

ISUOG guias práticas: uso do ultrassom Doppler em obstetrícia

Tradução de Dr. Fabricio da Silva Costa, MD, MSC PhD do The Royal Women's Hospital (Australia)

COMITÊ DE NORMAS CLÍNICAS

A Sociedade Internacional de Ultrassom em Ginecologia e Obstetrícia (ISUOG) é uma entidade científica que incentiva a boa prática clínica, ensino e pesquisa relacionadas ao diagnóstico por imagem na área da saúde da mulher. O Comitê de Normas Clínicas da ISUOG (CSC) tem a missão de desenvolver Diretrizes Práticas e Consensos como recomendações de ensino que oferecem aos profissionais de cuidados da saúde uma abordagem baseada em consensos para diagnóstico por imagem. Elas são destinadas à reflexão do que são consideradas as melhores práticas pela ISUOG no momento em que foram elaboradas. Embora a ISUOG faça todos os esforços para garantir que as orientações sejam precisas quando geradas, nem a sociedade nem qualquer de seus empregados ou membros aceita qualquer responsabilidade pelas consequências de qualquer informação inaccurada ou enganosa ou por opiniões ou declarações emitidas pelo CSC. Elas não têm a intenção de estabelecer uma norma legal de cuidado porque a interpretação das evidências que sustenta as Diretrizes pode ser influenciada por circunstâncias individuais e os recursos disponíveis. Diretrizes aprovadas podem ser distribuídas livremente, com a permissão da ISUOG (info@isuog.org).

ESCOPO DO DOCUMENTO

Este documento resume as Orientações Práticas sobre como realizar a ultrassonografia com Doppler da circulação feto-placentária. É de extrema importância não expor o embrião e o feto à uma energia ultrassônica indevidamente prejudicial, principalmente nos estágios iniciais da gravidez. Nessa etapa, o exame Doppler, quando clinicamente indicado, deve ser realizado usando os níveis mais baixos de energia possíveis. A ISUOG publicou previamente orientação sobre o uso de ultrassom Doppler entre 11-13+6- semanas¹. Ao realizar o Doppler, o índice térmico (TI) utilizado deve ser $\leq 1,0$ e o tempo de exposição deve ser o mais curto possível, geralmente não mais de 5-10 minutos e nunca superior a 60 min¹.

Não é a intenção destas Diretrizes definir indicações clínicas, especificar o momento adequado para o exame Doppler durante a gravidez ou discutir a forma de interpretar os achados ou o uso de Doppler em ecocardiografia fetal. O objetivo é descrever o ultrassom Doppler pulsado e suas diferentes modalidades: Doppler espectral, mapa de fluxo em cores e power Doppler, que são comumente usados para estudar a circulação materno-fetal. Nós não descreveremos a técnica Doppler de onda contínua, porque esta não é normalmente aplicada em imagens obstétricas, no entanto, nos casos em que o feto tem uma condição que acarreta fluxo sanguíneo de alta velocidade (por exemplo, estenose aórtica ou tricúspide), este pode ser útil a fim de definir claramente as velocidades máximas, evitando aliasing.

As técnicas e práticas descritas neste guia foram selecionados para minimizar os erros de medidas e melhorar a reprodutibilidade. Elas podem não ser aplicáveis em determinadas condições clínicas específicas ou para protocolos de pesquisa.

RECOMENDAÇÕES

Qual é o equipamento necessário para avaliação Doppler da circulação feto-placentária?

- O equipamento deve ter Doppler espectral e fluxo em cores e com exibição na tela de escalas de velocidade de fluxo ou frequência de repetição do pulso (PRF) e frequência de ultrassom Doppler (em MHz).
- O Índice Mecânico (MI) e Índice Termico (TI) devem ser exibidos na tela do ultrassom.
- O sistema de ultrassom deve gerar uma onda de velocidade de fluxo (OVF), mostrando toda a forma de onda Doppler espectral.
- Na OVF deve ser possível delinear com traços de onda automáticas ou manuais.
- O sistema de software deve ser capaz de estimar pico de velocidade sistólica (VPS), velocidade diastólica final (VDF) e velocidade máxima média da OVF e calcular os índices Doppler comumente utilizados, ou seja, índices de pulsatilidade (IP) e de resistência (IR) e relação sistole / diástole (S / D). No rastreamento, os diversos pontos incluídos nos cálculos devem ser indicados, para garantir índices corretamente calculados.

