

Débito cardíaco e fração de ejeção fetal por meio do spatio-temporal image correlation (STIC): comparação entre fetos masculinos e femininos

Fetal cardiac output and ejection fraction by spatio-temporal image correlation (STIC): comparison between male and female fetuses

Christiane Simioni¹, Edward Araujo Júnior², Wellington P. Martins³, Liliam Cristine Rolo⁴, Luciane Alves da Rocha⁵, Luciano Marcondes Machado Nardoza⁶, Antonio Fernandes Moron⁷

DOI: 10.5935/1678-9741.20120058

RBCCV 44205-1381

Resumo

Objetivo: Comparar do débito cardíaco (DC) e a fração de ejeção (FE) do coração de fetos masculinos e femininos obtidos por meio da ultrassonografia tridimensional, utilizando o *spatio-temporal image correlation* (STIC).

Métodos: Realizou-se um estudo de corte transversal com 216 fetos normais, entre 20 a 34 semanas de gestação, sendo 108 masculinos e 108 femininos. Os volumes ventriculares no final da sístole e diástole foram obtidos por meio do STIC, sendo as avaliações volumétricas realizadas pelo *virtual organ computer-aided analysis* (VOCAL) com rotação de 30°. Para o cálculo do DC utilizou-se a fórmula: DC = volume sistólico/frequência cardíaca fetal, enquanto que para a FE utilizou-se a fórmula: FE = volume sistólico/volume diastólico final. O DC (combinado, feminino e masculino) e a FE (masculina e feminina) foram comparadas utilizando-se o teste t não pareado e ANCOVA. Foram criados gráficos de dispersão com os percentis 5, 50 e 95.

Resultados: A média do DC combinado, DC direito, DC esquerdo, FE direita e FE esquerda, para feminino e masculino, foram 240,07 mL/min; 122,67 mL/min; 123,40

mL/min; 72,84%; 67,22%; 270,56 mL/min; 139,22 mL/min; 131,34 mL/min; 70,73% e 64,76%, respectivamente; sem diferença estatística ($P > 0,05$).

Conclusões: O DC e a FE fetal obtidos por meio da ultrassonografia tridimensional (STIC) não apresentaram diferença significativa em relação ao gênero.

Descritores: Coração fetal. Débito cardíaco. Ecocardiografia tridimensional. Frequência cardíaca.

Abstract

Objective: To compare the cardiac output (CO) and ejection fraction (EF) of the heart of male and female fetuses obtained by 3D-ultrasonography using *spatio-temporal image correlation* (STIC).

Methods: We conducted a cross-sectional study with 216 normal fetuses, between 20 and 34 weeks of gestation, 108 male and 108 female. Ventricular volumes at the end of systole and diastole were obtained by STIC, and the volumetric assessments performed by the *virtual organ*

1. MD; Mestre em Ciências do Departamento de Obstetrícia, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
2. PhD; Professor Adjunto do Departamento de Obstetrícia, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
3. PhD; Médico Assistente do Departamento de Ginecologia e Obstetrícia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil.
4. PhD; Mestre em Ciências do Departamento de Obstetrícia, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
5. MD; Pós-graduanda do Departamento de Obstetrícia, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
6. PhD; Professor Associado do Departamento de Obstetrícia, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
7. PhD; Professor Titular do Departamento de Obstetrícia, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Trabalho realizado no Setor de Cardiologia Fetal, Departamento de Obstetrícia, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, SP, Brasil.

Endereço para correspondência
Edward Araujo Júnior. Rua Carlos Weber, 956 – apto. 113 – Visage Alto da Lapa – São Paulo, SP, Brasil – CEP 05303-000
E-mail: araujojred@terra.com.br

Artigo recebido em 1 de março de 2012
Artigo aprovado em 7 de maio de 2012

Abreviaturas, acrônimos & símbolos	
CCN	Comprimento cabeça-nádega
CO	Cardiac output
DC	Débito cardíaco
DCC	Doenças cardíacas congênicas
DP	Desvio padrão
EF	Ejection fraction
EPF	Estimativa de peso fetal
FCF	Frequência cardíaca fetal
FE	Fração de ejeção
IG	Idade gestacional em semanas
ROI	Região de interesse
STIC	Spatio-temporal image correlation
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo
US 2D	Ultrassonografia bidimensional
US 3D	Ultrassonografia tridimensional
VOCAL	Virtual organ computer-aided analysis
VS	Volume sistólico

INTRODUÇÃO

As doenças cardíacas congênicas (DCC) respondem por parcela importante na taxa de morbimortalidade perinatal, tanto por defeitos cardíacos anatômicos como funcionais. As DCC são as malformações maiores mais frequentes ao nascimento [1,2], com uma prevalência de 0,6 a 5% dos recém-nascidos vivos [3]. Apesar de grandes esforços e avanço tecnológico da ecocardiografia bidimensional nas duas décadas passadas, a acurácia na detecção de cardiopatias congênicas no pré-natal está entre 31% a 96% [4,5].

