

Linee guida ISUOG: uso dell'ultrasonografia Doppler in Ostetricia

Questo documento è stato tradotto dall'inglese all'italiano da Francesca Conway, MD - Università degli Studi di Roma

TorVergata-(Italia)

Comitato per gli Standard Clinici

La Società Internazionale di Ecografia Ostetrica e Ginecologica (ISUOG) è una organizzazione scientifica che incoraggia la diffusione di una pratica clinica corretta, dell'insegnamento e della ricerca nella diagnostica per immagini nell'ambito della salute della donna. Il Comitato per gli Standard Clinici ISUOG (CSC) ha tra i suoi compiti quello di sviluppare Linee Guida e Dichiarazioni di Consenso, sottoforma di raccomandazioni didattiche che forniscano agli operatori sanitari un approccio alla diagnostica per immagini basato su dichiarazioni di consenso internazionali. Tali raccomandazioni rappresentano ciò che la ISUOG considera la miglior pratica clinica al momento della pubblicazione delle Linee Guida. Sebbene la ISUOG si adoperi con ogni mezzo per assicurarsi che le Linee Guida siano estremamente accurate al momento della pubblicazione, la Società, suoi dipendenti ed i suoi membri rifiutano ogni responsabilità per le possibili conseguenze dovute a dati, opinioni o dichiarazioni inaccurate o ambigue emesse dal CSC. Le Linee Guida, infatti, non sono intese per stabilire uno standard di cura assoluto e acclarato in termini medico-legali poiché l'interpretazione dell'evidenza su cui esse poggiano potrebbe essere influenzata da singole circostanze e dalle risorse disponibili in quel momento. Le linee guida approvate possono essere distribuite liberamente con il permesso della ISUOG (info@isuog.org).

FINALITA' DEL DOCUMENTO

Questo documento riassume le Linee Guida riguardanti l'esecuzione dell'ultrasonografia Doppler a livello della circolazione feto-placentare. Risulta di particolare importanza non esporre in modo eccessivo l'embrione ed il feto alla dannosa energia degli ultrasuoni, specialmente negli stadi precoci di gravidanza. In queste fasi, infatti, la registrazione Doppler, ove clinicamente indicata, dovrebbe essere eseguita ai più bassi livelli energetici possibili. La ISUOG ha pubblicato delle indicazioni circa l'uso dell'ultrasonografia Doppler nel corso dell'indagine ecografica sul feto eseguita tra le 11 e le 13 + 6 settimane (1). Quando si esegue imaging Doppler, l'indice termico (TI) visualizzato dovrebbe essere ≤ 1.0 , mentre il tempo di esposizione dovrebbe essere il più breve possibile, solitamente non oltre i 5-10 minuti e mai superiore alla durata di 60 minuti (1).

Queste Linee Guida non hanno come scopo quello di definire le indicazioni cliniche, specificare l'adeguata tempistica per l'esecuzione dell'indagine Doppler in corso di gravidanza o discutere dell'interpretazione dei risultati o delle applicazioni del Doppler nell'ambito dell'ecocardiografia fetale. Lo scopo è descrivere la velocimetria Doppler e le sue differenti modalità: Doppler spettrale, color flow mapping e power Doppler, comunemente utilizzate per lo studio della circolazione materno-fetale. Non sarà descritta la tecnica Doppler ad onda continua poiché, solitamente, non presenta applicazioni nell'imaging ostetrico; tuttavia, nei casi di feto affetto da

patologie caratterizzate da “alti flussi” (ad esempio la stenosi aortica o l’insufficienza tricuspide) rappresenta un valido aiuto nella definizione chiara delle velocità massime, evitando il fenomeno dell’aliasing.

Le tecniche e modalità d’esecuzione descritte in queste Linee Guida sono state appositamente selezionate al fine di minimizzare gli errori di misurazione ed al tempo stesso incrementare la riproducibilità. Potrebbero, tuttavia, non essere applicabili in alcune situazioni cliniche specifiche o nell’ambito di protocolli di ricerca.

RACCOMANDAZIONI

Quale apparecchio è necessario per la valutazione Doppler della circolazione feto-placentare?

