

# AVALIAÇÃO DO VOLUME RENAL FETAL PELO MÉTODO ULTRA-SONOGRÁFICO TRIDIMENSIONAL

EVALUATION OF FETAL RENAL VOLUME BY THREE-DIMENSIONAL ULTRASOGRAPHIC METHOD

EDWARD ARAÚJO JÚNIOR<sup>1</sup>; HÉLIO ANTONIO GUIMARÃES FILHO<sup>2</sup>; CLÁUDIO RODRIGUES PIRES<sup>3</sup>; SEBASTIÃO MARQUES ZANFORLIN FILHO<sup>4</sup>; RENATO MARTINS SANTANA<sup>5</sup>; ANTONIO FERNANDES MORON<sup>6</sup>

## RESUMO

Nos últimos anos, a ultra-sonografia tridimensional tem-se tornado método de extrema importância em Obstetrícia ao aumentar a sensibilidade do ultra-som bidimensional no diagnóstico de malformações fetais. Outra grande contribuição foi permitir o cálculo mais preciso do volume de órgãos fetais, principalmente aqueles com formas irregulares. A avaliação dos rins fetais é de extrema importância no ultra-som pré-natal de rotina, entretanto, a maioria das anomalias são diagnosticadas tardiamente. A avaliação volumétrica tridimensional surge como metodologia promissora para o diagnóstico precoce de distúrbios do crescimento renal. O surgimento do método VOCAL<sup>TM</sup> abre perspectivas de avaliações volumétricas mais precisas, que poderá se refletir na melhora dos resultados perinatais. Em nosso meio, em que a disponibilidade de ressonância nuclear magnética está restrita a poucos centros de referência, seria de grande importância a maior difusão do método volumétrico tridimensional, permitindo diagnósticos mais precoces e precisos a custos mais baixos.

**Palavras-Chave:** Ultra-som tridimensional. Malformações fetais. Volume renal.

## INTRODUÇÃO

O arcabouço urogenital é derivado do mesoderma intermediário, dando origem ao cordão nefrogênico que forma o pronefro, mesonefro e metanefro. O rim é deriva-

1 Médico-assistente do CETRUS. Pós-graduando do Departamento de Obstetrícia da UNIFESP/EPM.

2 Professor do CETRUS. Pós-graduando do Departamento de Obstetrícia da UNIFESP/EPM.

3 Professor e Diretor do CETRUS. Doutor pelo Departamento de Obstetrícia da UNIFESP/EPM.

4 Professor e Diretor do CETRUS. Mestre pelo Departamento de Obstetrícia da UNIFESP/EPM.

5 Professor Adjunto do Departamento de Obstetrícia da UNIFESP/EPM. Chefe da Disciplina de Medicina Fetal do Departamento de Obstetrícia da UNIFESP/EPM.

6 Professor Titular do Departamento de Obstetrícia da UNIFESP/EPM.

Trabalho realizado no Centro de Treinamento em Ultra-sonografia de São Paulo (CETRUS) e Disciplina de Medicina Fetal do Departamento de Obstetrícia da Universidade Federal de São Paulo/ Escola Paulista de Medicina (UNIFESP/EPM).

Endereço para correspondência

Edward Araujo Júnior

Rua Antonio Borba, 192 Apto. 43

Alto de Pinheiros São Paulo – SP

E-mail: araujojred@terra.com.br

CEP 05451-070

do do metanefro, formado na região caudal do mesonefro na quinta semana de desenvolvimento.<sup>1</sup>

Os rins podem ser identificados ultra-sonograficamente entre 11 e 12 semanas. Essas estruturas apresentam-se como imagens homogêneas ecogênicas. Posteriormente, a medula torna-se hipocogênica e pode ser distinguida do córtex renal. A diferenciação corticomedular ocorre entre 18 e 24 semanas e deste modo sua ausência pode ser considerada patogênica somente depois desse período.<sup>2,3</sup>

