

Análisis de la Función Diastólica y Función Atrial en Ciclistas de Alto Desempeño por Medio de la Ecocardiografía Tridimensional

Wercules Oliveira, Ana Clara Tude Rodrigues, Luciana Janot, Adriana Cordovil, Claudia Gianini Monaco, Edgar Lira-Filho, Claudio Henrique Fischer, Samira Saady Morhy, Marcelo Luiz Campos Vieira
Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, SP – Brasil

Resumen

Objetivos: Evaluar la función diastólica y la función atrial izquierda por medio del estudio con Doppler y ecocardiograma tridimensional en ciclistas de alto desempeño; comparar las variables estudiadas a controles no deportistas.

Métodos: Fueron estudiados 18 ciclistas profesionales (hombres, edad 29, 5 ± 4 , 3 años) y 18 individuos controles no deportistas (hombres, edad 28, 8 ± 5 , 8 años). Todos los individuos fueron sometidos a ecocardiograma bidimensional y tridimensional con medidas de variables de función diastólica y de vaciamiento atrial como volumen atrial izquierdo máximo, mínimo y antes de su contracción. Con base en estos volúmenes fundamentales fueron calculadas la función de vaciamiento activo, pasivo y total, así como la fuerza de contracción atrial.

Resultados: Los individuos de ambos grupos presentaron variables antropométricas semejantes. Fue observado en el grupo ciclista en relación a los controles: menor velocidad de la onda A' ($5,9 \text{ cm/s} \pm 2,2$ versus $7,6 \pm 2,3 \text{ cm/s}$, con $P=0,03$), menor fuerza de contracción atrial ($4,7 \pm 1,4 \text{ Kdyn}$ Vs. $6,2 \pm 2,1 \text{ Kdyn}$, con $P=0,02$) y mayor fracción de vaciamiento pasivo ($43,8 \pm 12,8\%$ versus $34,8 \pm 10,4\%$ con $P=0,03$). Fue observada correlación lineal entre la velocidad de la onda A' y la fuerza de contracción atrial en el grupo de los ciclistas ($r=0,80$, $P<0,05$), entre la fuerza de contracción atrial y la fracción de vaciamiento pasivo ($r=-0,88$, $P<0,05$) y entre la fuerza de contracción atrial y el volumen atrial antes de su contracción ($r=0,65$, $P<0,05$).

Conclusión: El grupo ciclistas presentó aumento del componente pasivo en detrimento de una reducción del componente activo en el vaciamiento atrial total, lo que mostró estar correlacionado a la actividad diastólica supernormal en ese grupo. (Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2014;27(4):235-242)

Palabras-clave: Atletas, Ciclismo; Actividad Motora; Disfunción Ventricular; Función Atrial; Ecocardiografía Tridimensional.

Introducción

Actividad física intensa y regular está fisiológicamente relacionada a alteraciones cardíacas estructurales y funcionales¹. En respuesta al entrenamiento de alto desempeño, frecuentemente hay un aumento en el grosor miocárdico, en el diámetro de las cámaras cardíacas y de la masa miocárdica lo que determina la condición denominada "corazón de atleta"². Esos cambios estructurales cardíacos fisiológicos deben ser diferenciados de las alteraciones patológicas de la estructura cardíacas asociadas a la sobrecarga hemodinámica no compensada que, a su vez, están estrechamente relacionadas al aumento de la frecuencia de arritmias cardíacas y muerte súbita durante el ejercicio físico³.

El estudio con Doppler pulsado y Doppler tisular se ha mostrado como una metodología eficaz en la diferenciación

entre las alteraciones fisiológicas y patológicas en el corazón del atleta. Algunos estudios han utilizado esa tecnología para la investigación de la influencia de la actividad deportiva en la función miocárdica⁴. En pacientes con alteraciones patológicas de la estructura miocárdica, hay un aumento del tiempo de relajación del ventrículo izquierdo, reducción de la velocidad del llenado ventricular inicial y aumento de la velocidad del llenado ventricular tardío, lo que refleja la mayor dificultad en el llenado ventricular pasivo debido a la reducción de la relajación activa de esa cámara, lo que en última instancia caracteriza la disfunción diastólica⁵.

El remodelado atrial izquierdo también es un componente de las alteraciones estructurales asociadas al ejercicio y es considerado como adaptación fisiológica de esa cámara al nuevo *status* de acondicionamiento físico. Según estudios epidemiológicos, alteraciones en el volumen y en la función atrial izquierda están presentes en 20% de los atletas que practican deportes competitivos y no están asociadas a la mayor frecuencia de eventos cardiovasculares mayores. Los cambios morfológicos en el remodelado atrial están asociados al aumento del retorno venoso, del volumen de eyección cardíaco, al aumento del ventrículo izquierdo y dependen fundamentalmente del tipo y de la intensidad del ejercicio practicado⁶. La función atrial izquierda,

Correspondencia: Wercules Oliveira •

Serviço de Ecocardiografia
Av. Albert Einstein, 627/701, 05652-900, Jardim Leonor, São Paulo, SP- Brasil
E-mail: wercules.oliveira@gmail.com

Artículo recibido el 25/6/2014; revisado el 17/7/2014; aprobado el 26/8/2014.

DOI: 10.5935/2318-8219.20140032

determinada por el análisis ecocardiográfico tridimensional de sus fases de vaciado, es un conjunto de variables que estiman precozmente la aparición de disfunción diastólica del ventrículo izquierdo, pues dependen directamente de las presiones de llenado de esa cavidad⁷.