- L’apparecchio dovrebbe essere dotato dei sistemi Doppler a codifica di colore (color flow) e spettrale con visualizzazione sullo schermo delle scale di velocità di flusso oppure della frequenza di ripetizione dell’impulso (pulse repetition frequency – PRF) e della frequenza degli ultrasuoni Doppler (in MHz).
- L’indice meccanico (MI) e termico (TI) dovrebbero essere visualizzabili sullo schermo dell’ecografo.
- Il sistema ecografico dovrebbe generare un MVE (maximum velocity envelope) che mostri per intero l’analisi spettrale dell’onda velocimetrica.
- La MVE dovrebbe poter essere delineata tramite l’uso dei tracciatori manuali o automatici del tracciato velocimetrico.
- Il software del sistema dovrebbe poter eseguire una stima della velocità di picco sistolico (peak systolic velocity- PSV), della velocità telediastolica (end-diastolic velocity- EDV) e della velocità massima nel tempo medio a partire dalla MVE; inoltre dovrebbe avere la capacità di calcolare gli indici Doppler più comunemente usati quali: l’indice di pulsatilità (PI), l’indice di resistenza (RI) ed il rapporto velocità sistolica/velocità diastolica (systolic/diastolic velocity ratio S/D). Nella registrazione dovrebbero essere indicati i vari punti inclusi nei calcoli per assicurarsi che gli indici siano stati correttamente calcolati.

Come è possibile ottimizzare l’accuratezza delle misurazioni Doppler?

Doppler pulsato

- Le registrazioni dovrebbero essere eseguite in assenza di respirazione fetale e di movimenti corporei, inoltre, se necessario, la madre dovrebbe momentaneamente trattenere il respiro.
- L’uso del color flow mapping non è obbligatorio, tuttavia, è di grande supporto nell’identificazione del vaso d’interesse e nella definizione della direzione del flusso ematico.
- L’insonazione ideale è rappresentata dal completo allineamento con la direzione del flusso. Questo garantisce le migliori condizioni per la valutazione delle velocità assolute e delle forme d’onda. È possibile però che si venga a creare un angolo d’insonazione. Un angolo d’insonazione di 10° corrisponde ad un errore di misurazione della velocità del 2% mentre un angolo di 20° corrisponde ad un errore del 6%. Quando il parametro clinicamente importante è rappresentato dalla velocità assoluta (es. arteria cerebrale media) e si ottiene un angolo >20° è possibile utilizzare la correzione d’angolo, sebbene essa stessa possa

generare errori. Qualora questo accada, se la registrazione non dovesse migliorare dopo ripetute insonazioni, al referto si dovrà aggiungere una nota in cui si dichiara l'angolo di insonazione, l'eventuale uso della correzione d'angolo oppure la scelta di registrare la velocità senza correzioni.

- Si consiglia di iniziare con un volume campione (gate) relativamente ampio per garantire la registrazione delle velocità massime nell'arco dell'intero impulso. Qualora l'interferenza generata da altri vasi provochi problemi è possibile ridurre il volume campione per rifinire la registrazione. È bene tenere a mente che il volume campione può essere ridotto solo in altezza e non in larghezza.
- Così come per l'imaging in scala di grigi anche per l'imaging Doppler risulta possibile ottimizzare la risoluzione e la penetrazione del fascio Doppler regolando la frequenza (MHz) della sonda Doppler.
- Il filtro di parete, anche chiamato "low velocity reject", "wall motion filter" oppure "high pass filter" viene utilizzato per eliminare il rumore generato dal movimento delle pareti vasali. Per convenzione dovrebbe essere impostato al più basso livello possibile ($\leq 50-60$ MHz) per eliminare il rumore a bassa frequenza generato da vasi periferici. Quando si usa un filtro più alto è possibile provocare un effetto spurio di assenza della velocità telediastolica.
- Un filtro di parete più alto è utile per un MVE ben definito come l'efflusso aortico e polmonare. In questo caso un filtro di parete troppo basso potrebbe generare rumore sotto forma di artefatti di flusso in prossimità della baseline o dopo la chiusura delle valvole.
- Lo "sweep speed" (velocità di scorrimento) Doppler orizzontale dovrebbe essere sufficientemente veloce da separare forme d'onda successive. Idealmente dovrebbero essere mostrati dai 4 ai 6 (non più di 8-10) cicli cardiaci completi. Per frequenze cardiache fetali di 110-150 bpm è adeguato uno "sweep speed" di 50-100 mm/s.
- La PRF dovrebbe essere impostata in base al vaso studiato: una PRF bassa consente di visualizzare e misurare con accuratezza un flusso a bassa velocità, tuttavia, causa aliasing, qualora si incontrino alte velocità. La forma d'onda dovrebbe occupare almeno il 75% dello schermo Doppler (Fig.3).
- Le misurazioni Doppler dovrebbero essere riproducibili. Qualora vi siano palesi discrepanze tra misurazioni si consiglia di ripetere la registrazione. Per convenzione si sceglie di riportare sul referto la misurazione che maggiormente si avvicina a quella prevista a meno che non risulti tecnicamente inferiore.
- Per migliorare la qualità della registrazione Doppler si dovrebbe inoltre eseguire spesso un aggiornamento dell'immagine in scala di grigi real-time oppure in color Doppler (ad esempio dopo aver verificato nell'immagine in real-time che il gate del Doppler sia correttamente posizionato si dovrebbe ottenere un fermo-immagine in 2D oppure in color Doppler mentre vengono registrate le forme d'onda).
- Ascoltare la rappresentazione audio del Doppler shift attraverso l'altoparlante garantisce un corretto posizionamento ed ottimizza la registrazione del fermo-immagine in 2D.
- Il guadagno (gain) andrebbe regolato per visualizzare con chiarezza le forme d'onda di velocità Doppler senza alcuna presenza di artefatti sullo sfondo del display.
- Si consiglia di non invertire il display Doppler sullo schermo dell'ecografo. Nella valutazione del cuore fetale e dei vasi centrali è molto importante preservare la direzione originaria del display del Doppler a codifica di colore e ad onda pulsata. Per convenzione il flusso diretto verso la sonda viene rappresentato in rosso e le forme d'onda si trovano al di sopra della

