos. El estudio de la rigidez arterial se ha enfocado en la determinación de la medición de la velocidad de la onda de pulso y la capacidad de reacción arterial asociada con la función endotelial^{4,11-13}.

Como parte del desarrollo del protocolo de investigación «Determinación del polimorfismo de genes inflamatorios en una población colombiana pediátrica con enfermedad de Kawasaki, y su riesgo cardiovascular, estudio de casos y controles», estudio ya terminado, fue necesaria la implementación de un protocolo en el Servicio de Imágenes Diagnósticas de la Clínica del Country para evaluar el riesgo cardiovascular mediante ultrasonido para esta población de estudio.

Estas pruebas se practicaron en niños normales reclutados como controles en el estudio principal del cual se tomó la presente muestra y en pacientes con antecedentes de enfermedad de Kawasaki, la cual actualmente es aceptada como la primera causa de cardiopatía coronaria adquirida en la infancia^{14,15}. Basados en el concepto de riesgo cardiovascular, como objetivo se desarrolló un protocolo de estudio ultrasonográfico para evaluar la condición estructural y la respuesta funcional vascular, como medida del compromiso arterial, realizando en primera instancia una revisión bibliográfica para determinar el desempeño de las diferentes pruebas para la evaluación del riesgo cardiovascular en pediatría encontrándose que no existe consenso al respecto^{1,13,14}.

Materiales y métodos

Se combinaron varias pruebas en un solo protocolo ultrasonográfico para medir el grado de compromiso vascular incluyendo la medición del grosor de la capa íntima y de la media, el test de reacción de la arteria braquial y la determinación de la velocidad de onda de pulso. Con los datos obtenidos de estas pruebas se derivaron otros cálculos complementarios asociados con la determinación de la capacidad de distensión arterial, rigidez y elasticidad^{1,15}.

La población de estudio incluyó 50 pacientes remitidos al Departamento de Imágenes Diagnósticas para ser evaluados con ultrasonido dentro del protocolo de estudio «Determinación del polimorfismo de genes inflamatorios en una población colombiana pediátrica con enfermedad de Kawasaki, y su riesgo cardiovascular, estudio de casos y controles». En este grupo se encontraban 11 pacientes con antecedente conocido de enfermedad de Kawasaki.

Se excluyeron aquellos pacientes cuyos registros obtenidos no cumplían con la calidad requerida durante su revisión y posterior al proceso.

Luego de la evaluación por el Comité de Ética en Investigación de la Clínica del Country, se realizó una reunión grupal informativa y luego individual con los padres de los pacientes y de los niños sanos para la explicación del procedimiento que se iba a realizar. La participación de los pacientes con enfermedad de Kawasaki, así como de los niños sanos, fue voluntaria y en todos los casos se obtuvo el consentimiento y asentimiento informado respectivo.

Procedimiento

Para la recolección de datos se hizo una revisión retrospectiva de las historias clínicas de los pacientes pediátricos de la Clínica del Country con diagnóstico de enfermedad de Kawasaki; entre los años 2006 y 2012, se encontraron 19 pacientes que cumplían con los requisitos diagnósticos para enfermedad de Kawasaki y se logró recuperar las historias clínicas completas de 11 pacientes, los cuales fueron ubicados para realizar el estudio, actualizando su estado clínico de acuerdo con el protocolo de estudio, practicándoles un examen físico completo y exámenes paraclínicos, como pruebas de laboratorio y ecocardiograma.

Se definió la recolección de la muestra de la población control a conveniencia, y se decidió aparear los pacientes con antecedentes con enfermedad de Kawasaki con dos controles sanos, por sexo, edad y condiciones físicas. Estos pacientes fueron seleccionados por una convocatoria a libre elección en la consulta privada de uno de los autores, presentada entre septiembre del 2011 y mayo del 2012. El estudio se desarrolló entre enero y junio del 2012.