As malformações renais são, juntamente com as anomalias do sistema nervoso central, as doenças mais frequentemente diagnosticadas no pré-natal. Entretanto, embora a sensibilidade da ultra-sonografia bidimensional (US-2D) seja alta, muitas vezes um diagnóstico preciso da lesão, bem como seu valor prognóstico, são de difícil avaliação.<sup>4</sup>

A ultra-sonografia tridimensional (US-3D) teve suas primeiras aplicações na área de medicina fetal no início dos anos 90, surgindo como metodologia promissora nos casos de diagnósticos incertos ao modo bidimensional. No caso específico das malformações renais fetais, aparentemente essa metodologia não melhora a acuracidade diagnóstica, contudo, promove uma melhor compreensão da gravidade e extensão da doença em relação à US-2D, o que pode contribuir de maneira decisiva no aconselhamento ao casal e no planejamento terapêutico pós-natal.<sup>5</sup>

O volume de órgãos fetais geralmente expressa o seu grau de função, cuja avaliação volumétrica tem sido rotineiramente feita por meio da US-2D, que revelando sua forma geométrica simples. No caso específico do rim fetal, assumir que sua forma se assemelha a uma elipse ideal e/ou um modelo espiral e realizar a sua volumetria pela multiplicação de três diâmetros por uma constante (0,5233) envolve erros substanciais.<sup>6</sup> Bakker et al.<sup>7</sup> acharam 24% de subestimação do volume renal estimado pela US-2D em relação à ressonância magnética (RM), sugerindo que o rim apresenta forma elíptica.

Com o surgimento da ultra-sonografia tridimensional (US-3D), uma série de estudos sobre avaliação volumétrica de órgãos fetais tem sido descrita na última década.<sup>6-9</sup> Sua principal vantagem em relação à US-2D é a possibilidade de delineamento global do órgão, o que teoricamente permite análise volumétrica mais precisa de estruturas com contornos irregulares.<sup>10-12</sup>

Os primeiros estudos sobre avaliação volumétrica de órgãos pela US-3D foram realizados pela técnica multiplanar, que consiste em determinar planos paralelos do órgão enquanto se realiza o seu delineamento externo de forma manual. Os intervalos entre os planos são determinados pelo próprio operador, determinando-se uma área em cada plano. Ao final do processo, o computador calcula automaticamente o volume.<sup>12</sup>

Os primeiros estudos sobre a avaliação do volume dos rins fetais foram realizados no ano de 2000 e ambos os estudos adotaram o modo multiplanar como método volumétrico.<sup>6,13</sup>

Nos últimos cinco anos, um novo programa para cálculo tridimensional de volumes está disponível, o VOCAL™ (*Virtual Organ Computer-aided Analysis*). Esse programa faz parte do *software 3D views (General Electric)*, e permite que a imagem do órgão seja rodada em torno de um eixo e demonstra gradativamente na tela do equipamento de ultra-som os planos consecutivos que a formam. Os contornos do órgão em cada um desses planos são demarcados com a ajuda de um calibrador de medida. Ao final da rotação, o programa calcula automaticamente o volume pela somatória de informações obtidas dos desenhos em cada secção. A rotação da estrutura em estudo pode ser feita de 6 em 6, 9 em 9, 15 em 15 e 30 em 30 graus.<sup>14</sup>

O surgimento do método VOCAL™ abriu perspectivas para a realização de avaliações volumétricas cada vez mais precisas, permitindo não apenas o diagnóstico precoce dos distúrbios do crescimento de órgãos fetais, como também medidas de massas ou tumores.<sup>15</sup> Não há, entretanto, descrições na literatura mundial do uso desse método na avaliação volumétrica renal fetal.

Como o volume renal fetal expressa o grau de função nos casos de displasias, e sendo a US-3D metodologia promissora na medida volumétrica, o objetivo deste artigo é discorrer sobre as principais aplicações dessa metodologia no cálculo volumétrico de órgãos fetais, em especial os rins, e sobre a técnica VOCAL™, que é o programa mais atual de cálculo volumétrico pela US-3D.