Como a precisão das medidas Doppler pode ser otimizada?

Ultrassonografia com Doppler de onda pulsátil

- As gravações devem ser obtidas durante a ausência de movimentos respiratórios e corporais fetais e, se necessário, durante a retenção temporária da respiração materna.
- Mapeamento de fluxo a cores não é obrigatório, embora seja muito útil para a identificação do vaso de interesse e na definição da direção do fluxo sanguíneo.
- O ideal é a insonação com alinhamento completo com o fluxo de sangue. Isso garante as melhores condições para avaliação das velocidades absolutas e formas da onda. Pequenos desvios no ângulo podem ocorrer. Um ângulo de insonação de 10° corresponde a um erro de velocidade de 2%, enquanto um ângulo de 20° corresponde a 6% de erro. Quando a velocidade absoluta é o parâmetro clinicamente importante (por exemplo, na artéria cerebral média (MCA)) e um ângulo de insonação > 20° é obtido, a correção de ângulo pode ser usada, mas isto, por si só pode induzir a erro. Neste caso, se a gravação não é melhorada por insonações repetidas, uma observação deverá ser adicionada a qualquer relatório indicando o ângulo de insonação e se a correção de ângulo foi realizada ou que a velocidade não corrigida foi reportada.
- É aconselhável começar com uma “janela” Doppler relativamente grande (volume da amostra) para garantir a gravação das velocidades máximas durante todo o pulso. Se a interferência de outros vasos provoca problemas a amostra de volume pode ser reduzida para refinar a avaliação. Tenha em mente que o volume da amostra pode ser reduzida apenas em altura e não em largura.
- A escala de cinza, a penetração e resolução do feixe de Doppler pode ser otimizada, ajustando a frequência (MHz) da sonda Doppler.
- O filtro da parede do vaso, alternativamente chamado de “filtro de movimento de parede” ou “filtro de alta frequência”, é usado para eliminar o ruído do movimento das paredes do vaso. Por convenção, deve ser o mais baixo possível ($\leq 50-60$ Hz), a fim de eliminar o ruído de baixa frequência vindos de vasos sanguíneos periféricos. Quando se utiliza um filtro maior, um efeito espúrio de fluxo de velocidade diastólica ausente pode ser criada (ver figura 4b).
- Um filtro de parede superior é útil para uma OVF bem definida a partir de estruturas, como as vias de saída da aorta e pulmonar. Um filtro de parede inferior pode causar ruído, aparecendo como artefatos de fluxo perto da linha de base ou após fechamento de válvulas.
- A velocidade de varredura horizontal deve ser rápida o suficiente para separar as formas de onda sucessivas. Ideal é um display de quatro a seis (mas não mais do que oito a 10) ciclos cardíacos completos. Para a frequência cardíaca fetal de 110-150 bpm, uma velocidade de varredura de 50-100 m/s é adequada.
- PRF deve ser ajustado de acordo com o vaso estudado: baixo PRF vai permitir a visualização e medida precisa de fluxos de baixa velocidade, no entanto, vai produzir aliasing quando altas velocidades são encontradas. A OVF deve ocupar pelo menos 75% da tela de Doppler (ver Figura 3).

- Medidas Doppler devem ser reprodutíveis. Se houver discrepância óbvia entre as medidas, recomenda-se múltiplas avaliações. Convencionalmente, a medida mais próxima do valor esperado é escolhida para o relatório, a menos que isso seja tecnicamente inferior.
- A fim de aumentar a qualidade da avaliação Doppler, uma atualização freqüente da imagem em escala de cinza ou color Doppler em tempo real deve ser realizada (ou seja, após confirmação na imagem em tempo real de que a amostra Doppler está posicionada corretamente, a imagem color Doppler e/ou bidimensional (2D) deve ser congelada quando as formas de onda Doppler estão sendo avaliadas).
- Certifique-se da posição correta e otimize a avaliação Doppler da imagem 2D congelada, ouvindo a representação sonora do efeito Doppler pelo alto-falante.
- Ganho deve ser ajustado a fim de ver claramente a onda de velocidade Doppler, sem a presença de artefatos no plano de fundo da tela.
- É aconselhável não inverter a visualização na tela de Doppler do aparelho de ultrassom. Na avaliação do coração fetal e vasos centrais é muito importante a orientação original do fluxo de cor e de exibição do Doppler de onda pulsada. Convencionalmente, o fluxo em direção ao transdutor de ultrassom é exibido em vermelho e as formas de onda são apresentadas acima da linha de base, enquanto que o fluxo para longe do transdutor é apresentado em azul e as ondas são apresentadas abaixo da linha de base.

