

ARTIGO ORIGINAL

Avaliação da estimativa do peso fetal por meio da ultrassonografia tridimensional

Fetal weight estimation by three-dimensional ultrasonography

Alessandra Lourenço Caputo Magalhães^{1,2,3*}, Alexandre José Baptista Trajano^{1,2},
Nilson Ramires de Jesus^{1,3}, Guilherme Ribeiro Ramires de Jesus^{1,4},
Dailson Damian da Silveira Pereira^{1,3}, Denizar Vianna de Araújo¹

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a estimativa do peso fetal medida pela ultrassonografia tridimensional comparada com a ultrassonografia bidimensional. Foi realizado ensaio clínico diagnóstico com 49 gestantes acompanhadas no Hospital Universitário Pedro Ernesto. O peso fetal foi estimado por meio da realização de exames ultrassonográficos bidimensional e tridimensional em gestantes cujo parto ocorreu até 48 horas, e as estimativas obtidas foram comparadas com o peso do recém-nascido. O teste de Shapiro-Wilk foi realizado para avaliar a distribuição normal dos dados. A comparação das diferentes fórmulas de estimativa do peso fetal com o peso ao nascer e a comparação das fórmulas entre si foram feitas, respectivamente, por meio dos testes de Wilcoxon e Kruskal-Wallis. Os resultados foram: Wilcoxon: ultrassonografia bidimensional valor $p=0,86$; ultrassonografia tridimensional valor $p=0,24$; ultrassonografia bidimensional associada à tridimensional valor $p=0,10$; Kruskal-Wallis: valor $p=0,18$. A avaliação da variabilidade intraobservador utilizando apenas o volume de fração da coxa mostrou concordância de 90%, e utilizando parâmetros bidimensionais e tridimensionais, 96%. Na variabilidade interobservador, essa concordância foi, respectivamente, de 90 e 96%. Concluiu-se que não há diferença estatisticamente significativa entre a estimativa do peso fetal realizada por meio da ultrassonografia bidimensional e a realizada por meio da ultrassonografia tridimensional na população estudada.

Palavras-chave: ultrassonografia pré-natal; peso ao nascer; peso fetal.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the fetal weight estimation as measured by three-dimensional ultrasonography compared to two-dimensional ultrasonography. A diagnostic clinical trial was performed with 49 pregnant women at the Pedro Ernesto University Hospital. The fetal weight was estimated by performing two and three-dimensional ultrasound examinations in pregnant women whose delivery had occurred up to 48 hours; then, the estimates were compared to the birth weight. The Shapiro-Wilk test was performed to evaluate the normal distribution of the data. The comparison of the different formulas for fetal weight estimation with birth weight as well as the comparison of the formulas with each other were done respectively through the Wilcoxon and Kruskal-Wallis tests. The results were: Wilcoxon: two-dimensional ultrasonography $p\text{-value}=0.86$; three-dimensional ultrasonography $p\text{-value}=0.24$; two-dimensional ultrasonography associated with three-dimensional ultrasonography $p\text{-value}=0.10$; Kruskal-Wallis: $p\text{-value}=0.18$. Intraobserver variability evaluation using only thigh fraction volume showed agreement of 90% and using two and three-dimensional parameters showed agreement of 96%. In interobserver variability, this agreement was 90 and 96%, respectively. It was concluded that there is no statistically significant difference between fetal weight estimation performed through two-dimensional or three-dimensional ultrasonography in the studied population.

Keywords: ultrasonography, prenatal; birth weight; fetal weight.

¹Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

²Faculdade de Medicina, Universidade do Grande Rio – Duque de Caxias (RJ), Brasil.

³Maternidade Escola, Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

⁴Instituto Nacional de Saúde da Mulher, da Criança e do Adolescente Fernandes Figueira, Fundação Oswaldo Cruz – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

*Autor correspondente: alecaputo@globo.com

Fonte de financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro.

Conflito de interesses: nada a declarar.

