

Análise da reprodutibilidade do Doppler de amplitude tridimensional na avaliação da circulação do cérebro fetal*

Analysis of three-dimensional power Doppler sonography reproducibility in the assessment of fetal brain circulation

Antonio Fernandes Moron¹, Hérbene José Figuiha Milani², Enoch Quinderé de Sá Barreto³, Edward Araujo Júnior⁴, Karina Kraiden Haratz², Liliam Cristine Rolo², Luciano Marcondes Machado Nardozza⁵

Resumo **OBJETIVO:** Avaliar a reprodutibilidade intra e interobservador do Doppler de amplitude tridimensional (3D power Doppler) na avaliação do fluxo sanguíneo cerebral do território da artéria cerebral média. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Foi realizado estudo transversal com 20 gestantes normais entre 26 e 34 semanas. O território da artéria cerebral média mais próximo ao transdutor foi selecionado e o volume foi calculado utilizando-se o método Virtual Organ Computer-aided AnaLysis. Posteriormente, obtiveram-se os índices do 3D power Doppler: índice de vascularização (VI), índice de fluxo (FI) e índice de vascularização-fluxo (VFI). Utilizaram-se, para os cálculos, o coeficiente de correlação intraclass (CCI) e gráficos de Bland-Altman. **RESULTADOS:** Foi observada boa concordância intra e interobservador, com CCI > 0,90 para todos os índices do 3D power Doppler: VI [CCI = 0,992 (IC 95%: 0,981–0,997)], FI [CCI = 0,999 (IC 95%: 0,998–0,999)], VFI [CCI = 0,995 (IC 95%: 0,987–0,998)]. Reprodutibilidade interobservador: VI [CCI = 0,988 (IC 95%: 0,970–0,995)], FI [CCI = 0,999 (IC 95%: 0,997–1,000)], VFI [CCI = 0,994 (IC 95%: 0,994–0,998)]. **CONCLUSÃO:** O 3D power Doppler mostrou-se um método prático, fácil e com boa reprodutibilidade intra e interobservador, com o IF evidenciando a melhor concordância intra e interobservador.

Unitermos: Reprodutibilidade dos testes; Ultrassonografia pré-natal; Fluxo cerebral fetal; Doppler de amplitude; Ultrassom tridimensional.

Abstract **OBJECTIVE:** To evaluate the intra- and interobserver reproducibility of three-dimensional power Doppler sonography (3D power Doppler) in the assessment of fetal brain blood flow in the middle cerebral artery territory. **MATERIALS AND METHODS:** A cross-sectional study was developed with 20 healthy pregnant women between 26 and 34 gestational weeks. The middle cerebral artery territory closest to the transducer was scanned and the blood flow volume was calculated with the method Virtual Organ Computer-aided AnaLysis. The following 3D power Doppler indices were later obtained: vascularization index (VI), flow index (FI) and vascularization-flow index (VFI). The intraclass correlation coefficient (ICC) and Bland-Altman plots were utilized for calculating the intra- and interobserver variability. **RESULTS:** A good intra- and interobserver agreement was observed, with ICC > 0.90 for all the 3D power Doppler indices: VI [ICC = 0.992 (CI 95%: 0.981–0.997)], FI [ICC = 0.999 (CI 95%: 0.998–0.999)], VFI [ICC = 0.995 (CI 95%: 0.987–0.998)]. Interobserver reproducibility: VI [ICC = 0.988 (CI 95%: 0.970–0.995)], FI [ICC = 0.999 (CI 95%: 0.997–1.000)], VFI [ICC = 0.994 (CI 95%: 0.994–0.998)]. **CONCLUSION:** 3D power Doppler has shown to be a practical and easy method in the assessment of fetal brain blood flow, with good intra- and interobserver reproducibility. The FI presented the best intra- and interobserver agreement.

Keywords: Reproducibility of results; Prenatal ultrasonography; Fetal brain flow; Power Doppler; Three-dimensional sonography.

Moron AF, Milani HJF, Barreto EQS, Araujo Júnior E, Haratz KK, Rolo LC, Nardozza LMM. Análise da reprodutibilidade do Doppler de amplitude tridimensional na avaliação da circulação do cérebro fetal. Radiol Bras. 2010;43(6):369–374.

* Trabalho realizado no Setor de Ultrassonografia Tridimensional do Departamento de Obstetrícia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

1. Livre-Docente, Professor Titular do Departamento de Obstetrícia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

2. Mestres, Médicos do Departamento de Obstetrícia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

3. Pós-Graduando, Médico do Departamento de Obstetrícia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

4. Pós-Doutor, Professor Adjunto do Departamento de Obste-

trícia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

5. Livre-Docente, Professor Adjunto do Departamento de Obstetrícia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

Endereço para correspondência: Dr. Edward Araujo Júnior. Departamento de Obstetrícia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). Rua Napoleão de Barros, 875, Vila Clementino. São Paulo, SP, Brasil, 04024-002. E-mail: araujojred@terra.com.br

Recebido para publicação em 17/7/2010. Aceito, após revisão, em 7/10/2010.