Apesar da ultrassonografia bidimensional (US 2D) ser utilizada para estudo da anatomia cardíaca com boa acurácia, a análise da função cardíaca fetal por meio dessa modalidade diagnóstica ainda é limitada [6]. Na análise do volume sistólico (VS) e fração de ejeção (FE), utiliza-se a fórmula de Teichholz, a qual pode ser aplicada para cavidades de qualquer tamanho, assumindo que o ventrículo tem a forma elíptica, ou ainda utilizar apenas uma constante ($X \times Y \times Z \times 0,52$) [7]. O método de Simpson também é empregado para esse fim, porém de forma ainda mais complexa, dividindo o ventrículo em vários cilindros, calculando a FE para cada um deles e mantendo a média total das frações isoladas [8].

A ultrassonografia tridimensional (US 3D) permite uma avaliação volumétrica mais acurada que a ultrassonografia 2D, principalmente para objetos de formatos irregulares, pois permite o delineamento de sua superfície externa [9], podendo ser de potencial aplicação na avaliação da função cardíaca fetal. O *Spatio-temporal Image Correlation* (STIC) é um *software* que permite a aquisição volumétrica do coração fetal com suas conexões vasculares, sendo que as imagens podem ser avaliadas tanto no modo multiplanar quanto no de superfície (renderizado). As imagens podem

ser avaliadas tanto de forma estática, como em movimento (4D) por meio de uma sequência de *cineloop*, que simula um ciclo cardíaco completo. As vantagens do STIC na avaliação cardíaca fetal são: menor dependência da experiência do operador em obter planos diagnósticos, menor tempo de realização do exame com análise dos volumes na ausência da paciente, possibilidade de avaliar estruturas pelo modo de renderização com estudo de sua morfologia e função [10-12]. Em relação à avaliação cardíaca pelo STIC, o estudo pioneiro foi realizado por Messing et al. [13], que avaliaram o volume das câmaras ventriculares tanto em sístole quanto em diástole, em 100 fetos utilizando os métodos *Virtual Organ Computer-aided AnaLysis* (VOCAL) associado ao *inversion mode*. Posteriormente, outros autores também avaliaram a função cardíaca fetal como Molina et al. [14], que utilizaram o STIC associado apenas ao VOCAL, Uittenbogaard et al. [15], que utilizaram o STIC e o método 3D *slice* e, mais recentemente, Simioni et al. [16] e Hamill et al. [17], que utilizaram somente o VOCAL associado ao STIC. Contudo, não há estudos comparando a função cardíaca por meio da US 3D com STIC em relação ao gênero. Sabe-se que, em adultos, por meio da ecocardiografia 3D, mulheres apresentam maior relação volume/massa ventricular que homens da mesma faixa etária [18].

Results: The average of DC combined, DC left, DC right, FE right and FE left, male and female were 240.07 mL/min, 122.67 mL/min, 123.40 mL/min, 72.84%, 67.22%, 270.56 mL/min, 139.22 mL/min, 131.34 mL/min, 70.73% and 64.76% respectively, without statistical difference ($P > 0.05$).

Conclusions: The fetal CO and EF obtained by 3D-ultrasonography (STIC) showed no significant difference in relation to gender.

Descriptors: Fetal heart. Cardiac output. Cardiac volume. Echocardiography, three-dimensional. Heart rate.

O objetivo deste estudo foi comparar o débito cardíaco (DC) e a FE do coração de fetos normais masculinos e femininos por meio da ultrassonografia 3D utilizando os *softwares* STIC e VOCAL, de forma a se tentar determinar se a função cardíaca já é dependente do gênero no período antenatal.

MÉTODOS

Realizou-se um estudo de corte transversal, no período de maio de 2009 a julho de 2011, com gestantes normais

entre 20 a 34 semanas e 6 dias. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), nº 0234/09, sendo que as pacientes que consentiram na participação voluntária assinaram Termo de Consentimento.

Os critérios de inclusão foram: 1) gestação única com feto vivo; 2) idade gestacional determinada pela data da última menstruação e confirmada por ultrassonografia de primeiro trimestre, utilizando como parâmetro o comprimento cabeça-nádega (CCN), com diferença inferior a 5 dias.

Os critérios de exclusão foram: 1) posição fetal com dorso anterior (entre 11 e 1h), 2) movimentação fetal excessiva; 3) atenuação intensa do feixe sonoro (obesidade e cicatrizes abdominais); 4) malformação fetal detectada à ultrassonografia; 5) peso fetal estimado abaixo do percentil 10 ou acima do percentil 90, segundo Hadlock et al. [19]; 6) índice de líquido amniótico abaixo do percentil 5 ou acima do percentil 95, segundo Moore & Cayle [20]; 7) doenças maternas crônicas que pudessem interferir com o crescimento fetal (hipertensão arterial crônica, diabetes mellitus e colagenoses); 8) casos nos quais não foi possível a identificação da genitália externa fetal.