## US-3D

Os princípios e a geração de imagem no ultra-som tridimensional assemelham-se bastante à tomografia computadorizada e à ressonância magnética. O computador armazena uma seqüência de imagens bidimensionais, e que são reconstruídas de modo a gerar imagem tridimensional.<sup>16</sup>

A imagem ultra-sonográfica tridimensional resulta da somatória de informações abrigadas em vários planos adjacentes, sendo as imagens reconstruídas através de três métodos: reconstrução de plano arbitrário, *surface rendering* e *volume rendering*.<sup>17</sup>

Riccabona et al.<sup>12</sup> realizaram o primeiro estudo experimental avaliando a reprodutibilidade da US-3D na avaliação volumétrica. Compararam os volumes reais de 21 balões de tamanhos e formas diferentes imersos em água com os obtidos por meio das modalidades bi e tridimensional. O cálculo bidimensional foi realizado multiplicando-se três diâmetros pela constante 0,52 e o cálculo tridimensional foi feito por meio do modo multiplanar descrito. Os autores observaram que a medida pelo modo bidimensional apresentou erro médio absoluto de  $12,6 \pm 8,7\%$ , quando comparada à técnica tridimensional, que teve erro de  $6,4 \pm 4,4\%$ . A variabilidade intra-observador foi de  $2,4 \pm 3,1\%$ . Concluíram que para objetos com

formas regulares, tanto a US-2D quanto a US-3D apresentam acurácia semelhante; entretanto, para objetos com formas irregulares a US-3D é mais acurada.

### US-3D E OS ÓRGÃOS FETAIS

Os primeiros estudos sobre avaliação volumétrica tridimensional de órgãos fetais datam da metade da década de 90.

Bahmaie et al.<sup>6</sup> realizaram estudo prospectivo longitudinal para avaliação volumétrica tridimensional dos pulmões fetais entre 18 e 40 semanas, em 58 gestantes normais. Elaboraram curvas de normalidade dos pulmões direito e esquerdo, observando-se aumento do volume com a idade gestacional. Constataram que a medida volumétrica pulmonar pela US-3D pode ser importante para prever hipoplasia pulmonar (HP).

Em estudo prospectivo transversal, Laudy et al.<sup>9</sup> avaliaram a medida do fígado fetal pela US-3D entre 19 e 39 semanas, em 34 gestantes normais. Observaram que houve aumento significativo do volume hepático com o aumento da idade gestacional e com a estimativa de peso fetal. Encontraram que a avaliação volumétrica tridimensional do fígado fetal pode identificar fetos de risco para restrição do crescimento intra-útero (RCIU).

Para avaliar o volume do cerebelo fetal pela US-3D, Chang et al.<sup>10</sup> realizaram estudo prospectivo transversal avaliando o volume do cerebelo fetal em 231 gestantes normais entre 20 e 40 semanas. Observaram que o volume cerebelar foi altamente correlacionado com a idade gestacional (IG) e com parâmetros do crescimento fetal: diâmetro-biparietal (DBP), diâmetro occipito-frontal (DOF), circunferência craniana (CC), comprimento do fêmur (CF) e estimativa de peso fetal (EPF). Não houve diferenças significativas na variabilidade intra ou interobservador. Sugeriram que a avaliação volumétrica tridimensional do cerebelo fetal pode ser importante para a detecção de hipoplasia cerebelar e síndromes no pré-natal.

A primeira curva de normalidade da coxa fetal pela US-3D foi construída por Chang et al.<sup>11</sup>. Foram avaliadas transversalmente 204 gestantes normais entre 20 e 40 semanas. Os resultados mostraram que o volume da coxa fetal foi altamente correlacionado com a IG e com parâmetros do crescimento fetal: DBP, DOF, CC, CA e EPF. O volume da coxa pela US-3D pode servir de referência para avaliar o crescimento e o estado nutricional fetal.