Ultrassonografia com Doppler direcional Colorido

- Em comparação com imagens em escala de cinza, o color Doppler aumenta a potência total emitida. A resolução do color Doppler aumenta quando a caixa de cor é reduzida em tamanho. Cuidados devem ser tomados na avaliação do MI e TI pois eles mudam de acordo com o tamanho e profundidade da caixa de cor.
- Aumentar o tamanho da caixa de cor também aumenta o tempo de processamento e, portanto, reduz a taxa de quadros; a caixa deve ser mantida a menor possível para incluir apenas a área de estudo.
- A escala de velocidade ou PRF deve ser ajustada para representar a velocidade real do vaso estudado. Quando o PRF é elevado, fluxo de baixa velocidade, não será apresentado na tela. Quando o PRF baixo é aplicado de forma incorreta, aliasing irá apresentar códigos de velocidade de cor contraditórios e direção do fluxo ambíguo.
- Quanto a imagem em escala de cinza, resolução do Doppler colorido e penetração dependem da freqüência do ultrassom. A freqüência para o modo Doppler colorido deve ser ajustada para otimizar os sinais.
- Ganho deve ser ajustado de modo a evitar ruídos e artefatos representados por exibição aleatória de pontos de cor no plano de fundo da tela.
- Filtro também deve ser ajustado para excluir o ruído da região estudada.
- O ângulo de insonação afeta a imagem do Doppler colorido; ele deve ser ajustado através da otimização da posição da sonda de ultrassom de acordo com o vaso ou área de estudo.
- Os mesmos princípios fundamentais como os do color Doppler direcional são aplicados.
- O ângulo de insonação tem menos efeito sobre o power Doppler; no entanto, o mesmo processo utilizado para otimização do color Doppler direcional deve ser realizado.
- Não há fenômeno aliasing usando power Doppler; no entanto, uma forma inadequada de baixo PRF pode levar a ruídos e artefatos.
- Ganho deve ser reduzido para evitar amplificação do ruído (visto como cor uniforme no fundo).

Qual é a técnica adequada para a obtenção da onda Doppler das artérias uterinas?

Usando ultrassom Doppler, o principal ramo da artéria uterina é facilmente localizado na altura da junção do

corpo uterino com o colo, com a ajuda do color Doppler em tempo real. Medidas Doppler são geralmente realizadas próximo a esse local, seja pela via transabdominal^{2,3}

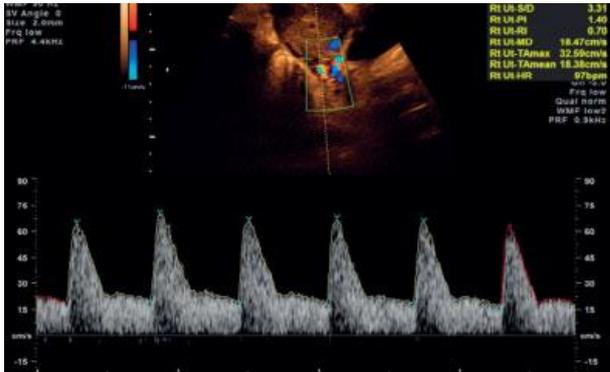


Figura 1. Formato de onda da artéria uterina obtida pela via transabdominal no primeiro trimestre.

ou transvaginal^{3,5}. Enquanto velocidades absolutas têm sido de pouca ou nenhuma importância clínica, avaliação semiquantitativa das formas de onda de velocidade é comumente empregada. As medidas devem ser reportadas de forma independente para a artéria uterina direita e esquerda, e a presença de incisura deve ser observada.

