

PRENATÁLNÍ DOPPLEROMETRIE

[L'ubušký M.](#), Machač Š. Prenatální dopplerometrie. Lékařské listy, 2003, 41, s. 11-13.

Pulsní a barevná dopplerometrie se stává stále více rutinním vyšetřením v rámci specializovaného prenatálního vyšetření. Jde o typicky funkční metodiku umožňující neinvazivním způsobem posoudit hemodynamiku v uteroplacentární a fetální

rychlost (V - Mean). Vyhodnocení bere v úvahu relace mezi maximální systolickou a diastolickou rychlostí pr toku. Přímě klinicky i experimentálně mají změny v rozsahu diastoly větší význam. Zatímco systolický nářst svdí o srdeční kontrakční síle, reprezentuje tok na konci diastoly velikost periferního odporu.

Z rychlostí toku znázorněných na dopplerovské křivce jsou vyvozeny indexy.

RI - resistant (Pourcelot) index = $A - B / A$ Pourcelot r.1974

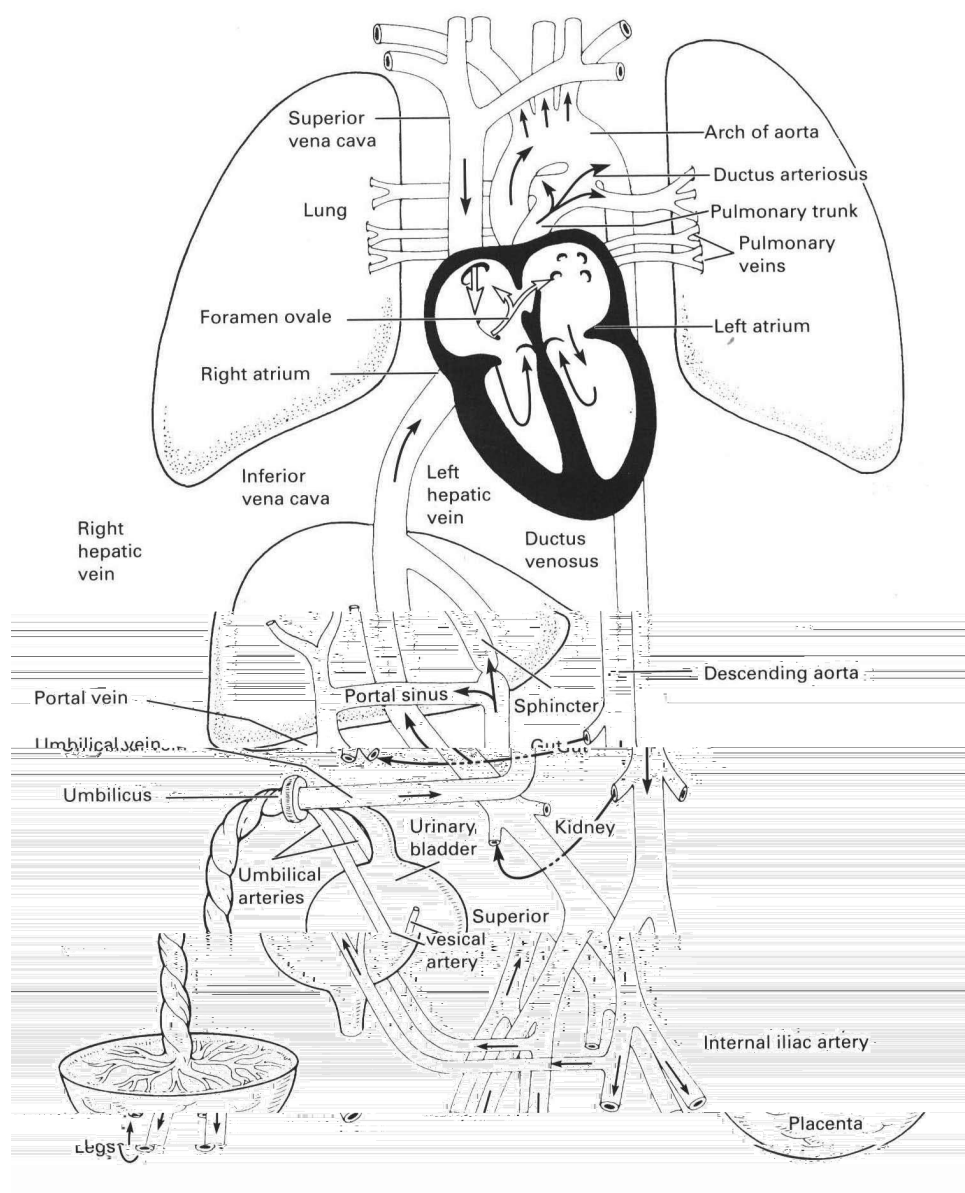
PI - pulsatility index = $A - B / V$ Gosling r.1975

