

Análisis de la Función Sistólica Ventricular Derecha en Chagásicos Por Medio de la Excursión Sistólica de la Vía de Salida del Ventrículo Derecho

Glauco Franco Santana¹, Danilo César Leite¹, José Olinto Natividade Milagre¹, Marco Antônio Castro Fonseca¹, Geovane Nogueira Coelho¹, Thalles Oliveira Gomes¹, Silas Dias Branco¹, Daladié Rodrigues Parreira¹, Alessandro Reis¹, Odilon Gariglio Alvarenga Freitas²

Hospital Nossa Senhora de Fátima, Patos de Minas¹; Santa Casa de Misericórdia de Belo Horizonte², Belo Horizonte, Minas Gerais – Brasil

Resumen

Antecedentes: La excursión sistólica de la vía de salida del ventrículo derecho (ES_VSVD) se mostró precisa para evaluación de la función sistólica del ventrículo derecho (VD). Entre tanto, la cardiopatía chagásica crónica (CCC) presenta características propias, que generan la necesidad de comprobación de la aplicabilidad de la ES_VSVD en ese grupo.

Objetivo: Evaluar la ES_VSVD en portadores de CCC y compararla con parámetros tradicionales de evaluación de la función sistólica del VD.

Métodos: Se estudiaron 131 pacientes con CCC. La ES_VSVD fue calculada por medio del modo-M en la vía de salida del VD (VSVD) al corte paraesternal eje corto al nivel de la válvula aórtica, midiendo la excursión de la superficie endocárdica de la pared anterior de la VSVD. Fueron obtenidas la variación fraccional del área (FAC) como método de referencia y la excursión sistólica del plano anular tricúspide (TAPSE) para comparación. Excluidos 27 pacientes por la no obtención de imágenes confiables.

Resultados: De los 104 pacientes, 38 presentaron disfunción del VD definida como FAC menor que 35%. Ellos fueron divididos en dos grupos, los primeros 52 correspondían a los de la curva de aprendizaje del método. En esa serie, valores menores que 5,6 mm presentaron mejor correlación con las anomalías. Los resultados de la ES_VSVD, en el grupo de aplicación del método, fueron: sensibilidad = 94%, especificidad = 97%, valor predictivo positivo (VP+) = 94%, valor predictivo negativo (VP-) = 97% y precisión = 96%. La TAPSE presentó respectivamente 95%, 98%, 97%, 97% y 97%.

Conclusión: Los resultados de la ES_VSVD en los exámenes realizados después de la curva de aprendizaje mostraron sensibilidad, especificidad, VP+, VP- y precisión semejantes a la TAPSE, demostrando similitud de los parámetros en los pacientes con CCC. (Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2016;29(4):124-131)

Palabras clave: Función Ventricular Derecha; Cardiomiopatía Chagásica; Ecocardiografía/métodos; Disfunción Ventricular Derecha.

Introducción

La información de la función sistólica del ventrículo derecho (VD) por medio del ecocardiograma transtorácico (ETT) ha sido a lo largo del tiempo un desafío para el ecocardiografista. Eso se debe al hecho de tener su localización retroesternal, lo que restringe la adquisición de imágenes a partir de las ventanas paraesternales, así como su compleja geometría, que se presenta triangular cuando es visualizada en la ventana apical y en media luna en la ventana paraesternal eje corto. La geometría del VD es también influenciada por la

posición del septo interventricular que presenta concavidad en dirección al ventrículo izquierdo (VI) tanto durante la sístole como durante la diástole.^{1,2}

Recientemente fue testeado un nuevo parámetro para evaluar la función sistólica del VD, de simple adquisición, denominado excursión sistólica de la vía de salida del ventrículo derecho (ES_VSVD). Ese método se mostró preciso para evaluación de la función sistólica del VD cuando comparado con la variación fraccional del área (FAC) y excursión sistólica del plano del anillo tricúspide (TAPSE), además de confirmar peor pronóstico para aquellos pacientes con valores abajo de la línea de corte para disfunción del VD.³ Entre tanto, el método no fue testeado en pacientes portadores de cardiopatía chagásica crónica (CCC). Como esa entidad presenta características propias, incluyendo alteraciones segmentarias del VD,⁴ es fundamental la necesidad de comprobación de la aplicabilidad de la ES_VSVD en esa población. El objetivo de este estudio fue evaluar la ES_VSVD en portadores de CCC, comparándola con parámetros tradicionales de evaluación de la función sistólica del VD.