En la ecocardiografía tridimensional, hay una reconstrucción digital semiautomática del contenido atrial a partir de la identificación de puntos anatómicos específicos, lo que la vuelve más objetiva y menos dependiente del examinador en comparación a otras técnicas⁸. Estudios sobre el uso de la reconstrucción tridimensional para el cálculo del volumen atrial muestran que la ecocardiografía bidimensional subestima la cuantificación de la metodología tridimensional que, a su vez, presenta menores valores que las medidas realizadas por la resonancia magnética⁹⁻¹¹. La discrepancia entre métodos puede ser explicada no solamente por la limitación inherente a la inferencia geométrica, sino también por la imprecisión de los ejes longitudinales o axiales atriales utilizados en la tecnología bidimensional para estimativa volumétrica¹². Estudios en que fueron analizadas diferentes técnicas de evaluación volumétrica atrial izquierda recomiendan la aplicación clínica de la ecocardiografía tridimensional debido al menor tiempo gastado con la adquisición y el procesamiento de las imágenes, menor variabilidad interobservador, que el análisis con ecocardiografía bidimensional y valores comparables a los obtenidos por la resonancia magnética nuclear¹⁰.

A pesar de haber sido empleada en el análisis de la dinámica atrial en poblaciones con alta prevalencia de disfunción diastólica, la tecnología ecocardiográfica tridimensional aun no fue utilizada en el estudio de las alteraciones morfológicas atriales fisiológicamente asociadas a la práctica de actividad física intensa y regular en atletas profesionales.

Objetivos

Evaluar la función diastólica y la función atrial izquierda por medio del estudio con Doppler y ecocardiograma tridimensional de ciclistas de alto desempeño; Comparar las variables estudiadas con controles no deportistas pareados para edad, género y superficie corporal.

Métodos

Población

En este estudio, realizado en el Hospital Israelita Albert Einstein en los años 2010 a 2012, fueron incluidos 18 ciclistas de alto desempeño (hombres, edad $29,5 \pm 4,3$ años) provenientes de equipos de ciclismo profesional brasileño. El criterio de inclusión en ese grupo fue la práctica de ciclismo competitivo, con media de entrenamiento de por lo menos 10 horas/semana, 10 meses por año¹³. Todos esos individuos estaban en el mismo nivel de entrenamiento y fueron examinados en el mismo horario del día. Fueron también incluidos en el estudio 18 controles no deportistas (hombres, edad $28,8 \pm 5,8$ años). El criterio de inclusión en ese grupo fueron edad y superficie de área corporal similares al grupo ciclistas. Los criterios de exclusión de ambos grupos fueron tabaquismo actual, hipertensión arterial, cualquier

enfermedad metabólica, pulmonar o cardiovascular significativa. Fueron también excluidos de ambos grupos aquellos individuos con ventana acústica ecocardiográfica limitada. Fueron excluidos del grupo control los individuos con historia de práctica de actividad deportiva intensa y regular o profesional.

Ecocardiograma

Los exámenes ecocardiográficos fueron realizados de acuerdo con criterios establecidos por las directrices de la Sociedad Americana de Ecocardiografía y de la Sociedade Brasileira de Cardiologia^{14,15}. En la adquisición de los exámenes fue utilizado ecocardiógrafo Toshiba Artida ultrasound system® (Toshiba Medical Systems, Tokyo, Japan), con aplicativo de almacenamiento digital para análisis *off-line*. Fueron obtenidas imágenes en el eje paraesternal longitudinal, eje paraesternal transversal y apical de cuatro y dos cámaras. El ecocardiograma tridimensional fue realizado con transductores para adquisición de datos *full-volumen* incluyendo cuatro ciclos cardíacos consecutivos durante pausa respiratoria. El volumen piramidal total ($60^\circ \times 60^\circ$) resultó de la integración de cuatro volúmenes menores ($15^\circ \times 15^\circ$). Todos los datos almacenados digitalmente fueron analizados *off-line* por medio del programa 4D Echo-View® 5.4 (TomTec Imaging Systems, Munich, Germany®).

Para la reconstrucción digital atrial izquierda fueron identificados los puntos septal, lateral, anterior, posterior y techo del atrio izquierdo. El borde endocárdico atrial en cada cuadro a lo largo del ciclo cardíaco fue definido por procesamiento semiautomático y manualmente ajustado para exclusión del apéndice atrial izquierdo y venas pulmonares, cuando era necesario. Fueron calculados a lo largo del ciclo cardíaco: volumen atrial izquierdo máximo, volumen atrial izquierdo mínimo, y volumen atrial izquierdo inmediatamente antes de su contracción.

A partir de los volúmenes fundamentales encontrados fueron calculadas las siguientes medidas y variables indexadas para la superficie corporal¹⁶⁻¹⁸.

- Volumen de vaciado total del atrio izquierdo = volumen atrial izquierdo máximo – volumen atrial izquierdo mínimo;
- Fracción de vaciado total del atrio izquierdo = (volumen de vaciado total del atrio izquierdo / volumen atrial izquierdo máximo) x 100;
- Volumen de vaciado activo del atrio izquierdo = volumen atrial izquierdo antes de su contracción – volumen atrial izquierdo mínimo;
- Fracción de vaciado activo del atrio izquierdo = (volumen de vaciado activo del atrio izquierdo / volumen atrial izquierdo antes de su contracción) x 100;
- Volumen de vaciado pasivo del atrio izquierdo = volumen atrial izquierdo máximo – volumen atrial izquierdo antes de su contracción;
- Fracción de vaciado pasivo del atrio izquierdo = (volumen de vaciado pasivo del atrio izquierdo / volumen atrial izquierdo máximo) x 100.