Recebido em: 23/02/2018. Aprovado em: 27/04/2018

INTRODUÇÃO

Já estão bem estabelecidos os riscos perinatais decorrentes das alterações do peso fetal, tanto nos casos de macrosomia como nos de restrição do crescimento¹. O peso ao nascer, portanto, é um importante parâmetro preditivo da morbimortalidade perinatal².

Várias fórmulas foram propostas para estimativa do peso fetal, sendo as mais utilizadas as de Shepard et al.³ e as de Hadlock et al.⁴. Os erros na estimativa do peso fetal na ultrassonografia bidimensional (USG2D) variam entre 7 e 10%, podendo alcançar 14%⁵, não havendo método preferível para estimativa de peso fetal devido à magnitude dos erros randômicos⁶.

Os erros na estimativa de peso fetal na USG2D, notadamente próximo ao termo, devem-se, em parte, porque não é possível medir os tecidos muscular e celular subcutâneo. Embora esses compartimentos contribuam apenas com 12 a 14% do peso fetal ao nascimento, 46% das alterações do peso ao nascer devem-se a variações nesses componentes^{1,5}.

As observações sugerem que, após a 28ª semana de gestação, há maior crescimento do volume desses compartimentos do que o observado no comprimento ósseo^{7,8}, ocorrendo um aumento exponencial na deposição de gordura fetal até o parto⁸⁻¹⁰. Tais mudanças são refletidas em estudos de volume de fração dos membros fetais^{10,11}.

Atualmente, há curvas de normalidade de volume de membros fetais, tendo importante papel na predição do peso ao nascer⁹. Os membros fetais espelham o estado nutricional e de crescimento intrauterino^{7,8,12-16} e o acesso desse compartimento, seja por meio de medidas diretas ou como parte da estimativa de peso, pode favorecer a detecção precoce e o monitoramento de fetos mal nutridos^{9,10,17}. Lee et al. demonstraram que o volume da coxa foi o parâmetro pré-natal com melhor correlação com o percentual de gordura corporal do recém-nascido, explicando sozinho 46% da variabilidade desse parâmetro neonatal¹⁰, dado corroborado por Khoury et al.¹⁸.

Há evidências que o uso do volume de membros fetais, associado às medidas bidimensionais, são os melhores preditores da estimativa de peso fetal^{1,11,18}, apresentando margem de erro de 6 a 7%^{6,11}. O uso do volume da coxa e do braço já está bem estabelecido como marcador do crescimento e nutrição fetal^{1,7,10,18,19}. A partir desses conhecimentos, vários estudos têm utilizado o volume dos membros como o melhor preditor do peso ao nascimento, obtendo-se resultados mais fidedignos que as fórmulas tradicionais^{7,11-14,16,18,20}.

Entretanto, ainda existem controvérsias na literatura. Bennini et al.²¹ não relataram diferença de acurácia entre a USG2D e a ultrassonografia tridimensional (USG3D). Nardozza et al. concluíram que o peso fetal estimado por fórmulas que utilizam volumes de coxa e braço não apresenta acurácia superior àquele estimado por fórmulas tradicionais²². Da mesma forma, Lindell e Marsal não observaram diferenças entre a USG2D e a USG3D²³. Lindell et al., no entanto, em estudo de 2012, mostraram que a habilidade de detectar fetos

macrossômicos em um grupo de alto risco é maior com a utilização de fórmulas com parâmetros tridimensionais²⁴.

Dessa forma, ainda não há consenso se as fórmulas que incluem a volumetria da coxa fetal têm melhor desempenho que as fórmulas tradicionais. Como a USG3D e a ultrassonografia tridimensional em tempo real (USG4D) demandam equipamentos significativamente mais caros que a USG2D, evidencia-se a relevância para a análise de custo e benefício da aquisição e do emprego desses aparelhos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um ensaio clínico diagnóstico realizado com gestantes acompanhadas pelo Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE). Foram incluídas pacientes admitidas para cesariana eletiva no período de julho de 2014 a março de 2015. A inclusão foi sequencial, embora não consecutiva. Os critérios de inclusão foram gestantes com feto único e vivo, sem malformações estruturais ou aneuploidias, com previsão de cesariana eletiva no Núcleo Perinatal do HUPE em até 48 horas após o exame ultrassonográfico. Foram excluídas as pacientes com fetos que apresentaram malformações estruturais ou aneuploidies identificadas após o nascimento, gestações múltiplas e aquelas que não quiseram participar do estudo e/ou não assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