Correspondencia: Glauco Franco Santana •
Hospital Nossa Senhora de Fátima - Patos de Minas
Rua Padre Caldeira, 386. CEP 38700-044, Centro,
Patos de Minas, MG - Brasil
E-mail: gsantana@cardiol.br
Artículo recibido el 13/4/2016; revisado el 29/5/2016; aceptado el 19/8/2016.

Métodos

Este estudio fue realizado en el Servicio de Ecocardiografía del Hospital Nossa Senhora de Fátima de Patos de Minas, en el período de 2012 a 2014. Fueron sometidos al ecocardiograma transtorácico 131 pacientes. La ES_VSVD fue calculada por medio del modo-M en la vía de salida del VD (VSVD) al corte paraesternal eje corto al nivel de la válvula aórtica, midiendo la excursión de la superficie endocárdica de la pared anterior de la VSVD (Figura 1).

Fueron obtenidos también la FAC como método de referencia y la TAPSE para comparación. La FAC fue obtenida por el delineado de los bordes endocárdicos del VD en la sístole y en la diástole a partir del anillo, a lo largo de la pared libre hasta el ápex, y entonces de vuelta al anillo, a lo largo del septo ventricular. Se obtuvo el valor de la FAC en porcentaje por medio de la fórmula: $FAC = (\text{área diastólica final del VD} - \text{área sistólica final del VD}) / \text{área diastólica final del VD} \times 100$. La TAPSE fue obtenida por medio del posicionamiento del cursor del modo-M en el anillo tricúspide y medido el movimiento longitudinal del anillo en el pico de la sístole. Considerado valor anormal para FAC <35% y TAPSE <16 mm, de acuerdo con las Directrices para Evaluación Ecocardiográfica del Corazón Derecho en Adultos de la Sociedad Americana de Ecocardiografía.⁵

Fueron incluidos los estudios ecocardiográficos de pacientes sabidamente portadores de CCC que presentaban déficit global o segmentar de la contractilidad del ventrículo izquierdo (VI). Fueron excluidos 27 pacientes por imposibilidad de obtención de imágenes confiables en por lo menos uno de los parámetros, y en 11, por la no realización de la FAC, 8, por la no realización de la ES_VSVD, y 8, por la no realización de ambos métodos. En los 131 exámenes fue posible realizar el cálculo de la TAPSE.

Análisis Estadístico

Para evaluar si la muestra de paciente del grupo aprendizaje y la muestra pacientes del grupo de aplicación son derivadas de la misma población se procedió a verificar si las características de los pacientes presentan comportamientos semejantes. Para las variables continuas fue aplicado el test no paramétrico Mann-Whitney, y para las variables discretas se aplicó el test chi-cuadrado de Pearson. La correlación entre las variables fue evaluada por el coeficiente de Spearman. El coeficiente de Kappa fue utilizado para evaluar si el mismo diagnóstico encontrado por la FAC sería encontrado por los otros métodos. Fue utilizado el nivel de significación de 5% y los análisis fueron hechos utilizando el paquete estadístico SPSS versión 23.

Resultados

Fueron analizados 104 pacientes, 48 del sexo femenino y 56 del sexo masculino, media de edad de 63,2 años; 38 presentaron disfunción del VD definida como FAC menor que 35% y 66 presentaron función sistólica normal. Ellos fueron divididos en dos grupos de análisis – Aprendizaje y Aplicación del método. Los dos grupos de análisis presentaron el mismo comportamiento en todas las características (Tabla 1). En ninguna de las

características presentadas en la tabla fueron encontradas evidencias de que el grupo de análisis – Aprendizaje o Aplicación del método – o género del paciente son factores de influencia en el comportamiento de los pacientes. Así, fue posible afirmar que las muestras son homogéneas en relación al género y al método de análisis. Una vez que el grupo de aprendizaje fue utilizado para entrenamiento del método, se utilizó para análisis solamente los pacientes del grupo de aplicación (n = 52).