INTRODUÇÃO

As circulações do feto e uteroplacentária têm sido exaustivamente estudadas com o intuito de avaliar a hemodinâmica fetal nos processos fisiológicos e patológicos durante a gravidez⁽¹⁾. Neste sentido, a avaliação da vascularização e do fluxo sanguíneo no cérebro fetal é muito importante,

pois déficits na perfusão neste território podem determinar um prognóstico ruim para o desenvolvimento do sistema nervoso central e até mesmo do bem-estar fetal⁽²⁾.

O ultrassom é método diagnóstico não invasivo utilizado para avaliar o fluxo sanguíneo cerebral e, assim, inferir indiretamente o estado de oxigenação fetal. Atualmente, as duas principais técnicas ultrassonográficas em obstetrícia para a avaliação da vascularização e do fluxo sanguíneo são o *color Doppler* bidimensional e o *power Doppler*.

O *color Doppler* bidimensional analisa mudanças nas ondas de fluxo e vem sendo utilizado como principal método diagnóstico não invasivo na avaliação da circulação e fluxo sanguíneo do feto. Por meio dele pode ser avaliado, mediante mensuração das velocidades de ondas de fluxo sanguíneo, o estado de oxigenação do cérebro fetal. É usado como referência para estudo do fluxo cerebral da artéria cerebral média (ACM), por ser de fácil identificação e ter alta reprodutibilidade⁽³⁾.

Embora o *color Doppler* bidimensional possa proporcionar informações clínicas importantes sobre a hemodinâmica fetal, ele apresenta limitações por ser menos sensível em detectar fluxos de baixa velocidade, ser ângulo-dependente e estar sujeito a efeito *aliasing*⁽⁴⁾.

O *power Doppler* avalia a amplitude dos sinais recebidos, indicando o número de células em movimento, tornando-o mais sensível para avaliar pequenos vasos e baixas velocidades de fluxo, o que permite detectar mínimas alterações no fluxo sanguíneo⁽⁵⁾. Esta característica é muito importante na avaliação de vasos de baixa resistência⁽⁶⁾.

Com o advento da ultrassonografia tridimensional, o *power Doppler* começou a ser empregado para análise tridimensional de fluxos e vasos sanguíneos. No entanto, nos primeiros estudos com esta nova técnica, realizava-se apenas uma avaliação qualitativa por meio da reconstrução em três dimensões da estrutura vascular de uma região de interesse (ROI), sem quantificar a vascularização e o fluxo sanguíneo deste território⁽⁷⁾.

Pairleitner et al.⁽⁸⁾, analisando massas anexiais, descreveram nova técnica na tentativa de quantificar o fluxo sanguíneo e a

vascularização pela ultrassonografia tridimensional: o Doppler de amplitude tridimensional (3D *power Doppler*). Por intermédio deste estudo, foram criados três índices a partir da análise dos *voxels* (menores unidades de informação volumétrica) da escala de cinzas e do Doppler colorido contidos em um cubo volumétrico previamente selecionado, constituindo a ROI, sendo as informações plotadas em um histograma. Esses índices têm por objetivo medir a vascularização (índice de vascularização – VI) ou o fluxo sanguíneo (índice de fluxo – FI) ou ambos (índice de vascularização-fluxo – VFI). O VI mede a porcentagem entre os *color voxels* do total de *voxels* do volume e estima o número de vasos sanguíneos dentro dos tecidos, expresso em porcentagem. O FI representa a média do valor *color* de todos os *voxels* coloridos e mostra a média da intensidade do fluxo sanguíneo. O VFI é a média do valor *color* de todos os *color voxels* e da escala de cinzas e representa o comportamento dos outros dois índices.

Até o momento, a circulação do cérebro fetal tem tradicionalmente sido avaliada por meio de índices de pulsatilidade e de resistência da ACM pela ultrassonografia bidimensional⁽⁹⁾. Estes índices são indicadores de impedância vascular e não estimam mudanças no movimento sanguíneo dentro dos pequenos vasos, os quais são responsáveis pelas variações na perfusão do tecido cerebral⁽¹⁰⁾. Por esta razão, o uso do 3D *power Doppler* para avaliação da circulação no cérebro fetal mostra-se de particular importância, devido ao pequeno diâmetro dos vasos sanguíneos neste território, podendo ser ferramenta importante no estudo de fetos com restrição de crescimento, no intuito de tentar prever de maneira mais precoce o mecanismo de centralização hemodinâmica fetal.