El estudio ultrasonográfico fue realizado por dos radiólogos institucionales, cada uno con más de diez años de experiencia en ultrasonido vascular, habiendo estandarizado previamente la prueba, no se evaluó la concordancia. Se definió previamente el ciego para los radiólogos, previo acuerdo con

los padres de los pacientes, de los antecedentes de estos, con objeto de evitar el sesgo de selección.

Para el estudio se empleó un equipo Toshiba Xario™ con transductor lineal de 14 MHz equipado con tarjeta de registro electrocardiográfico sincronizado con la imagen de ultrasonido para el estudio dinámico y posterior al proceso de las imágenes adquiridas. Los registros fueron obtenidos en formato DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*) y archivados en ese mismo formato.

Preparación del paciente

Debido a que hay múltiples factores que afectan la capacidad de reacción vascular, incluyendo medicamentos, temperatura, alimentos y estímulos de tipo simpático, los pacientes debían ayunar, por lo menos, por 4 horas y debían ser estudiados en un ambiente de temperatura controlada, en silencio. Los medicamentos vasoactivos debían ser restringidos, por lo menos, por cuatro vidas media. Además, no debían ejercitarse ni ingerir sustancias que pudieran alterar la capacidad de reacción arterial, tales como cafeína, comidas grasas, vitamina C y tabaco, por lo menos, en las cuatro horas previas al estudio.

Adquisición de imágenes

El paciente se ubicaba en decúbito supino en una postura cómoda para la observación de las arterias carótidas, braquial derecha y femoral común derecha. Estas siempre se estudian en el plano longitudinal. Se seleccionaba un segmento que tuviera interfaces internas bien delimitadas simultáneamente tanto en la pared arterial proximal a la superficie del transductor como en la pared distal para el estudio en escala de grises. Esto incluía que se observara doble línea ecogénica tanto en la pared proximal como en la distal para certificar un plano de adquisición perpendicular (plano del transductor paralelo a las paredes vasculares). Las medidas en el eje transversal (cortes axiales) no permitían realizar varias medidas en una sola imagen para establecer el promedio, a veces necesario, pues permitían un único punto para realizar la medida. Además, en el eje longitudinal el diámetro permanece constante cuando el transductor está levemente desplazado o en ángulo, mientras que en el plano axial se observa alteración de la medida inducida por la deformidad geométrica. Se registraron marcas anatómicas tales como venas y planos de fascias para mantener sin modificación el mismo segmento arterial durante todo el estudio.

Simultáneamente en todo momento se obtuvo el registro electrocardiográfico, el cual se grafica paralelo al espectro de flujo. Se debe contar con un trazo electrocardiográfico libre de artificios y con la línea de base plana, con el objetivo de optimizar la precisión de las medidas. El trazo se debe tomar con el paciente en reposo (al menos, 5 minutos de reposo absoluto) y sin ninguna evidencia de arritmia cardíaca.

Velocidad de onda de pulso

La velocidad de la onda de pulso ha demostrado ser una medida que se relaciona con la rigidez arterial. En la medida en que el tiempo de tránsito se hace más rápido está implícito el hecho de que hay una menor capacidad de distensión (mayor rigidez) de la aorta abdominal como vaso de mayor

calibre del cuerpo y, por ende, de las demás arterias. Debido a que no es técnicamente fácil la medición de las velocidades de pulso en forma reproducible en los extremos de la aorta, la medida de la velocidad de la onda de pulso se hace desde la carótida común hasta la femoral común, vasos cuya disposición permite el estudio percutáneo en forma reproducible y sin distorsión significativa de las velocidades de pulso.

Grosor de la capa íntima y media/Espesor de la capa íntima y media

La medida del grosor o espesor de la capa íntima y media permite identificar y cuantificar enfermedad vascular subclínica (es decir, arterioesclerosis) y evaluar riesgo cardiovascular. Es una medida que demuestra el compromiso carotídeo pero que puede ser extrapolada a la existencia de alteraciones en todo el árbol arterial.