Para evaluar si los métodos son concordantes, se aplicó el test de concordancia de Kappa para cada uno de ellos. TAPSE presentó alto porcentual de concordancia con FAC (Kappa = 0,957, p = 0,000) (Tabla 2).

La ES_VSVD también presentó alta concordancia con la FAC. Cuando es considerado el valor de 5,6 mm como criterios de anormalidad para la ES_VSVD, en 91,3% hubo concordancia en relación a la clasificación del paciente (p = 0,000). Cuando es considerado el valor de 6 mm como criterio de anormalidad para la ES_VSVD, en 71,6% hubo concordancia en relación a la clasificación del paciente. Eso es un indicativo de que la utilización del límite 5,6 mm presenta una mejor clasificación del paciente, en relación a la FAC (Tablas 3 y 4). Los métodos FAC, TAPSE y ES_VSVD presentaron correlación significativa entre ellos.

En la muestra estudiada, valores de la ES_VSVD menores que 5,6 mm fueron los que presentaron mejor correlación con las anomalías. Los resultados de la ES_VSVD en el grupo de aplicación del método fueron los siguientes: sensibilidad = 94%, especificidad = 97%, valor predictivo positivo (VPP) = 94%, valor predictivo negativo (VPN) = 97% y precisión = 96%. La TAPSE presentó sensibilidad = 95%, especificidad = 98%, VPP = 97%, valor predictivo negativo VPN = 97% y precisión = 97%.

En relación a la influencia de la función sistólica del VI, hubo correlación significativa entre la fracción de eyección del VI y la función sistólica del VD calculada por los métodos evaluados (p = 0,000).

Discusión

La necesidad del diagnóstico más preciso de la función sistólica del VD se vuelve cada vez más clara frente a las implicaciones terapéuticas y pronósticas de esa alteración en las diversas enfermedades cardíacas, como en la isquémica,⁶ dilatada,⁷ displasia arritmogénica del VD (DAVD),⁸ insuficiencia cardíaca con fracción de eyección normal (ICFEN),⁹ así como en la chagásica,¹⁰ entre otras. Las Directrices para Evaluación Ecocardiográfica del Corazón Derecho en Adultos de la Sociedad Americana de Ecocardiografía establecen la FAC onda S' del plano del anillo tricúspide y TAPSE como parámetros adecuados para evaluación de la función sistólica del VD, pudiendo también ser realizado el índice de performance miocárdica (IPM) como parámetro de evaluación sistodiastólica o global del VD.⁵

A pesar de los avances obtenidos a lo largo de los últimos años, es nítido que la evaluación multiparamétrica del VD es lo que lleva a resultados más confiables.^{11,12} En la muestra estudiada queda clara la necesidad de esa evaluación multiparamétrica, pues en 14,5% de los pacientes portadores

Tabla 1 – Distribución de acuerdo con los datos demográficos y parámetros ecocardiográficos

	Aprendizaje	Aplicación	P
Género	N	N	
Femenino	29 55,8%	19 36,5%	0,076
Masculino	23 44,2%	33 63,5%	
Edad	Media ± DE	Media ± DE	
Femenino	64,83 ± 11,59	62,63 ± 10,16	0,654
Masculino	66,00 ± 8,44	65,30 ± 10,32	
p	0,985	0,291	
Fración de eyección del ventrículo izquierdo - FEVI (%)	Media ± DE	Media ± DE	
Femenino	45,17 ± 13,66	40,26 ± 16,43	0,131
Masculino	37,78 ± 14,61	37,03 ± 14,33	
p	0,086	0,655	
Diámetro ventrículo derecho (mm)	Media ± DE	Media ± DE	
Femenino	30,59 ± 7,22	30,68 ± 6,49	0,925
Masculino	32,87 ± 5,01	32,00 ± 5,95	
p	0,062	0,458	
Variación fraccional del área - FAC (%)	Media ± DE	Media ± DE	
Femenino	40,66 ± 15,20	38,84 ± 13,55	0,628
Masculino	35,04 ± 11,84	36,85 ± 9,97	
p	0,148	0,827	
Excursión sistólica del plano del anillo tricúspide - TAPSE (mm)	Media ± DE	Media ± DE	
Femenino	17,41 ± 4,99	18,37 ± 4,92	0,283
Masculino	16,00 ± 5,28	17,70 ± 5,18	
p	0,292	0,511	
Excursión sistólica de la vía de salida del ventrículo derecho - ES_VSVD (mm)	Media ± DE	Media ± DE	
Femenino	6,55 ± 2,44	5,60 ± 1,56	0,873
Masculino	5,75 ± 2,16	6,43 ± 2,23	
p	0,227	0,171	
Presión sistólica en arteria pulmonar (mmHg)	Media ± DE	Media ± DE	
Femenino	42,84 ± 12,42	42,76 ± 15,44	0,795
Masculino	43,27 ± 12,62	43,32 ± 14,93	
p	1,000	0,878	