baseline sulla MVE mentre il flusso in allontanamento dalla sonda appare in blu e le forme d'onda si trovano al di sotto della baseline.

Ecografia color Doppler

- Paragonato all'imaging in scala di grigi il color Doppler comporta un incremento nell'emissione totale di potenza. La risoluzione del color Doppler aumenta quando si riducono le dimensioni del box del colore. Va prestata attenzione alla determinazione del MI e del TI poiché si modificano in accordo con la dimensione e profondità del box del colore.
- L'aumento delle dimensioni del box del colore provoca un aumento del tempo di processamento, riducendo il frame-rate; il box dovrebbe restare delle più piccole dimensioni possibili per poter includere all'interno solamente l'area da studiare.
- La scala di velocità o PRF dovrebbe essere impostata per poter rappresentare la reale "color velocity" del vaso studiato. Quando la PRF è elevata non vengono rappresentati sullo schermo vasi a bassa velocità. Quando viene applicata una PRF bassa in modo scorretto verrà generato aliasing sottoforma di codici di "color velocity" contraddittori e di direzioni di flusso ambigue.
- Per quanto riguarda l'imaging in scala di grigi la risoluzione e penetrazione del color Doppler dipendono dalla frequenza. La frequenza per il color Doppler dovrebbe essere regolata al fine di ottimizzare i segnali.
- Il guadagno andrebbe regolato per prevenire rumore ed artefatti sottoforma di punteggiature di colore casuali sullo sfondo dello schermo.
- I filtri dovrebbero essere regolati per ottenere l'esclusione del rumore dall'area studiata.
- L'angolo d'insonazione influenza l'immagine color Doppler; andrebbe per questo motivo regolato ottimizzando la posizione della sonda ecografica in base al vaso o all'area oggetto di studi.

Ecografia power Doppler e power Doppler direzionale

- Sono validi gli stessi principi fondamentali elencati per il color Doppler.
- L'angolo d'insonazione ha minore influenza sui segnali power Doppler; tuttavia, si consiglia di eseguire lo stesso processo di ottimizzazione proposto per il color Doppler.
- Il fenomeno dell'aliasing non avviene con il power Doppler; tuttavia, una PRF eccessivamente bassa può essere causa di rumori ed artefatti.

Qual è la tecnica adeguata per ottenere l'analisi spettrale Doppler dell'onda velocimetrica dell'arteria uterina?

Il ramo principale dell'arteria uterina si localizza facilmente a livello della giunzione utero-cervicale usando l'ecografia Doppler con l'ausilio dell'imaging color Doppler in tempo reale. Solitamente le

misurazioni di velocimetria si effettuano nei pressi di tale localizzazione sia per via transaddominale (2,3) che per via transvaginale (3-5). Le velocità assolute si sono rivelate di scarsa o nessuna importanza mentre la valutazione semi-quantitativa delle del profilo velocimetrico viene utilizzata di routine. Le misurazioni eseguite a livello dell'arteria uterina destra e sinistra dovrebbero essere riportate in maniera distinta e si dovrebbe inoltre segnalare la presenza di incisive nelle nel profilo flussimetrico dell'onda.