Todas as pacientes foram selecionadas de modo aleatório, sendo estas advindas do Setor de Pré-natal Fisiológico do Departamento de Obstetrícia da UNIFESP, ou de Unidades Básicas de Saúde da região metropolitana do município de São Paulo (Brasil). As gestantes foram avaliadas uma única vez, não sendo obtidos os dados pós-natais.

As seguintes variáveis foram avaliadas das gestantes incluídas: idade, número de gestações e partos prévios, idade gestacional, peso fetal estimado, frequência cardíaca fetal (FCF), gênero fetal, DC do ventrículo direito, esquerdo e combinado e FE do ventrículo direito e esquerdo. Idade, número de gestações e partos prévios das gestantes foram obtidos por questionários. As outras variáveis foram avaliadas por ultrassonografia.

Os exames foram realizados no Centro Paulista de Medicina Fetal (CPMF) e no Setor de Ultrassonografia Tridimensional do Departamento de Obstetrícia da UNIFESP, sendo estes realizados por apenas dois examinadores (CS e LLC), ambos com experiência de três anos em ultrassonografia 3D em Obstetrícia. Todos os exames foram realizados em aparelhos da marca Voluson 730 Expert (General Electric Healthcare, Zipf, Áustria), por meio de um transdutor convexo volumétrico multifrequencial (RAB 4-8L). Inicialmente, o observador, por meio da US 2D, realizou as medidas do diâmetro biparietal, circunferência abdominal e comprimento do fêmur para determinação da estimativa de peso fetal [21]. A determinação do gênero fetal foi realizada por meio da US 2D [22]. A frequência cardíaca fetal (FCF) foi determinada por meio de ultrassonografia Doppler pulsada da valva mitral. Para a aquisição volumétrica do

coração fetal, inicialmente realizou-se uma avaliação bidimensional, de forma a se obter um plano axial ao nível das quatro câmaras cardíacas. Em seguida, com o feto em repouso e solicitando à gestante apneia por alguns segundos, realizou-se a varredura 3D. Para tanto, ativou-se a tecla STIC, de forma que a região de interesse (ROI) englobasse apenas o coração com suas conexões vasculares. O ângulo de varredura e a velocidade de aquisição foram determinados pelo próprio examinador. O ângulo variou de 20° a 25°, no primeiro trimestre, e 25° a 30°, no terceiro trimestre, enquanto que o tempo de aquisição de 10 a 12,5 segundos. Após a captura do volume, verificou-se a qualidade do mesmo e sendo esta considerada satisfatória, este foi armazenado na memória do aparelho. Após a padronização da posição do coração fetal proposta por Paladini [23], um único volume de cada coração fetal foi armazenado na memória do aparelho. Posteriormente, os volumes foram gravados em discos compactos (CDs) e transferidos para um computador pessoal (PC).

As análises foram realizadas *off-line* por meio do programa 4D View versão 9.1 (General Electric Healthcare). O plano axial do modo multiplanar foi selecionado como referencial. De forma a se avaliar a dinâmica das valvas mitral e tricúspide, reduziu-se gradualmente a velocidade do *cinellop* até a obtenção exata de abertura e fechamento das valvas. O máximo diâmetro do ventrículo com as valvas mitral e tricúspide fechadas determinava o final da diástole ventricular, enquanto que o menor diâmetro, o final da sístole ventricular. Em seguida, ativou-se a tecla VOCAL com ângulo de rotação de 30° (delimitação de seis planos consecutivos). Para tanto, o ponto de referência foi deslocado para o centro do ventrículo, sendo o plano axial rotado em torno do eixo "y", de forma o ápice cardíaco se dispor em 12h. Realizou-se a delimitação manual dos seis planos no ventrículo esquerdo, após o qual o aparelho fornecia a imagem reconstruída com o volume da cavidade ventricular. O mesmo processo foi repetido para o ventrículo direito. Ao final, obtiveram-se os volumes das cavidades ventriculares direita e esquerda, tanto no final sístole quanto no final da diástole. O volume de ejeção de cada ventrículo foi determinado pela fórmula: volume de ejeção = (volume ventricular na diástole final) - (volume ventricular na sístole final). O DC de cada ventrículo foi determinado pela fórmula: DC = (volume de ejeção) * (FCF). O DC combinado foi determinado pela soma dos valores obtidos para o DC do ventrículo direito e esquerdo. A FE de cada ventrículo foi determinada pela fórmula: FE = (volume de ejeção) / (volume ventricular na diástole final).