O objetivo deste estudo foi avaliar a reprodutibilidade intra e interobservador do 3D *power Doppler* no estudo da vascularização e fluxo sanguíneo do cérebro fetal, tendo como ROI o território da ACM.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado estudo observacional tipo corte transversal envolvendo 20 gestantes normais entre 26 e 34 semanas de gestação,

sendo que as gestantes foram selecionadas de maneira aleatória. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo e todas as participantes da pesquisa assinaram termo de consentimento livre e esclarecido.

Todos os exames ultrassonográficos e aquisição dos volumes tridimensionais foram realizados por um único examinador, com três anos de experiência em ultrassonografia tridimensional, em aparelho Voluson 730 Expert (GE Medical Systems; Zipf, Áustria) equipado com transdutor convexo volumétrico multifrequencial (4 a 7,0 MHz) e com *software* 4D View versão 9.0 (GE Medical Systems; Zipf, Áustria), por meio do qual foram armazenados e trabalhados os blocos tridimensionais.

Os exames foram iniciados com uma avaliação convencional por ultrassonografia bidimensional, para análise da posição e apresentação fetal, batimentos cardíacos, biometria fetal, estimativa do peso fetal e estudo morfológico do feto, posição e grau placentário, índice de líquido amniótico e dopplervelocimetria convencional das artérias uterinas, umbilical e cerebral média.

O estudo da vascularização do cérebro fetal pelo 3D *power Doppler* iniciou-se com a identificação do polígono de Willis, com o auxílio do *color Doppler* bidimensional. Foi então acionado o 3D *power Doppler* *angio-mode*, com a janela de varredura 3D compreendendo todo o polígono de Willis. Para uma adequada obtenção do volume tridimensional, a varredura foi realizada na ausência de movimentos fetais e solicitando-se apneia à paciente por alguns segundos. Para obtenção dos volumes, os seguintes *presets* foram utilizados: frequência de penetração (baixa), potência (1), ganho (50), frequência de quadro (2), sensibilidade (15), densidade (acionado), balanço (16), escala (0,9 kHz) e filtro (1).

Após a captura dos volumes, a imagem tridimensional obtida foi apresentada na forma de três planos ortogonais perpendiculares entre si, chamada de modo multiplanar.

Os volumes tridimensionais adquiridos foram avaliados duas vezes pelo examinador principal, em momentos diferentes, com intervalo de menos de 24 horas, para análise da variabilidade intraobservador. Um segundo examinador, também com três

anos de experiência em ultrassonografia tridimensional, executou uma terceira avaliação dos blocos tridimensionais para determinação da variabilidade interobservador. As medidas iniciais não eram conhecidas pelo examinador principal no momento da segunda avaliação e o segundo examinador desconhecia as medidas realizadas pelo examinador principal.

A análise dos blocos tridimensionais para o cálculo dos índices do 3D *power* Doppler, por ambos os examinadores, foi realizada seguindo os seguintes passos: inicialmente, os três planos obtidos foram explorados para localizar a zona de maior vascularização nas ROIs, usando como referencial o plano axial. A ROI foi o território da ACM mais próximo do transdutor. Foi selecionado o método Virtual Organ Computer-aided AnaLysis (VOCAL), que com auxílio de calibradores de medidas permite determinar a área do cérebro fetal em que os índices vasculares do 3D *power*

Doppler foram analisados. Os calibradores de medidas foram posicionados na base e no ápice da ACM mais próxima do transdutor. Em seguida, foi selecionado o modo esfera, que delimita os contornos da área de interesse previamente calibrados. Após certificar-se de que a ROI foi adequadamente incluída na esfera do tecido cerebral, foi selecionada a tecla VOCAL Shell Histogram, que calculou automaticamente todos os índices vasculares do 3D *power* Doppler (VI, FI e VFI) (Figura 1). Esta técnica é similar à proposta por Mercé et al.⁽¹¹⁾ para estudo da vascularização placentária, denominada de biópsia vascular.

Os dados obtidos foram introduzidos em planilha do programa Excel 2003 (Microsoft Inc.; Redmond, WA, EUA) e calculados por meio de um programa estatístico específico, o SPSS do Windows versão 15.0 (SPSS Inc.; Chicago, IL, EUA). A reprodutibilidade, que consiste na habilidade de um teste ter o mesmo resultado em di-

ferentes ocasiões pelo mesmo observador (variabilidade intraobservador) ou entre examinadores diferentes (variabilidade interobservador), foi calculada usando-se o coeficiente de correlação intraclass (CCI) e os gráficos de Bland-Altman⁽¹²⁾. O nível de significância adotado foi de 5% para todos os testes ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Foram avaliadas 20 gestantes com idade entre 25 e 38 anos e média de 31 anos. Os valores de idade gestacional variaram de 26 a 33 6/7 semanas, com média de 29,8 semanas. O número de partos prévios variou de 0 a 4, com média de 2,1 partos.

