

Cartas científicas

Dimensiones de la aorta independientes de la edad en atletas adolescentes: una aproximación práctica con escalado alométrico



Age-independent aortic dimensions in adolescent athletes: a practical approach using allometric scaling

Sr. Editor:

En algunos casos de anomalías congénitas de la aorta o posibles dilataciones tubulares no diagnosticadas, la debilidad estructural de la aorta ascendente predispone a una dilatación patológica durante periodos prolongados de aumento de la tensión en la pared. La rotura de la aorta es una observación infrecuente pero importante en todas las series presentadas de muerte súbita cardiaca de deportistas jóvenes manifiestamente sanos, incluso en los que han sido objeto de cribado antes de su participación en la actividad deportiva¹. No obstante, aunque se ha descrito que las dimensiones de la raíz aórtica son mayores en los deportistas pediátricos que en los no deportistas de la misma edad², no se dispone de valores de referencia de las dimensiones aórticas en deportistas pediátricos/adolescentes sanos en los 4 planos principales (anillo aórtico, senos de Valsalva, unión sinotubular y aorta ascendente), lo cual difiere de la situación que se da en los

deportistas adultos³. Parece claro que el acceso a esos datos facilitaría a los clínicos la detección de anomalías patológicas en los deportistas sanos.

Las dimensiones de la raíz aórtica se presentan tradicionalmente en valores absolutos; sin embargo, dada la asociación existente entre las dimensiones cardiacas y los parámetros antropométricos (el área de superficie corporal [ASC]), en especial en los niños, se ha propuesto que un escalado alométrico en vez de lineal puede proporcionar unas medidas cardiacas independientes del peso corporal que permitirían las comparaciones intraindividuales e interindividuales a lo largo del desarrollo puberal⁴. Es de destacar que el escalado alométrico se ha propuesto recientemente para los deportistas de un intervalo de edades relativamente amplio (12-35 años)⁵, pero no se presentaron análisis de subgrupos específicos para los deportistas pediátricos/adolescentes, y solo se dispuso de resultados para el seno de Valsalva con ecografía en modo M. Para abordar esta cuestión, en este estudio se presentan las dimensiones de la aorta independientes del peso corporal en deportistas pediátricos/adolescentes.

Se trata de un estudio transversal en un solo centro. Los participantes eran deportistas pediátricos/adolescentes que pasaron por el cribado previo a su participación en el Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad Autónoma de Madrid

Tabla 1
Principales características de los participantes, por sexo

	Niños (n = 299)	Niñas (n = 230)	p
<i>Variables demográficas y antropométricas</i>			
Edad (años)	14,9 ± 1,9	14,5 ± 1,9	0,017
Estatura (cm)	169 ± 12	161 ± 8	< 0,001
Peso (kg)	58,7 ± 13,4	52,2 ± 10,6	< 0,001
ASC (m ²)	1,67 ± 0,24	1,53 ± 0,18	< 0,001
Presión arterial sistólica (mmHg)	111 ± 10	107 ± 10	< 0,001
Presión arterial diastólica (mmHg)	64 ± 9	62 ± 8	0,003
Frecuencia cardiaca en reposo (lpm)	64 ± 11	66 ± 11	0,189
Experiencia en competición (años)	5,9 ± 2,6	5,5 ± 2,6	0,119
Régimen de entrenamiento (h/semana)	15 ± 8	17 ± 9	< 0,001
<i>Variables ecocardiográficas</i>			
Tabique ventricular (mm)	8,7 ± 1,3	7,9 ± 1,0	< 0,001
Dimensión anteroposterior del ventrículo izquierdo (mm)	47,8 ± 4,8	44,8 ± 3,9	< 0,001
Pared libre posterior del ventrículo izquierdo (mm)	8,5 ± 1,2	7,7 ± 0,9	< 0,001
Volumen telediastólico del ventrículo izquierdo/ASC (ml/m ²)	64,4 ± 10,2	60,1 ± 9,1	< 0,001
Fracción de eyección del ventrículo izquierdo (%)	66 ± 7	66 ± 7	0,998
Dimensión anteroposterior de la aurícula izquierda (mm)	32,2 ± 4,7	30,4 ± 4,8	< 0,001
Dimensión superoinferior de la aurícula izquierda (mm)	44,2 ± 6,5	42,6 ± 5,6	0,003
Dimensión superoinferior de la aurícula derecha (mm)	46,8 ± 5,9	44,4 ± 5,3	< 0,001
Anillo aórtico (mm)	22,9 ± 2,4	21,1 ± 2,1	< 0,001
Senos de Valsalva (mm)	27,2 ± 3,0	24,5 ± 2,4	< 0,001
Unión sinotubular (mm)	22,6 ± 2,7	20,9 ± 2,3	< 0,001
Aorta ascendente proximal (mm)	23,8 ± 2,8	22,2 ± 2,4	< 0,001