A idade gestacional foi calculada a partir do 1º dia do último ciclo menstrual e confirmada por exame ultrassonográfico realizado no 1º trimestre ou no início do 2º trimestre de gestação. O tamanho da amostra foi calculado em 49 pacientes, considerando-se o nível de significância (alfa) de 0,05 e um poder do estudo (beta) de 80%. Este estudo e o TCLE foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do HUPE, sob o registro CAAE 26645014.0.0000.5259.

Para a obtenção da estimativa de peso fetal, foram realizados, sequencialmente, os exames ultrassonográficos bidimensional e tridimensional pelo mesmo examinador, com um aparelho Voluson E8 (GE Healthcare Austria GmbH & Co OG, Tiefenbach, Áustria). Dois examinadores estiveram envolvidos na obtenção dos dados.

Para a estimativa do peso na USG2D foram feitas as medidas do diâmetro biparietal, da circunferência cefálica, da circunferência abdominal e do comprimento do fêmur^{25,26} e utilizada a tabela de Hadlock⁴. Foi também registrada a quantidade do líquido amniótico.

Para o cálculo do volume da coxa foi utilizada a técnica previamente descrita por Lee et al.^{9,20}. O peso fetal foi estimado por meio de duas fórmulas, ambas propostas por Lee¹¹: utilizando-se apenas o volume da coxa fetal e por meio de uma associação de parâmetros obtidos com tecnologia bidimensional e volumetria.

Após o parto, o peso foi aferido em balança de alta precisão (balança pediátrica classe III Welmy, Santa Bárbara d'Oeste, São Paulo, Brasil) em um período máximo de 2 horas.

As características clínicas e demográficas, a história gestacional e indicações para a antecipação e via de parto foram dispostas em tabelas, tendo sido submetidas à análise estatística descritiva. As variáveis contínuas relacionadas às características clínicas e demográficas das pacientes foram apresentadas sob a forma de médias aritméticas com seus respectivos desvios-padrões, e as variáveis categóricas, sob a forma de percentagem.

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para avaliar a distribuição normal dos dados. A comparação entre a estimativa de peso realizada de acordo com cada uma das fórmulas propostas e o peso ao nascimento foi realizada utilizando-se o teste de Wilcoxon. A comparação entre as diferentes fórmulas para estimativa do peso fetal entre si foi realizada utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis. Foi considerado como significativo um valor p menor que 0,05. A avaliação das variabilidades intra e interobservacional foi realizada por meio do coeficiente de correlação intraclass. Todos os dados coletados foram alocados em uma planilha Excel 2007 (Microsoft, Redmond, WA, Estados Unidos) para posterior análise estatística e armazenamento de dados.

RESULTADOS

Características demográficas e aspectos clínicos das pacientes

Foram incluídas no estudo 49 pacientes. A média de idade das gestantes avaliadas foi de 31 anos e a idade gestacional média no momento do exame foi de 37 semanas. A avaliação antropométrica mostrou média de peso, altura e índice de massa corpórea (IMC) de 84,1 kg, 1,60 m e 31,55, respectivamente.

Do total da amostra, 47% das pacientes declararam-se pardas, 86% eram naturais do estado do Rio de Janeiro e 82% moravam na capital. A história de antecedentes obstétricos mostrou média de 3 gestações, com 1 parto prévio, sendo que 41% das pacientes não apresentaram intercorrências em gestações anteriores, 57% não tiveram nenhuma indicação que justificasse a antecipação do parto previamente e 43% não tiveram nenhum parto operatório anterior.