Valutazione dell'arteria uterina nel primo trimestre

1. Tecnica transaddominale

- Per via transaddominale è necessario ottenere una scansione medio-sagittale dell'utero ed identificare il canale cervicale. È consigliabile lo svuotamento della vescica materna.
- La sonda viene spostata in senso laterale finchè non si visualizza il plesso vascolare para-cervicale.
- Si attiva il color Doppler e si identifica l'arteria uterina nel punto in cui devia in direzione craniale per compiere l'ascesa verso il corpo dell'utero.
- A questo punto si eseguono le misurazioni, prima che l'arteria si ramifichi nelle arterie arcuate.
- Lo stesso procedimento viene poi ripetuto controlateralmente.

2. Tecnica transvaginale

- Per via transvaginale si posiziona la sonda a livello del fornice anteriore. Così come avviene per la via trans-addominale la sonda viene spostata in senso laterale per visualizzare il plesso vascolare para-cervicale e si compiono gli stessi passaggi eseguiti in trans-addominale.
- Si dovrebbe far attenzione a non insonare l'arteria cervico-vaginale (che corre in senso cefalo-caudale) o le arterie arcuate. Velocità maggiori di 50cm/sec sono tipiche delle arterie uterine e questo parametro può essere utilizzato per differenziare tali vasi dalle arcuate.

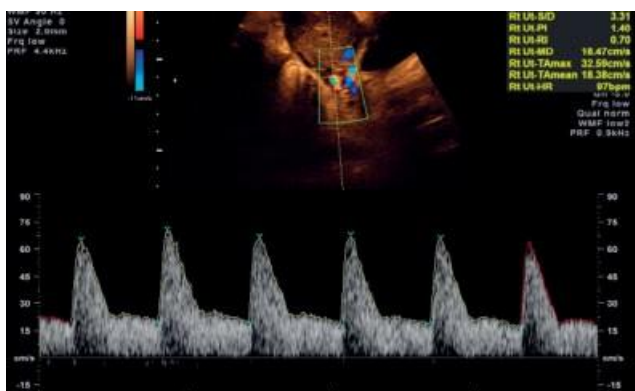


Figura 1: forme d'onda dell'arteria uterina durante il I trimestre ottenute per via transaddominale

Valutazione dell'arteria uterina nel secondo trimestre

1. Tecnica transaddominale

- Per via transaddominale la sonda viene posta longitudinalmente nel quadrante inferiore laterale dell'addome, angolata in senso mediale. Il color Doppler è utile per identificare l'arteria uterina nel punto in cui incrocia l'arteria iliaca esterna.
- Il volume campione viene posto 1cm al di sotto del punto di incrocio dei vasi.
- In una piccola percentuale di casi l'arteria uterina ramifica prima dell'intersezione con l'arteria iliaca esterna; in questa situazione si dovrebbe posizionare il volume campione sull'arteria prima della biforcazione.
- Lo stesso procedimento viene poi ripetuto controlateralmente.
- L'utero subisce una destro-rotazione con l'avanzare dell'età gestazionale. Dunque l'arteria uterina di sinistra non decorre tanto al lato dell'utero quanto la destra.

2. Tecnica transvaginale

- Le pazienti dovrebbero avere la vescica vuota e dovrebbero porsi nella posizione litotomica dorsale.
- La sonda andrebbe posizionata a livello del fornice laterale e l'arteria uterina identificata tramite color Doppler al livello dell'orifizio uterino interno.
- Lo stesso procedimento viene poi ripetuto controlateralmente.

Si rammenta inoltre che i valori di riferimento per gli indici Doppler delle arterie uterine variano in base alla metodologia usata, pertanto è necessario utilizzare valori di riferimento specifici per la via transaddominale o transvaginale. Le tecniche di insonazione dovrebbero essere molto simili a quelle utilizzate per la determinazione di tali valori di riferimento.

Nota: la valutazione e l'interpretazione degli indici Doppler dell'arteria uterina in pazienti con malformazioni congenite dell'utero è di scarso valore clinico poiché tutti gli studi finora condotti sono stati effettuati su pazienti con una (presunta) normale anatomia.