index A/B = A / B Stuart r.1980

b. FETÁLNÍ CÍRKULACE

Fetální arteriální oběh se liší od neonatálního ve dvou ohledech: krev z pravého srdce proudí skrze foramen ovale a ductus arteriosus do levého srdce a do aorty, čímž obchází plíce. A asi 50% krve proudící aortou se ihned vrací přímo cestou umbilikálních arterií zpět do placenty.

Dobře okysličená krev se vrací z placenty zpět k plodu cestou umbilikální žíly. V játrech se umbilikální venózní krev rozděluje, polovina pokračuje do ductus venosus a zbývající část je odváděna do portálního systému a hepatálních žil.



Obr. č. 2: Schematické zobrazení fetální cirkulace (Whitfield - 1995).

Arteria umbilicalis

Rychlostní průtokovou rychlost v umbilikální artérii lze získat celkem snadno, vyjma situací, kdy je přítomen oligohydramnion, placenta lokalizována na zadní straně, nebo je plod v dorso-

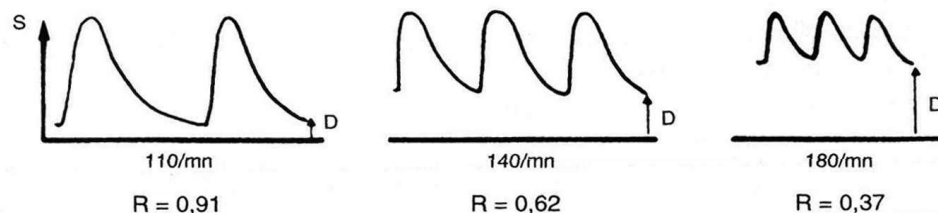
anteriorní poloze. Pomocí barevné dopplerometrie je možno dobře zobrazit helikálně uspořádané cévy v pupečníku. Arteriální průtoková křivka (arteria umbilicalis) má typický tvar zub pily („saw tooth appearance“), zatímco žilní průtoková křivka má kontinuální tvar. Tomu odpovídá i doprovodný akustický signál. Proto užití barevné dopplerometrie při měření průtokových poměrů v arteria umbilicalis obvykle není zapotřebí.

Měření je možno provádět v různých částech pupečníku, v místě umbilikálního úponu, placentárního úponu, nebo kdekoli podél jeho průběhu. Hodnoty dopplerovských indexů jsou vyšší při fetálním úponu než při placentárním. Naopak směrem k placentě stoupá enddiastolická průtoková rychlost. Jednoduché vysvětlení pro tuto skutečnost je, že placenta představuje systém s nízkým odporem a tudíž minimálně ovlivňuje kontinuální průtok krve v umbilikální arterii během diastoly.

Provádíme-li měření průtokových poměrů v umbilikální arterii, stejně jako kdekoli ve fetální cirkulaci mohou být získané hodnoty ovlivněny také „dýchacími“ pohyby plodu. V praxi obvykle provádíme měření mimo „dechovou“ aktivitu plodu a ve střední části volného pupečníku, nebo v blízkosti jeho placentárního úponu.