### US-3D E OS RINS FETAIS

Hsieh et al.<sup>13</sup> realizaram o primeiro estudo prospectivo transversal avaliando o volume dos rins fetais, pela US-3D, em 112 gestantes consideradas normais entre 15 e 40 semanas. Obtiveram medidas volumétricas de am-

bos os rins pela US-3D para determinar-se a constante de cálculo do volume renal pela US-2D (volume renal fetal = constante x diâmetro antro-posterior x diâmetro transversal x diâmetro longitudinal). Observaram que os volumes, os três diâmetros e as constantes para cada rim não foram estatisticamente significantes entre si. Concluíram que a US-3D é adequada para a avaliação do volume renal fetal e que o volume renal tridimensional permite a medida acurada do volume pela US-2D.

A primeira curva de normalidade do volume renal fetal ao longo da gestação foi elaborada por Chang et al.<sup>6</sup>, que procederam a um estudo prospectivo transversal com 152 gestantes normais entre 20 e 40 semanas. O volume de ambos os rins mostrou-se altamente correlacionado com a IG. Não houve diferença estatisticamente significativa entre o volume de ambos os rins. Concluíram que o volume renal fetal pela US-3D pode servir de referência para a avaliação do crescimento renal.

O primeiro e único estudo comparativo entre os modos bi e tridimensional na avaliação de uma malformação renal fetal foi realizado por Chang et al.<sup>5</sup>. Esses autores avaliaram retrospectivamente 28 casos de displasias multicísticas renais. A avaliação pelo modo bidimensional incluiu a identificação da doença, o volume de líquido amniótico e anomalias associadas. A avaliação tridimensional incluiu a visão nos três planos ortogonais e nos vários modos de renderização. A US-2D diagnosticou 100% dos casos, assim como a US-3D, entretanto, o modo tridimensional permitiu melhor compreensão da gravidade e da extensão da doença em relação ao modo bidimensional. A US-3D demonstrou-se capaz de contribuir de forma decisiva no planejamento obstétrico e terapêutico pós-natal.

### MODO VOCAL™

Raine-Fenning et al.<sup>18</sup> realizaram o primeiro estudo experimental para avaliar a reprodutibilidade do método VOCAL™ no cálculo volumétrico. Compararam volumes reais de objetos de diferentes formas e pesos com aqueles aferidos pelos métodos VOCAL™ e multiplanar. Observaram que a volumetria pelo processo rotacional de 6 em 6 graus tem variações intra e interobservador significativamente menores do que as conseguidas com os demais ângulos de rotação e com o método convencional multiplanar. Além disso, salientam que a técnica antecessora superestima o volume do objeto em aproximadamente 4,1%, ao passo que, para o sistema rotacional de 6 em 6 graus, esse erro é de apenas 1,4%. Os autores referem, ainda, que quando somente os objetos com contornos irregulares são considerados, o erro de cálculo pode chegar a 13% pelo método antigo e a 5,7% pelo método rotacional.

O primeiro estudo comparando a reprodutibilidade dos métodos multiplanar e VOCAL™ na avaliação volumétrica de um órgão fetal foi feito por Kalache et al.<sup>19</sup>.

Realizaram um estudo prospectivo com 32 fetos de risco para HP. Calcularam se o grau de concordância entre dois observadores em categorizar o volume tridimensional em mensurável e não mensurável e a variabilidade interobservador e intermétodo. Concluíram que ambas as técnicas podem ser usadas para a avaliação volumétrica, entretanto, o método VOCAL™ teve menos reprodutibilidade (menor grau de concordância e variabilidade interobservador significativamente maior).