Avaliação da artéria uterina no primeiro trimestre (Figura 1)

1. Técnica transabdominal

- Através do abdomen, uma seção sagital mediana do útero é obtida e o canal cervical é identificado. Bexiga materna vazia é preferível.
- A sonda é então deslocada lateralmente até que o plexo vascular paracervical seja identificado.
- Doppler colorido é acionado e a artéria uterina é identificada quando ela se direciona cranialmente para fazer a sua ascensão ao corpo uterino.
- Medidas são tomadas neste ponto, antes que os ramos das artérias uterinas se tornem artérias arqueadas.
- O mesmo processo é repetido no lado contralateral.

2. Técnica transvaginal

- A sonda transvaginal é colocada no fundo de saco anterior. Semelhante à técnica transabdominal, a sonda é deslocada lateralmente para visualizar o plexo vascular paracervical, e os passos acima são realizados na mesma sequência pela técnica transabdominal.
- Cuidados devem ser tomados para não insonar a artéria cérvico-vaginal (que vai de cefálico para caudal) ou das artérias arqueadas. Velocidades mais de 50 cm/s são típicos das artérias uterinas, que podem ser usadas para diferenciar este vaso de artérias arqueadas.

Avaliação das artérias uterinas no segundo trimestre (Figura 2)

1. Técnica transabdominal

- A sonda transabdominal é colocada longitudinalmente no quadrante inferior lateral do abdômen, em ângulo medial. Mapeamento de fluxo em cores é útil para identificar a artéria uterina quando ela é vista cruzando a artéria ilíaca externa.
- O volume da amostra é colocado 1cm acima deste ponto de cruzamento.
- Numa pequena proporção de casos, se a artéria uterina se bifurca antes da intersecção com artéria ilíaca externa, a amostra de volume deve ser colocada imediatamente antes da bifurcação da artéria uterina.
- O mesmo processo é repetido para a artéria uterina contralateral.
- Com o avançar da idade gestacional, o útero geralmente sofre dextrorotação. Assim, a artéria uterina esquerda não se apresenta tão lateral como a direita.

Figura 2. Onda de velocidade da artéria uterina obtida pela via trans-abdominal no segundo trimestre. Onda normal (a) e anormal (b). Observe incisura (seta) no sinal Doppler em (b).

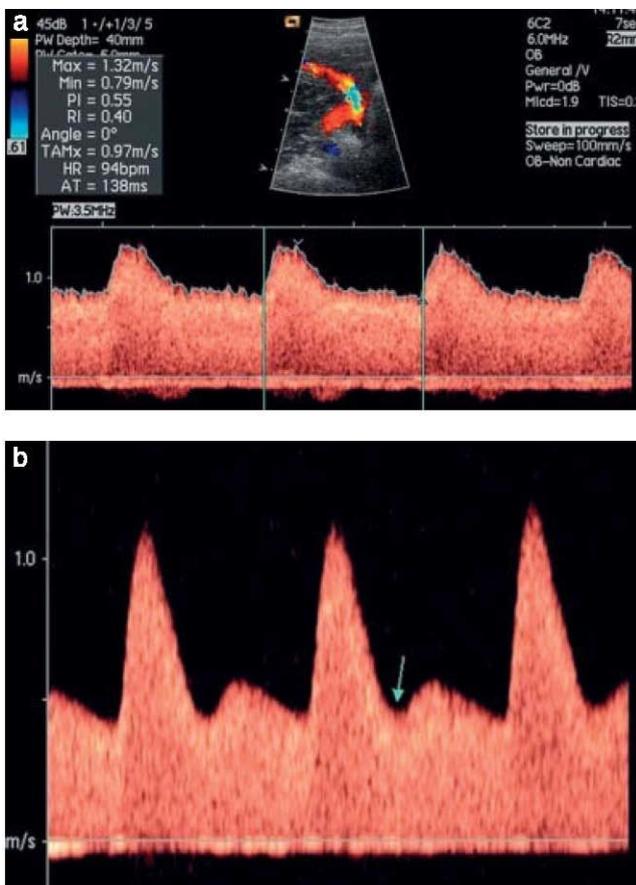


Figure 2 Waveforms from uterine artery obtained trans-abdominally in second trimester. Normal (a) and abnormal (b) waveforms; note notch (arrow) in Doppler signal in (b).