Tabla 2 – Relación de concordancia entre TAPSE y FAC

Variación Fraccional del Área - FAC * Excursión sistólica del plano del anillo tricúspide - TAPSE * Grupo Tabulación Cruzada					
Excursión sistólica del plano del anillo tricúspide - TAPSE					
Grupo			menor que 16 mm	mayor o igual 16 mm	total
Aprendizaje	FAC	menor que	19	2	21
		35%	(36,5%)	(3,8%)	(40,4%)
		mayor o igual	0	31	31
		a 35%	(0,0%)	(59,6%)	(59,6%)
	Total		19	33	52
			(36,5%)	(63,5%)	(100%)
Aplicación	FAC	menor que	17	0	17
		35%	(32,7%)	(0,0%)	(32,7%)
		mayor o igual	1	34	35
		a 35%	(1,9%)	(65,4%)	(67,3%)
	Total		18	34	52
			(34,6%)	(65,4%)	(100%)
Total	FAC	menor que	36	2	8
		35%	(34,6%)	(1,9%)	(36,5%)
		mayor o igual	1	65	66
		a 35%	(1,0%)	(62,5%)	(63,5%)
	Total		37	67	104
			(35,6%)	(64,4%)	(100%)

Test de concordancia de Kappa

grupo	Kappa	Aprox. Sig
Aprendizaje	,919	,000
Aplicación	,957	,000
Total	,937	,000

Tabla 3 – Relación de concordancia entre la ES_VSVD con valor de referencia de normalidad mayor o igual a 5,6 mm y FAC

Variación Fraccional del Área - FAC * Excursión sistólica de la vía de salida del VD - ES_VSVD* Grupo Tabulación Cruzada__			Excursión sistólica de la vía de salida del VD - ES_VSVD		
Grupo			menor que 5,6 mm	mayor o igual 5,6 mm	total
Aprendizaje	FAC	menor que	18	3	21
		35%	(34,6%)	(5,8%)	(40,4%)
		mayor o igual	5	26	31
		a 35%	(9,6%)	(50,0%)	(59,6%)
	Total		23	29	52
			(44,2%)	(55,8%)	(100%)
Aplicación	FAC	menor que	16	1	17
		35%	(30,8%)	(1,9%)	(32,7%)
		mayor o igual	1	34	35
		a 35%	(1,9%)	(65,4%)	(67,3%)
	Total		17	35	52
			(32,7%)	(67,3%)	(100%)
Total	FAC	menor que	34	4	38
		35%	(32,7%)	(3,8%)	(36,5%)
		mayor o igual	6	60	66
		a 35%	(5,8 %)	(57,7%)	(63,5%)
	Total		40	64	104
			(38,5%)	(61,5%)	(100%)

Test de concordancia de Kappa

grupo	Kappa	Aprox. Sig
Aprendizaje	,685	,000
Aplicación	,913	,000
Total	,795	,000

Tabla 4 – Relación de concordancia entre la ES_VSVD con valor de referencia de normalidad mayor o igual a 6,0 mm y FAC