Aun dentro de la muestra piramidal de adquisición del ecocardiograma tridimensional, los volúmenes sistólico y

diastólico finales del ventrículo izquierdo fueron determinados durante el ciclo cardíaco para cálculo de su fracción de eyección. El borde endocárdico fue mapeado secuencialmente por medio de procesamiento semiautomático¹⁹.

La fuerza de contracción atrial fue calculada basándose en la segunda ley de movimiento de Newton, por medio de la siguiente fórmula: fuerza de contracción atrial (Kdyn) = $0,5 \times 1,06 \times \text{área de la válvula mitral} \times (\text{velocidad de la onda A})^2$ donde 0,5 es una constante de aceleración de la onda A y 1,06 es la densidad de la sangre (g/cm^3).

El área mitral fue identificada por medio de inclinación apical de la muestra piramidal del volumen tridimensional y planimetría manual del borde interno del anillo mitral^{20,21} (Figura 1).

La función diastólica fue evaluada con el uso del Doppler pulsado en el estudio del flujo diastólico mitral (velocidades máximas de la onda E y A; relación E/A y tiempo de desaceleración de la onda E). También fue utilizado el Doppler tisular para determinación de las velocidades de movimiento diastólico del anillo mitral (ondas E' y A' derivadas de la media entre los valores del punto septal y lateral). Esos datos fueron utilizados para cálculo de la relación E/E'²².

La masa miocárdica fue determinada por la fórmula de Devereux con valor de corte 134 g/m^2 ²³.

Análisis estadístico

Las variables continuas están presentadas en media y desviación estándar y las variables categóricas, en la forma de frecuencias absolutas y relativas. La diferencia entre grupos independientes fue determinada por los tests t de Student y χ^2 , para variables continuas y categóricas, respectivamente. El test de correlación de Pearson fue utilizado para evaluar la relación lineal entre variables continuas. El valor de $P \leq 0,05$ fue considerado significativo. El programa de análisis estadístico empleado fue el Statistic 6.0.

Resultados

Población

Ningún individuo fue excluido de la muestra total después de aplicación de los criterios de exclusión. Los individuos en el grupo deportistas presentaron tiempo de entrenamiento $14,6 \text{ h/semana} \pm 4,6$, donde recorrían $702,8 \pm 140,9 \text{ Km/semana}$. El grupo con ciclistas presentó índice de masa corporal menor en relación al grupo control no deportista ($22,8 \pm 1,3 \text{ Kg/m}^2$ vs $24,2 \pm 1,8 \text{ Kg/m}^2$, $P = 0,02$). No hubo diferencia estadística significativa entre los grupos en relación a los demás datos clínicos. Los datos antropométricos de los grupos ciclistas y controles no deportistas están expuestos en la Tabla 1.