A estatística descritiva das medidas dos índices vasculares do 3D *power* Doppler obtidos para o território da ACM está apresentada na Tabela 1.

A variabilidade intraobservador no território da ACM revelou valor de CCI > 0,90

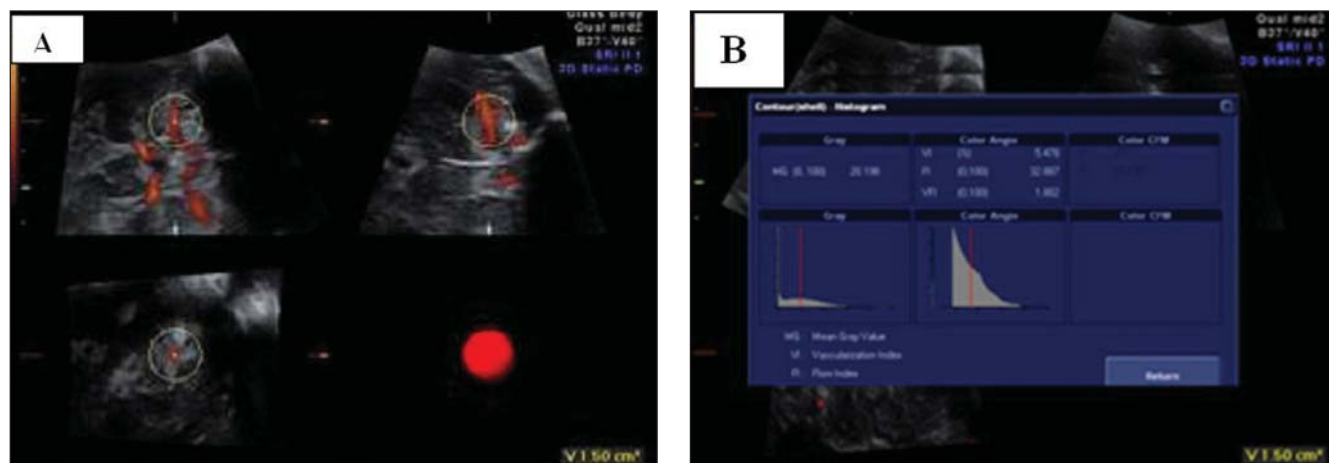


Figura 1. A: Modo esfera do VOCAL selecionando o território da artéria cerebral média anterior. B: Selecionada a tecla VOCAL Shell Histogram, com o cálculo automático dos índices vasculares do 3D *power* Doppler (VI, FI e VFI).

Tabela 1 Estatística descritiva dos índices vasculares (VI, FI e VFI) para o território da artéria cerebral média.

Índice do 3D <i>power</i> Doppler	Média	Desvio-padrão	Mediana	Mínimo	Máximo	n
VI – examinador principal (1ª medida)	11,73	3,43	11,28	4,67	17,73	20
VI – examinador principal (2ª medida)	11,66	3,31	11,29	4,62	16,79	20
VI – segundo examinador	11,56	3,49	11,27	4,62	17,84	20
FI – examinador principal (1ª medida)	40,34	5,69	40,59	31,18	48,32	20
FI – examinador principal (2ª medida)	40,31	5,55	40,40	31,25	48,32	20
FI – segundo examinador	40,39	5,63	41,42	31,14	48,87	20
VFI – examinador principal (1ª medida)	4,87	1,92	4,87	1,46	8,57	20
VFI – examinador principal (2ª medida)	4,88	1,96	4,89	2,14	9,02	20
VFI – segundo examinador	4,76	1,88	4,63	2,04	8,10	20

VI, índice de vascularização; FI, índice de fluxo; VFI, índice de vascularização-fluxo; n, número de gestantes.

para os três índices, sendo que o FI mostrou a melhor correlação ($CCI=0,999$) (Tabela 2). Segundo os gráficos de Bland-Altman, as médias das diferenças da reprodutibilidade intraobservador foram: $VI=0,30$ (limites de concordância: $-8,4$ a $9,0$), $FI=0,03$ (limites de concordância: $-1,43$ a $1,49$) e $VFI=-0,10$ (limites de concordância: $-9,4$ a $9,2$) (Figura 2).

A variabilidade interobservador no território da ACM revelou valor de $CCI > 0,90$ para os três índices, sendo que o FI mostrou a melhor correlação ($CCI=0,999$) (Tabela 3). As médias das diferenças para a reprodutibilidade interobservador foram: $VI=1,16$ (limites de concordância: $-9,1$ a $12,4$), $FI=-0,16$ (limites de concordância: $-1,85$ a $1,53$) e $VFI=2,1$ (limites de concordância: $-7,5$ a $11,8$) (Figura 3).

Tabela 2 Análise da reprodutibilidade intraobservador das medidas do 3D power Doppler no território da artéria cerebral média.