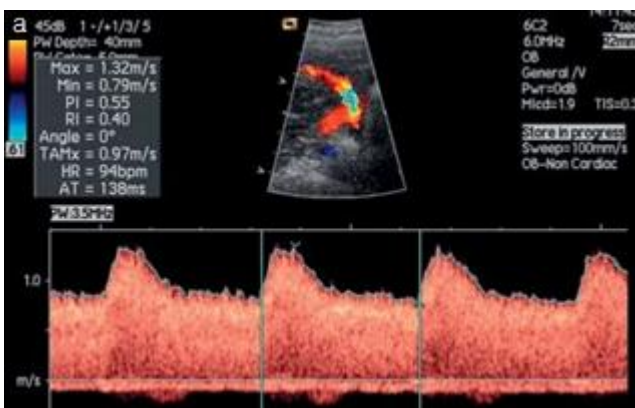


Figura 2

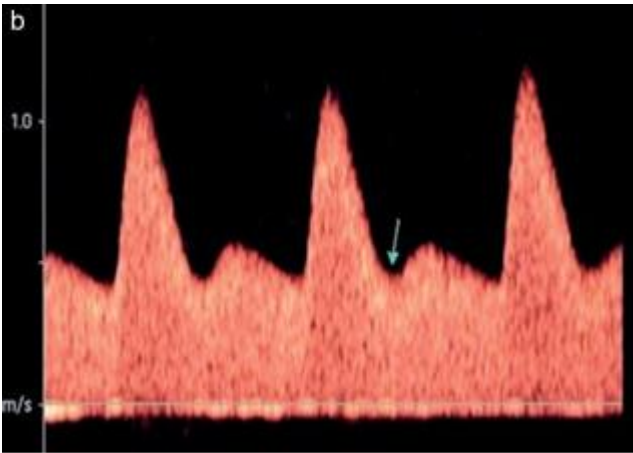


Figura 2: Profilo velocimetrico Doppler dell'arteria uterina durante il II trimestre ottenute per via transaddominale.
 Forme d'onda normali (a) ed anormali (b); notare il notch /incisura protodiastolica (freccia) del segnale Doppler in (b).

Qual è la tecnica adeguata per ottenere l'analisi spettrale Doppler dell'onda velocimetrica dell'arteria ombelicale?

Vi è una significativa differenza tra indici Doppler misurati all'estremità fetale del cordone, a livello del segmento libero e all'estremo placentare (6). L'impedenza è infatti maggiore all'estremo fetale e la presenza di flusso telediastolico assente o invertito tende a comparire prima. Sono stati pubblicati valori di riferimento per gli indici Doppler dell'arteria ombelicale specifici per ciascun sito (7,8). Per semplicità si consiglia di eseguire le misurazioni nel segmento libero di cordone. Tuttavia nei casi di gravidanza multipla e/o quando si paragonano misure ripetute in senso longitudinale risultano più affidabili le misure prese ad estremità fisse quali l'estremo fetale, quello placentare o la porzione intraddominale. In base al sito scelto per la misurazione si scelgono gli opportuni valori di riferimento. La figura 3 mostra una registrazione velocimetrica Doppler accettabile ed una non accettabile. La figura 4 mostra l'influenza del filtro di parete.

Nota: 1) La valutazione del flusso ematico arterioso nelle gravidanze multiple risulta difficoltosa poiché non è semplice assegnare un segmento di cordone libero ad un feto specifico. Risulta più vantaggioso campionare l'arteria ombelicale appena distalmente rispetto all'inserzione addominale del funicolo. Tuttavia in questo sito si registrerà una impedenza maggiore rispetto al segmento libero ed all'estremo placentare. Si consiglia pertanto di avvalersi di specifiche curve di riferimento.

2) In caso di cordone a due vasi, a qualunque età gestazionale, il diametro dell'arteria ombelicale singola sarà sempre maggiore rispetto ai casi con doppia arteria, l'impedenza sarà dunque inferiore (9).