2. Técnica transvaginal

- As mulheres devem esvaziar a bexiga e devem ser colocadas em posição de litotomia dorsal.
- A sonda deve ser colocada no fundo de saco lateral e a artéria uterina identificada, utilizando Doppler colorido, ao nível da orifício cervical interno.
- O mesmo deve ser repetido para a artéria uterina contralateral.

Deve-se lembrar que os valores de referência para os índices Doppler das artérias uterinas dependem da técnica de medição, então valores de referência apropriados devem ser usados para as vias transabdominal³ e transvaginal⁵. As técnicas de insonação devem imitar aquelas utilizadas para o estabelecimento dos valores de referência.

Nota: Em mulheres com anomalia uterina congênita, a avaliação dos índices Doppler das artérias uterinas e sua interpretação não é confiável, uma vez que todos os estudos publicados foram realizados em mulheres com (presumida) anatomia normal.

Qual é a técnica adequada para a obtenção das ondas Doppler da artéria umbilical?

Há uma diferença significativa nos índices de Doppler medidos próximos ao feto, numa alça livre de cordão ou na inserção placentária. A impedância é mais alta próximo ao feto e o fluxo diastólico final ausente / reverso é susceptível de ser visto pela primeira vez neste local. Os intervalos de referência para os índices de Doppler da artéria umbilical nesses locais foram publicados^{7, 8}. Por uma questão de simplicidade e consistência, as medidas devem ser feitas em uma alça livre do cordão umbilical. No entanto, em gestações múltiplas, e / ou quando se comparam as medidas repetidas longitudinalmente, uma avaliação no mesmo local, ou seja, próximo ao feto, final, próximo da placenta ou na porção intra-abdominal, podem ser mais confiáveis. Intervalos apropriados de referência devem ser usados de acordo com o local interrogado.

A Figura 3 mostra a velocidade de onda aceitáveis e inaceitáveis . A Figura 4 mostra a influência do filtro da parede do vaso .

Nota: 1) Na gravidez múltipla, a avaliação do fluxo na artéria umbilical pode ser difícil, uma vez que pode haver dificuldade na localização de uma alça livre em um feto específico. É melhor então avaliar a artéria umbilical apenas distal à inserção abdominal do cordão umbilical. No entanto, a impedância é maior do que em uma alça livre ou próximo a inserção placentária, por isso índices de referência adequados são necessários.

2) No caso de um cordão com apenas 2 vasos, em qualquer idade gestacional , o diâmetro da artéria umbilical única é maior do que quando existem duas artérias e a impedância é, portanto, inferior⁹ .

Figura 3. Aceitável (a) e inaceitável (b) formas de onda da artéria umbilical. Em (b), as formas de onda são muito pequenas e velocidade de varredura muito lenta.

Figura 4 Formas de onda da artéria umbilical do mesmo feto, dentro de 4 min uma da outra, mostrando: (A) fluxo normal e (b) aparentemente muito baixo fluxo diastólico e fluxo diastólico ausente no início do estudo, devido ao uso de filtro parede incorreto (muito alto).

Qual é a técnica adequada para a obtenção da onda Doppler da artéria cerebral média fetal ?

- Uma seção axial do cérebro, incluindo o tálamo e as asas do osso esfenóide, deve ser obtida e ampliada.
- Mapeamento de fluxo colorido deve ser usado para identificar o círculo de Willis e a porção proximal da ACM (Figura 5).
- A amostra do Doppler pulsátil deve, então, ser colocada no terço proximal da ACM , perto de sua origem na artéria carótida interna¹⁰ (a velocidade sistólica diminui com a distância do ponto de origem deste vaso) .

- O ângulo entre o feixe de ultrassom e direção do fluxo de sangue deve ser mantida tão próxima quanto possível de 0 graus (Figura 6).
- Cuidados devem ser tomados para evitar qualquer pressão desnecessária sobre a cabeça fetal.
- Pelo menos três e menos de 10 ondas consecutivas devem ser registradas. O ponto mais elevado da onda é considerado como o pico de velocidade sistólica - PVS(cm / s)
- O PVS pode ser medido usando calipers manuais ou traçado automático. A última opção diminui significativamente a velocidade média do que a primeira, mas se aproxima mais das medianas publicadas usadas na prática¹¹. PI é geralmente calculado usando medida automática, mas traçado manual também é aceitável.

