

## A magzat vénás vérkeringésének Doppler-ultrahang-vizsgálata

ARANYOSI JÁNOS DR.<sup>1</sup>, ZATIK JÁNOS DR.<sup>1</sup>, KERÉNYI THOMAS D.  
DR.<sup>2</sup>, MAJOR TAMÁS DR.,<sup>1</sup>, TÓTH ZOLTÁN DR.,<sup>1</sup>

*Debreceni Egyetem Orvos és Egészségtudományi Centrum Szülészeti  
és Nőgyógyászati Klinika, Debrecen<sup>1</sup> és Department of Obstetrics and  
Gynecology Mount Sinai School of Medicine New York N. Y., USA<sup>2</sup> közleménye*

**Összefoglalás:** A Doppler-ultrahang-vizsgálat betekintést nyújt a magzati vérkeringés részleteibe. A centrális magzati vénák élettani hemodinamikai jellemzőit a közelmúltban ismertették. A vénás keringés szabályos és a szív működés zavarára utaló kóros áramlás formáinak tanulmányozása egyre több magzati kórkép klinikai diagnosztikájában alkalmazható. Munkánk célja a magzat vénás keringésének ultrahang-vizsgálatára vonatkozó élettani és gyakorlati ismeretek összegzése az irodalmi adatok alapján. A magzati vénás véráramlás Doppler-vizsgálata a korszerű szülészeti ellátás részét képezi, amely a veszélyeztetett terhesek gondozásának hatékonyságát is javíthatja.

**Kulcsszavak:** *magzati vénák, Doppler-ultrahang, áramlásvizsgálat*

Az elmúlt évtized klinikai tapasztalatai és tudományos közleményei alapján igazolódott, hogy a Doppler-ultrahang a magzati, az umbilicalis és az uterinális keringés sokoldalúan használható vizsgáló módszere. A korszerű funkcionális diagnosztika elengedhetetlen eszköze lett, mert az első trimesztertől kezdve alkalmasnak bizonyult a kóros terhesség és a magzati veszélyállapot korai felismerésére és folyamatos monitorozására. Alkalmazása érthetőbbé tette számos gesztációs kórkép és a magzati adaptáció patofiziológiáját.

A legtöbb magzati szövődmény kórismézéséhez szükséges a kétdimenziós ultrahangvizsgálat, amelyet az uteroplacentaris és a magzati véráramlás mérésének lehetősége egészíthet ki. A funkcionális megítélést az artériás keringés jellegzetes eltéréseinek dokumentálása mellett egyre több esetben a magzat centrális vénás véráramlásának tanulmányozása teheti teljessé [1]. A technikai fejlődésnek köszönhetően a terhesség első trimeszterétől pontosan megítélhető az artériás, a vénás és a kardiális keringés is [2, 3]. Legtöbb ta-

pasztalat a magzat artériás keringésének ultrahang vizsgálatáról gyűlt össze. Meghatározták az arteria umbilicalis, az aorta descendens és az arteria cerebri media áramlási paramétereinek referencia tartományát [4, 5]. A magzat vénás keringésének vizsgálata a közelmúltban került a klinikai kutatások előterébe, mert alkalmazásával a szív működés részleteinek tanulmányozásán túl a hemodinamikai változások új aspektusa elemezhető. Dokumentálták a vena umbilicalis, a ductus venosus és a vena cava inferior élettani véráramlási viszonyait [6]. A vénás keringés tanulmányozása egyre több magzati kórkép diagnózisának pontosításában nyújt segítséget.

Munkánk célja a magzat vénás keringésére vonatkozó klinikai ismeretek összegzése. Az irodalmi adatok alapján áttekintjük a vena umbilicalis, a ductus venosus és a vena cava inferior élettani terhesség során észlelhető hemodinamikai változásait. Ismertetjük továbbá a magzati vénás vérkeringés Doppler-mérésének főbb klinikai javallatait.