ASC; área de superficie corporal.

Los valores expresan media ± desviación estándar. Las comparaciones entre sexos se realizaron con la prueba de la t de Student para datos no emparejados.

<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.12.005>

0300-8932/© 2021 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Sociedad Española de Cardiología.

Tabla 2

Resultados de las correlaciones de Pearson y dimensiones aórticas independientes de la edad corregidas alométricamente según el área de superficie corporal de deportistas adolescentes de 10 a 18 años

Dimensiones aórticas	Correlaciones de Pearson					Escalado alométrico			Chicos (n=299)			Chicas (n=230)		
	Edad	Estatura	Ponderación	ASC	Exponente β	Correlación de Pearson de la edad con las dimensiones aórticas escaladas alométricamente (divididas por el ASC ^{β})	Independencia de la edad con la dimensión escalada alométricamente	Dimensiones aórticas corregidas alométricamente	Media \pm DE	Percentil 5	Percentil 95	Media \pm DE	Percentil 5	Percentil 95
Anillo (mm)	0,480 p < 0,001	0,649 p < 0,001	0,621 p < 0,001	0,659 p < 0,001	0,513	0,025 p = 0,562	Sí	Anillo/ ASC ^{0,5} (mm/m ²)	17,8 \pm 1,3	15,7	20,3	17,1 \pm 1,5	14,7	19,6
Senos de Valsalva (mm)	0,433 p < 0,001	0,601 p < 0,001	0,573 p < 0,001	0,608 p < 0,001	0,508	0,006 p = 0,890	Sí	Senos de Valsalva/ ASC ^{0,5} (mm/m ²)	21,2 \pm 1,9	18,1	24,6	19,9 \pm 1,7	17,2	23,0
Unión sinotubular (mm)	0,436 p < 0,001	0,548 p < 0,001	0,534 p < 0,001	0,563 p < 0,001	0,486	0,040 p = 0,353	Sí	Unión sinotubular/ ASC ^{0,5} (mm/m ²)	17,5 \pm 1,7	15,0	20,4	16,9 \pm 1,7	14,4	19,6
Ascendente proximal (mm)	0,423 p < 0,001	0,569 p < 0,001	0,553 p < 0,001	0,582 p < 0,001	0,558	0,050 p = 0,253	Sí	Ascendente proximal/ ASC ^{0,5} (mm/m ²)	18,5 \pm 1,8	15,9	21,6	17,9 \pm 1,8	15,2	21,2

ASC: área de superficie corporal; DE: desviación estándar.

(España) durante un periodo de 10 años reciente. Los criterios de inclusión fueron la edad de 10 a 18 años y la participación en competiciones nacionales o internacionales. Los criterios de exclusión fueron: válvula aórtica bicúspide, displasia o prolapso aórticos, insuficiencia aórtica moderada o grave, estenosis aórtica de alto grado, presión arterial > percentil 95 para la edad y la estatura correspondientes, hipertensión o broncoconstricción inducida por el ejercicio, miocardiopatía, cortocircuito izquierda-derecha, pericarditis aguda, enfermedad de troncos supraaórticos o bloqueo auricular de segundo grado. Tanto los propios deportistas como sus padres o representantes legales dieron su consentimiento informado y el estudio fue autorizado por el comité de ética local.