A comorbidade mais frequente foi os distúrbios hipertensivos, encontrados em 24,5% dos casos. Em seguida, observaram-se o diabetes (22%) e a associação de diabetes e distúrbios hipertensivos (10%). Outras comorbidades observadas foram doenças autoimunes, HIV/AIDS, cardiopatias, entre outras. Os distúrbios hipertensivos foram a principal intercorrência na gestação atual, totalizando 20% dos casos. O diabetes complicou 16% das pacientes na gestação atual e 12% foram internadas por alterações no bem-estar fetal. Medicação anti-hipertensiva estava sendo utilizada por 24% das pacientes, 20% estavam em insulino terapia e 4% utilizavam medicação anti-hipertensiva e insulina. Do total, 28% das pacientes informaram não fazer uso de qualquer medicação. A presença de doença vascular hipertensiva crônica em pacientes com medicação anti-hipertensiva foi a indicação para antecipação do parto em 18% dos casos; o diabetes em uso de insulino terapia em 16%; o sofrimento fetal em 18%; a pré-eclâmpsia em 6%; e a associação de doença vascular hipertensiva crônica com o diabetes em uso de anti-hipertensivo e insulina em 2%.

Características dos exames ultrassonográficos

Os dados das avaliações ultrassonográficas realizadas encontram-se dispostos na Tabela 1.

Entre as dificuldades observadas pelos examinadores para realização dos exames, foram citadas como principais a observação de membros fetais próximos a outras estruturas (32% dos casos), a oligodramnia (21%) e a obesidade materna (13%). Em apenas 26% dos casos não foi relatada nenhuma dificuldade para realização do exame.

O peso médio ao nascimento aferido foi de 2968 g e sua mediana, 3185 g. A avaliação dopplerfluxométrica fetal foi normal em 86% dos casos, e o Apgar de 1º e 5º minuto foi menor que 7 em apenas 14 e 4% dos casos, respectivamente.

Análise comparativa entre os métodos

A avaliação da distribuição do peso estimado por meio do uso da fórmula de Hadlock⁴, do volume de fração da coxa e da associação

Tabela 1. Dados das avaliações ultrassonográficas.

	Valor máximo	Valor mínimo	Média	Mediana	Desvio-padrão
Δt (horas)	23	1,07	2,16	4,0	7,8
ILA (centímetros)	24,1	0,8	12,1	12,4	6,13
Peso USG2D (gramas)	4.327	485	2.975	3.261	994
Peso USG3D (gramas)	4.326	386	2.810	2.992	968
Peso USG2D + USG3D (gramas)	4.076	505	2.759	2.956	915
Peso ao nascer (gramas)	4.410	430	2.968	3.185	984,54

Δt : intervalo de tempo entre o exame ultrassonográfico e o parto; ILA: índice de líquido amniótico; USG2D: ultrassonografia bidimensional; USG3D: ultrassonografia tridimensional.

entre parâmetros bidimensionais e tridimensionais utilizando o teste de Shapiro-Wilk mostrou um valor p de 0,036, 0,024 e 0,001, respectivamente, indicando que os dados não seguiram um padrão de distribuição normal.

A avaliação da variabilidade intraobservador utilizando apenas o volume de fração da coxa mostrou uma concordância de 90%, e o método utilizando parâmetros bidimensionais e tridimensionais, uma de 96%. No caso da variabilidade interobservador, essa concordância foi de 90 e 96%, respectivamente.

A análise que compara o peso estimado pela USG2D com o peso ao nascer, por meio do teste de Wilcoxon, mostrou um valor p de 0,86. Utilizando-se o mesmo teste, a comparação do peso ao nascimento com a fórmula usando apenas o volume fracional da coxa e a fórmula usando a combinação de dados bidimensionais e tridimensionais mostrou valor p de 0,24 e 0,10, respectivamente. Os gráficos mostrando a análise comparativa de cada método estudado com o peso ao nascimento são mostrados abaixo (Figuras 1, 2 e 3). A comparação entre as três fórmulas para estimativa do peso fetal entre si foi feita por meio do teste de Kruskal-Wallis, com valor p de 0,18.

DISCUSSÃO

O diagnóstico antenatal das alterações do crescimento fetal vem ganhando cada vez mais importância, e a ultrassonografia é uma notável ferramenta na estimativa do peso fetal.