Figura 5. Mapeamento colorido do fluxo no polígono de Willis.

Figura 6. Aceitável onda Doppler da artéria cerebral média. Notar ângulo de insonação perto de 0°

Valores de referência apropriados devem ser utilizados para interpretação, e a técnica de medida deve ser a mesma que é utilizada para construir os limites de referência.

Qual é a técnica adequada para a obtenção de formas de onda do Doppler venoso fetal?

Ducto venoso (Figuras 7 e 8)

- O ducto venoso (DV) liga a porção intra - abdominal da veia umbilical com a porção esquerda da veia cava inferior, logo abaixo do diafragma. O vaso é identificado através da visualização desta conexão por imagens em 2D ou em um plano longitudinal médio sagital do tronco fetal ou em um plano transversal oblíquo através do abdomen superior¹².
- Mapeamento de fluxo em cores demonstrando a alta velocidade na entrada estreita do DV confirma a sua identificação e indica o local de amostragem padrão para mensuração Doppler¹³.
- Medida Doppler é melhor alcançada no plano sagital do abdômen fetal anteriormente, pois o alinhamento com o istmo pode ser bem controlada. Insonação sagital através do tórax também é uma boa opção, mas mais difícil. Uma seção oblíqua fornece acesso para insonação anterior ou posterior, produzindo ondas robustas, mas com menos controle de ângulo e velocidades absolutas.
- No início da gravidez e nas gestações complicadas cuidado especial deve ser tomado para reduzir o volume da amostra de forma adequada, a fim de garantir uma avaliação limpa das baixas velocidades durante a contração atrial.
- A forma de onda é geralmente trifásica, mas ondas bifásicas e não pulsáteis, embora raras, podem ser vistas em fetos saudáveis¹⁴.
- As velocidades são relativamente elevadas, entre 55 a 90 cm / s para a maior parte da segunda metade da gravidez¹⁵, mas são menores no início da gravidez .

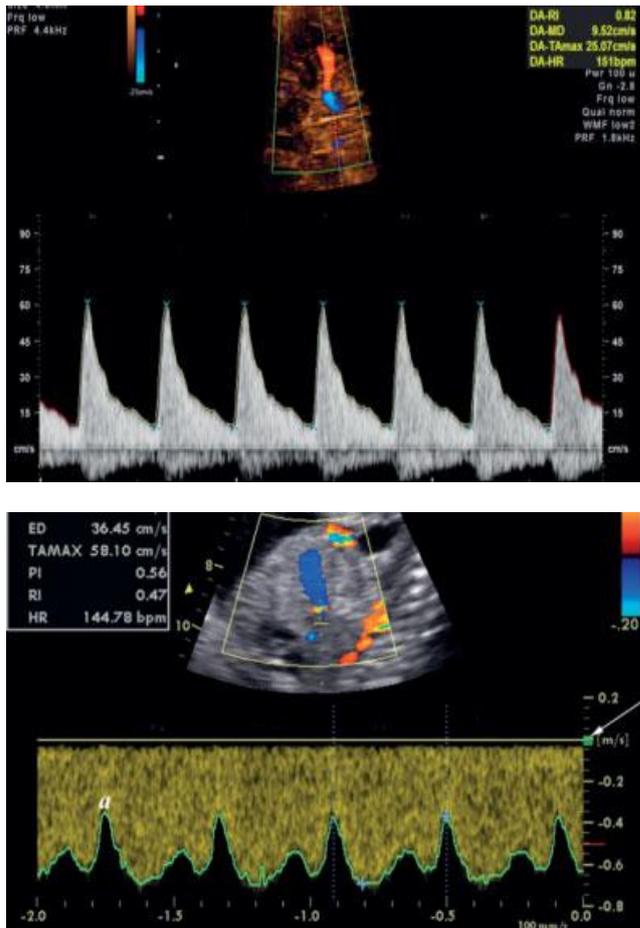


Figura 8. Doppler do ducto venoso mostrando aumento da pulsatilidade com 36 semanas (a). Interferência, incluindo contaminação ao longo da linha de base, tornando difícil verificar o componente invertido durante a contração atrial (pontas de seta). (b) A repetição da avaliação com um ligeiro aumento do filtro de parede (seta) melhora a qualidade e permite a visualização nítida do componente de velocidade invertida durante a contração atrial (pontas de seta).