Parâmetros	Pacientes	CCI (IC 95%)	p
VI	20	0,992 (0,981–0,997)	(< 0,001)
FI	20	0,999 (0,998–0,999)	(< 0,001)
VFI	20	0,995 (0,987–0,998)	(< 0,001)

VI, índice de vascularização; FI, índice de fluxo; VFI, índice de vascularização-fluxo; CCI, coeficiente de correlação intraclass.

Tabela 3 Análise da reprodutibilidade interobservador das medidas do 3D power Doppler no território da artéria cerebral média.

Parâmetros	Pacientes	CCI (IC 95%)	p
VI	20	0,988 (0,970–0,995)	(< 0,001)
FI	20	0,999 (0,997–1,000)	(< 0,001)
VFI	20	0,994 (0,994–0,998)	(< 0,001)

VI, índice de vascularização; FI, índice de fluxo; VFI, índice de vascularização-fluxo; CCI, coeficiente de correlação intraclass.

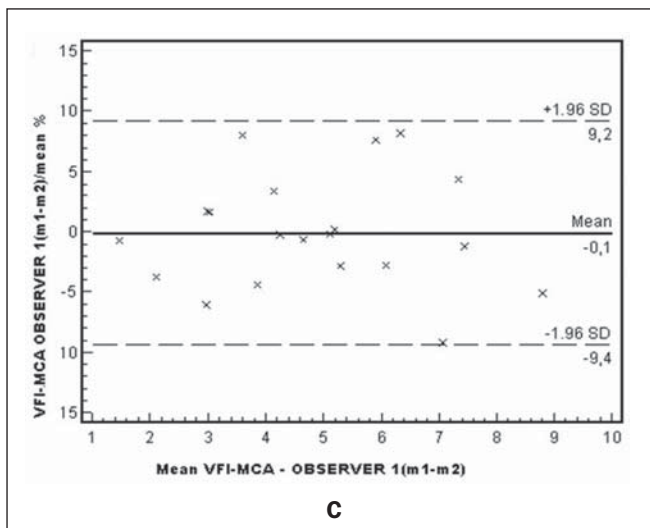
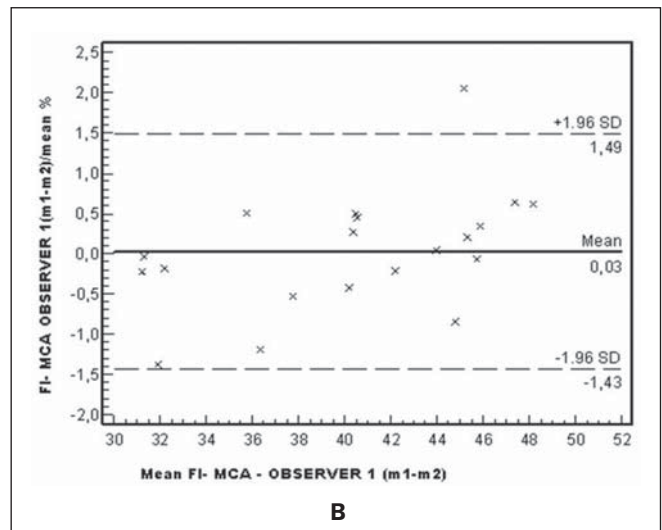
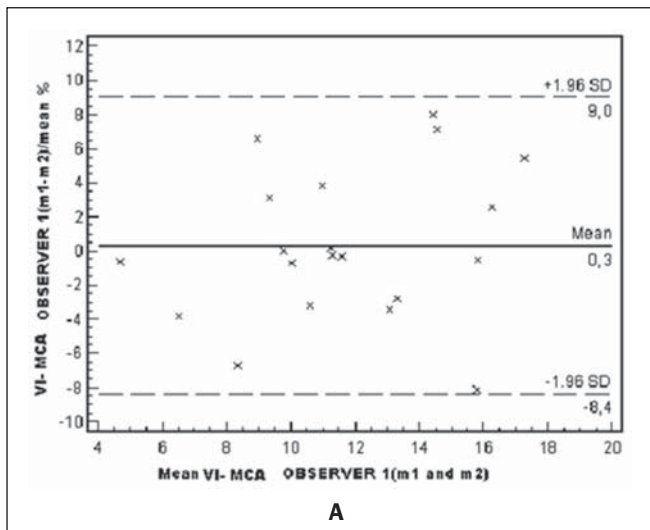


Figura 2. Diferenças das medidas realizadas por um único examinador plotadas contra a média de suas diferenças e 1,96 desvio-padrão para VI (A), FI (B) e VFI (C).