### MODO VOCAL™ E OS ÓRGÃOS FETAIS

Peralta<sup>20</sup>, em nosso meio, realizou o primeiro estudo envolvendo a avaliação volumétrica tridimensional dos pulmões fetais pelo método VOCAL™. Avaliaram, prospectivamente, 59 gestantes cujos fetos apresentavam ou não fatores de risco para hipertensão pulmonar. Foram realizadas medidas de volumes pulmonares fetais com os diferentes ângulos de rotação do programa VOCAL™ e entre estas e os volumes estabelecidos por meio da ressonância magnética, considerada padrão de referência. Testou-se ainda a variabilidade interobservador das aferições de volumes pulmonares fetais realizadas por meio da US-3D. Os resultados mostraram que os volumes calculados com ângulo de rotação de 30 em 30 graus foram significativamente menores que os obtidos com os ângulos de 15, 9 e 6 graus. Os volumes obtidos com todos os ângulos de rotação foram significativamente subestimados em relação aos calculados pela ressonância magnética. Não houve diferenças significativas na variabilidade interobservador nos diferentes ângulos de rotação.

Ruano et al.<sup>21</sup> avaliaram o volume de pulmões de fetos normais e com hérnia diafragmática congênita utilizando o método VOCAL™ para determinar se a avaliação tridimensional constitui-se em preditor potencial de hipertensão pulmonar ao nascimento. A mortalidade neonatal e hipertensão pulmonar foram definidas como relação peso pulmonar/ peso corporal abaixo de 0,012. Observaram que essa relação foi significativamente menor em fetos com hérnia diafragmática congênita em relação ao grupo-controle. Encontraram que a avaliação volumétrica pulmonar de fetos com hérnia diafragmática congênita, pelo método rotacional, é um potencial preditor de hipertensão pulmonar.

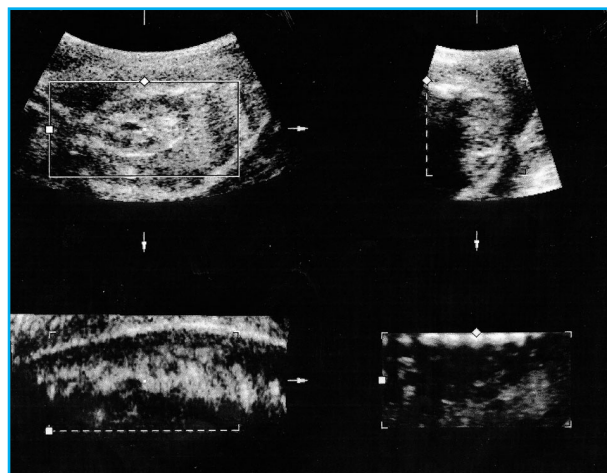
Em um estudo prospectivo transversal com 39 gestantes normais, Moeglin et al.<sup>14</sup> construíram a primeira curva de normalidade do volume pulmonar fetal pelo método VOCAL™. Realizaram-se avaliações volumétricas de ambos os pulmões pelos métodos bidimensional, tridimensional multiplanar e tridimensional pelo VOCAL™ para determinar a acurácia no diagnóstico de hipertensão pulmonar. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os volumes obtidos usando os dois métodos tridimensionais; entretanto, em comparação com o bidimensional, os volumes obtidos foram maiores.

### DEMONSTRAÇÃO DO MÉTODO VOCAL™

A aquisição do bloco de imagem do rim é realizada durante absoluto repouso fetal, com transdutor convexo volumétrico de 3,5 a 5,0 MHz do aparelho VOLUSON® 730 (General Electric Medical Systems Kretz, Zipf, Áustria) com varredura automática, que permite a captura de uma seqüência de planos adjacentes em ângulo de varredura de até 70 graus.