## A magzat vénás keringésének élettani jellemzői

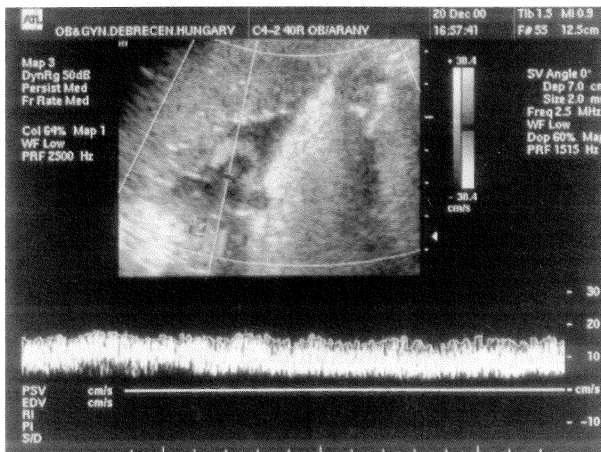
A magzati szív kompenzált állapotában az artériás és a vénás véráramlás egyensúlyát a kamrák és a pitvarok kiegyenlített teljesítménye tartja fenn, amely pontosan követi a szervek növekedését és fejlődését. A centrális vénás nyomás szívciklussal szinkron váltakozása következtében a vénás rendszer vérkeringése lüktető jellegű. A központi visszerekben a sebesség hullám több fázisú. A vénás keringés Doppler-ultrahang-vizsgálata a perifériás vénás keringésről és a szív teljesítményéről egyaránt hasznos információt nyújt.

### A vena umbilicalis

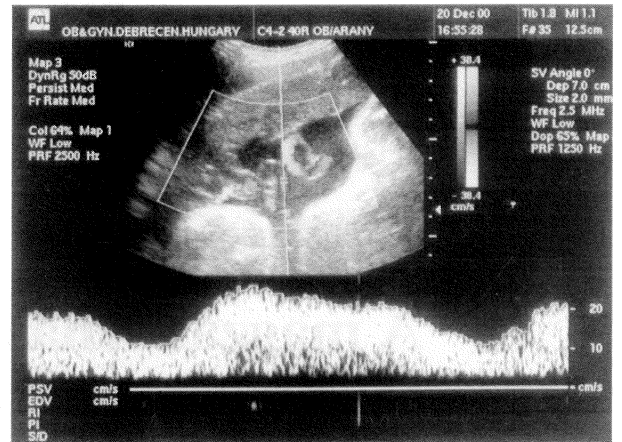
A lepényben oxigenizált vér a vena umbilicalison keresztül jut a vena portaeba és a ductus venosusba, amelyből a vena cava inferiorba áramlik, majd a jobb pitvaron át kerül a magzat domináló nagyvérkőri keringésébe [7]. A vena umbilicalis Doppler-vizsgálatáról elsőként Gill számolt be 1979-ben [8]. A terhesség első trimeszterétől kialakul a vena umbilicalis folyamatos áramlása (1. ábra), amely a 8. és 13. hét között még lüktető jellegű, feltehetően a vena cava inferior nyomásviszonyainak átvezetődése miatt. A későbbiekben hullámzó vagy lüktető jellegű áramlás csak patológias esetben észlelhető, amikor a szív rendellenes működése okán a centrális vénás nyomás megemelkedik. A vena umbilicalis kóros áramlása a kardiális dekompenzáció késői jele, ezért ilyenkor indokolt az artériás keringés és a vena cava inferior, valamint a ductus venosus Doppler-vizsgálata is. Feltételezhető, hogy a lüktető jellegű véráramlás az artériás keringés redistribúciója utolsó fázisát követően detektálható, amely közvetlen magzati veszélyállapotot jelez. A vena umbilicalis véráramlásának állandó sebességét az egészséges magzat légzőmozgása jelentősen megváltoztatja (2. ábra).