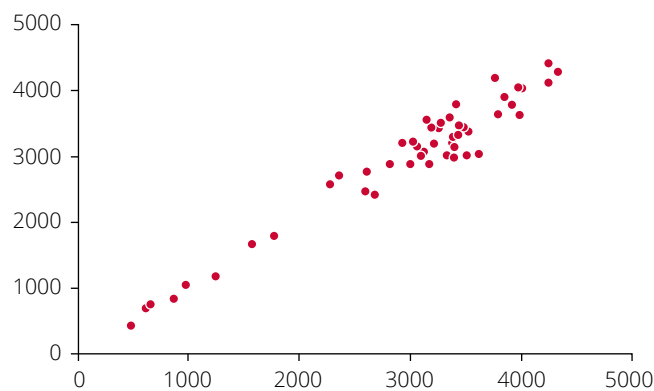
Com o advento da tecnologia tridimensional, novas fórmulas foram propostas^{13,14,20}, com estudos utilizando os membros fetais na avaliação do estado nutricional do feto e na predição da restrição do crescimento fetal por meio da avaliação volumétrica da coxa^{27,28}.

Com relação à melhora na estimativa do peso fetal, os resultados permanecem conflitantes na literatura. Relatos iniciais apontam uma acurácia superior à avaliação bidimensional^{11,17}, enquanto outros referem que não há diferença entre ambos os métodos^{21,22}.

Os dados deste trabalho são similares aos outros estudos realizados no Brasil^{21,22} e igualmente não demonstram diferença estatisticamente significativa entre as avaliações ultrassonográficas bidimensional e tridimensional na estimativa do peso fetal, seja utilizando exclusivamente o volume da coxa fetal, seja por meio da combinação de parâmetros bidimensionais e tridimensionais.

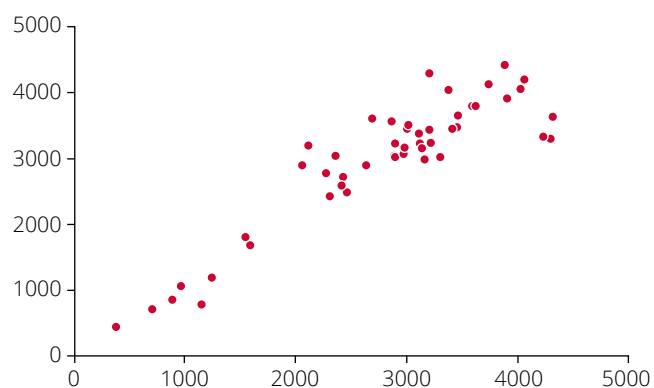
Bennini et al.²¹, estudando uma população semelhante à deste trabalho, demonstraram que, utilizando equações com parâmetros bidimensionais e tridimensionais criadas com a mesma população na qual foram aplicadas, não houve diferença estatisticamente significativa entre os métodos.

Neste estudo, entretanto, não foram utilizadas fórmulas criadas para a população em questão, optando por utilizar fórmulas já publicadas na literatura internacional^{4,9}. Mesmo nessa situação,



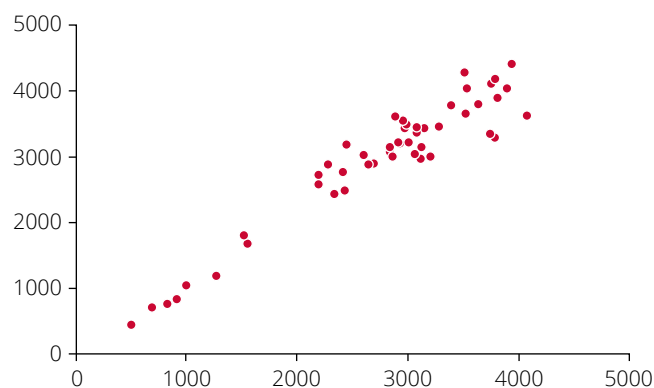
Eixo X: peso estimado por meio de ultrassonografia, expresso em gramas; eixo Y: peso ao nascer, expresso em gramas.