Técnica del test de capacidad de reacción de la arteria braquial

La función endotelial es un factor importante en la patogénesis de la arterioesclerosis, la hipertensión y la falla cardiaca. Con el test de capacidad de reacción de la arteria braquial es posible evaluar la vasodilatación dependiente del endotelio mediada por el flujo mediante la liberación de óxido nítrico que puede ser cuantificada como indicativa de la función vasomotora¹.

Vasodilatación mediada por flujo

Para crear el estímulo de flujo en la arteria braquial se utiliza un manguito de tensiómetro alrededor del antebrazo. Se obtiene una imagen basal en reposo y se obtiene un registro del diámetro arterial interno, así como del flujo estimado con un volumen de muestra en el centro de la arteria cuyos límites correspondan al calibre de vaso. Se mantiene una interrogación paralela a las paredes vasculares a 60 grados para el registro.

Posteriormente, se realiza una oclusión arterial elevando la presión del manguito de tensiómetro 10 mm Hg por encima de la presión sistólica durante 5 minutos. Esto causa isquemia y la consecuente dilatación de los vasos distales de resistencia vía los mecanismos reguladores. La liberación de la presión en el manguito induce un breve estado de alto flujo a través de la arteria braquial (hiperemia reactiva) para nivelar los vasos de resistencia dilatada. El aumento del estrés de cizalla lleva a dilatar la arteria braquial, cuya imagen longitudinal es registrada en forma continua, por lo menos, desde 30 segundos antes y hasta 120 segundos después de la liberación de la presión del manguito. El registro Doppler se obtiene inmediatamente después de la liberación de la presión del manguito y nunca después de más de 15 segundos para evaluar la velocidad de flujo durante la hiperemia.

Pruebas derivadas

Dentro del protocolo de estudio se incluyó la toma de la presión arterial, así como la medida del diámetro de la luz de la carótida interna al final de la diástole (inicio de la onda R) y durante la sístole (pico de la onda T). Contando con estos valores se realizaron las siguientes determinaciones basadas en los datos obtenidos de los registros ecográficos^{11,15-18}:

Capacidad de distensión arterial diametral La capacidad de distensión arterial se puede determinar por medio del coeficiente de capacidad de distensión definido como el cambio de diámetro carotídeo relativo para un incremento de la presión arterial en relación con su diámetro sistólico.

Capacidad de distensión arterial seccional La capacidad de distensión arterial por área puede ser definida como el cambio de área relativa de la carótida para un incremento de la presión arterial.

Capacidad de distensión arterial Es el cambio de diámetro absoluto (o área) por unidad de presión en un segmento de longitud definido de un vaso (igual a la capacidad de distensión multiplicada por el área transversa de la arteria).

Módulo elástico de Peterson Es el cambio de presión necesario para estirar 100% el diámetro en reposo del vaso en un segmento de longitud definido. Es igual al cambio en el diámetro carotídeo para un cambio en la presión arterial relativo al diámetro promedio.

Módulo de Young Módulo elástico por unidad de área, determinado por el cambio de presión por centímetro cuadrado requerido (teórico) para lograr 100% de estiramiento de la longitud en reposo (rigidez arterial por espesor de la pared arterial).

Índice de rigidez β Relación del logaritmo (presiones sistólica/diastólica) a cambio relativo el diámetro.

Análisis estadístico

La información obtenida en los estudios de ultrasonido fue revisada en una estación de trabajo y alimentada en un desarrollo propio en Excel™ (Microsoft) para ejecutar los cálculos derivados para capacidad de distensión arterial diametral, capacidad de distensión arterial seccional, módulo elástico de Peterson, módulo de Young e índice de rigidez β . Se realizó valoración de normalidad en las variables numéricas, se empleó la prueba no paramétrica para la comparación de los resultados entre casos y controles, tipo U de Mann Whitney, utilizando el software SPSS 21™ y GraphPad™.

Resultados

Se examinaron 50 sujetos en el periodo de tiempo comprendido, 11 pacientes con enfermedad de Kawasaki y 39 pacientes controles sanos, entre enero y julio de 2012. Todos ellos provenían de Bogotá. Entre el grupo de pacientes con antecedente de enfermedad de Kawasaki y el grupo de pares sano, no se encontraron pacientes con sobrepeso o hipertensión arterial y las pruebas bioquímicas fueron normales en ambos grupos.