A análise estatística foi realizada utilizando os programas Excel 2007 (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA), PASW (versão 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA), e GraphPad (versão 5.0, GraphPad Software, San Diego, CA, USA). A normalidade da distribuição foi avaliada pelo

teste de Kolmogorov-Smirnov. Comparamos idade materna, idade gestacional, peso fetal estimado e FCF entre as gestações com feto do gênero feminino e masculino por meio do teste t de Student não-pareado. Número de gestações e paridade foi comparado entre os grupos por meio do teste de Mann-Whitney. O DC (direito, esquerdo e combinado) e FE (direito e esquerdo) foram comparados entre os grupos por meio do teste t não-pareado e também por ANCOVA, usando idade gestacional e/ou peso fetal estimado como covariantes. Uma vez que não notamos diferença nos parâmetros avaliados entre fetos do sexo masculino e feminino, foram determinadas as curvas de

normalidade (percentis 5, 50 e 95) pela média e desvio-padrão estimados para a idade gestacional [24], utilizando dados de todos os fetos.

RESULTADOS

Foram inicialmente avaliadas 290 gestantes, contudo, 34 foram excluídas devido a posição fetal desfavorável, 5 por estimativa de peso fetal abaixo do percentil 10 para a idade gestacional e 35 por não identificação do sexo fetal. Portanto, para a análise estatística final foram incluídos 216 fetos, sendo 108 de cada sexo.

Tabela 1. Comparação da idade materna, número de gestações, paridade, peso fetal estimado e frequência cardíaca fetal entre fetos masculinos e femininos.

	Feminino		Masculino		P
	Média	DP	Média	DP	
Idade(anos)	29,20	5,30	29,83	6,23	0,43
Número de gravidezes	1,55	0,83	1,64	0,96	0,49
Paridade	0,43	0,70	0,51	0,75	0,29
Idade gestacional(semanas)	26,54	4,40	27,34	4,66	0,19
EPF(g)	1058,56	623,61	1195,21	685,46	0,13
Frequência cardíaca fetal(bpm)	141,19	9,69	140,08	9,37	0,39

EPF = estimativa de peso fetal; DP: desvio padrão; P – valor determinado pelo teste t não-pareado para idade, idade gestacional, EPF e frequência cardíaca fetal; P- valor determinado pelo teste de Mann-Whitney para número de gestações e paridade

Tabela 2. Comparação dos parâmetros cardíacos fetais avaliados entre fetos dos sexos masculino e feminino.

	Feminino		Masculino		P ¹	P ²	P ³	P ⁴
	Média	DP	Média	DP				
Débito cardíaco – direito (mL/min)	123,40	96,39	131,34	104,36	0,56	0,46	0,27	0,30
Débito cardíaco – esquerdo (mL/min)	122,67	86,20	139,22	108,82	0,21	0,70	0,91	0,79
Débito cardíaco combinado (mL/min)	246,07	174,15	270,56	200,75	0,34	0,84	0,58	0,67
Fração de ejeção – direita (%)	67,22	11,34	64,76	11,55	0,11	0,20	0,22	0,20
Fração de ejeção – esquerda (%)	72,84	10,95	70,73	10,94	0,16	0,28	0,32	0,34

Débito cardíaco combinado = (Débito cardíaco – esquerdo) + (Débito cardíaco – direito); DP: desvio-padrão; P¹ = P-valor determinado pelo teste t pareado; P² = P- valor avaliado pelo ANCOVA usando a idade gestacional como covariante; P³ = P- valor avaliado pelo ANCOVA usando o peso fetal estimado como covariante; P⁴ = P- valor avaliado pelo ANCOVA usando ambos a idade gestacional e a estimativa de peso fetal como covariantes

Tabela 3. Percentis 5, 50 e 95 para o débito cardíaco – direito, esquerdo e combinado, considerando ambos os fetos masculino e feminino.

IG	Ventrículo direito (mL/min)			Ventrículo esquerdo (mL/min)			Combinado (mL/min)		
	Percentil			Percentil			Percentil		
	5	50	95	5	50	95	5	50	95
26	35,44	101,65	167,86	37,41	101,40	165,39	99,83	204,96	310,09
27	41,77	118,25	194,72	44,27	116,59	188,90	118,32	237,08	355,84
28	48,48	135,78	223,09	51,53	132,61	213,68	137,90	271,00	404,11
29	55,55	154,26	252,96	59,19	149,47	239,74	158,56	306,72	454,88
30	62,99	173,67	284,35	67,26	167,16	267,06	180,30	344,23	508,15
31	70,80	194,03	317,25	75,72	185,69	295,66	203,13	383,53	563,93
32	78,98	215,32	351,66	84,58	205,05	325,52	227,04	424,63	622,22
33	87,53	237,56	387,59	93,85	225,26	356,66	252,04	467,53	683,01
34	96,44	260,73	425,02	103,52	246,29	389,07	278,13	512,22	746,31
35	105,72	284,84	463,96	113,59	268,17	422,74	305,30	558,71	812,12

IG= idade gestacional em semanas; Débito cardíaco combinado= débito cardíaco do ventrículo direito + débito cardíaco do ventrículo esquerdo; Percentis estimados no desvio padrão, como sugerido por Altman & Chitty [24]

Não observamos diferença significativa entre as gestantes com fetos do sexo masculino e feminino referente à idade materna, número de gestações e partos prévio, idade gestacional, peso fetal estimado e frequência cardíaca fetal (Tabela 1).