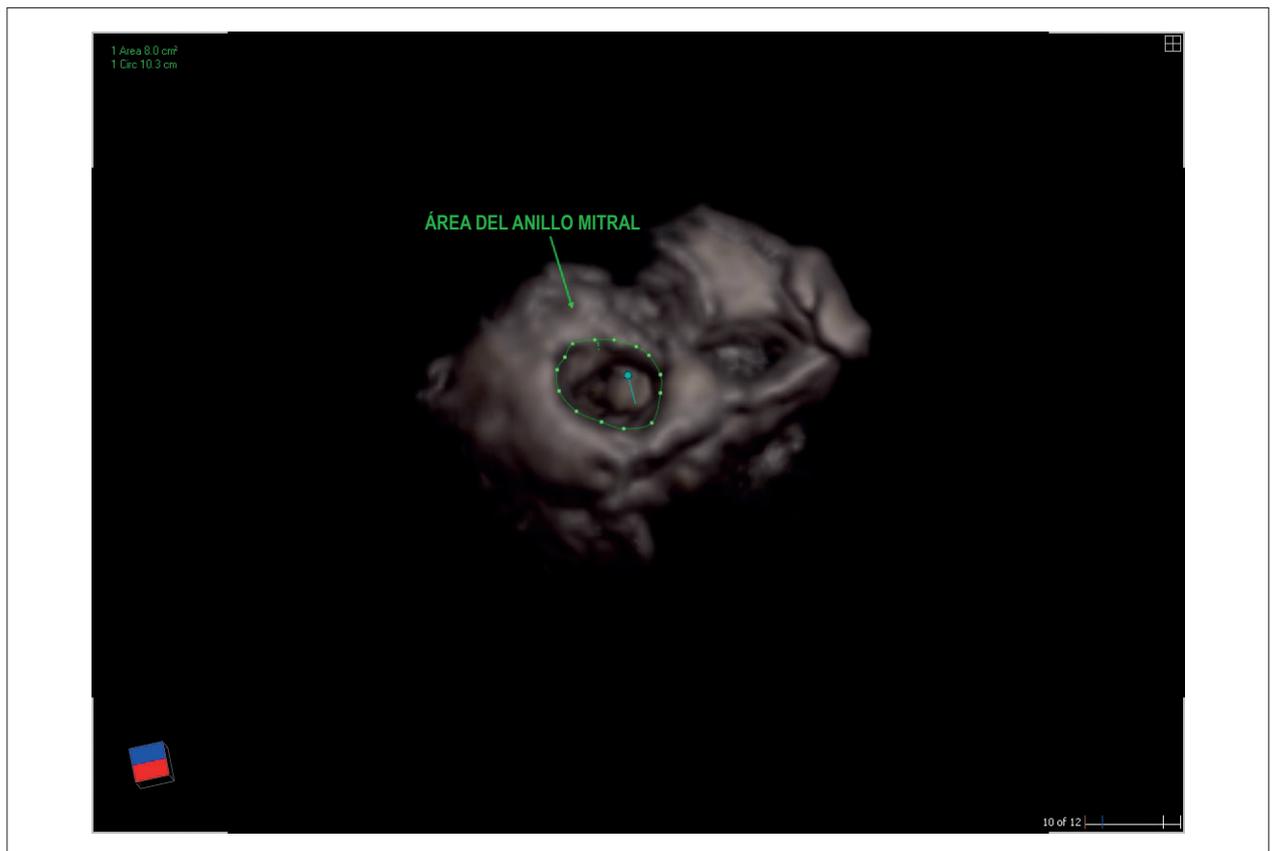


Figura 1 – Adquisición del bloque tridimensional y delimitación del anillo mitral.

Ecocardiograma

Fue observado en el grupo ciclista: menor velocidad de la onda A' ($5,9 \pm 2,2$ cm/s vs $7,6 \pm 2,3$ cm/s, $P = 0,03$); menor fuerza de contracción atrial ($4,7 \pm 1,4$ Kdyn vs $6,2 \pm 2,1$ Kdyn, $P = 0,02$) y mayor fracción de eyección pasiva ($43,8 \pm 12,8\%$ vs $34,8 \pm 10,4\%$, $P = 0,03$); mayor índice de masa del ventrículo izquierdo ($157,1 \pm 27,2$ vs $110,4 \pm 8,9$, $P < 0,01$). Las demás variables ecocardiográficas no presentaron diferencia estadística significativa entre los grupos (Tabla 2).

Fue observada correlación lineal entre fuerza de contracción atrial y volumen atrial antes de su contracción ($r = 0,65$, $P < 0,05$) y entre la velocidad de la onda A' y la fuerza de contracción atrial en el grupo de los ciclistas ($r = 0,80$, $P < 0,05$). Fue también observada correlación lineal negativa entre la fuerza de contracción atrial y la fracción de vaciado pasivo ($r = -0,88$, $P < 0,05$) (Figuras 2, 3 y 4).

No fue observada correlación lineal entre las variables volumétricas de contracción atrial y las variables Doppler en

el grupo control (Figuras 2, 3 y 4). También no fue observada correlación entre los hallazgos en el grupo ciclista con el volumen de ejercicio practicado semanalmente o con el índice de masa del ventrículo izquierdo.

No fue encontrado ningún individuo con disfunción diastólica según estándares definidos por directrices actuales^{22,24}.

Discusión

Los principales hallazgos de este estudio muestran que, utilizando la ecocardiografía tridimensional, fue posible identificar una menor participación del vaciado atrial activo en el llenado ventricular izquierdo, en detrimento de un componente de llenado ventricular pasivo más eficiente en ciclistas profesionales, comparando con controles no deportistas. Esos datos refuerzan el hallazgo del desempeño diastólico supernormal en esa población, ya observado por otras tecnologías.

Tabla 1 – Resultados de los datos antropométricos

	Ciclistas (n=18)	Controles (n=18)	valor de p
Peso (kg)	71,7 ± 6,2	75,4 ± 5,8	0,1
Altura (cm)	177,1 ± 6,6	176,6 ± 5,0	0,8
Índice de masa corporal (kg/m ²)	22,8 ± 1,3	24,2 ± 1,8	0,02
Superficie corporal total (m ²)	1,9 ± 0,1	1,9 ± 0,1	0,3
Edad (años)	29,5 ± 4,3	28,8 ± 5,8	0,7

Tabla 2 – Resultados de variables ecocardiográficas

	Ciclistas(n=18)	Controles(n=18)	valor de p
Velocidad de la onda E mitral (cm/s)	82,0 ± 3,1	81,9 ± 6,8	0,1
Velocidad de la onda A mitral (cm/s)	39,5 ± 9,2	45,7 ± 11,3	0,09
Relación E/A	2,2 ± 0,5	1,9 ± 0,5	0,1
Tiempo de Desaceleración del flujo mitral (ms)	158,0 ± 13,6	161,9 ± 12,6	0,40
Velocidad de la onda E' (cm/s)	16,6 ± 2,1	15,6 ± 2,3	0,24
Velocidad de la onda A' (cm/s)	5,9 ± 2,2	7,6 ± 2,3	0,03
Relación E/e'	5,5 ± 0,6	5,3 ± 0,9	0,23
Volumen diastólico final del ventrículo izquierdo (mL)	142,7 ± 19,7	142,1 ± 20,8	0,94
Volumen sistólico final del ventrículo izquierdo (mL)	57,4 ± 11,0	50,3 ± 9,7	0,06
Índice de masa del ventrículo izquierdo (mg/m ²)	157,1 ± 27,2	110,4 ± 8,9	<0,01
Volumen atrial izquierdo máximo indexado (mL/m ²)	21,7 ± 4,1	19,7 ± 3,1	0,12
Volumen atrial izquierdo mínimo indexado (mL/m ²)	7,10 ± 3,1	7,6 ± 3,1	0,67
Volumen atrial izquierdo antes de su contracción indexado (mL/m ²)	11,8 ± 5,3	12,7 ± 1,8	0,2
Fracción de eyección atrial izquierda total (%)	66,0 ± 17,0	62,5 ± 13,1	0,50
Fracción de eyección atrial izquierda pasiva (%)	43,8 ± 12,8	34,8 ± 10,4	0,03
Fracción de eyección atrial izquierda activa (%)	39,3 ± 12,8	40,6 ± 10,4	0,9
Fuerza de contracción atrial izquierda (Kdyn)	4,7 ± 1,4	6,2 ± 2,1	0,02
Área del anillo mitral (cm ²)	5,9 ± 1,3	5,8 ± 1,7	0,8