Quais índices devemos usar?

Relação S / D, RI e PI são os três índices conhecidos para descrever as formas de onda de velocidade de fluxo arterial. Todos os três são altamente correlacionados. PI mostra uma correlação linear com a resistência vascular em oposição a ambos relação S / D e RI, que mostram uma relação parabólica com o aumento da resistência vascular¹⁶. Além disso, PI não se aproxima do infinito quando há fluxo diastólico ausente ou invertido. PI é o índice mais utilizado na prática atual. Da mesma forma, o PIV¹⁷ é mais comumente utilizado para as formas de onda venosa na literatura atual. A utilização de velocidades absolutas em vez de índices semi-quantitativos pode ser preferível em certas circunstâncias.

GUIDELINE AUTHORS

A. Bhide, Fetal Medicine Unit, Academic Department of Obstetrics and Gynaecology, St George's, University of London, London, UK

G. Acharya, Fetal Cardiology, John Radcliffe Hospital, Oxford, UK and Women's Health and Perinatology Research Group, Faculty of Medicine, University of Tromsø and University Hospital of Northern Norway, Tromsø, Norway

C. M. Bilardo, Fetal Medicine Unit, Department of Obstetrics and Gynaecology, University Medical Centre Groningen, Groningen, The Netherlands

C. Brezinka, Obstetrics and Gynecology, Universitätsklinik für Gynäkologische Endokrinologie und Reproduktionsmedizin, Department für Frauenheilkunde, Innsbruck, Austria

D. Cafici, Grupo Medico Alem, San Isidro, Argentina

E. Hernandez-Andrade, Perinatology Research Branch, NICHD/NIH/DHHS, Detroit, MI, USA and Department of Obstetrics and Gynecology, Wayne State University School of Medicine, Detroit, MI, USA

K. Kalache, Gynaecology, Charité, CBF, Berlin, Germany

J. Kingdom, Department of Obstetrics and Gynaecology, Maternal-Fetal Medicine Division Placenta Clinic, Mount Sinai Hospital, University of Toronto, Toronto, ON, Canada and Department of Medical Imaging, Mount Sinai Hospital, University of Toronto, Toronto, ON, Canada

T. Kiserud, Department of Obstetrics and Gynecology, Haukeland University Hospital, Bergen, Norway and Department of Clinical Medicine, University of Bergen, Bergen, Norway

W. Lee, Texas Children's Fetal Center, Texas Children's Hospital Pavilion for Women, Department of Obstetrics and Gynecology, Baylor College of Medicine, Houston, TX, USA

C. Lees, Fetal Medicine Department, Rosie Hospital, Addenbrooke's Hospital, Cambridge University Hospitals NHS Foundation Trust, Cambridge, UK and Department of Development and Regeneration, University Hospitals Leuven, Leuven, Belgium

K. Y. Leung, Department of Obstetrics and Gynaecology, Queen Elizabeth Hospital, Hong Kong, Hong Kong

G. Malinger, Obstetrics & Gynecology, Sheba Medical Center, Tel-Hashomer, Israel

G. Mari, Obstetrics and Gynecology, University of Tennessee, Memphis, TN, USA

F. Prefumo, Maternal Fetal Medicine Unit, Spedali Civili di Brescia, Brescia, Italy

W. Sepulveda, Fetal Medicine Center, Santiago de Chile, Chile

B. Trudinger, Department of Obstetrics and Gynaecology, University of Sydney at Westmead Hospital, Sydney, Australia

CITATION

These Guidelines should be cited as: 'Bhide A, Acharya G, Bilardo CM, Brezinka C, Cafici D, Hernandez-Andrade E, Kalache K, Kingdom J, Kiserud T, Lee W, Lees C, Leung KY, Malinger G, Mari G, Prefumo F, Sepulveda W and Trudinger B. ISUOG Practice Guidelines: use of Doppler ultrasonography in obstetrics. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2013; **41**: 233–239.'