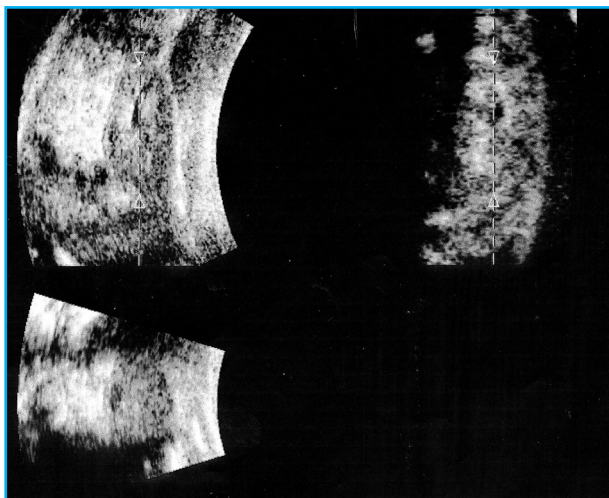
Realiza-se, inicialmente, a varredura em tempo real no modo bidimensional de modo a se obter o plano longitudinal do abdômen fetal, anteriormente à coluna lombar. Desloca-se, posteriormente, levemente o transdutor para a direita ou esquerda de forma a se obter o plano padrão para a medida volumétrica do rim. Em seguida, realiza-se a varredura tridimensional com velocidade de modo normal (ângulo de 60°, automaticamente em 4 segundos), obtendo-se o modo multiplanar e o modo de reconstrução de superfície (Fig. 1). No modo multiplanar, a informação ultra-sonográfica é apresentada em três diferentes planos ortogonais: um longitudinal ou A (superior esquerdo da tela), um transversal ou B (superior direito da tela) e um plano frontal ou C (ou coronal – inferior esquerdo da tela).

Depois, seleciona-se o plano sagital que será girado em torno do eixo x até que o seu maior diâmetro esteja localizado no eixo longitudinal (Fig. 2). Em seguida, estando selecionado o plano sagital, realiza-se o delineamento manual da superfície externa do órgão, sendo o seu volume calculado pela rotação em torno do eixo x (Fig. 3). O ângulo de rotação varia de 6° a 30°, sendo, neste caso, arbitrariamente selecionado o ângulo de 30°. Após a rotação do órgão por seis planos consecutivos, o programa automaticamente fornece a imagem tridimensional reconstruída do órgão com o seu volume em centímetros cúbicos (Fig. 4).

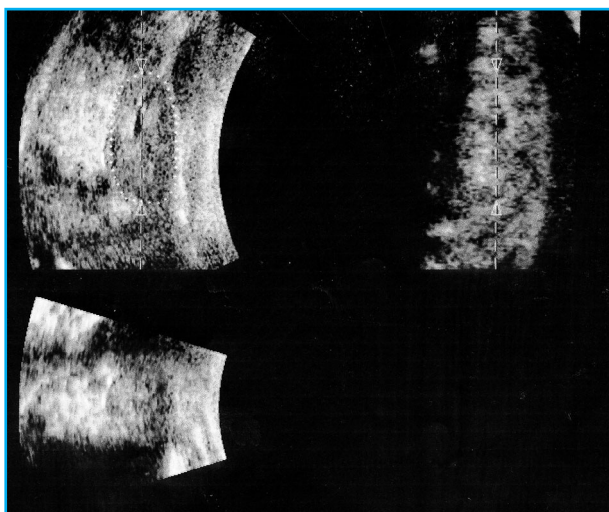


**Figura 1** - Modo multiplanar: plano axial (superior direito), plano longitudinal (superior esquerdo) e plano frontal (inferior direito); e modo de reconstrução de superfície (inferior esquerdo) de corte longitudinal do abdome fetal ao nível de coluna lombar.