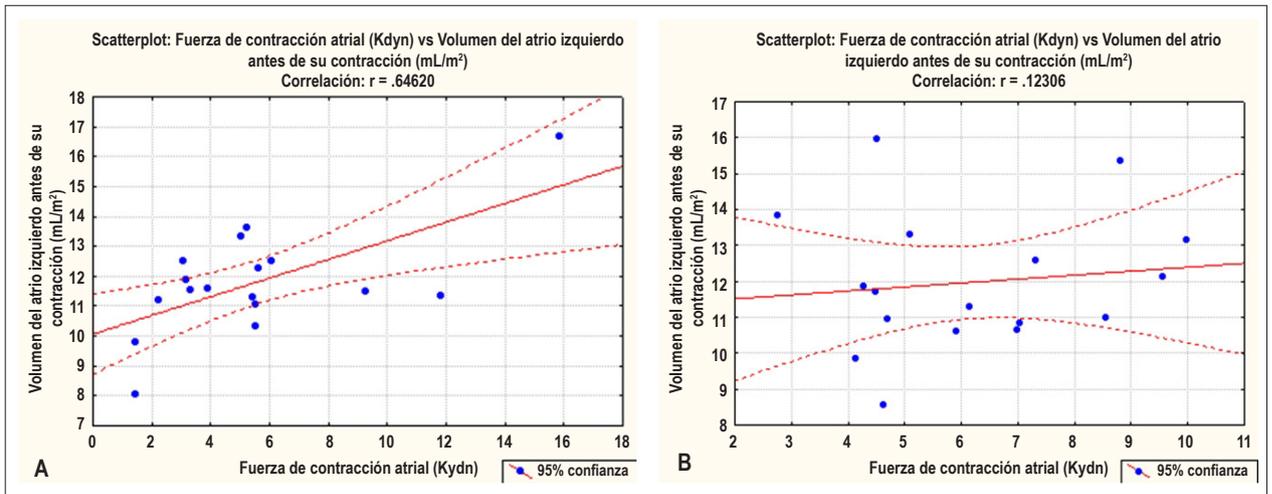


Figura 2 – Correlación entre fuerza de contracción atrial izquierda y el volumen antes de su contracción (A) atletas y (B) controles.

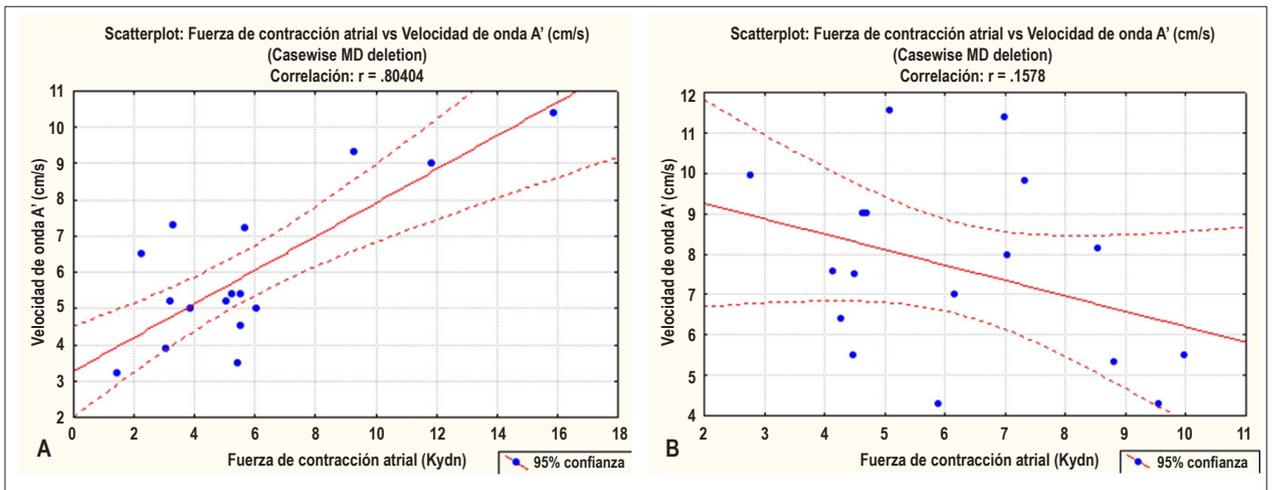


Figura 3 – Correlación entre fuerza de contracción atrial y velocidad de la onda A' (A) atletas y (B) controles.