### A ductus venosus Arantii

A ductus venosus az embrionális fejlődés során a

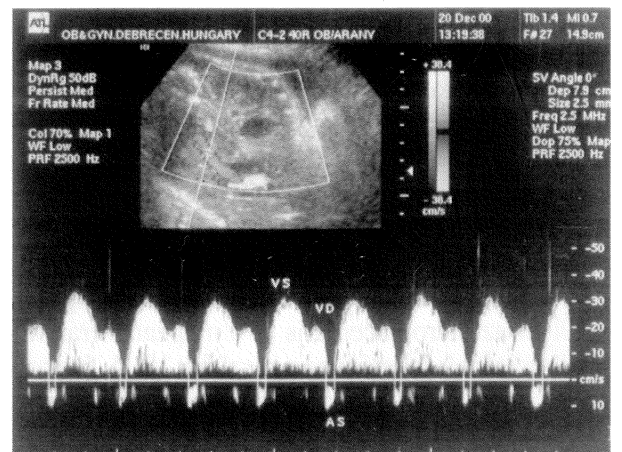


1. ábra A vena umbilicalis véráramlása folyamatos sebességű az élettani terhesség harmadik trimeszterében



2. ábra A vena umbilicalis áramlási sebességét jelentősen módosítják a magzati légzőmozgások

hepatikus sinusok összeolvadása után formálódik önálló vénává. Közvetlen összeköttetést teremt a vena umbilicalis és a vena cava inferior között. Anatómiai helyzeténél fogva különleges élettani funkciót lát el, mert a lepényben oxigenizált vér mintegy fele a ductus venosuson át jut a jobb pitvarba. A ductus venosus áramlásának Doppler-vizsgálatáról először Kiserud számolt be 1991-ben [9]. A ductus venosus az embrionális élet 8. hetétől ismerhető fel ultrahanggal. A 18. héttől transzabdominális úton is ábrázolható színekódolt Doppler segítségével [10]. A véráramlás iránya az élettani terhesség első felében gyakran váltakozó, majd egyirányúvá válik, a sebessége folyamatosan növekszik, és viszonylag gyors, terminusban kb. 100 cm/sec. A ductus venosus véráramlása egészséges magzatban mindig egyirányú (3. ábra). A hullámformák a szívciklus nyomásának változásait követik [9]. A vénás áramlási sebesség jellegzetes hullámformája három fázisra osztható. Az első csúcs a kamrai szisztolé (VS) következménye, a második, alacsonyabb sebességű fázis a kamrai



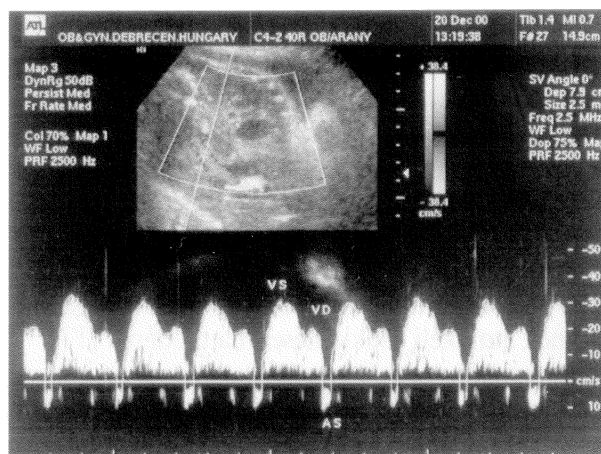
3. ábra A ductus venosus Arantii véráramlásának jellegzetes sebesség hulláma az élettani terhesség harmadik trimeszterében: a véráramlás egyirányú, háromfázisú.

1. fázis: kamrai szisztolé (VS); 2. fázis: kamrai diasztolé (VD); 3. fázis: pitvari szisztolé (AS)