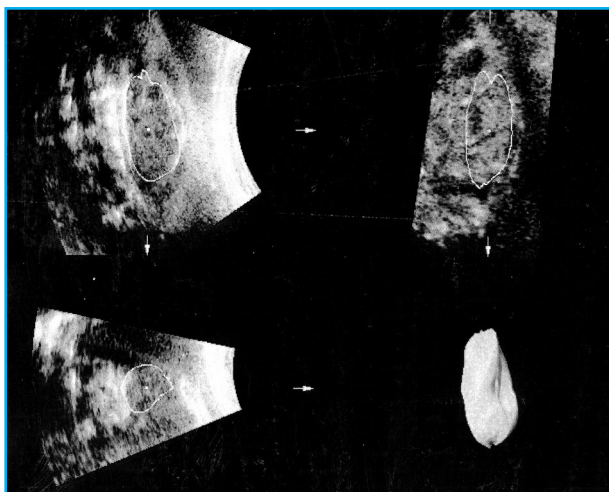




**Figura 2** - Modo multiplanar: o plano sagital é girado em torno do eixo x até que o maior diâmetro fique no eixo longitudinal.



**Figura 3** - Modo VOCAL™: com auxílio de calibradores de medida, o órgão é delineado de forma manual, determinando-se uma área.



**Figura 4** - Modo VOCAL™: após a determinação de seis planos consecutivos, o programa fornece automaticamente a reconstrução tridimensional do órgão com o seu volume em  $\text{cm}^3$

## CONCLUSÕES

O surgimento da ultra-sonografia tridimensional foi uma das grandes conquistas na área de diagnóstico por imagem em Obstetrícia na década passada. Os primeiros estudos mostraram que essa metodologia é superior ao modo bidimensional no cálculo volumétrico de órgãos fetais. No caso específico dos rins, em que as malformações são uma das mais freqüentemente diagnosticadas no pré-natal, ela pode contribuir para a melhor avaliação do grau de comprometimento da função renal e, desta forma, promover melhor acompanhamento pré-natal e manejo terapêutico pós-natal. Deve-se, entretanto, salientar que a experiência no método é muito pouca e que, no momento, a ultra-sonografia bidimensional é o método de escolha para a avaliação morfológica fetal. O desenvolvimento de novos softwares para cálculos volumétricos, assim como o desenvolvimento do ultra-som tridimensional em tempo real (quarta-dimensão) abrem perspectivas de avaliações mais precoces e precisas. Os estudos futuros poderão comprovar a real aplicação da ultra-sonografia tridimensional na avaliação renal fetal.

## ABSTRACT

Three-dimensional ultrasound has become extremely valuable in obstetrics recently due to its capacity to increase the diagnostic sensitivity of fetal anomalies. The method also allows more precise volumetric calculation of fetal organs, especially those that are irregularly shaped. Evaluation of fetal kidneys is extremely important in routine obstetrical ultrasound; however most anomalies diagnoses are delayed. The three-dimensional volumetric evaluation appears as promising methodology for the precocious diagnosis of renal growth disorders. The advent of the VOCAL™ technique opens up new perspectives for more accurate volumetric measurements possibly resulting in improved prenatal outcome. In places, such as our country, where magnetic resonance imaging is not widely available, it would be important to disseminate the information that three-dimensional volumetric calculation is an accurate and less expensive alternative for early fetal diagnosis.

**Key Words:** Three-dimensional ultrasound. Fetus. Volume renal.

## REFERÊNCIAS

1. Dommergues M, Daikha-Dahmane F, Muller F. Desordens renais e do trato urinário. In: Rodeck CH, Whittle MJ, Editors. Medicina fetal: fundamentos e prática clínica. Rio de Janeiro: Revinter; 2005. p.665.