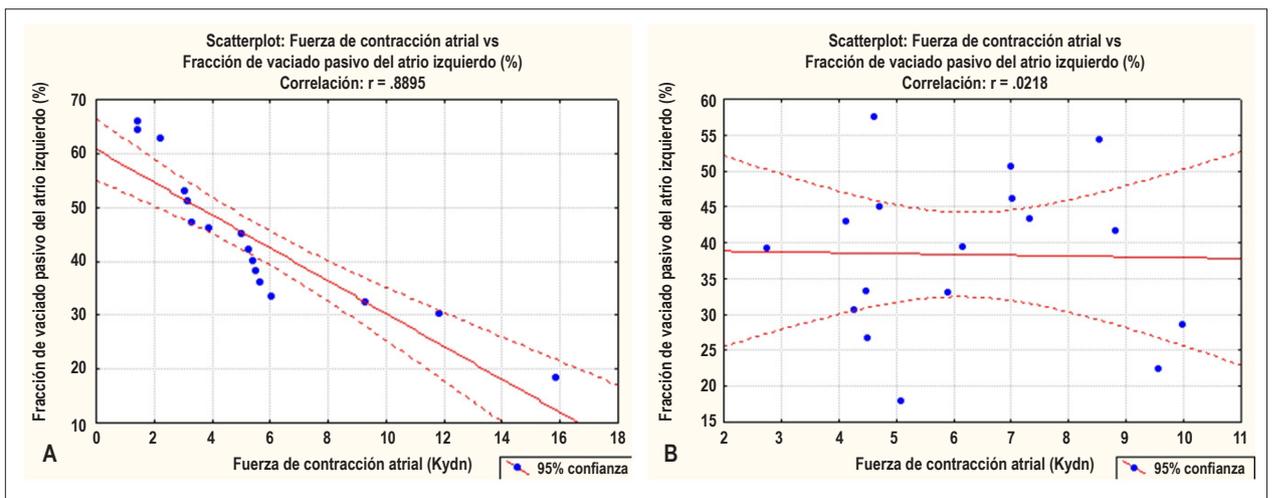


Figura 4 – Correlación entre fuerza de contracción atrial y fracción de vaciado pasiva del atrio izquierdo (A) atletas (B) controles.

Varios estudios previos demostraron que atletas profesionales presentan mejor desempeño de la función diastólica en relación a la población no deportista^{4,25,26}. En ese contexto, la función diastólica supernormal del atleta puede ser considerada como un fenómeno que envuelve no solamente la complacencia ventricular aumentada, sino también las complejas alteraciones en el acoplamiento electromecánico atrioventricular que acontecen en situaciones de entrenamiento físico de larga duración. D'Andrea et al.²⁷, en un estudio con Doppler pulsado, demostraron una estrecha relación entre las velocidades de flujo mitral y la aumentada complacencia diastólica ejercicio-inducida⁴. Entre tanto, el papel funcional del atrio izquierdo en la dinámica del corazón del atleta es frecuentemente descuidado y datos conclusivos aun no fueron suficientemente determinados²⁷.

El presente estudio mostró que ciclistas profesionales tienen menor velocidad de onda A' que controles no deportistas, lo que sugiere una característica supernormal de la diástole ventricular en esa población. De esa forma, inferimos que el reducido movimiento del anillo mitral en la segunda mitad de la diástole, evidenciada por la menor velocidad de la onda A', refleja un menor volumen residual antes de la contracción atrial. De acuerdo con el mecanismo propuesto por Frank-Starling, la reducción de la precarga atrial promueve una disminución en la fuerza de contracción de esa cámara, lo cual se vuelve fundamental para el apropiado llenado ventricular²⁸. Ese mecanismo fisiológico fue corroborado en el presente estudio por los valores más altos de las variables relativas a la función atrial pasiva y reducida fuerza de contracción atrial en el grupo ciclista. De la misma forma, la ausencia de correlación entre esas variables en el grupo control refuerza la asociación entre la práctica de ejercicio de alto desempeño y cambios en la fisiología de la diástole cardíaca. No obstante, no fue observada correlación funcional directa entre la cantidad de ejercicio practicada por los atletas y los hallazgos anteriormente citados, lo que puede ser parcialmente explicado por la influencia de otras variables en la cambio de la dinámica atrial izquierda en esa población como resistencia vascular periférica²⁹ y polimorfismo genético³⁰, y que no fueron contempladas en el presente estudio. Esos hallazgos están de acuerdo con aquellos descritos por D'Ascenzi et al.¹³, que estudiaron la dinámica atrial izquierda en jugadores de fútbol por medio del *speckle tracking* bidimensional. Según esos autores, los atletas estudiados presentaron un aumento de los componentes iniciales de la diástole en el llenado ventricular izquierdo¹³.

El estudio de la fisiología del vaciado atrial en atletas ha mostrado ser una herramienta promisoría en la medida de las presiones de llenado ventricular en ese grupo. El estudio de la función atrial izquierda por medio del ecocardiograma bidimensional ya fue descrito en estudios anteriores y mostró elevada correlación con otras variables de función diastólica. Mientras tanto, la tecnología bidimensional presentó limitaciones en cuanto a la reproductibilidad. En ese sentido, la estimativa de la fuerza de contracción atrial por el ecocardiograma tridimensional ha sido validada

como variable estrechamente relacionada al llenado ventricular final, con reducida variabilidad interobservador y alta precisión^{7,16}. La relación del vaciado atrial izquierdo activo con la resistencia ventricular al flujo mitral fue demostrada en el presente estudio por la significativa correlación lineal entre la fuerza de contracción atrial y la velocidad de la onda A' tisular en el grupo de atletas. La reducida fuerza de contracción atrial en ese grupo sería resultado de un relativo predominio del vaciado atrial inicial en el llenado ventricular, lo que, a su vez, fue demostrado por la correlación lineal negativa entre la fuerza de contracción atrial izquierda y la fracción de vaciado atrial izquierda pasiva. Además de eso, observamos también una elevada correlación lineal positiva entre la fuerza de contracción atrial y el volumen atrial izquierdo antes de su contracción. Mientras tanto, no observamos diferencia significativa entre la fracción de vaciado activo entre los grupos. Eso puede ser parcialmente explicado por la dificultad de análisis de pequeñas variaciones volumétricas del atrio izquierdo, como es el caso de la diferencia entre el volumen precontracción atrial y el volumen atrial mínimo. Tal limitación ya fue relatada por Zhong et al.³¹, cuando no observaron correlación entre la fracción de vaciado y otras variables diastólicas³¹.