En el grupo de estudio, había 28 (57%) mujeres y 22 (43%) hombres. Once (20%) pacientes con antecedentes de enfermedad de Kawasaki y 39 (80%) pacientes sanos, sin antecedentes personales ni familiares de riesgo cardiovascular (tabla 1).

Tabla 1 – Distribución por sexo caso/control

Sexo	Control	Caso	Total
Femenino	16 (76,2%)	5 (23,8%)	21 (63,6%)
Masculino	6 (50%)	6 (50%)	12 (36,4%)
Total	22 (66,6%)	11 (33,3%)	33 (100%)

En cuanto a la edad de los sujetos, encontramos que en nuestra población oscilaba entre los 18 y los 192 meses, para los pacientes con antecedentes de enfermedad de Kawasaki la edad promedio fue de 75 meses de edad, y para la población sana, el promedio fue de 68 meses de edad (tabla 2).

Se pudo realizar en forma adecuada el estudio en 33/50 (66%) pacientes, con una edad promedio de 82 meses (rango entre 18 y 192 meses). De la muestra, 13/50 (26%) pacientes fueron excluidos por no poderse realizar la prueba dinámica ecográfica en forma satisfactoria; en este grupo, la edad promedio fue de 30 meses y en 4/50 (8%) no se completaron los estudios de evaluación clínica o ecocardiograma. Las razo-

nes por las cuales no se pudo obtener una prueba ecográfica dinámica en 12/13 (92%) pacientes fue debido a movimiento de ellos durante el estudio, dado que el protocolo requiere de inmovilidad completa, al menos, durante la toma de los registros, lo cual no fue posible en estos niños. En un caso (1/13) (8%) la razón fue la presencia de arritmia cardiaca, que limitó la adquisición del tiempo de tránsito (Δt) para el cálculo de la velocidad de onda de pulso.

Entre los 17 pacientes en quienes no se pudo obtener un estudio completo se encontró que en 13 no se obtuvo ningún registro confiable, en 4 se obtuvo medición satisfactoria de la velocidad de onda de pulso. Sin embargo, en ninguno de ellos fue posible registrar adecuadamente el grosor de la capa íntima y de la media o el test de capacidad de reacción de la arteria braquial.

Las pruebas vasculares pudieron ser adecuadamente realizadas y los resultados obtenidos mostraron tendencias que sugieren la presencia de aumento de la rigidez arterial y disminución de la capacidad de reacción mediada por el endotelio en el grupo de pacientes con antecedentes de enfermedad de Kawasaki en comparación con los sujetos sanos (tabla 3; figs. 1-4).

Tabla 2 – Valores medidas generales caso/control

	Control				Caso			
	Media	IC 95%	DS	SE	Media	IC 95%	DS	SE
Edad	75,45	(58,5-92,2)	38	0,2	68,55	(37,2-99)	46,7	0,033
Peso	24,759	(18,9-30,5)	13	0,01	21,255	(11,8-30,7)	14,15	0,01
Perímetro Abd.	58,32	(53,79-62,9)	10	0,006	45,3	(28-62,5)	25,61	0,083
IMC	16,58	(15,63-16,58)	2,7	0,001	16,52	(14,87-18,16)	2,44	0,027
PA sistólica	98,14	(93,4-102)	11	0,091	101,09	(96-106,18)	7,58	0,691
PA diastólica	57	(54-60)	6,6	0,499	61,82	(55,2-68,4)	9,84	0,357
Colesterol T	157,8	(126,5-189,2)	71	0	120,55	(63,3-177,6)	85,21	0,03
Colesterol AD	45	(35,5-54,5)	21	0,002	47,8	(27,2-68,5)	30,8	0,174
Colesterol BD	99,27	(77-121,6)	50	0,036	80	(35,9-125)	65,96	0,102
Triglicéridos	63,51	(43,5-83,5)	45	0,078	86	(41-130,5)	66,3	0,202

SE: significancia estadística.