Variación Fraccional del Área - FAC * Excursión sistólica de la vía de salida del VD - ES_VSVD* Grupo Tabulación Cruzada__					
Excursión sistólica de la vía de salida del VD - ES_VSVD					
Grupo			menor que 6,0 mm	mayor o igual 6,0 mm	total
Aprendizaje	FAC	menor que	18	3	21
		35%	(34,6%)	(5,8%)	(40,4%)
	Total	mayor o igual	9	22	31
		a 35%	(17,3%)	(42,3%)	(59,6%)
			27	25	52
			(51,9%)	(48,1%)	(100%)
Aplicación	FAC	menor que	16	1	17
		35%	(30,8%)	(1,9%)	(32,7%)
	Total	mayor o igual	6	29	35
		a 35%	(11,5%)	(55,8%)	(67,3%)
			22	30	52
			(42,3%)	(57,7%)	(100%)
Total	FAC	menor que	34	4	38
		35%	(32,7%)	(3,8%)	(36,5%)
	Total	mayor o igual	15	51	66
		a 35%	(14,4 %)	(49,0%)	(63,5%)
			49	55	104
			(47,1%)	(52,9%)	(100%)

Test de concordancia de Kappa

grupo	Kappa	Aprox. Sig
Aprendizaje	,542	,000
Aplicación	,716	,000
Total	,629	,000

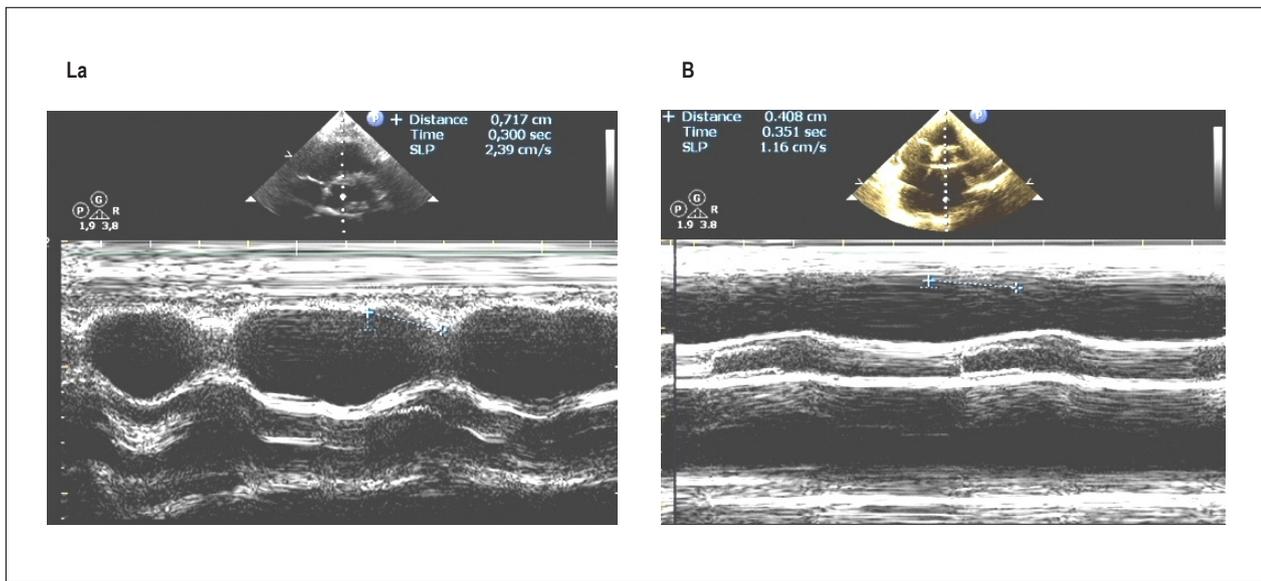


Figura 1 – Obtención de la excursión sistólica de la vía de salida del VD (ES_VSVD) por medio del modo-M en la vía de salida del VD (VSVD) al corte paraesternal eje corto al nivel de la válvula aórtica, midiéndose la excursión de la superficie endocárdica de la pared anterior de la VSVD. A: Función sistólica del VD normal (ES_VSVD = 7,17 mm); B: Función sistólica del VD deprimida (ES_VSVD = 4,08 mm).

de CCC no fueron obtenidas medidas confiables en por lo menos uno de los parámetros testados.