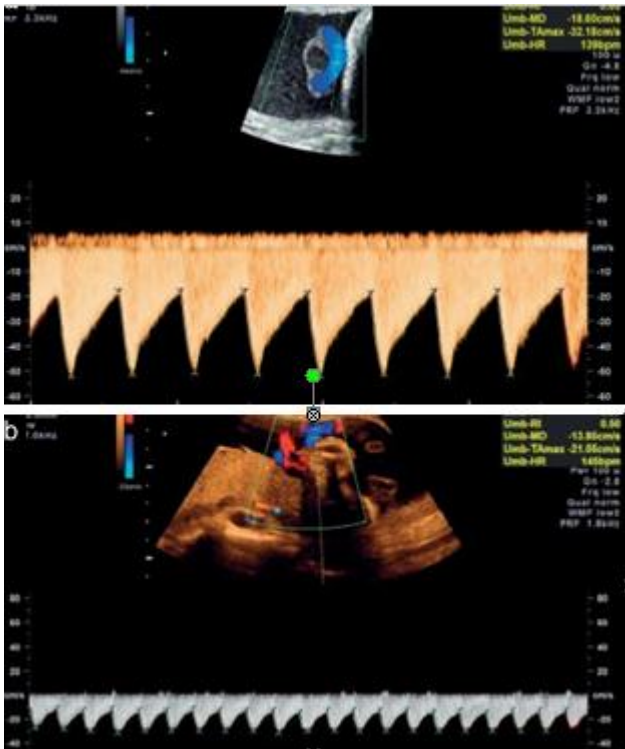


Figura 3: Analisi spettrale Doppler dell'onda velocimetrica dell'arteria ombelicale accettabile (a) e non accettabile (b).

Nella (b) le forme d'onda sono troppo piccole e lo "sweep speed" lento.

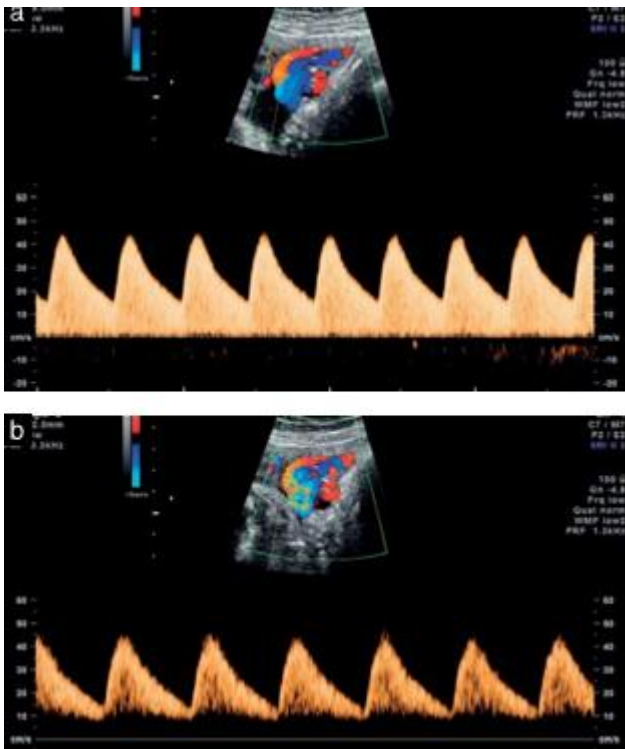


Figura 4: Profili velocimetrici dell'arteria ombelicale ottenuti nello stesso feto a distanza di 4 minuti gli uni dagli altri che mostrano: a) un flusso normale; b) un flusso diastolico in apparenza molto basso e assenti segnali di flusso alla baseline dovuti all'uso non adeguato del filtro di parete (la "velocity reject" è impostata ad un livello troppo alto)

Qual è la tecnica adeguata per ottenere l'analisi spettrale Doppler dell'onda velocimetrica dell'arteria cerebrale media fetale?

- È necessario ottenere ed ingrandire una sezione assiale del cervello che includa il talamo e le ali dello sfenoide.
- Tramite l'uso del color flow mapping si dovrebbero identificare il circolo del Willis e l'arteria cerebrale media (MCA) prossimale (Figura 5).
- Il volume campione del Doppler pulsato andrebbe poi posizionato a livello del terzo prossimale della MCA, vicino al suo punto di origine a livello dell'arteria carotide interna (10) (la velocità sistolica si riduce con la distanza dal punto di origine di questo vaso).
- L'angolo compreso tra il fascio di ultrasuoni e la direzione del flusso sanguigno dovrebbe essere il più possibile vicino a 0° (Figura 6).
- Si deve prestare attenzione a non esercitare alcuna pressione non necessaria sulla testa del feto.
- Dovrebbero essere registrate almeno 3 e non di più di 10 forme d'onda consecutive. Il punto più alto della forma d'onda viene rappresentata la PSV (cm/sec).
- La PSV può essere misurata tramite l'uso di caliper manuali o con la misurazione "autotraccia". Quest'ultima comporta mediane significativamente inferiori rispetto all'uso di caliper manuali, tuttavia si avvicina maggiormente alle mediane pubblicate che sono solitamente utilizzate nella pratica clinica (11). La PI solitamente si calcola con la misurazione "autotraccia", è ammesso tuttavia anche l'uso del tracing manuale.
- Si consiglia l'uso di grafici o tabelle di riferimento adeguati e di tecniche di misurazione che siano sovrapponibili a quelle utilizzate per il calcolo dei range di riferimento.