Tabla 3 – Valores pruebas funcionales vasculares ecográficas casos/control

	Mediana	IC (25-75%)	mediana	IC (25-75%)	SE
VOPAC	0,092	(0,09-0,108)	0,083	(0,05-0,117)	0,396
VOPFC	0,167	(0,125-0,192)	0,167	(0,125-0,192)	0,418
VOP ms	6,18	(5,27-7,45)	5	(4,8-6,4)	0,048
Comp. Art.	0,85	(0,23-1,4)	0,83	(0,27-1,3)	0,665
Modul Elas	31,99	(25,6-46,9)	24,76	(3,63-57,6)	0,336
DC Sistó.	4,95	(4,7-5,62)	5,1	(4,4-5,4)	0,317
DC Diast.	4,4	(3,97-4,8)	4,3	(3,6-5,1)	0,749
Bart Pre.	2,14	(1,97-2,42)	2,2	(1,6-2,3)	0,778
Bart Post.	2,4	(1,8-2,6)	2,4	(1,8-2,6)	0,866
Bart	8,76	(3,43-18,39)	9,52	(3,23-13,4)	0,925
Grosor	0,8	(0,5-0,9)	0,6	(0,1-0,8)	0,114

DC Diast.: distensión carótida diástole; DC Sistó.: distensión carótida sistólico; SE: significancia estadística; VOP ms: velocidad de flujo en milisegundos; VOPAC: velocidad de flujo en arteria carotidea; VOPFC: velocidad de flujo en arteria femoral.

Prueba de U de Mann-Whitney.

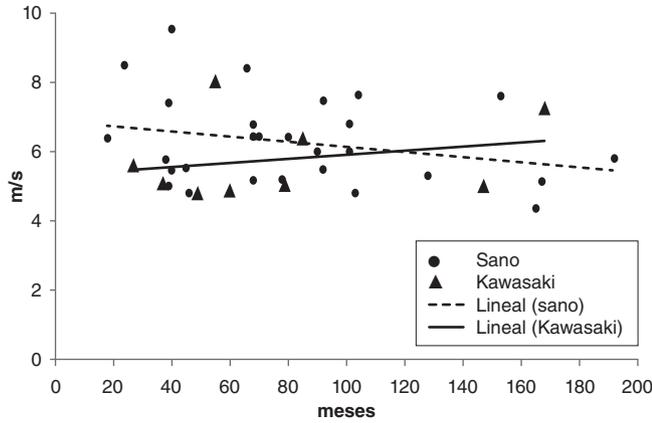


Figura 1 – Velocidad de onda de pulso.

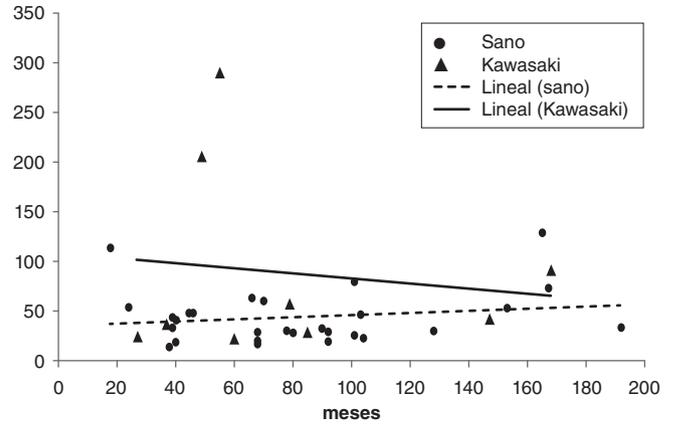


Figura 3 – Módulo de Young.