Nuevas modalidades ecocardiográficas han sido testeadas en la evaluación de la contractilidad miocárdica del VD como los índices de deformidad miocárdica¹³ y el ecocardiograma tridimensional (ECO3D).¹⁴ Sin embargo, esas nuevas tecnologías no están disponibles en todos los laboratorios de ecocardiografía, limitando su utilización. Además de eso, necesitan de imágenes óptimas y período más largo de entrenamiento para su adecuada realización.

La utilización de la ES_VSVD para evaluación de la función sistólica del VD trae consigo facilidades inherentes a los métodos de evaluación por medio del modo-M, que también puede tener un papel en la ecocardiografía actual.¹⁵ La facilidad de aprendizaje en el manejo de la técnica, disponibilidad en cualquier aparato de ecocardiografía, poca variabilidad inter e intraobservadores y potencial de utilización aun delante de ventanas acústicas subóptimas son argumentos a favor de las medidas que utilizan el modo-M. Los resultados publicados por Asmer et al.³ despertaron optimismo justamente por la simplicidad metodológica aliada a la precisión tan satisfactoria, tanto que otros autores ya publicaron los valores de referencia de la ES_VSVD en niños.¹⁶

El valor de referencia de la normalidad de la ES_VSVD en el trabajo original de Asmer et al.³ fue de 6 mm, diferente del que encontramos en la muestra de chagásicos. Esta diferencia entre los puntos de corte puede tener varios motivos: las características propias de la afectación del VD en los portadores de CCC; la variación interobservadores; poblaciones con diferentes grados de masa corporal y masa ventricular. Sin embargo, no es posible afirmar en el momento cual es el punto de corte ideal basado apenas en estos dos estudios, pero los resultados señalan que valores de la ES_

VSVD > 6,0 mm o <5,6 mm presentan alta precisión para normalidad y anormalidad, respectivamente, de la función sistólica del VD.

La utilización de la FAC como método de referencia para función sistólica del VD se debe a la su comprobada eficacia como parámetro independiente de edad, fracción de eyección del VI e insuficiencia cardíaca, entre otros.¹⁷ Los resultados obtenidos refuerzan que la ES_VSVD es un método de alta precisión también en la población de chagásicos, confirmando los hallazgos de Asmer et al.³ en la población de no chagásicos. Importa resaltar también la precisión semejante de la ES_VSVD en comparación con la TAPSE, método ampliamente consagrado de evaluación de la función sistólica del VD cuya ejecución también utiliza el modo-M como herramienta.

Finalmente, este estudio evidencia la importancia de realización de un período de aprendizaje cuando se inicia la ejecución de una nueva metodología en imagen cardiovascular. Los resultados obtenidos en la primera fase de adquisición de la ES_VSVD se mostraron inferiores en relación a aquellos de la segunda fase (porcentaje de concordancia con la FAC: 71,6% X 95,7%). Esa información confirma la necesidad de la curva de aprendizaje en el perfeccionamiento del ecocardiografista con los nuevos métodos, sirviendo para reforzar que delante de resultados debajo de aquellos de la literatura en una fase inicial no deben ser motivo de pérdida de confianza en el nuevo método, sino de perseverancia en alcanzar la precisión adecuada.

Conclusión

La ES_VSVD es un nuevo método de evaluación de la función sistólica del VD con excelente resultado en la CCC, habiendo demostrado en la presente muestra sensibilidad,

especificidad, VPP, VPN y precisión semejantes a la TAPSE, apuntando a una similitud entre los parámetros. Se necesitan nuevos estudios para confirmar el valor menor que 5,6 mm de la ES_VSVD como el punto de corte de la evaluación de la función sistólica del VD en la CCC. Vale recordar que así como en la población general, la evaluación de la función del VD debe ser multiparamétrica también en el grupo de chagásicos.

Contribución de los autores

Concepción y diseño de la investigación: Santana GF; Obtención de datos: Santana GF, Leite DC; Análisis e interpretación de los datos: Santana GF, Freitas OGA; Análisis estadístico: Santana GF, Freitas OGA; Redacción del manuscrito: Santana GF, Freitas OGA; Revisión crítica del manuscrito respecto al contenido intelectual importante:

Santana GF, Leite DC, Milagre JON, Fonseca MAC, Coelho GN, Gomes TO, Branco SD, Parreira DR, Reis A, Freitas OGA.