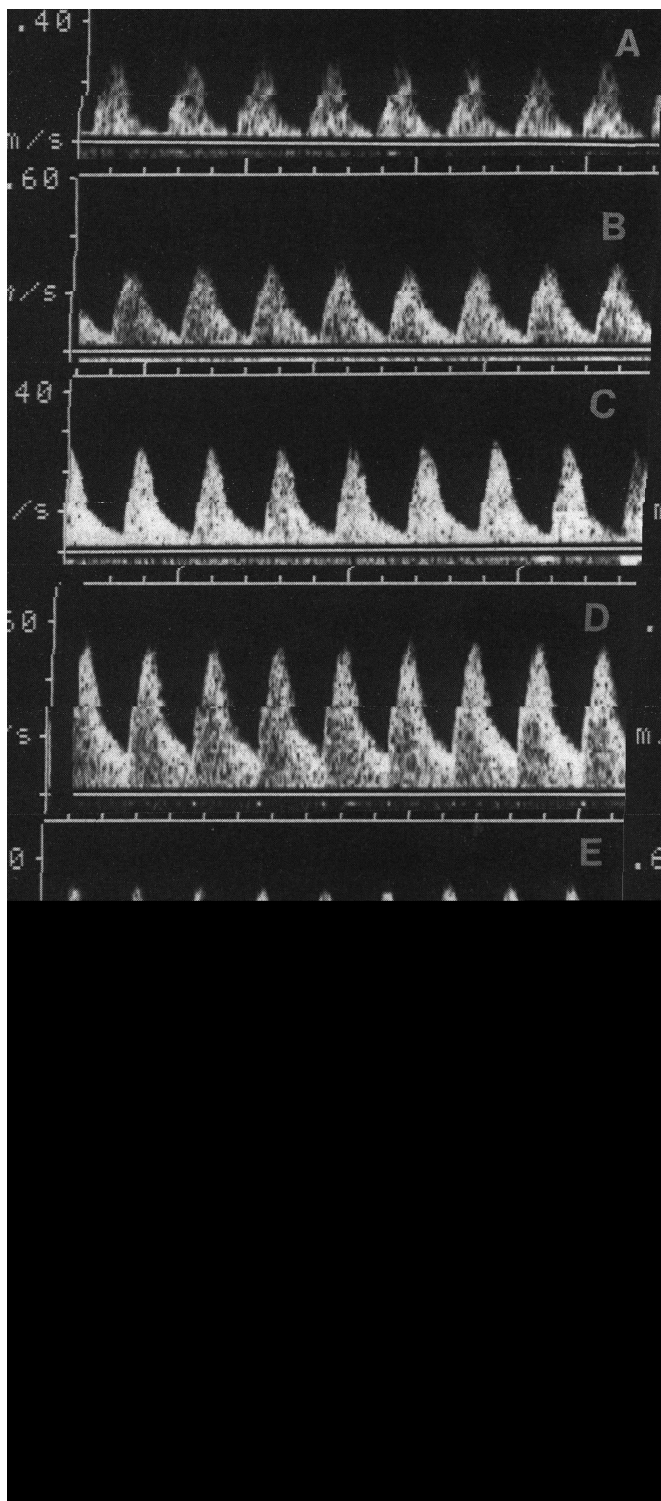
S narůstající gestací v umbilikální arterii postupně klesá pulsilita a stoupá enddiastolická průtoková rychlost. Konstantní enddiastolický průtok je obvykle přítomen od 16. týdne. Tento pokles rezistence je v první řadě odvozen od přibývajících potůčků v placentě a zvyšujícího se srdečního výdeje. Po 30. týdnu gestace vykazuje pulsilita v umbilikální arterii diurnální variabilitu, tyto změny ale nemají klinický význam.

Získané hodnoty jsou rovněž závislé na **srdeční frekvenci plodu**. Pohybuje-li se srdeční frekvence plodu v normálním rozmezí (120-160/min), nejsou tyto změny významné. Při tachykardii měžeme ale získat falešně nižší hodnoty pulsility a naopak.



Obr. č. 3: Vliv srdeční frekvence plodu na průtokovou rychlost na konci diastoly a na hodnotu Rezištenčního indexu (RI). Při srdeční frekvenci 110/min. trvá diastolický pokles průtoku déle než při frekvenci 140/min. Průtoková rychlost na konci diastoly je tedy nižší a hodnota RI vyšší než při frekvenci 140/min. Vysoké hodnoty srdeční frekvence plodu (180/min) zvyšují diastolický průtok a snižují hodnotu RI.

Pro interpretaci výsledků je důležité porovnání průtokových poměrů v arteria umbilicalis a v ostatních částech fetálního krevního řečiště.



Obr. č. 4: Vliv gestačního stáří na tvar dopplerovské průtokové křivky v umbilikální arterii. Křivky jsou seřazeny od shora dolů v souladu s narůstající gestací. (A) 16. týden. (B) 20. týden. (C) 24. týden. (D) 28. týden. (E) 32. týden. (F) 36. týden. (G) 40. týden. S narůstající gestací se postupně zvyšuje zvyšuje průtoková rychlost na konci diastoly a klesá pulsilita.

Fetální aorta a karotické arterie

Aortu a odstupující společné karotické arterie je možno zobrazit z podélného pohledu v jedné rovině. Nachází-li se ale plod svou podélnou osou paralelně k sondě, může být získání optimálního úhlu snímání signálu obtížné a vyžaduje určitou praxi.