2. Grannum P, Bracken M, Silverman R, Hobbins J. Assessment of fetal kidney size in normal gestation by comparison of ratio of kidney circumference to abdominal circumference. *Am J Obstet Gynecol* 1980; 136: 249-54.
3. Jeanty P, Dramaix-Wilmet M, Elkazen N, Hubinont C, Rege-morter V. Measurement of fetal kidney growth on ultrasound. *Radiology* 1982; 144: 159-62.
4. Paduano L, Giglio L, Bembi B, Peratoner L, D'Ottavio G, Benussi G. Clinical outcome of fetal uropathy. I Predictive value of prenatal echography positive for obstructive uropathy. *J Urol* 1991; 146: 1094-6.
5. Chang LW, Chang FM, Chang CH, Yu CH, Cheng YC, Chen HY. Prenatal diagnosis of fetal multicystic dysplastic kidney with two-dimensional and three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 2002; 28(7): 853-8.
6. Yu CH, Chang CH, Chang FM, Ko HC, Chen HY. Fetal renal volume in normal gestation: a three-dimensional ultrasound study. *Ultrasound Med Biol* 2000, 26(8): 1253-6.
7. Bakker J, Olree M, de Lange EE, Beek FJ. In vitro measurement of kidney size: Comparison of ultrasonography and MRI. *Ultrasound Med Biol* 1998; 24: 683-8.
8. Bahmaie A, Hughes SW, Clark T, Milner A, Saunders J, Tilling K, Maxwell DJ. Serial fetal lung volume measurement using three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2000; 16: 154-8.
9. Laudy JAM, Janssen MMM, Struyk PC, Stijnen T, Wallenburg HCS, Wladimiroff W. Fetal liver volume measurement by three-dimensional ultrasonography: a preliminary study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1998; 12: 93-6.
10. Chang CH, Chang FM, Yu CH, Ko HC, Chen HY. Assessment of fetal cerebellar volume using three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 2000; 26(6): 981-8.
11. Chang CH, Yu CH, Chang FM, Ko HC, Chen HY. Three-dimensional ultrasound in the assessment of normal fetal thigh volume. *Ultrasound Med Biol* 2003; 29(3):361-6.
12. Riccabona M, Nelson TR, Pretorius DH. Three-dimensional ultrasound accuracy of distance and volume measurements. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1996; 7: 429-34.
13. Hsieh YY, Chang CC, Lee CC, Tsai HR. Fetal renal volume assessment by three-dimensional ultrasonography. *Am J Obstet Gynecol* 2000; 182 (2): 377-9.
14. Moeglin D, Talmant C, Duyme M, Lopez AC. Fetal lung volumetry using two- and three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2005; 25(2): 119-27.
15. Chang RF, Wu WJ, Moon WK, Chen WM, Lee W, Chen DR. Segmentation of breast tumor in three-dimensional ultrasound images using three-dimensional discrete active contour model. *Ultrasound Med Biol* 2003; 29(11):1571-81.
16. Montenegro CAB, Rezende Filho J. Fundamentos do Ultrason Tridimensional (Voluson 530-3D®). In: Montenegro CAB, Rezende Filho J, Lima MLA, Editors. *Ultra-som Tridimensional – Atlas comentado*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001.
17. Baba K, Io Y. Princípios da Ultra-sonografia Tridimensional. In: Baba K, Io Y, Editors. *Ultra-sonografia tridimensional em ginecologia e obstetrícia*. São Paulo: Roca; 2004.
18. Raine-Fenning NJ, Clewes JS, Kendall NR, Bunkheila AK, Campbell BK, Johnson IR. The interobserver reliability and validity of volume calculation from three-dimensional ultrasound datasets in the in vitro setting. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003; 21(3): 283-91.
19. Kalache KD, Espinoza J, Chaiworapongsa T, et al. Three-dimensional ultrasound fetal lung volume measurement: a systematic study comparing the multiplanar method with the rotacional (VOCAL) technique. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003; 21: 111-8.
20. Peralta CFA. Avaliação da medida de volume pulmonar fetal obtida por meio da ultra-sonografia tridimensional [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2003. 140pp.
21. Ruano R, Benachi A, Joubin L, Aubry MC, Thalabard JC, Dumez Y, Dommergues M. Three-dimensional ultrasonographic assessment of fetal lung volume as prognostic factor in isolated congenital diaphragmatic hernia. *BJOG* 2004; 111: 423-9.