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. Vitarelli A, Terzano C. Do we have two hearts? New insights in right ventricular function supported by myocardial imaging echocardiography. *Heart Fail Rev*. 2010;15(1):39-61.
2. Ho SY, Nihoyannopoulos P. Anatomy, echocardiography, and normal right ventricular dimensions. *Heart*. 2006;92(Suppl 1):i2-i13.
3. Asmer I, Adawi S, Ganaeem M, Shehadeh J, Shiran A. Right ventricular outflow tract systolic excursion: a novel echocardiographic parameter of right ventricular function. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2012;13(10):871-7.
4. Santana GF, Leite DC, Milagre JON. Chagasic right ventricular aneurysm diagnosed by echocardiography. *Rev bras ecocardiogr imagem cardiovasc*. 2013;26(2):110-4.
5. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Diretrizes para avaliação ecocardiográfica do coração direito em adultos: um informe da Sociedade Americana de Ecocardiografia. *Arq Bras Cardiol imagem cardiovasc*. 2014;27(2):47-82.
6. Rambihar S, Dokainish H. Right ventricular involvement in patients with coronary artery disease. *Curr Opin Cardiol*. 2010;25(5):456-63.
7. Gulati A, Ismail TF, Jabbour A, Alpendurada F, Guha K, Ismail NA, et al. The prevalence and prognostic significance of right ventricular systolic dysfunction in nonischemic dilated cardiomyopathy. *Circulation*. 2013;128(15):1623-33.
8. Santana GF, Fonseca MAC, Leite DC, Araújo JPB. O Ecocardiograma no diagnóstico da displasia arritmogênica do ventrículo direito. *Rev bras ecocardiogr imagem cardiovasc*. 2011;24(3):51-7.
9. Melenovsky V, Hwang SJ, Lin G, Hwang SJ, Lin G, Redfield MM, Borlaug BA. Right heart dysfunction in heart failure with preserved ejection fraction. *Eur Heart J*. 2014;35(48):3452-62.
10. Nunes MC, Rocha MO, Ribeiro AL, Colosimo EA, Rezende RA, Carmo GA, et al. Right ventricular dysfunction is an independent predictor of survival in patients with dilated chronic Chagas' cardiomyopathy. *Int J Cardiol*. 2008 Jul 21;127(3):372-9.
11. Peyrou J, Parsaï C, Chauvel C, Simon M, Dehant P, Abergel E. Echocardiographic assessment of right ventricular systolic function in a population of unselected patients before cardiac surgery: a multiparametric approach is necessary. *Arch Cardiovasc Dis*;2014;107(10):529-39.
12. Kossaify A. Echocardiographic assessment of the right ventricle, from the conventional approach to speckle tracking and three-dimensional imaging, and insights into the "Right Way" to explore the forgotten chamber. *Clinical Medicine Insights: Cardiology*. 2015;9:65-75.
13. Kannan A, Poongkunran C, Jayaraj M, Janardhanan R. Role of strain imaging in right heart disease: a comprehensive review. *J Clin Med Res*. 2014;6(5):309-13.
14. Mangion JR. Right ventricular imaging by two-dimensional and three-dimensional echocardiography. *Curr Opin Cardiol*. 2010; 25(5):423-9.
15. Feigenbaum H. Role of M-mode technique in today's echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(3):240-57.
16. Koestenberger M, Ravekes W, Nagel B, Avian A, Heinzl B, Cvirn G, et al. Reference values of the right ventricular outflow tract systolic excursion in 711 healthy children and calculation of z-score values. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2014;15(9):980-6.
17. Anavekar NS, Skali H, Bourgoun M, Ghali JK, Kober L, Maggioni AP, et al. Usefulness of right ventricular fractional area change to predict death, heart failure, and stroke following myocardial infarction (from the VALIANT ECHO Study). *Am J Cardiol*. 2008;101(5):607-12.