Hodnota PI v aortě zůstává v průběhu těhotenství relativně konstantní, zatímco TVA (time averaged velocity – střední průtoková rychlost) ve fetální descendující hrudní aortě narůstá s gestací a dosahuje plató ve třetím trimestru.

Arteria cerebri media

Pomocí barevné dopplerometrie je možno zobrazit jednotlivé cerebrální arterie. Prvním krokem při získání signálu z arteria cerebri media je zobrazení roviny, ve které provádíme měření biometrií měření biparietálního průměru. V této rovině se pohybujeme směrem k bázili lební až se zobrazí sfenoidální kost. Arteria cerebri media obvykle probíhá podél jejího velkého křídla a pomocí barevné dopplerometrie je možno ji snadno zobrazit. Je nutné dávat pozor, aby naměřené hodnoty nebyly poznamenány tlakem sondy během měření.

TAV (time averaged velocity – střední průtoková rychlost) v cévách zásobujících fetální mozek, obzvláště v arteria carotis communis a v arteria cerebri media, také stoupá s narůstající gestací. Pravděpodobně se jedná o důsledek progresivně se zvyšujícího srdečního výdeje, jehož cílem je uspokojit požadavky rostoucího plodu a vyvíjejícího se mozku. TAV stejně jako průsvit cévy jsou parametry používané ke stanovení průtokového objemu ve sledované cévě. Pulsatilní index (PI), odrážející rezistenci periferních tkání, který zůstává relativně konstantní v aortě, však neustále klesá během těhotenství v arteria carotis communis a v arteria cerebri media. Tyto nálezy naznačují, že v pozdějších obdobích těhotenství úmrtnost v těle část srdečního výdeje směřuje do fetálního mozku. Pravděpodobně se jedná o kompenzaci postupně klesajícího parciálního tlaku kyslíku (pO_2) a stoupajícího parciálního tlaku oxidu uhličitého (pCO_2) ve fetální krvi. Ke zvyšování diastolického průtoku v cerebrálních arteriích dochází později (asi ve 25. týdnu) než v umbilikálních arteriích (asi v 15. týdnu). Hodnota pulsatilního indexu (PI) je významně vyšší v a. cerebri media než v a. carotis interna nebo v a. cerebri anterior a posterior. Proto je důležité vidět zcela přesně, kterou cévu vyšetříme.

Barevná dopplerometrie umožňuje vyšetřovat mnoho dalších fetálních cév, a kolik klinický význam měření průtokových poměrů v těchto cévách nebyl dosud ještě přesně stanoven.

ZMĚNY VE FETÁLNÍ CIRKULACI U OHROŽENÉHO PLODU (reakce fétu na hypoxémii a acidémii)

Primární reakcí pozorovanou pomocí fetální dopplerometrie je tzv. „**brain-sparing effect**“. Je možné, že vývoj hypoxie a acidózy souvisí se změnami ve fetální hemodynamice, které odpovídají „brain-sparing efektu“. Dochází k preferenčnímu krevnímu zásobení (a tím průsunu kyslíku a živin) do fetálního srdce, nadledvin a mozku na úkor ostatních částí těla (ledvin, gastrointestinálního traktu a dolních končetin).

Arteria umbilicalis

Arteria umbilicalis (AU) vykazuje vysokou systolickou vlnu, která se v průběhu gravidity vlivem snižování odporu v placentě snižuje. Průtok v diastole naopak vzrůstá. Při patologických stavech dochází ke snižování rychlosti průtoku v diastole. Průtokové křivky je možno hodnotit kvalitativně, dle přítomnosti i nepřítomnosti end-diastolického průtoku, nebo kvantitativně, měřením rezistenčního indexu.

Průtok v diastole nemusí být vždy přítelny, nejzávažnější je pak nulový (zero, absent endiastolic flow) nebo dokonce zpětný (revers endiastolic flow) diastolický průtok. Takový nálezn koreluje s placentární insuficiencí, kdy dochází k redukci počtu arteriol v terciálních klících. Krev tedy proudí v malém množství proti většímu odporu a dochází k poruše výměny mezi matkou a plodem.

Patologické hodnoty dopplerometrie jsou často přítomny rovněž u plodů s chromozomálními aberacemi, obzvláště jsou-li ve spojení se strukturálními abnormitami.