Não observamos diferenças significativas ao compararmos o DC e a FE entre os fetos do sexo masculino e feminino, tanto na análise dos dados iniciais, nem quando

ajustando por idade gestacional, estimativa de peso fetal ou ambos (Tabela 2). Dessa forma, os percentis para o DC e FE foram calculados para as idades gestacionais entre 26 e 35 semanas, usando dados tanto dos fetos do sexo masculino quanto feminino (Tabelas 3 e 4; Figuras 1 e 2).

Tabela 4. Percentis 5, 50 e 95 para a fração de ejeção – direito e esquerdo, considerando ambos os fetos masculino e feminino.

IG	Ventrículo direito (%)			Ventrículo esquerdo (%)		
	Percentil	Percentil	Percentil	Percentil	Percentil	Percentil
26	54,15	69,80	85,45	61,00	75,98	165,39
27	53,76	69,33	84,90	60,19	75,53	188,90
28	53,18	68,62	84,06	59,15	74,84	213,68
29	52,42	67,69	82,95	57,87	73,90	239,74
30	51,48	66,51	81,54	56,36	72,71	267,06
31	50,36	65,11	79,86	54,61	71,27	295,66
32	49,05	63,47	77,89	52,63	69,58	325,52
33	47,56	61,59	75,63	50,41	67,64	356,66
34	45,88	59,49	73,09	47,97	65,45	389,07
35	44,02	57,15	70,27	45,28	63,02	422,74

IG= idade gestacional em semanas; Percentis estimados no desvio-padrão como sugerido por Altman & Chitty [24]

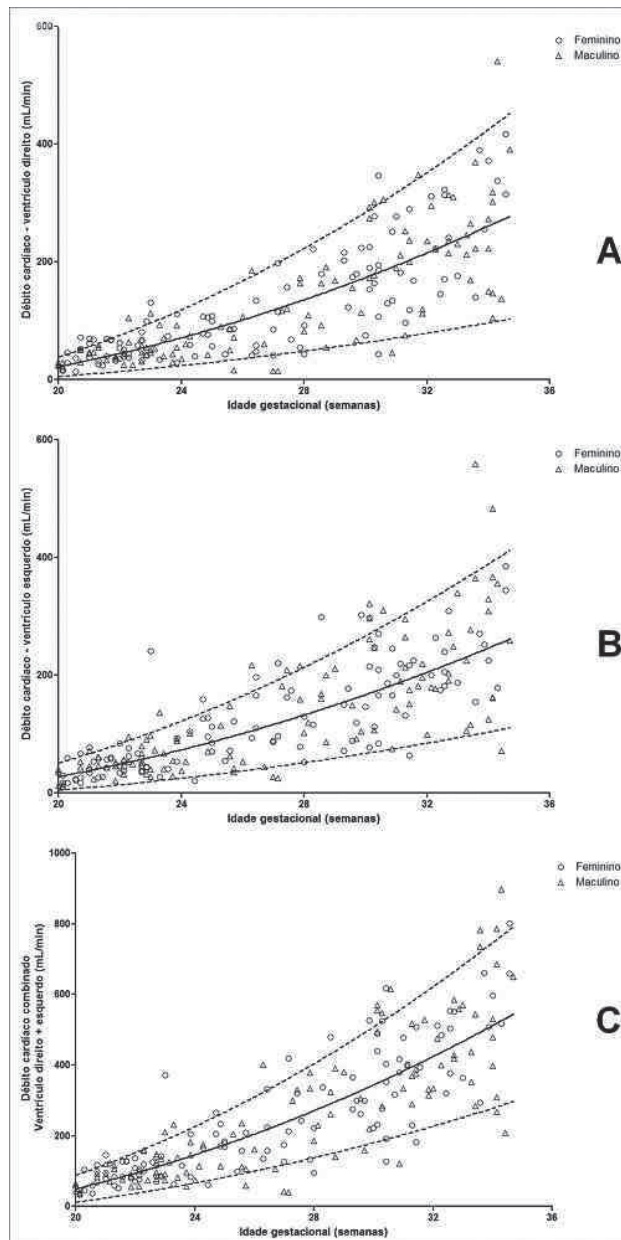


Fig. 1 - Curvas de referência - 5, 50 e 95 percentil – para o débito cardíaco: A) Ventrículo direito; B) Ventrículo esquerdo; C) Débito cardíaco combinado = (Ventrículo direito) + (Ventrículo esquerdo). Os percentis foram avaliados como sugerido por Altman & Chitty [24], usando dados de ambos os fetos, masculinos e femininos.