Ese remodelado funcional del atrio izquierdo en atletas es, probablemente, un componente de la adaptación cardíaca global al aumento de la precarga asociado al entrenamiento intenso y frecuente²⁶. Esa adaptación está ligada no solamente a mayor distensibilidad y aumento del lusitropismo ventricular izquierdo, sino también a un aumento de las propiedades viscoelásticas del atrio izquierdo que están directamente relacionadas al incremento del tono vagal en esa población. Varios estudios han evidenciado que el incremento parasimpático asociado al entrenamiento físico intenso y de larga duración genera una reducción del tiempo necesario para el relajación y llenado ventricular, lo que funcionaría como un mecanismo compensatorio para la manutención del débito cardíaco durante los episodios de frecuencia cardíaca elevada³².

Investigaciones previas han sugerido que atletas entrenados están predispuestos a fibrilación atrial paroxística, posiblemente como una consecuencia de un remodelado cardíaco inapropiado asociado a la predisposición individual. Fue observado también que muchos de esos individuos que presentan arritmias de origen supraventricular tienen atrios con dimensiones normales, lo que permite inferir que la génesis de tal condición esté relacionada no solamente a alteraciones morfológicas, sino también a cambios funcionales en el atrio izquierdo⁶. La ecocardiografía tridimensional, por utilizar la reconstrucción digital del contenido atrial, así como sus cambios volumétricos a lo largo del ciclo cardíaco, se ha mostrado como una herramienta promisoría en el estudio de las alteraciones funcionales que anteceden los cambios morfológicos del remodelado de esa cámara. Mientras tanto, estudios que contemplan una mayor población son necesarios para comprender totalmente la relación entre la mayor frecuencia de arritmias atriales y el remodelado atrial observado en atletas entrenados.

Limitaciones

Una limitación potencial fue la dificultad inherente de pareamiento del grupo control en relación al índice de masa corporal. Mientras tanto, creemos que no hubo perjuicio en el análisis final, pues la superficie corporal fue semejante entre los grupos. Según las directrices de la Sociedad Americana de Ecocardiografía y Sociedade Brasileira de Ecocardiografía^{14,15}, la superficie corporal debe ser utilizada como variable de indexación para medidas ecocardiográficas.

Otra posible limitación fue la falta de mujeres y añosos en los grupos estudiados, lo que no nos permitió determinar si las informaciones encontradas podrían extenderse al sexo femenino y a una población con franja etárea más abarcadora.

Conclusión

Por medio de la ecocardiografía tridimensional, nuestro estudio demostró un aumento en el componente de vaciado pasivo en relación a una reducción en el componente activo de llenado ventricular en atletas profesionales cuando fueron comparados a controles no deportistas. Esos resultados no solamente reafirman el hallazgo de la función diastólica supernormal en atletas profesionales de alto desempeño,

sino que también revelan un remodelado atrial izquierdo funcional en esa población.

Contribución de los autores

Concepción y diseño de la investigación: Oliveira W, Rodrigues ACT, Cordovil A, Monaco CG, Lira-Filho E, Fischer CH, Morhy SS, Vieira MLC; Obtención de datos: Oliveira W, Janot L; Análisis e interpretación de los datos: Oliveira W; Análisis estadístico: Oliveira W; Redacción del manuscrito: Oliveira W; Revisión crítica del manuscrito respecto al contenido intelectual importante: Oliveira W.

Potencial Conflicto de Intereses

Declaro no haber conflicto de intereses pertinentes.

Fuentes de Financiamiento

El presente estudio no tuvo fuentes de financiamiento externas.

Vinculación Académica

No hay vinculación de este estudio a programas de postgrado.