Figura 1. Gráfico de dispersão entre a estimativa do peso fetal realizada por meio da ultrassonografia bidimensional e o peso ao nascer.



Eixo X: peso estimado por meio de ultrassonografia, expresso em gramas; eixo Y: peso ao nascer, expresso em gramas.

Figura 2. Gráfico de dispersão entre a estimativa do peso fetal realizada por meio do volume de fração da coxa e o peso ao nascer.



Eixo X: peso estimado por meio de ultrassonografia, expresso em gramas; eixo Y: peso ao nascer, expresso em gramas.

Figura 3. Gráfico de dispersão entre a estimativa do peso fetal realizada com parâmetros bidimensionais e tridimensionais e o peso ao nascer.

na qual as fórmulas foram criadas com uma população diferente fenotipicamente, não foi observada diferença na estimativa de peso fetal.

O diagnóstico e o acompanhamento dos desvios do crescimento fetal são uma preocupação constante durante o acompanhamento pré-natal. Assim, pode-se perceber a importância de uma estimativa precisa do peso fetal, notando que a superestimativa ou a subestimativa pode trazer problemas na condução de uma gestação, especialmente de alto risco. Assim, olhando esse cenário de desvios do crescimento fetal, avaliou-se os gráficos de dispersão elaborados.

Observando-se o grupo com peso abaixo de 2500 g, não foi notada diferença entre os métodos na estimativa do peso ao nascimento. Isso se torna mais compreensível se notarmos que estamos lidando com valores absolutos muito baixos e, portanto, próximos uns dos outros. Como exemplo, se tomarmos um feto de 1000 g, um erro de 10% representaria 100 g e um de 6%, 60 g. Essas 40 g de melhora na precisão provavelmente não fariam diferença em termos estatísticos e principalmente clínicos. No entanto, há que se ressaltar que tal hipótese é baseada em um grupo pequeno para qualquer conclusão definitiva.

Avaliando o gráfico, nota-se que acima de 3.500 g há maior dispersão dos pontos, sugerindo uma maior diferença na estimativa de peso entre os métodos. Acima de 4.000 g, tal dispersão é ainda mais acentuada, sugerindo uma tendência à subestimativa de peso fetal pelos métodos que utilizam parâmetros tridimensionais. Tal aspecto pode levar a questionamentos sobre a utilização dos métodos tridimensionais nessa situação, visto que podem encobrir uma macrosomia. No entanto, novamente em virtude do pequeno tamanho amostral, não é possível uma conclusão, enfatizando-se a necessidade de novos estudos com amostras maiores para avaliar subgrupos de pesos.

Com relação aos objetivos específicos do trabalho, notou-se uma variabilidade intra e interobservacional, com valores de concordância de 90 e 96%, respectivamente, indicando que o método utilizando parâmetros tridimensionais é reprodutível e confiável.

A comparação da estimativa de peso realizada por meio da USG3D com aquela realizada por meio de parâmetros bidimensionais demonstrou não haver significância estatística entre os métodos. No entanto,

vale ressaltar a alta reprodutibilidade do método tridimensional. Ademais, a tecnologia tridimensional permite o armazenamento de imagens e seu envio à distância, permitindo que outro examinador reanalise e recrie volumes. Tal processo foi avaliado por Rizzo et al.²⁹, demonstrando ser confiável, sendo tal automação uma vantagem dessa tecnologia. Por outro lado, a tecnologia tridimensional demanda equipamentos significativamente mais caros, o que, em termos de saúde pública, pode significar um investimento desnecessário.

Todos os exames foram realizados em um intervalo menor que 24 horas do parto, com intervalo médio de 2,2 horas, não havendo na literatura relato de trabalho com um intervalo menor. Há que se ressaltar também que a mesma paciente realizou ambas as intervenções em um mesmo momento com o mesmo observador, anulando, dessa forma, um possível viés entre os dois processos de estimativa de peso fetal. Além disso, foi avaliado um grupo heterogêneo de pacientes, sem restrição de raça e com predomínio de uma população de alto risco, na qual os distúrbios de crescimento são mais frequentes.