Aorta a společné karotické artérie

Krevní průtok ve fetální aortě je odrazem srdečního výdeje a periferního odporu u plodu a v placentě. Mezi fetální acidémií a nepřítomností end-diastolického průtoku v aortě je významný vztah. Dochází k výrazné vazokonstrikci v periferní cirkulaci. Jedná se o konečný kompenzační mechanismus, jehož cílem je zajistit adekvátní přísun živin a kyslíku do mozku ve fázi, kdy už samotná cerebrální vasodilatace není postačující. Nulový průtok v aortě na konci diastoly bývá spojen s častějším výskytem neonatálních komplikací. Nejčastěji se jedná o nekrotizující enterokolitidu. Pravděpodobně je to v důsledku sníženého krevního zásobení fetálních stěn a jater při redistribuci krevního oběhu.

Arteria cerebri media

Pro všechny cévy v mozku je společné, že se s rostoucím tlakem zvyšují endiastolické rychlosti průtoku. Zájem vyšetřujícího se koncentruje spíše na korelaci nálezů z periferie plodu (AU) s průtokem v mozku. Nejspolehlivěji odráží úroveň průtokových poměrů v oblasti cerebrálního řečiště **arteria cerebri media** (ACM), která je pokračováním arteria carotis interna.

Při rozvíjející se hypoxii plodu dochází k vasodilataci v cerebrálním řečišti. Hodnota pulsatilního indexu (PI) v arteria cerebri media výrazně klesá a stoupá střední průtoková rychlost. U závažných stupňů hypoxie, obvykle spojených s acidózou, dosahuje pokles hodnoty PI maximum a je odrazem maximální cévní dilatace.

Vliv hypoxie na krevní průtok ve fetálních vénách

V průběhu fyziologického tlakem, i když narůstá průtok v cévách, zůstává střední rychlost proudění ve vena umbilicalis zachována. Při hypoxii se zvyšuje procento umbilikální venózní krve, která obchází játra cestou ductus venosus. Závažná hypoxie v kombinaci s acidózou vede k redistribuci krve z umbilikální žíly přímo do ductus venosus na úkor jaterní cirkulace. Tím se okysličená krev z umbilikální žíly podílí v tímto procentem na fetálním srdečním výdeji během hypoxémie. Periferní vazokonstrikce, která je součástí fetální arteriální redistribuce způsobuje zvýšení ventrikulárního afterloadu. Důsledkem je vzestup

ventrikulárního end-diastolického tlaku a retrográdní tok v dolní duté žíle b hem atriální kontrakce. Pulzace v umbilikální vén se m že objevit za stejných okolností.

Pulzace ve véna umbilicalis je normální nález v I. trimestru t hotenství, v pozd jších fázích gravidity se ale jedná o nep íznivý znak signalizující zhoršení srde ní funkce. U životaschopných plod je pulzace v umbilikální vén spojena s výraznou r stovou retardací plodu, nulovým end-diastolickým pr tokem v umbilikální arterii, nepravidelnostmi srde ního rytmu a non-imunním hydropsem plodu. Pulsatilní krevní pr tok v umbilikální vén je rozhodující faktor ur ující délku intervalu mezi objevením se nulového end-diastolického pr toku v arteria umbilicalis a rozvojem pozdních decelerací srde ní frekvence a porodem.

Posloupnost změn ve fetální cirkulaci

Po áte ní odezvou na hypoxémii, sledovatelnou pomocí dopplerometrie, je cerebrální vazodilatace. Ta umožní výšený p ísun krve bohaté na kyslík a živiny do vyvíjejícího se fetálního mozku. Pokud tento kompenza ní mechanismus neposta uje, dochází k vzestupu systémového arteriálního odporu v aort , eventueln se ztrátou endiastolického pr toku. Tyto zm ny jsou typicky doprovázeny abnormálním pr tokem v arteria umbilicalis. Hodnota pulatilního indexu (PI) v umbilikální arterii m že však být p i arteriální redistribuci v mezích normálních hodnot. Patologické hodnoty venózní dopplerometrie se objevují až pozd ji. Vzestup afterloadu, obzvlášt v oblasti pravého srdce, se nakonec projeví zm nami pr toku v dolní duté žíle, ductus venosus a v jaterních vénách. V této fázi je plod vážn ohrožen a b hem n kolika dní se vyskytnou abnormity srde ní frekvence signalizující cerebrovaskulární kolaps.