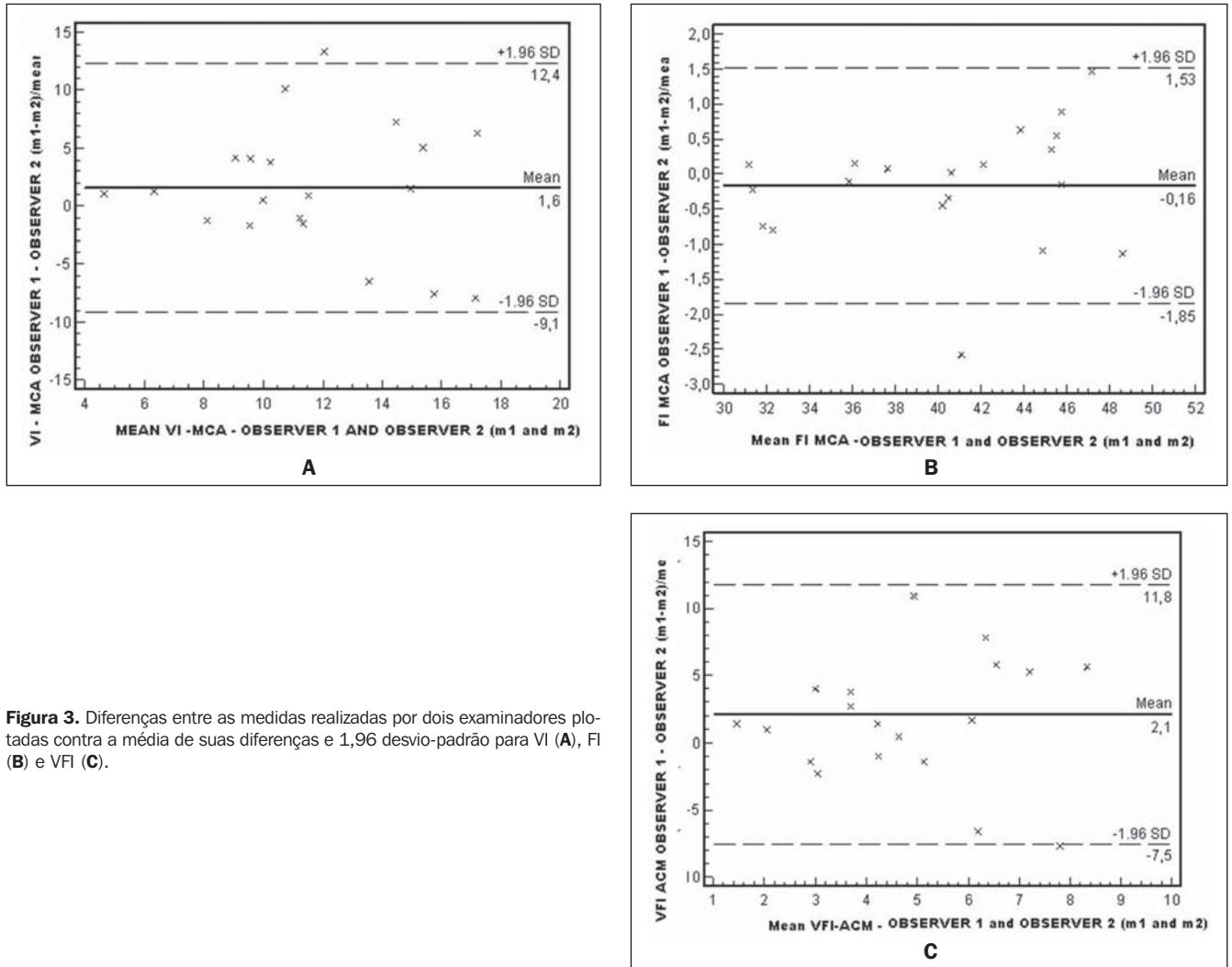


Figura 3. Diferenças entre as medidas realizadas por dois examinadores plotadas contra a média de suas diferenças e 1,96 desvio-padrão para VI (A), FI (B) e VFI (C).

DISCUSSÃO

Com o avanço tecnológico na área de diagnóstico por imagem, novos métodos vêm sendo desenvolvidos, no sentido de prover informações adicionais sobre a vascularização e o fluxo sanguíneo de órgãos e estruturas humanas.

O 3D *power* Doppler é tecnologia recente, que tornou possível quantificar objetivamente a vascularização e o fluxo sanguíneo de estruturas específicas por meio da análise de três índices: VI, FI, VFI⁽⁸⁾. Vários trabalhos utilizaram este método para avaliação da vascularização da placenta⁽¹¹⁾ e de órgãos fetais^(2,6,13,14).