A principal limitação deste trabalho foi o pequeno tamanho amostral, muito embora ele tenha sido calculado para um nível de significância de 0,05 e um poder de 0,80. Estudos futuros devem ser realizados com um grupo maior de pacientes, especialmente para avaliação detalhada por faixas de peso. Outra limitação foi que o recrutamento não foi feito de forma consecutiva, o que pode ter levado a um viés de seleção.

Pode-se argumentar a pouca experiência dos examinadores com USG3D como contribuinte para os resultados encontrados; no entanto, os índices de concordância de 90 e 96%, tanto na análise intraobservacional como na interobservacional, são comparáveis à literatura mundial e considerados altos⁹.

Novos estudos vêm sendo desenvolvidos buscando avaliar como a volumetria da coxa fetal pode auxiliar na criação de um modelo de acesso individualizado de crescimento fetal³⁰. Estudos futuros devem prover conhecimento na busca da associação entre as mudanças no compartimento muscular e subcutâneo fetal e as alterações do crescimento fetal, ajudando na construção de modelos individualizados de avaliação do *status* nutricional fetal.

REFERÊNCIAS

1. Nardozza LMM, Araújo Júnior E, Vieira MF, Rolo LC, Moron AF. Estimativa do peso ao nascimento utilizando a ultrassonografia bidimensional e tridimensional. *Rev Assoc Med Bras*. 2010;56(2):204-8. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-42302010000200020>
2. Barker DJP. The long-term outcome of retarded fetal growth. *Clin Obst Gynecol*. 1997;40(4):853-63.
3. Shepard MJ, Richards VA, Berkowitz RL, Warsof SL, Hobbins JC. An evaluation of two equations for predicting fetal weight by ultrasound. *Am J Obstet Gynecol*. 1982;142(1):47-54.
4. 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.