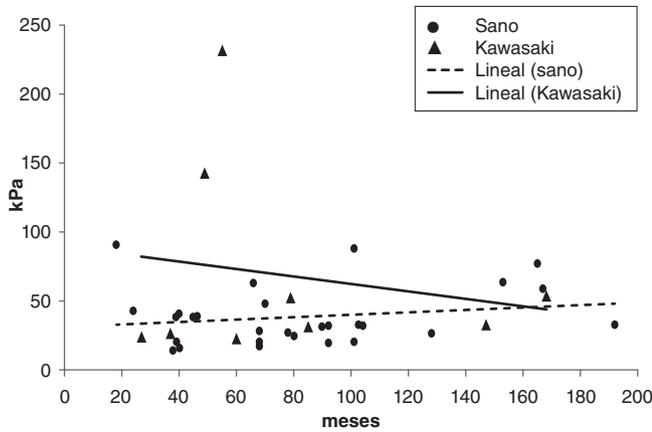


Figura 2 – Módulo elástico de Peterson.

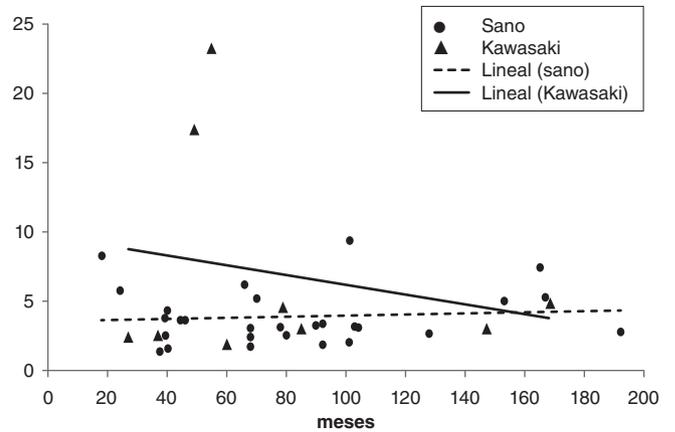


Figura 4 – Índice de rigidez β .

Discusión

Se ha asociado la actividad inflamatoria crónica como un proceso común a una serie de enfermedades tanto en los pacientes en edad pediátrica como en la edad adulta, que genera cambios funcionales en el sistema circulatorio, los cuales tienen como desenlace final el desarrollo de enfermedad ateromatosa en enfermedades tales como la diabetes, la obesidad, enfermedades con procesos inflamatorios autoinmunes y trastornos de metabolismo lipídico^{1,14}.

Se acepta que la fase preclínica de la enfermedad ateromatosa tiene su desarrollo durante la infancia, siendo sus manifestaciones clínicas solo visibles en la edad adulta; los primeros cambios que se desarrollan están dados por la disminución en la capacidad de distensión de las arteriolas, que está relacionada con la elasticidad, y que puede ser evaluada por el aumento en la velocidad de conducción arterial. La mayoría de los estudios publicados en pediatría evalúan los cambios finales a nivel arterial evaluando el cambio del diámetro de la íntima arterial o la presencia de enfer-

medad ateromatosa, principalmente en pacientes obesos, luego la posibilidad de desarrollar una tecnología evaluativa que permita conocer de forma precoz estos cambios brinda la posibilidad de que, al ser detectados, se inicien actividades preventivas y terapéuticas que los reviertan¹⁴⁻²⁰.

El uso del ultrasonido en pediatría tiene como ventaja el hecho de que no utiliza radiaciones ionizantes y, por lo tanto, se puede practicar secuencialmente en múltiples oportunidades para hacer seguimiento. Además, es una medida dinámica en tiempo real que no solo evalúa la estructura vascular (es decir, el grosor de la íntima y la media), sino que también explora la función endotelial (es decir, el test de capacidad de reacción de la arteria braquial) y puede explorar características intrínsecas de arterias de grande y mediano calibre.

Aunque hay publicaciones dispersas en la literatura sobre estudios implementados por diversos investigadores, aún no existe consenso sobre los protocolos por seguir en la población pediátrica dadas sus características intrínsecas, teniendo en cuenta que los diferentes estudios requieren diferente grado de colaboración por parte de los pacientes

limitando su factibilidad; además, se requiere un grado importante de experiencia por parte de los evaluadores y un *software* especial que permita realizar estos estudios en forma masiva.