O primeiro estudo para avaliação da vascularização do cérebro fetal pelo 3D *power* Doppler foi realizado por Chang et al.⁽¹⁾. Esses autores avaliaram 155 gestan-

tes normais entre 21 e 40 semanas, tendo como ROI o polígono de Willis e usando o método VOCAL manual, e mostraram que os índices VI, FI e VFI aumentaram significativamente com a idade gestacional e com os parâmetros biométricos do feto. Foi testada a variabilidade intraobservador apenas em 20 casos selecionados aleatoriamente do total de 155 gestantes, sendo observado alto CCI para os três índices [VI (CCI = 0,95), FI (CCI = 0,93), VFI (CCI = 0,95)].

Bartha et al.⁽¹⁵⁾ também testaram a reprodutibilidade do 3D *power* Doppler na avaliação da vascularização do cérebro fetal, tendo como ROI todo o cérebro fetal e usando o método VOCAL esfera. Evidenciaram boa reprodutibilidade intraobservador (CCI > 0,85 para VI, FI e VFI) e boa reprodutibilidade interobservador para VI

(CCI = 0,92) e VFI (CCI = 0,88), sendo menor para o FI (CCI = 0,67).

Nosso estudo evidenciou boa variabilidade intra e interobservador para uso do 3D *power* Doppler na avaliação da vascularização do cérebro fetal, com CCI > 0,90 para os índices VI, FI e VFI, sendo estes achados concordantes com os estudos de Chang et al.⁽¹⁾ e Bartha et al.⁽¹⁵⁾. Entretanto, observamos melhor concordância interobservador para o FI (CCI = 0,999) quando comparado ao obtido por Bartha et al.⁽¹⁵⁾ (CCI = 0,67). Acreditamos que isto se deve ao fato de termos estudado apenas o território da ACM, enquanto Bartha et al.⁽¹⁵⁾ utilizaram como ROI todo o cérebro fetal.

De fato, escolhemos como ROI o território da ACM, por ser o principal ramo da artéria carótida interna e responder por 80% do fluxo sanguíneo para os hemisfé-

rios cerebrais. Sabe-se que o polígono de Willis é a principal estrutura vascular responsável pela distribuição do fluxo sanguíneo para o cérebro fetal⁽¹⁾. Todavia, sendo o 3D *power* Doppler muito sensível e os índices vasculares derivados deste método sujeitos a efeito da atenuação sonora pela profundidade⁽¹⁶⁾, torna-se difícil avaliar toda a estrutura do polígono de Willis, especialmente em idades gestacionais mais avançadas, em razão de movimentos fetais e respiração materna. Por este motivo, optamos por realizar o estudo somente do território da ACM mais próximo ao transdutor, minimizando desta forma os efeitos da atenuação do feixe sonoro e de artefatos de imagens.

Utilizamos técnica similar à descrita por Mercé et al.⁽¹¹⁾ na avaliação da vascularização placentária, denominada de biópsia vascular. Este método consiste em se determinar uma esfera da ROI pelo VOCAL, como um volume representativo de toda a estrutura, e pelo histograma calcular os índices VI, FI e VFI. Um outro estudo realizado pelo mesmo grupo demonstrou boa reprodutibilidade para esta técnica, com CCI > 0,85 para todos os índices do 3D *power* Doppler⁽¹⁷⁾.

Optamos pelo uso do método VOCAL esfera, pois reduz a variabilidade associada com o método manual⁽¹⁷⁾, além de possibilitar a revisão de todos os planos da esfera e, assim, confirmar se o vaso está presente em todos eles⁽⁶⁾.

Nardoza et al.⁽⁶⁾, aplicando técnica similar à da biópsia vascular descrita por Mercé et al.⁽¹¹⁾ e adotando como ROI o território da ACM, semelhantemente ao realizado em nosso trabalho, avaliaram 90 gestantes normais entre 26 e 35 semanas e evidenciaram baixa correlação dos índices VI, FI e VFI com a idade gestacional, concluindo ser técnica prática, rápida e de fácil execução, porém, não testaram sua reprodutibilidade.

Testamos a reprodutibilidade intra e interobservador do método a partir de volumes previamente colhidos e armazenados por um único observador. Não foi testada, portanto, a reprodutibilidade de todo o procedimento, desde a aquisição do volume.

De acordo com Järvelä et al.⁽¹⁸⁾, existem dois modos possíveis de analisar a confiabilidade envolvendo o uso da técnica tridi-

mensional: pela aquisição do volume tridimensional e mediante o cálculo do volume após definição do contorno pelo VOCAL (volumes arquivados), de modo que a confiabilidade na aquisição do volume tridimensional está diretamente relacionada ao nível de confiança em se realizar precisamente a definição do contorno de onde será calculado o volume⁽¹⁹⁾. Além disso, segundo Raine-Fenning et al.⁽²⁰⁾, a aquisição de dados é muito mais sujeita à incerteza de resultados do que uma série de medições de qualquer dado, particularmente em exames dopplervelocimétricos.