Figura 5: Color flow mapping del circolo del Willis

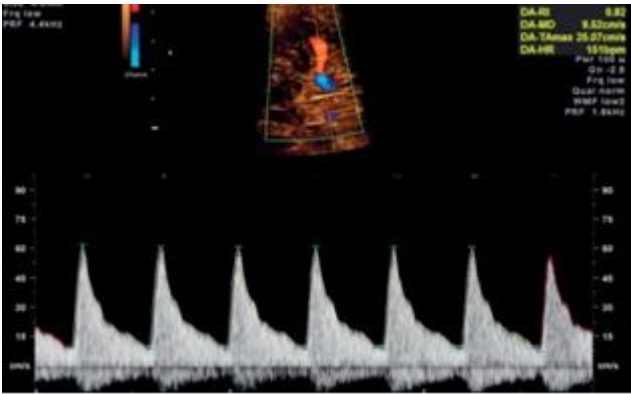


Figura 6: l'analisi spettrale Doppler dell'onda velocimetrica della MCA accettabile: angolo di insonazione vicino ai 0°.

Qual è la tecnica adeguata per ottenere l'analisi spettrale Doppler dell'onda velocimetrica della circolazione venosa fetale?

Dotto venoso (figure 7 ed 8)

- Il dotto venoso (DV) collega la porzione intra-addominale della vena ombelicale alla sezione sinistra della vena cava inferiore, appena al di sotto del diaframma. Il vaso viene identificato tramite la visualizzazione di tale collegamento con l'imaging bidimensionale oppure in una scansione medio-sagittale longitudinale del tronco fetale o infine in una scansione trasversa attraverso l'addome superiore (12).
- Individuando con l'uso del color flow mapping la presenza di alta velocità a livello dello stretto ingresso del DV si è certi di aver identificato il vaso e dunque il corretto sito di campionamento per eseguire le misurazioni Doppler (13).
- Il miglior modo per ottenere misurazioni Doppler è tramite l'uso di un piano sagittale a partire dalla porzione antero-inferiore dell'addome fetale poiché in tale modo l'allineamento con l'istmo può essere ben controllato. Anche l'uso di una insonazione sagittale attraverso il torace può rivelarsi una valida scelta, tuttavia risulta più difficile da ottenere. Una sezione obliqua può garantire un accesso ragionevole per una insonazione anteriore o posteriore, permettendo di ottenere forme d'onda ben delineate, pur con un minore controllo dell'angolo e delle velocità assolute.
- Nella gravidanza iniziale ed in gravidanze ad alto rischio è importante ridurre il volume campione in modo adeguato per poter garantire una registrazione senza segnali di rumore della velocità più bassa present durante la contrazione atriale.
- Le forme d'onda solitamente sono trifasiche, tuttavia è comunque possibile riscontrare onde bifasiche e registrazioni non pulsatili anche in feti sani (14).
- Le velocità sono relativamente elevate (comprese tra 55 e 90 cm/sec) durante tutto l'arco della seconda metà della gravidanza, mentre risultano decisamente inferiori negli stadi iniziali di gravidanza (15).

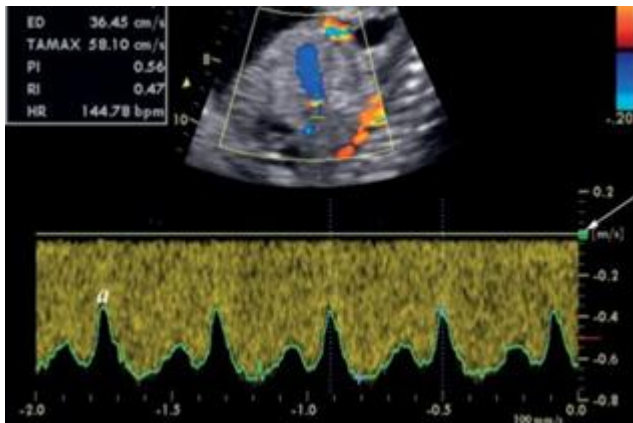


Figura 7 Registrazione Doppler del dotto venoso con una insonazione sagittale ed allineamento con la porzione istmica senza correzione d'angolo. Il filtro di parete a bassa velocità (freccia) non interferisce con l'onda-a (a), la quale è lontana dalla linea zero. L'uso di uno sweep speed elevato permette una accurata visualizzazione delle variazioni della velocità