Sin embargo, en la experiencia realizada el estudio más fácil y rápido de realizar fue la medición de la velocidad de la onda de pulso, pues requiere el menor tiempo de inmovilidad voluntaria por parte del paciente. Los estudios de medición del grosor de la íntima y la media y el test de capacidad de reacción de la arteria braquial requieren inmovilidad por periodos más prolongados para obtener registros de buena calidad. Encontramos que el realizar varias pruebas en secuencia permite obtener un grupo de mediciones complementarias y que, además, pueden ser computadas para obtener pruebas derivadas que amplían el espectro de información aportado por la modalidad diagnóstica.

Consideramos que la importancia de la presente metodología es mostrar que existe una posibilidad de evaluar en forma temprana los cambios funcionales reversibles a nivel de arteriolas, los cuales, de persistir de acuerdo con las condiciones individuales de cada persona, son el inicio del proceso degenerativo ateromatoso, y en pacientes pediátricos con factores de alto riesgo cardiovascular puede ser una herramienta de seguimiento y control.

Vemos como una debilidad de la presente metodología la necesidad de un *software* especializado que requiere, además de un equipo con elementos tecnológicos accesibles por su costo, principalmente en instituciones de tercer y cuarto nivel, radiólogos entrenados en este procedimiento y la falta de valores normales en la población infantil normal.

Además, el estudio presenta limitaciones que incluyen una población reducida y seleccionada por conveniencia, lo cual puede inducir sesgos de selección, hay moderada dispersión de los datos y esto puede tener que ver con las características propias de la población pediátrica seleccionada, así como con el hecho de no ser una tecnología de uso rutinario en la cual no existen valores estandarizados por edad.

Como conclusión, en el presente trabajo no se logró demostrar diferencias significativamente estadísticas entre la población normal y la población con riesgo cardiovascular establecido por el antecedente de enfermedad de Kawasaki, se encontró que técnicamente es posible desarrollar mediciones que tienen un valor diagnóstico arterial funcional, como es la medición de la velocidad de pulso técnicamente en forma sencilla en la población pediátrica mayor de 3 años, y que es posible obtener otros resultados en poblaciones pediátricas con mayor edad si hay adecuada colaboración.