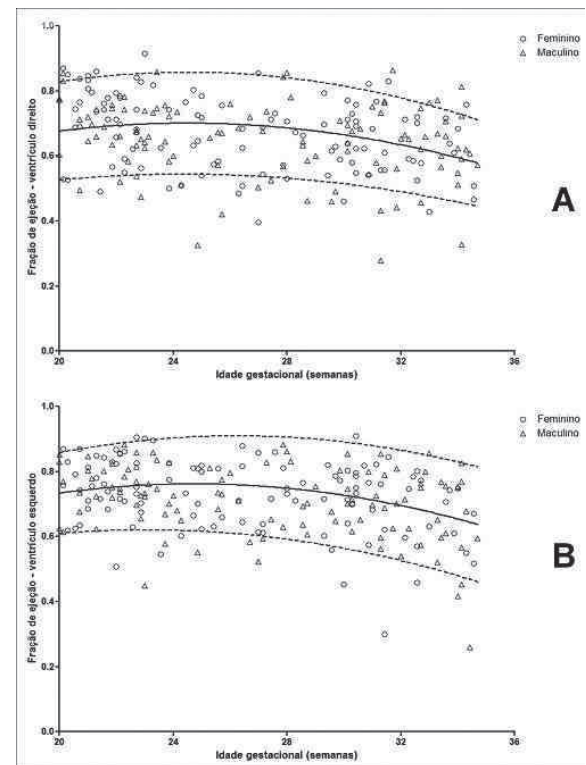


Fig. 2 - Curvas de referência - 5, 50 e 95 percentil – para a fração de ejeção: A) Ventrículo direito; B) Ventrículo esquerdo. Os percentis foram avaliados como sugerido por Altman & Chitty [24], usando dados de ambos os fetos, masculinos e femininos

DISCUSSÃO

Neste estudo, avaliamos a função cardíaca fetal por meio da US 3D, utilizando os *softwares* STIC e VOCAL. Utilizamos com limite o intervalo de 20 a 34 semanas, pois nesse período a visualização das câmaras cardíacas é mais fácil, permitindo melhor qualidade do volume cardíaco. Além do mais, abaixo de 20 semanas a viabilidade pós-natal fetal não é possível, tornando desnecessária a avaliação de sua função cardíaca. Utilizamos como padronização para a aquisição volumétrica o corte de quatro câmaras cardíacas, sempre que possível na posição de dorso em 6h, um ângulo de varredura variando de 20° a 30° de acordo com a idade gestacional, o maior tempo possível de aquisição, além da exclusão dos casos com dorso entre 11 e 1h, segundo proposto por Gonçalves et al. [25].

Neste estudo, objetivamos avaliar possíveis diferenças na função cardíaca de acordo com o gênero fetal. Contudo, não conseguimos comprovar diferenças significativas tanto para o DC quanto para a FE, tanto ajustado pela idade gestacional quanto pela estimativa de peso fetal. Em estudo realizado utilizando a ecocardiografia 3D transtorácica, a relação volume / massa do ventrículo esquerdo foi significativamente maior em mulheres que em homens de mesma idade. Outra causa poderia ser a maior resistência pulmonar das mulheres em relação aos homens, como possível consequência de maior FE do ventrículo esquerdo. Estudo prévio por meio da ecocardiografia 2D tem comprovado que a falência cardíaca com FE normal é frequentemente mais comum em mulheres que em homens de mesma idade [26]. Possivelmente, fatores externos atuando no período pós-natal podem justificar a diferença de função cardíaca em relação ao gênero, em adultos de mesma idade.

Neste estudo, foram inicialmente avaliadas 290 gestantes, sendo que 34 foram excluídas devido a baixa qualidade dos volumes, correspondendo a uma taxa de 11,7% de perda. Em recente estudo realizado por Schoonderwaldt et al. [27], foram inicialmente avaliadas 84 gestantes entre 20 a 34 semanas, contudo, 54 volumes foram excluídos, correspondendo a uma taxa de 64% de perda. Essa grande taxa de perda devido à baixa qualidade dos volumes cardíacos se deve a não inclusão da posição de dorso anterior como critério de exclusão e ao pequeno número de casos avaliados, em comparação ao estudo por nós realizado.