Se midieron la estatura y el peso de los participantes, redondeados al 0,1 cm y el 0,1 kg más próximos, y el ASC. Se realizaron evaluaciones ecocardiográficas a cargo del mismo cardiólogo del deporte (AB, más de 30 años de experiencia) con un Siemens Sonoline G50 (Siemens Medical Solutions, Estados Unidos) o Mindray DC-70 (Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics, China) con un transductor de haz de 2 a 4 MHz. Se midieron los diámetros aórticos en los 4 planos mencionados en la proyección de eje largo paraesternal bidimensional en la fase telediastólica (el promedio de 3 ciclos consecutivos) con la convención interna-interna, como se ha hecho anteriormente en deportistas de élite adultos jóvenes³.

Se utilizó un análisis de correlación de Pearson para explorar la asociación entre las dimensiones aórticas y la edad y los parámetros antropométricos. A continuación, se estudió la relación alométrica entre las dimensiones aórticas y el ASC mediante una regresión no lineal con el algoritmo de Levenberg-Marquardt⁶, también conocido como «método de mínimos cuadrados amortiguado», que se emplea para resolver la minimización de mínimos cuadrados no lineal. Los problemas de minimización surgen sobre todo en el ajuste de curvas de mínimos cuadrados, que es el proceso de generación de la curva o función matemática que se ajusta mejor a una serie de puntos de datos. Así, la dimensión aórtica indexada por alometría = dimensión aórtica sin ajustar (mm) / (ASC en m²)^β, donde β se determina con un intervalo de confianza del 95%. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Stata 14.0 (StataCorp, Estados Unidos) con $\alpha = 0,05$.

De los 637 deportistas de 10 a 18 años evaluados, 529 cumplían los criterios de inclusión (tabla 1). Estos deportistas participaban principalmente en competiciones de waterpolo (16%), natación (16%), tenis (10%), natación sincronizada (6%), hockey sobre hierba (13%), fútbol (5%) y bádminton (5%). Los resultados indicaron que las 4 dimensiones aórticas sin ajustar mostraban una correlación positiva y significativa con la edad, la estatura, el peso y el ASC (en todos los casos, $p < 0,001$) (tabla 2). Sin embargo, la significación de la correlación entre cada una de las 4 dimensiones y la edad se perdía si las primeras se corregían alométricamente según el ASC ($p > 0,3$). Todos los valores β para el ASC fueron ~0,5 [0,486-0,513], y por razones prácticas se usó de manera uniforme un valor de β independiente de la edad de 0,5 (equivalente a la raíz cuadrada) para todos los valores de referencia de las dimensiones de la raíz aórtica específicas de cada sexo, normalizadas alométricamente respecto al ASC (tabla 2).

Hay diversas anomalías aórticas que predisponen a la dilatación patológica durante el ejercicio y pueden aumentar el riesgo de muerte súbita cardiaca de deportistas jóvenes aparentemente sanos¹. En consecuencia, la evaluación de las dimensiones aórticas en los 4 planos es pertinente en esta población. Sin embargo, en ausencia de cardiopatías estructurales, los principales factores determinantes de la raíz aórtica y de las dimensiones cardiacas en general son el sexo, el tamaño

corporal y la edad, lo cual hace que las comparaciones en los niños resulten difíciles⁴. En este contexto, el escalado alométrico (pero no así la corrección lineal) de las medidas cardiacas ajustadas según el ASC es un método válido para obtener unos valores independientes del tamaño corporal y la edad, como mínimo en los deportistas de entre 10 y 18 años.

Nuestro estudio tiene algunas limitaciones. No se evaluó un grupo de control formado por niños que no practicaran deportes, y se estudió a deportistas que participaban en eventos deportivos, cuya demanda cardiovascular (componentes estáticos o dinámicos) podría diferir, con la consiguiente posibilidad de que se produjera un remodelado aórtico. Haber empleado el método de borde interno-borde interno limita la comparabilidad de los resultados respecto a la investigación previa con la convención estándar de borde anterior-borde anterior. En cambio, la medición de los diámetros aórticos en los 4 planos diferentes antes mencionados debe considerarse un punto fuerte metodológico de nuestro estudio. Como ya se ha señalado³, tomar solo 1-2 mediciones de la raíz aórtica puede implicar sobrestimación o subestimación, ya que podría no detectarse una dilatación aórtica distal al reborde supraaórtico, de tal manera que la dilatación podría constituir un factor de riesgo de complicaciones cardiovasculares a causa de una disección aórtica, sobre todo en los deportes con una mayor carga hemodinámica.