Es importante consolidar la manera de obtener datos de los cambios arteriales tempranos, así como de los efectos de las intervenciones en la población pediátrica, y de generar conciencia sobre la necesidad de trabajo continuo en salud preventiva.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Expert Panel on Integrated Guidelines for Cardiovascular Health and Risk Reduction in Children and Adolescents; National Heart, Lung, and Blood Institute. Expert panel on integrated guidelines for cardiovascular health and risk reduction in children and adolescents: summary report. *Pediatrics*. 2011;128 Supl. 5:S213-256.
2. Charakida M, Deanfield JE, Halcox JPJ. Childhood origins of arterial disease. *Curr Opin Pediatr*. 2007;19:538-45.
3. Aggoun Y, Szezepanski I, Bonnet D. Noninvasive assessment of arterial stiffness and risk of atherosclerotic events in children. *Pediatr Res*. 2005;58:173-8.
4. Tounian P, Aggoun Y, Dubern B, Varille V, Guy-Grand B, Sidi D, et al. Presence of increased stiffness of the common carotid artery and endothelial dysfunction in severely obese children: A prospective study. *Lancet*. 2001;358:1400-4.
5. Groner JA, Joshi M, Bauer JA. Pediatric precursors of adult cardiovascular disease: Noninvasive assessment of early vascular changes in children and adolescents. *Pediatrics*. 2006;118:1683-91.
6. Li S, Chen W, Srinivasan SR. Childhood cardiovascular risk factors and carotid vascular changes in adulthood. The bogalusa heart study. *ACC Curr J Rev*. 2004;13:63-4.
7. Raitakari OT, Juonala M, Kahonen M, Taittonen L, Maki-Torkkonen N, Jarvisalo MJ, et al. Cardiovascular risk factors in childhood and carotid artery intima-media thickness in adulthood: the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *JAMA*. 2003;290:2277-83.
8. Oren A, Vos LE, Uiterwaal CS, Gorissen WH, Grobbee DE, Bots ML. Change in body mass index from adolescence to young adulthood and increased carotid intima-media thickness at 28 years of age: The atherosclerosis risk in young adults study. *Int J Obes*. 2003;27:1383-90.
9. Demircioğlu F, Koçyiğit A, Arslan N, Cakmakçi H, Hizli S, Sedat AT. Intima-media thickness of carotid artery and susceptibility to atherosclerosis in obese children with nonalcoholic fatty liver disease. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2008;47:68-75.
10. Stabouli S, Kotsis V, Papamichael C, Constantopoulos A, Zakopoulos N. Adolescent obesity is associated with high ambulatory blood pressure and increased carotid intimal-medial thickness. *J Pediatr*. 2005;147:651-6.
11. van der Heijden-Spek JJ, Staessen JA, Fagard RH. Effect of age on brachial artery wall properties differs from the aorta and is gender dependent: A population study hypertension. *Hypertension*. 2000;35:637-42.
12. Meyer AA, Kundt G, Steiner M, Schuff-Werner P, Kienast W. Impaired flow-mediated vasodilation, carotid artery intima-media thickening, and elevated endothelial plasma markers in obese children: The impact of cardiovascular risk factors. *Pediatrics*. 2006;117:1560-7.
13. Mimoun E, Aggoun Y, Pousset M, Dubern B, Bouglé D, Girardet JP, et al. Association of arterial stiffness and endothelial dysfunction with metabolic syndrome in obese children. *J Pediatr*. 2008;153:65-70.
14. Kavey RE, Allada V, Daniels SR, Hayman LL, McCrindle BW, Newburger JW, et al.; American Heart Association Expert Panel on Population and Prevention Science; American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention; American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism; American Heart Association Council on High Blood Pressure Research; American Heart Association Council on Cardiovascular Nursing; American Heart Association Council on the Kidney in Heart Disease; Interdisciplinary Working Group on Quality of Care and Outcomes Research. Cardiovascular risk reduction in

- high-risk pediatric patients: a scientific statement from the American Heart Association Expert Panel on Population and Prevention Science; the Councils on Cardiovascular Disease in the Young, Epidemiology and Prevention, Nutrition, Physical Activity and Metabolism, High Blood Pressure Research, Cardiovascular Nursing, and the Kidney in Heart Disease; and the Interdisciplinary Working Group on Quality of Care and Outcomes Research: endorsed by the American Academy of Pediatrics. *Circulation*. 2006;114:2710-38.
15. Reneman RS, van Merode T, Hick P, Hoeks AP. Cardiovascular applications of multi-gate pulsed doppler systems. *Ultrasound Med Biol*. 1986;12:357-70.
 16. Reneman RS, van Merode T, Hick P. Flow velocity patterns in and distensibility of the carotid artery bulb in subjects of various ages. *Circulation*. 1985;71:500-9.
 17. O'Rourke MF, Staessen JA, Vlachopoulos C. Clinical applications of arterial stiffness; definitions and reference values. *Am J Hypertens*. 2002;15:426-44.
 18. Gamble G, Zorn J, Sanders G, MacMahon S, Sharpe N. Estimation of arterial stiffness, compliance, and distensibility from M-mode ultrasound measurements of the common carotid artery. *Stroke*. 1994;25:11-6.
 19. Riley WA, Freedman DS, Higgs NA, Barnes RW, Zinkgraf SA, Berenson GS. Decreased arterial elasticity associated with cardiovascular disease risk factors in the young. Bogalusa Heart Study. *Arteriosclerosis*. 1986;6:378-86.
 20. Davis PH, Dawson JD, Riley WA, Lauer RM. Carotid intimal-medial thickness is related to cardiovascular risk factors measured from childhood through middle age: The muscatine study. *Circulation*. 2001;104:2815-9.