Em nosso estudo, como não identificamos diferenças na função cardíaca de fetos masculinos e femininos, determinamos valores de referência únicos tanto para o DC (direito, esquerdo e combinado) quanto para a FE

(direita e esquerda). Optamos pela determinação desses valores de referência a partir de 26 semanas, levando-se em consideração a viabilidade fetal. Em relação ao estudo prévio realizado por Molina et al. [14], que avaliaram 100 fetos de ambos os sexos, entre 12 a 34 semanas, observamos que seus valores foram superestimados em relação aos nossos. Acreditamos que uma das possíveis causas seja a inclusão do endocárdio nos cálculos volumétricos, ao passo que em nosso estudo apenas delimitamos a área anecóica (sangue) presente nas câmaras cardíacas, da mesma forma que em estudos prévios realizados por nosso grupo [16,28]. Em comparação com estudo longitudinal realizado por Uittenbogaard et al. [15], que utilizaram a técnica 3D *slice*, observamos que no intervalo de 26 a 30 semanas os nossos valores foram também subestimados, a provável causa possivelmente é também a inclusão do endocárdio nos cálculos volumétricos realizados naquele estudo. Em recente estudo publicado por Hamill et al. [17], que avaliaram 180 volumes cardíacos pelo STIC e VOCAL, observou-se que o DC aumentou com a idade gestacional e não diferiu entre os ventrículos direito e esquerdo, enquanto que a FE diminuiu com a idade gestacional e era maior no ventrículo esquerdo. Esses resultados estão em acordo aos obtidos em nosso estudo, com 216 fetos de ambos os sexos.

Neste estudo não avaliamos a reprodutibilidade do método STIC e VOCAL, pois ela já foi comprovada em estudo prévio realizado por nosso grupo [16], bem como por outros estudos [14,27,29].

As limitações do estudo se referem basicamente à captura dos volumes, o que requer uma posição fetal ideal (dorso em 6h) ou semi-ideal (dorso entre 3 e 9h), além de pouca movimentação fetal e apneia da gestante; o que por vezes torna o exame extremamente demorado. Além disso, o pós-processamento das imagens, com cálculos dos volumes ventriculares no final da sístole e diástole, para obtenção do DC e FE consome bastante tempo (10 a 12 minutos), dificultando o seu uso na prática clínica. Outra limitação se refere ao biótipo materno e a presença de cicatrizes abdominais que geram sombras acústicas dificultando e, por vezes, impossibilitando a captura de um volume cardíaco com qualidade satisfatória. Estas mesmas limitações já haviam sido referidas em estudo prévio realizado por Hamill et al. [29].

CONCLUSÃO

Em síntese, este foi o primeiro estudo que procurou avaliar diferenças na função cardíaca fetal intrauterina em relação ao gênero por meio da US 3D. A ausência de

diferença estatística observada no DC e FE de fetos masculinos e femininos infere que fatores externos pós-natais são os responsáveis por essas diferenças observadas na vida adulta em pessoas de sexos diferentes e mesma idade. Estudos posteriores avaliando a função cardíaca por meio da US 3D na infância e adolescência são necessários para confirmar nossa suposição.