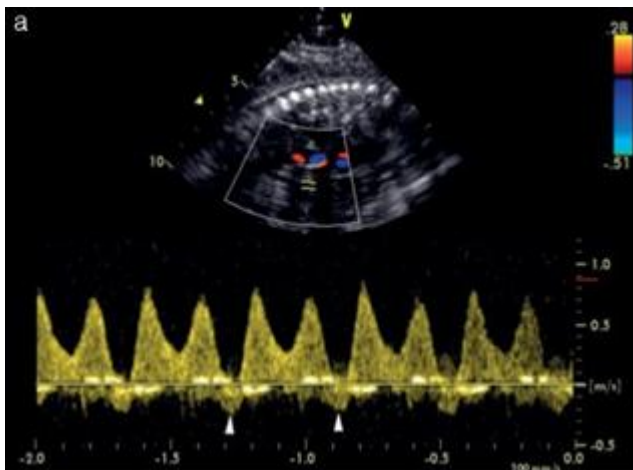


Figura 8

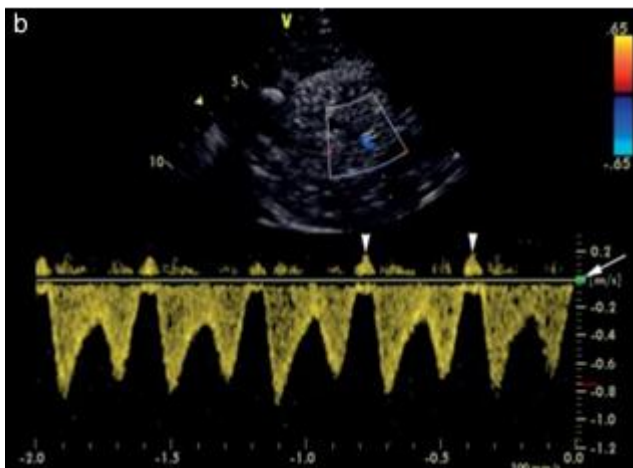


Figura 8: I profili velocimetrici del dotto venoso mostrano un aumento della pulsatilità a 36 settimane (a). L'interferenza, sottoforma di "rumore" iperecogeno a livello della linea zero, rende molto difficile l'identificazione di eventuali componenti invertite durante la contrazione atriale (punte di freccia) (b). Una nuova registrazione con un incrementato filtro di parete a bassa velocità (freccia) consente di migliorare la qualità della registrazione e di visualizzare in modo chiaro le componenti invertite durante la contrazione atriale (punte di freccia).

Quali indici utilizzare?

La S/D ratio, l'RI ed il PI sono tre indici molto noti che descrivono l'analisi spettrale Doppler dell'onda velocimetrica arteriosa. Questi tre indici sono interconnessi. Infatti il PI ha una correlazione lineare con la resistenza vascolare, mentre la S/D ratio e l'RI hanno una relazione parabolica con l'incremento della resistenza vascolare (16). Inoltre il PI non tende ad infinito quando i valori diastolici sono assenti o invertiti. Il PI è l'indice più utilizzato nella comune pratica clinica. L'indice di pulsatilità delle vene (PIV) (17) è l'indice più utilizzato per valutare il tracciato velocimetrico dei vasi venosi, come conferma la letteratura. Tuttavia, in determinate situazioni, l'uso di velocità assolute è da preferirsi agli indici semiquantitativi.

AUTORI DELLE LINEE GUIDA

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

CITAZIONI

Queste linee guida devono essere citate con: "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."

BIBLIOGRAFIA

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.
3. Gámez O, Figueras F, Fernández S, Bennasar M, Martinez JM, Puerto B, Gratacós E. Reference ranges for uterine artery mean pulsatility index at 11–41 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2008; **32**: 128–132.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Acharya G, Wilsgaard T, Berntsen G, Maltau J, Kiserud T. Reference ranges for serial measurements of umbilical artery Doppler indices in the second half of pregnancy. *Am J Obstet Gynecol* 2005; **192**: 937–944.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. Kiserud T, Eik-Nes SH, Blaas HG, Hellevik LR. Ultrasonographic velocimetry of the fetal ductus venosus. *Lancet* 1991; **338**: 1412–1414.
13. 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.
14. Kiserud T. Hemodynamics of the ductus venosus. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1999; **84**: 139–147.
15. 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.
16. Ochi H, Suginami H, Matsubara K, Taniguchi H, Yano J, Mat-suura 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.
17. 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