Se propone emplear valores de referencia que podrían facilitar a los clínicos la comparación rápida de las dimensiones de la raíz aórtica de niños de diferentes edades con independencia de su tamaño corporal. Esta información debería ser útil para la identificación temprana de las alteraciones aórticas que podrían limitar la participación en actividades deportivas, o como mínimo justificar una supervisión estrecha de los deportistas pediátricos y adolescentes.

FINANCIACIÓN

M-E. Heras recibió financiación de la Comunidad de Madrid (Beca de investigación y formación postgrado de médicos especialistas en Medicina de la Educación Física y el Deporte, Orden 481/2016). La investigación de A. Lucia está financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad de España y los Fondos Feder (subvención PI18/00139).

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

A. Boraita y M-E. Heras son ambos primeros autores. A. Santos-Lozano y A. Lucia son ambos autores sénior. A. Boraita y M-E. Heras concibieron la idea inicial, obtuvieron y analizaron los datos y elaboraron la versión inicial del manuscrito. P.L. Valenzuela, F. Morales-Acuña, A. Santos-Lozano y A. Lucia colaboraron en la interpretación de los datos y elaboraron la propuesta de la versión final del manuscrito. Todos los autores realizaron una revisión crítica del manuscrito en relación con contenido intelectual importante y han aprobado la versión final.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores no tienen conflictos de intereses.

Agradecimientos

Damos las gracias al Dr. Kenneth McCreath por su ayuda editorial.

Araceli Boraita^{a,*}, María-Eugenia Heras^a, Pedro L. Valenzuela^{b,c}, Francisco Morales-Acuña^d, Alejandro Santos-Lozano^{c,e} y Alejandro Lucia^{b,c}

^aCentro de Medicina del Deporte, Agencia Española de Protección de la Salud en el Deporte, Madrid, España

^bFacultad de Ciencias del Deporte, Universidad Europea de Madrid, Madrid, Madrid, España

^cInstituto de Investigación del Hospital 12 de Octubre (grupos imas12 y PaHerg), Madrid, España

^dEspecialidad en Medicina del Deporte y la Actividad Física, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor, Santiago, Chile

^ei+HeALTH, Departamento de Ciencias de la Salud, Universidad Europea Miguel de Cervantes, Valladolid, España

* Autor para correspondencia:

Correos electrónicos: araceli.boraita@aepsad.gob.es, araceliboraita@gmail.com (A. Boraita).

On-line el 26 janvier 2022

BIBLIOGRAFÍA

1. Papagiannis J. Sudden death due to aortic pathology. *Cardiol Young*. 2017;27(S1):S36–S42.
2. McClean G, Riding NR, Ardern CL, et al. Electrical and structural adaptations of the paediatric athlete's heart: A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2018;52:230.
3. Boraita A, Heras ME, Morales F, et al. Reference Values of Aortic Root in Male and Female White Elite Athletes According to Sport. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2016;9:1–10.
4. Kaski JP, Daubeney PEF. Normalization of echocardiographically derived paediatric cardiac dimensions to body surface area: Time for a standardized approach. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:44–45.
5. Abulí M, Grazioli G, Sanz de la Garza M, et al. Aortic root remodelling in competitive athletes. *Eur J Prev Cardiol*. 2020;27:1518–1526.
6. Marquardt D. An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters. *J Soc Ind Appl Math*. 1963;11:431–441.

<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.12.005>

0300-8932/ © 2021 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Sociedad Española de Cardiología.

Impacto clínico y económico de la toma de decisiones guiada por resonancia magnética cardíaca



Clinical and economic impact of cardiac magnetic resonance-guided decision-making

Sr. Editor:

La resonancia magnética cardíaca (RMC) es la técnica de referencia para el estudio de la función y la viabilidad miocárdicas. Sin embargo, se desconoce su utilidad clínica y sus costes dentro del proceso asistencial integral del paciente en un sistema sanitario con alta demanda asistencial y recursos económicos limitados, más aún ante la aparición de nuevos modelos de gestión relacionados con esta técnica¹.