REFERENCES

1. Salvesen K, Lees C, Abramowicz J, Brezinka C, Ter Har G, Marsal K. ISUOG statement on the safe use of Doppler in the 11 to 13+6-week fetal ultrasound examination. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2011; **37**: 628.
2. Aquilina J, Barnett A, Thompson O, Harrington K. Comprehensive analysis of uterine artery flow velocity waveforms for the prediction of pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; **16**: 163–170. . G´inezomez O, Figueras F, Fern´andez S, Bennasar M, Mart´JM, Puerto B, Gratacos E. Reference ranges for uterine artery mean pulsatility index at 11–41 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2008; **32**: 128–132.
3. Jurkovic D, Jauniaux E, Kurjak A, Hustin J, Campbell S, Nicolaides KH. Transvaginal colour Doppler assessment of the uteroplacental circulation in early pregnancy. *Obstet Gynecol* 1991; **77**: 365–369.
4. Papageorgiou AT, Yu CK, Bindra R, Pandis G, Nicolaides KH; Fetal Medicine Foundation Second Trimester Screening Group. Multicenter screening for pre-eclampsia and fetal growth restriction by transvaginal uterine artery Doppler at 23 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001; **18**: 441–449.
5. Khare M, Paul S, Konje J. Variation in Doppler indices along the length of the cord from the intraabdominal to the placental insertion. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2006; **85**: 922–928.
6. Acharya G, Wilsgaard T, Berntsen G, Maltau J, Kiserud T. Reference ranges for serial measurements of blood velocity and pulsatility index at the intra-abdominal portion, and fetal and placental ends of the umbilical artery. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2005; **26**: 162–169.
7. Acharya G, Wilsgaard T, Berntsen G, Maltau J, Kiserud T. Reference ranges for serial measurements of umbilical artery (Guideline review date: December 2015) Doppler indices in the second half of pregnancy. *Am J Obstet Gynecol* 2005; **192**: 937–944.
8. Sepulveda W, Peek MJ, Hassan J, Hollingsworth J. Umbilical vein to artery ratio in fetuses with single umbilical artery. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1996; **8**: 23–26.
9. Mari G for the collaborative group for Doppler assessment. Noninvasive diagnosis by Doppler ultrasonography of fetal anemia due to maternal red-cell alloimmunization. *N Engl J Med* 2000; **342**: 9–14.
10. Patterson TM, Alexander A, Szychowski JM, Owen J. Middle cerebral artery median peak systolic velocity validation: effect of measurement technique. *Am J Perinatol* 2010; **27**: 625–630.
11. Kiserud T, Eik-Nes SH, Blaas HG, Hellevik LR. Ultrasonographic velocimetry of the fetal ductus venosus. *Lancet* 1991; **338**: 1412–1414.
12. Acharya G, Kiserud T. Pulsations of the ductus venosus blood velocity and diameter are more pronounced at the outlet than at the inlet. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1999; **84**: 149–154.
13. Kiserud T. Hemodynamics of the ductus venosus. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1999; **84**: 139–147.
14. Kessler J, Rasmussen S, Hanson M, Kiserud T. Longitudinal reference ranges for ductus venosus flow velocities and waveform indices. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; **28**: 890–898.
15. Ochi H, Suginami H, Matsubara K, Taniguchi H, Yano J, Matsuura S. Micro-bead embolization of uterine spiral arteries and uterine arterial flow velocity waveforms in the pregnant ewe. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1995; **6**: 272–276.
16. Hecher K, Campbell S, Snijders R, Nicolaides K. Reference ranges for fetal venous and atrioventricular blood flow parameters. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1994; **4**: 381–390.

Disclaimer: These guidelines may have been translated, from the originals published by ISUOG, by recognised experts in the field and have been independently verified by reviewers with a relevant first language. Although all reasonable endeavours have been made to ensure that no fundamental meaning has been changed the process of translation may naturally result in small variations in words or terminology and so ISUOG makes no claim that translated guidelines can be considered to be an exact copy of the original and accepts no liability for the consequence of any variations. The CSC's guidelines are only officially approved by the ISUOG in their English published form.