Diversos estudos avaliaram a reprodutibilidade de medições por intermédio do programa VOCAL, incluindo os índices do 3D *power* Doppler, a partir de dados coletados por um único observador e que foram posteriormente analisados por diferentes observadores^(1,15,18-21). Com base nisso, consideramos a importância dos nossos achados, bem como a sua confiabilidade.

CONCLUSÃO

A circulação cerebral pode ser avaliada pelo 3D *power* Doppler, com a técnica da biópsia vascular para estudo do território da ACM, mostrando ser uma técnica prática, de fácil execução e com boa reprodutibilidade intra e interobservador.

REFERÊNCIAS

- Bell JG, Ludomirsky A, Bottalico J, et al. The effect of improvement of umbilical artery absent end-diastolic velocity on perinatal outcome. *Am J Obstet Gynecol.* 1992;167(4 Pt 1):1015-20.
- Chang CH, Yu CH, Ko HC, et al. Three-dimensional power Doppler ultrasound for the assessment of the fetal brain blood flow in normal gestation. *Ultrasound Med Biol.* 2003;29:1273-9.
- Wladimiroff JW, VanDen Wijngaard JA, Degani S, et al. Cerebral and umbilical arterial blood flow velocity waveforms in normal and growth-retarded pregnancies. *Obstet Gynecol.* 1987;69:705-9.
- Yu CH, Chang CH, Ko HC, et al. Assessment of placental fractional moving blood volume using quantitative three-dimensional power Doppler ultrasound. *Ultrasound Med Biol.* 2003;29:19-23.
- Rubin JM, Bude RO, Carson PL, et al. Power Doppler US: a potentially useful alternative to mean frequency-based color Doppler US. *Radiology.* 1994;190:853-6.
- Nardoza LMM, Araújo Júnior E, Simioni C, et al. Evolution of 3-D power Doppler indices of fetal brain in normal pregnancy. *Ultrasound Med Biol.* 2009;35:545-9.
- Chaoui R, Kalache KD, Hartung J. Application of three-dimensional power Doppler ultrasound in prenatal diagnosis. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2001;17:22-9.
- Pairleitner H, Steiner H, Hasenoehtl G, et al. Three-dimensional power Doppler sonography: imaging and quantifying blood flow and vascularization. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1999;14:139-43.
- Konje JC, Bell SC, Taylor DJ. Abnormal Doppler velocimetry and blood flow volume in the middle cerebral artery in very severe intrauterine growth restriction: is the occurrence of reversal of compensatory flow too late? *BJOG.* 2001;108:973-9.
- Hernandez-Andrade E, Jansson T, Figueroa-Diesel H, et al. Evaluation of fetal regional cerebral blood perfusion using power Doppler ultrasound and the estimation of fractional moving blood volume. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2007;29:556-61.
- Mercé LT, Barco MJ, Bau S, et al. Assessment of placental vascularization by three-dimensional power Doppler "vascular biopsy" in normal pregnancies. *Croat Med J.* 2005;46:765-71.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1:307-10.
- Chang CH, Yu CH, Ko HC, et al. Assessment of normal fetal liver blood flow using quantitative three-dimensional power Doppler ultrasound. *Ultrasound Med Biol.* 2003;29:943-9.
- Chang CH, Yu CH, Ko HC, et al. Quantitative three-dimensional power Doppler sonography for assessment of the fetal renal blood flow in normal gestation. *Ultrasound Med Biol.* 2003;29:929-33.
- Bartha JL, Moya EM, Hervías-Vivancos B. Three-dimensional power Doppler analysis of cerebral circulation in normal and growth-restricted fetuses. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2009;29:1609-18.
- Raine-Fenning NJ, Welsh AW, Jones NW, et al. Methodological considerations for the correct application of quantitative three-dimensional power Doppler angiography. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2008;32:115-7.
- Mercé LT, Barco MJ, Bau S. Reproducibility of the study of placental vascularization by three-dimensional power Doppler. *J Perinat Med.* 2004;32:228-33.
- Järvelä IY, Sladkevicius P, Tekay AH, et al. Intraobserver and interobserver variability of ovarian volume, gray-scale and color flow indices obtained using transvaginal three-dimensional power Doppler ultrasonography. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2003;21:277-82.
- Duin LK, Willekes C, Vossen M, et al. Reproducibility of fetal renal pelvis volume measurement using three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2008;31:657-61.
- Raine-Fenning NJ, Campbell BK, Clewes JS, et al. The reliability of virtual organ computer-aided analysis (VOCAL) for the semiquantification of ovarian, endometrial and subendometrial perfusion. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2003;22:633-9.
- Bortoletti Filho J, Nardoza LMM, Araújo Júnior E, et al. Reprodutibilidade interobservador dos índices vasculares do Doppler de amplitude tridimensional do embrião entre 7 e 10 semanas e 6 dias de gestação. *Radiol Bras.* 2010;43:143-8.