REFERÊNCIAS

1. Silva MEM, Feuser MR, Silva MP, Uhlig S, Parazzi PLF, Rosa GJ, et al. Cirurgia cardíaca pediátrica: o que esperar da intervenção fisioterapêutica? *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2011;26(2):264-72.
2. Hoffman JI. Incidence of congenital heart disease: I. Postnatal incidence. *Pediatr Cardiol*. 1995;16(3):103-13.
3. Grandjean H, Larroque D, Levi S. The performance of routine ultrasonographic screening of pregnancies in the Eurofetus Study. *Am J Obstet Gynecol*. 1999;181(2):446-54.
4. Strumpflen I, Strumpflen A, Wimmer M, Bernaschek G. Effect of detailed fetal echocardiography as part of routine prenatal ultrasonographic screening on detection of congenital heart disease. *Lancet*. 1996;348(9031):854-7.
5. Berghella V, Pagotto L, Kaufman M, Huhta JC, Wapner RJ. Accuracy of prenatal diagnosis of congenital heart defects. *Fetal Diagn Ther*. 2001;16(6):407-12.
6. Esh-Broder E, Ushakov FB, Imbar T, Yagel S. Application of free-hand three-dimensional echocardiography in the evaluation of fetal cardiac ejection fraction: a preliminary study. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2004;23(6):546-51.
7. Schmidt KG, Silverman NH, Hoffman JI. Determination of ventricular volumes in human fetal hearts by two-dimensional echocardiography. *Am J Cardiol*. 1995;76(17):1313-16.
8. Meyer-Wittkopf M, Cole A, Cooper SG, Schmidt S, Sholler GF. Three-dimensional quantitative echocardiographic assessment of ventricular volume in healthy human fetuses and in fetuses with congenital heart disease. *J Ultrasound Med*. 2001;20(4):317-27.
9. Riccabona M, Nelson TR, Pretorius DH. Three-dimensional ultrasound: accuracy of distance and volume measurements. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 1996;7(6):429-34.
10. Gonçalves LF, Lee W, Chaiworapongsa T, Espinoza J, Schoen ML, Falkensammer P, et al. Four-dimensional ultrasonography of the fetal heart with spatiotemporal image correlation. *Am J Obstet Gynecol*. 2003;189:1792-802.
11. DeVore GR, Falkensammer P, Sklansky MS, Platt LD. Spatio-temporal image correlation (STIC): new technology for evaluation of the fetal heart. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2003;22(4):380-7.
12. Vinãls F, Poblete P, Giuliano A. Spatio-temporal image correlation (STIC): a new tool for the prenatal screening of congenital heart defects. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2003;22(4):388-94.
13. Messing B, Cohen SM, Valsky DV, Rosenak D, Hochner-Celnikier D, Savchev S, et al. Fetal cardiac ventricle volumetry in the second half of gestation assessed by 4D ultrasound using STIC combined with inversion mode. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2007;30(2):142-51.
14. Molina FS, Faro C, Sotiriadis A, Dagklis T, Nicolaidis KH. Heart stroke volume and cardiac output by four-dimensional ultrasound in normal fetuses. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2008;32(2):181-7.
15. Uittenbogaard LB, Haak MC, Spreeuwenberg MD, van Vugt JM. Fetal cardiac function assessed with four-dimensional ultrasound imaging using spatiotemporal image correlation. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2009;33(3):272-81.
16. Simioni C, Nardoza LM, Araujo Júnior E, Rolo LC, Zamith M, Caetano AC, et al. Heart stroke volume, cardiac output, and ejection fraction in 265 normal fetus in the second half of gestation assessed by 4D ultrasound using spatio-temporal image correlation. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2011;24(9):1159-67.
17. Hamill N, Yeo L, Romero R, Hassan SS, Myers SA, Mittal P, et al. Fetal cardiac ventricular volume, cardiac output, and ejection fraction determined with 4-dimensional ultrasound using spatiotemporal image correlation and virtual organ computer-aided analysis. *Am J Obstet Gynecol*. 2011;205(1):76.e1-10.
18. Kaku K, Takeuchi M, Otani K, Sugeng L, Nakai H, Haruki N, et al. Age- and gender-dependency of the left ventricular geometry assessed with real-time three-dimensional transthoracic echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011;24(5):541-7.
19. Hadlock FP, Harrist RB, Martinez-Poyer J. In utero analysis of fetal growth: a sonographic weight standard. *Radiology*. 1991;181(1):129-33.
20. Moore TR, Cayle JE. The amniotic fluid index in normal human pregnancy. *Am J Obstet Gynecol*. 1990;162(5):1168-73.
21. Scholly TA, Sutphen JH, Hitchcock DA, Mackey SC, Langstaff LM. Sonographic determination of fetal gender. *AJR Am J Roentgenol*. 1980;135(6):1161-5.
22. Hadlock FP, Harrist RB, Sharman RS, Deter RL, Park SK. Estimation of fetal weight with the use of head, body, and femur measurements--a prospective study. *Am J Obstet Gynecol*. 1985;151(3):333-7.

-
23. Paladini D. Standardization of on-screen fetal heart orientation prior to storage of spatio-temporal image correlation (STIC) volume datasets. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2007;29(6):605-11.
 24. Altman DG, Chitty LS. Charts of fetal size: 1. Methodology. *Br J Obstet Gynaecol.* 1994;101(1):29-34.
 25. Gonçalves LF, Lee W, Espinoza J, Romero R. Examination of the fetal heart by four-dimensional (4D) ultrasound with spatio-temporal image correlation (STIC). *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2006;7(3):336-48.
 26. Regitz-Zagrosek V, Brokat S, Tschope C. Role of gender in heart failure with normal left ventricular ejection fraction. *Prog Cardiovasc Dis.* 2007;49(4):241-51.
 27. Schoonderwaldt EM, Groenenberg IA, Hop WC, Wladimiroff JW, Steegers EA. Reproducibility of echocardiography measurements of human fetal left ventricular volumes and ejection fractions using four-dimensional ultrasound with the spatio-temporal image correlation modality. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2012;160(1):22-9.
 28. Simioni C, Nardoza LM, Araujo Júnior E, Rolo LC, Terasaka OA, Zamith MM, et al. Fetal cardiac function assessed by spatio-temporal image correlation. *Arch Gynecol Obstet.* 2011;284(1):253-60.
 29. Hamill N, Romero R, Hassan SS, Lee W, Myers SA, Mittal P, et al. Repeatability and reproducibility of fetal cardiac ventricular volume calculations using spatiotemporal image correlation and virtual organ computer-aided analysis. *J Ultrasound Med.* 2009;28(10):1301-11.