Se llevó a cabo un estudio unicéntrico, retrospectivo, observacional y de simulación de intervención en pacientes a los que se había hecho una RMC con intención clínica desde julio de 2014 hasta diciembre de 2017. Tras la aceptación por el comité ético del centro y siguiendo una metodología previa, se analizó una muestra aleatoria del 10% del total de la actividad realizada en el periodo de inclusión y se obtuvo una muestra representativa². Se recogieron el diagnóstico de presunción y las pruebas o intervenciones solicitadas. Posteriormente se entregó a 2 facultativos el informe completo de la RMC, y se emitió entonces una nueva solicitud de los estudios o intervenciones que consideraban necesarias a pesar de la RMC. El análisis de costes se basó en el cálculo del montante generado o ahorrado derivado de las decisiones tomadas en el estudio de simulación de intervención. Se tomaron como precios de referencia los disponibles en el Sistema Sanitario Regional³ o, en caso de no disponerse, una media de los precios disponibles en otras regiones. Todos los precios se actualizaron a euros con valor de 2020 según el Índice de Precios de Consumo. Por último, se analizó la dosis de radiación media ahorrada por paciente tras retirar los estudios que producen radiación ionizante⁴. El análisis estadístico se hizo con Stata Versión 14.2 (StataCorp, Estados Unidos). Las variables continuas se expresaron como media \pm desviación estándar y las categóricas, en número y porcentaje.

En el periodo analizado se llevaron a cabo 4.046 RMC; se extrajo una muestra del 10% del total, excluidas las destinadas a investigación, y se obtuvo una muestra final de 343 pacientes, sin diferencias en las características basales respecto a la población de origen. La RMC supuso un cambio diagnóstico significativo en el

35,3% (121 pacientes) derivado de descartarse el diagnóstico inicial de 88 pacientes (25,7%) y del hallazgo de diagnósticos inesperados en 33 (9,6%).

Con base en el análisis de simulación clínica, el resultado de la RMC habría supuesto el fin del proceso asistencial diagnóstico del 47,8% (164 pacientes), lo que supone un ahorro conjunto del 62,2% de los estudios planificados antes de la RMC (tabla 1). La ecocardiografía transtorácica resultó ser la prueba con mayor potencial de reducción, hasta el 94,6% de los estudios (–229 estudios). Además, el uso de la RMC permitió una reducción media de 1,54 mSv/paciente derivada de no realizar en la simulación estudios o procedimientos que emplearan radiación ionizante. En el análisis de las indicaciones más prevalentes en nuestra muestra (el 62% del total; miocardiopatías, enfermedad aórtica, viabilidad miocárdica y estudio de función ventricular), la RMC permitió un cambio de diagnóstico en el 48% de los estudios de miocardiopatías y un cambio de tratamiento en el 42,5% de los estudios de función ventricular (tabla 2). En cuanto a la enfermedad aórtica, en tan solo un 4,2% de los pacientes se generaba un cambio en el tratamiento, dado que la RMC se indica principalmente en el seguimiento de aortopatías que excepcionalmente acaban en una eventual cirugía.

El análisis de costes derivado del estudio de simulación del total de la muestra mostró un ahorro de 364,20 euros/paciente (247,40 euros/paciente por suspensión de pruebas diagnósticas y 116,90 euros/paciente por modificación terapéutica); si bien tras integrar el coste de realizar un estudio de RMC (391,30 euros/estudio), el balance final arroja un gasto neto de 27,06 euros/paciente (el 6,92% del coste original de un estudio RMC). En cambio, el subanálisis por indicaciones mostró un ahorro económico de 1.944,76 y 597,45 euros/paciente al integrar la RMC en pacientes con indicación de estudio de viabilidad miocárdica o función sistólica respectivamente, derivadas en su mayor parte de la supresión de tratamiento intervencionista, quirúrgico o implante de dispositivos.

La RMC es un instrumento diagnóstico fundamental en la cardiología contemporánea; sus principales limitaciones son el alto coste y los problemas de acceso a la técnica. Sin embargo, en nuestra muestra, la RMC finaliza el proceso diagnóstico en un elevado porcentaje de pacientes, reduce intervenciones y dosis de radiación ionizante y disminuye los costes económicos al sistema sanitario en algunas indicaciones clínicas de alta frecuentación. En este aspecto, nuestros resultados son similares a los publicados por Hegde et al.⁵, que en un estudio retrospectivo de 361 pacientes de