5. Schild RL. Three-dimensional volumetry and fetal weight measurement. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2007;30(6):799-803. <https://doi.org/10.1002/uog.5181>
6. Dudley NJ. A systematic review of the ultrasound estimation of fetal weight. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2005;25(1):80-9. <https://doi.org/10.1002/uog.1751>
7. Araújo Júnior E, Vieira MF, Nardoza LMM, Guimarães Filho HA, Pires CR, Moron AF. Ultrassom tridimensional na avaliação do volume dos membros fetais. *Radiol Bras.* 2007;40(5):349-53. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-39842007000500014>
8. Lee W, Deter RL, McNie B, Gonçalves LF, Espinoza J, Chaiworapongsa T, et al. Individualized growth assessment of fetal soft tissue using fractional thigh volume. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2004;24(7):766-74. <https://doi.org/10.1002/uog.1779>
9. Lee W, Balasubramaniam M, Deter RL, Hassan SS, Gotsch F, Kusanovic JP, et al. Fractional limb volume - a soft tissue parameter of fetal body composition: validation, technical considerations and normal ranges during pregnancy. *Ultras Obstet Gynecol.* 2009;33(4):427-40. <https://doi.org/10.1002/uog.6319>
10. Lee W, Balasubramaniam M, Deter RL, Hassan SS, Gotsch F, Kusanovic JP, et al. Fetal growth parameters and birth weight: their relationship to neonatal body composition. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2009;33(4):441-6. <https://doi.org/10.1002/uog.6317>
11. Lee W, Balasubramaniam M, Deter RL, Yeo L, Hassan SS, Gotsch F, et al. New fetal weight estimation models using fractional limb volume. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2009;34(5):556-65. <https://doi.org/10.1002/uog.7327>
12. Schild RL, Fimmers R, Hansmann M. Fetal weight estimation by three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2000;16(5):445-52. <https://doi.org/10.1046/j.1469-0705.2000.00249.x>
13. Chang FM, Liang RI, Ko HC, Yao BL, Chang CH, Yu CH. Three-dimensional ultrasound assessed fetal thigh volumetry in predicting birth weight. *Obstet Gynecol.* 1997;90(3):331-9.
14. Liang RI, Chang FM, Yao BL, Chang CH, Yu CH, Ko HC. Predicting birth weight by fetal upper arm volume with use of three-dimensional ultrasonography. *Am J Obstet Gynecol.* 1997;177(3):632-8.
15. Favre R, Bader AM, Nisand G. Prospective study on fetal weight estimation using limb circumferences obtained by three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1995;6(2):140-4. <https://doi.org/10.1046/j.1469-0705.1995.06020140.x>
16. Song TB, Moore TR, Lee JI, Kim YH, Kim EK. Fetal weight prediction by thigh volume measurement with three-dimensional ultrasonography. *Obstet Gynecol.* 2000;96(2):157-61.
17. Yang F, Leung KY, Hou YW, Yuan Y, Tang MHY. Birth weight prediction using three dimensional sonographic fractional thigh volume at term in a Chinese population. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2011;38(4):425-33. <https://doi.org/10.1002/uog.8945>
18. Khoury FR, Stetzer B, Myers SA, Mercer B. Comparison of estimated fetal weights using volume and 2 dimensional sonography and their relationship to neonatal markers of fat. *J Ultrasound Med.* 2009;28(3):309-15.
19. Zelop CM. Prediction of fetal weight with the use of three-dimensional ultrasonography. *Clin Obstet Gynecol.* 2000;43(2):321-5.
20. Lee W, Deter RL, Ebersole JD, Huang R, Blanckaert K, Romero R. Birth weight prediction by three-dimensional ultrasonography: fractional limb volume. *J Ultrasound Med.* 2001;20(12):1283-92.
21. Bennini JR, Marussi EF, Barini R, Faro C, Peralta CFA. Birth weight prediction by two and three dimensional ultrasound imaging. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2010;35(4):426-33. <https://doi.org/10.1002/uog.7518>
22. Nardoza LMM, Vieira MF, Araújo Junior E, Rolo LC, Moron AF. Prediction of birth weight using fetal thigh and upper arm volumes by three dimensional ultrasonography in a brazilian population. *J Matern Fetal and Neonatol Med.* 2010;23(5):393-8. <https://doi.org/10.1080/14767050903184215>
23. Lindell G, Marsál K. Sonographic fetal weight estimation in prolonged pregnancy: comparative study of two- and three-dimensional methods. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2009;33(3):295-300. <https://doi.org/10.1002/uog.6281>
24. Lindell G, Källén K, Marsál K. Ultrasound weight estimation of large fetuses. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2012;91(10):1218-25. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0412.2012.01495.x>
25. Jeanty P, Cousaert E, Cantraine F, Hobbins JC, Tack B, Struyven J. A longitudinal study of fetal limb growth. *Am J Perinatol.* 1984;1(2):136-44. <https://doi.org/10.1055/s-2007-999989>
26. Shepard M, Filly RA. A standardized plane for biparietal diameter measurement. *J Ultrasound Med.* 1982;1(4):145-50.
27. Cavalcante RO, Caetano ACR, Nacaratto DC, Helfer TM, Martins WP, Nardoza LMM, et al. Fetal thigh and upper arm volumes by three-dimensional ultrasound to predict low postnatal body mass index. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2015;28(9):1047-52. <https://doi.org/10.3109/14767058.2014.942630>
28. O'Connor C, O'Higgins A, Doolan A, Segurado R, Stuart B, Turner MJ, et al. Birth weight and neonatal adiposity prediction using fractional limb volume obtained with 3D ultrasound. *Fetal Diagn Ther.* 2014;36(1):44-8. <https://doi.org/10.1159/000360417>
29. Rizzo G, Abuhamad AZ, Benacerraf BR, Chaoui R, Corral E, D'Addario V, et al. Collaborative study on 3-dimensional sonography for prenatal diagnosis of central nervous system defects. *J Ultrasound Med.* 2011;30(7):1003-8.
30. Deter RL, Lee W, Sangi-Haghpeykar H, Tarca AL, Yeo L, Romero R. Individualized fetal growth assessment: critical evaluation of key concepts in the specification of third trimester size trajectories. *J Matern Fetal Med.* 2014;27(6):543-51. <https://doi.org/10.3109/14767058.2013.833904>