Referencias

1. Pluim BM, Zwinderman AH, van der Laarse A, van der Wall EE. The athlete's heart: a meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation*. 2000;101(3):336-44.
2. Fagard R. Athlete's heart. *Heart*. 2003;89(12):1455-61.
3. Maron BJ, Pelliccia A, Spirito P. Cardiac disease in young trained athletes: Insights into methods for distinguishing athlete's heart from structural heart disease, with particular emphasis on hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*. 1995;91(5):1596-601.
4. D'Andrea A, D'Andrea L, Caso P, Scherillo M, Zeppilli P, Calabro R. The usefulness of Doppler myocardial imaging in the study of the athlete's heart and in the differential diagnosis between physiological and pathological ventricular hypertrophy. *Echocardiography*. 2006;23(2):149-57.
5. Maron BJ, Spirito P, Green KJ, Wesley YE, Bonow RO, Arce J. Noninvasive assessment of left ventricular diastolic function by pulsed Doppler echocardiography in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 1987;10(4):733-42.
6. Pelliccia A, Maron BJ, Di Paolo FM, Biffi A, Quattrini FM, Picchio C, et al. Prevalence and clinical significance of left atrial remodeling in competitive athletes. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46(4):690-6.
7. Oliveira W, Campos O, Cintra F, Matos L, Vieira ML, Rollim B, et al. Impact of continuous positive airway pressure treatment on left atrial volume and function in patients with obstructive sleep apnoea assessed by real-time three-dimensional echocardiography. *Heart*. 2009;95(22):1872-8.
8. Jenkins C, Bricknell K, Marwick TH. Use of real-time three-dimensional echocardiography to measure left atrial volume: comparison with other echocardiographic techniques. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18(9):991-7.
9. Maddukuri PV, Vieira ML, DeCastro S, Maron MS, Kuvin JT, Patel AR, et al. What is the best approach for the assessment of left atrial size? Comparison of various unidimensional and two-dimensional parameters with three-dimensional echocardiographically determined left atrial volume. *J Am Soc Echocardiogr*. 2006;19(8):1026-32.
10. Khankirawatana B, Khankirawatana S, Lof J, Porter TR. Left atrial volume determination by three-dimensional echocardiography reconstruction: validation and application of a simplified technique. *J Am Soc Echocardiogr*. 2002;15(10 Pt 1):1051-6.
11. Khankirawatana B, Khankirawatana S, Porter T. How should left atrial size be reported? Comparative assessment with use of multiple echocardiographic methods. *Am Heart J*. 2004;147(2):369-74.
12. Lester SJ, Ryan EW, Schiller NB, Foster E. Best method in clinical practice and in research studies to determine left atrial size. *Am J Cardiol*. 1999;84(7):829-32.
13. D'Ascenzi F, Cameli M, Zaca V, Lisi M, Santoro A, Causarano A, et al. Supernormal diastolic function and role of left atrial myocardial deformation analysis by 2D speckle tracking echocardiography in elite soccer players. *Echocardiography*. 2011;28(3):320-6.
14. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18(12):1440-63.
15. Campos Filho O, Zielinsky P, Ortiz J, Maciel BC, Andrade JL, Mathias Jr. W, et al. Diretriz para Indicações e Utilização da Ecocardiografia na Prática Clínica. *Arq Bras Cardiol*. 2004;82(Suppl 2):11-34.
16. Anwar AM, Soliman OI, Geleijnse ML, Nemes A, Vletter WB, ten Cate FJ. Assessment of left atrial volume and function by real-time three-dimensional echocardiography. *Int J Cardiol*. 2008;123(2):155-61.
17. Blondheim DS, Osipov A, Meisel SR, Frimerman A, Shochat M, Shotan A. Relation of left atrial size to function as determined by transesophageal echocardiography. *Am J Cardiol*. 2005;96(3):457-63.

18. Poutanen T, Jokinen E, Sairanen H, Tikanoja T. Left atrial and left ventricular function in healthy children and young adults assessed by three dimensional echocardiography. *Heart*. 2003;89(5):544-9.
19. Hung J, Lang R, Flachskampf F, Shernan SK, McCulloch ML, Adams DB, et al. 3D echocardiography: a review of the current status and future directions. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20(3):213-33.
20. Anwar AM, Soliman OI, Geleijnse ML, Michels M, Vletter WB, Nemes A, et al. Assessment of left atrial ejection force in hypertrophic cardiomyopathy using real-time three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20(6):744-8.
21. Manning WJ, Silverman DI, Katz SE, Douglas PS. Atrial ejection force: a noninvasive assessment of atrial systolic function. *J Am Coll Cardiol*. 1993;22(1):221-5.
22. Paulus WJ, Tschope C, Sanderson JE, Rusconi C, Flachskampf FA, Rademakers FE, et al. How to diagnose diastolic heart failure: a consensus statement on the diagnosis of heart failure with normal left ventricular ejection fraction by the Heart Failure and Echocardiography Associations of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2007;28(20):2539-50.
23. Devereux RB, Reichek N. Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of the method. *Circulation*. 1977;55(4):613-8.
24. Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, Marino PN, Oh JK, Smiseth OA, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10(2):165-93.
25. Claessens PJ, Claessens CW, Claessens MM, Claessens MC, Claessens JE. Supernormal left ventricular diastolic function in triathletes. *Tex Heart Inst J*. 2001;28(2):102-10.
26. Pelliccia A, Culasso F, Di Paolo FM, Maron BJ. Physiologic left ventricular cavity dilatation in elite athletes. *Ann Intern Med*. 1999;130(1):23-31.
27. D'Andrea A, Caso P, Galderisi M, Di Maggio D, Cicala S, D'Andrea L, et al. Assessment of myocardial response to physical exercise in endurance competitive athletes by pulsed doppler tissue imaging. *Am J Cardiol*. 2001;87(10):1226-30.
28. Anwar AM, Geleijnse ML, Soliman OI, Nemes A, ten Cate FJ. Left atrial Frank-Starling law assessed by real-time, three-dimensional echocardiographic left atrial volume changes. *Heart*. 2007;93(11):1393-7.
29. Petersen SE, Wiesmann F, Hudsmith LE, Robson MD, Francis JM, Selvanayagam JB, et al. Functional and structural vascular remodeling in elite rowers assessed by cardiovascular magnetic resonance. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(4):790-7.
30. Kasikcioglu E, Kayserilioglu A, Ciloglu F, Akhan H, Oflaz H, Yildiz S, et al. Angiotensin-converting enzyme gene polymorphism, left ventricular remodeling, and exercise capacity in strength-trained athletes. *Heart Vessels*. 2004;19(6):287-93.
31. Zhong L, Tan LK, Finn CJ. Effects of age and gender on left atrial ejection force and volume from real-time three-dimensional echocardiography. *Ann Acad Med Singapore*. 2012; 41(4):161-9.
32. Baggish AL, Wood MJ. Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: scientific and clinical update. *Circulation*. 2011;123(23):2723-35.