Fetální anemie

Nej ast ji se jedná o Rh izoimunizaci. Anemie vede k poklesu objemového množství kyslíku na ml krve, ale neovliv uje parciální tlaky kyslíku a oxidu uhli ítého. Plod proto zvyšuje srde ní výdej. Nedochází k redistribuci krve s preferen ním zásobením mozku. Dopplerometrie je schopna znázornit vztah mezi rychlostí pr toku a fetálním hematokritem. Rychlost krevního toku v arteria cerebri media je rovn ž zvýšena a tento nález m že pomoci p i managementu

oe41 0 0 1 8056-0.295585(c0 0 1 453.74(n)-0.295585(t)-74(l)-2.164366.3.8 Td [(p)-041 0 k tna9682 -13.8 Td [(V)11.5809295585(t)-2.16558(us)-1.2312(l)-2.16436(e)3is2.16558(o)-0.2(í)-2.16558(c

nehled na stoupající afterload, k rozvoji pravostranného srdečního selhávání. Proto v těsně před plodem, u nichž dopplerometrie ukáže arteriální redistribuci při normálním venózním průtoku, má v této fázi normální, reaktivní křivky srdeční aktivity a normální biofyzikální profil. Dopplerometrie je schopna upozornit na distress plodu až ve velmi těsně před plodem před kardiokardiografií.

Postupující změny ve venózní cirkulaci signalizují selhávání kompenzačních mechanismů. Rozvíjí se pravostranné srdeční selhávání v důsledku narůstajícího afterloadu a hypoxie myokardu. Následně se brzy objevují typické změny na kardiokardiogramu (KTG). Pravidelné dopplerometrické sledování fetální arteriální a venózní cirkulace plodu nám může upozornit na ohrožení plodu in utero. Umožňuje stanovit míru a stupeň plodem vyžadované kompenzace, v důsledku nedostatečné saturace jeho metabolických potřeb.

KLINICKÝ POSTUP PŘI VYŠETŘENÍ DOPPLEROVSKOU SONOGRAFIÍ

Pulsní Doppler pracuje s poměrně vysokými energiemi, a protože nejcitlivější na nežádoucí účinky UZ je právě endotel, vyšetření by mělo trvat co nejkratší dobu.

Nejprve ji používáme index pulsatility (PI) a index resistance (RI). Při jejich hodnocení je třeba zohlednit srdeční frekvenci plodu, výšku gestace a „dýchací“ aktivitu plodu, jak bylo vysvětleno výše.

Při vyšetření je pacientka v poloze na zádech, event. mírně na levém boku, čímž snižujeme riziko supinální hypotenze (syndrom venae cavae), v důsledku tlaku tlakotné dlahy na dolní dutou žílu.

Sledujeme nejprve průtoky v arteria umbilicalis (AU). Jedná se o nejsnáze přístupnou cévu, informující vyšetřujícího o stavu fetoplacentární jednotky. Patologické hodnoty mohou být důsledkem zvýšení rezistence placentárního (insuficience) i maternálního (např. hypertenze) cévního řečiště.

Při patologickém průtoku v AU vyšetříme průtok v mozku plodu. Nejvhodnější se pro tyto účely jeví arteria cerebri media (ACM). Plod reaguje na vznikající hypoxii redistribucí krevního oběhu s preferenčním zásobením srdce, mozku a nadledvin. V důsledku toho stoupá průtok krve cerebrálním řečištěm. Jedná se o „**brain sparing effect**“ (mozek šetřící efekt).

K hodnocení stupně krevní redistribuce u plodu je možné použít cerebro – umbilicální index (CUI). Srovnává rezistenci v arteria cerebri media (Rc) a v arteria umbilicalis (Ru). Během normálního tlakování je rezistence v cerebrálních arteriích ve všech fázích gestace vyšší než v umbilicálních. Proto:

CUI (Rc/Ru) > 1

Naopak při výrazné redistribuci nabývá hodnot nižších než jedna. Tento index není závislý na srdeční frekvenci plodu, protože cerebrální i umbilicální indexy jsou na ní závislé stejně.

MUDr. Marek Lubušský, Ph.D.

*Klinika porodnictví a gynekologie FN a LF UP Olomouc
M. Pospíšilové 2, 77900 Olomouc*

Na základě těchto skutečností lze stanovit indikace k provedení dopplerovského vyšetření:

1) u matky

- hypertenze
- preeklampsie
- diabetes mellitus
- inkompatibilita krevních skupin rodičů

2) u plodu

- nitroděložní růstová retardace (IUGR)
- fetální poruchy srdečního rytmu
- fetální kardiopatie
- hydrops fetus
- vícečetná gravidita
- hypoxie plodu
- oligohydramnion a polyhydramnion