diasztole (VD) és telődés kezdetén látható. A harmadik fázisban az áramlási sebesség mélypontra jut, mert a kamrai végdiasztole idejében kezdődik a pitvari szisztolé (AS), amely jelentős nyomásemelkedést okoz a központi vénákban, mivel a pitvari kontrakció során a formane ovale bezáródik. A ductus venosus véráramlását elsősorban a vena umbilicalis és a vena cava inferior közötti nyomáskülönbség határozza meg. Annak ellenére, hogy a véráramlás egyirányú, a ductus venosus a kóros nyomásviszonyok retrográd irányú átvezetését is lehetővé teszi a vena umbilicalis felé. A keringési sebességet a magzat légzőmozgásai is befolyásolják [9]. Mivel a ductus venosus és a vena portae keringése párhuzamos, a máj bizonyos betegségei vagy a keringés redistribúciója is megváltoztatja az áramlását. Hipoxia során a lumen kitágulásáért és a posztnatális életben történő elzáródásáért bonyolult szabályozó mechanizmusok felelősek, amelyekben a prosztaglandinok szerepe elsődleges [11]. A ductus venosus szabályos hullámformái a centrális vénás nyomás, a pitvari és kamrai funkció, valamint a lepényi perfúzió funkcionális egységét jelzik. A centrális vénás nyomás emelkedésével járó kórképekben a véráramlás sebessége és jellege a ductus venosusban és a vena umbilicalisban is megváltozik. A ductus venosus sebességhullámának számszerű jellemzésére két lehetőség van. Az egyik az artériás keringés minősítésére szolgáló szisztolés-diasztolés csúcssebesség arányhoz (S/D) vagy a Rezisztencia Indexhez (RI) hasonló, amely a kamrai szisztolés és diasztolés csúcssebességek hányadosa (Ventricular systolic velocity/Ventricular diastolic velocity: VS/VD). A másik index a kamrai szisztolés csúcssebesség és a pitvari szisztolé során mérhető legalacsonyabb sebesség aránya (Ventricular systolic velocity/Atrial systolic velocity: VS/AS).

#### *A vena cava inferior*

A vena cava inferior a magzati test, a perifériás szervek és a zsigerek központi visszere. Doppler hullámformái egyrészt a jobb pitvari funkcióról, másrészt a magzati test vénás keringéséről tájékoztatnak. A magzati vena cava inferior keringésének ultrahang-vizsgálatát több munkacsoport ismertette [12, 13, 14]. A szerzők leírása alapján a vena cava inferior már a 11. héttől pontosan vizsgálható és a sebesség hulláma háromfázisú (4. ábra). Az első a kamrai szisztolé (VS) miatti legnagyobb sebességnövekedés, a második fázisban a sebesség kisebb, amely a kamrai diasztolé (VD) kezdetével és az atrioventrikuláris billentyűk megnyílásával van szinkronban. A harmadik fázisban a véráramlás iránya megfordul, mivel a pitvari szisztolé (AS) során a centrális vénás nyomás hirtelen jelentősen megemelkedik. Az első trimeszterben a reverz áramlás olyan kifejezett, hogy a vena umbilicalis lüktető jellegű vérkeringése is ezzel a jelenséggel magyarázható [15]. A vena cava inferior átlagos áramlási sebessége a terhesség során folyamatosan növekszik és a pitvari szisztolé során jellemző reverz áramlás időtartama és amplitúdója csökken [14]. A vénás áramlási sebességet jelentősen



4. ábra A vena cava inferior véráramlásának jellegzetes sebességhulláma az élettani terheltség harmadik trimeszterében: a véráramlás váltakozó irányú, háromfázisú.

1. fázis, pozitív áramlási irány: kamrai szisztolé (VS);
2. fázis, pozitív áramlási irány: kamrai diasztolé (VD);
3. fázis, negatív áramlási irány: pitvari szisztolé (AS)

módosítják a légzőmozgások. A vena cava inferior keringésének vizsgálata a pitvari telődésről és a szívritmus zavarairól, valamint a dekompenzáció hemodinamikai változásáról ad tájékoztatást. Kórosnak tekinthető a vérkeringés, ha a negatív és pozitív sebességek aránya és a reverz áramlás időtartama emelkedett. A vena cava inferior sebesség hullámának kvantitatív elemzéséhez a telődési (preload) index alkalmazható, amely a pitvari szisztolé alatt kialakuló legnagyobb negatív sebesség és a kamrai szisztolé során mérhető legmagasabb sebesség hányadosa (Atrial systolic velocity/Ventricular systolic velocity: AS/VS).

### *A vénás keringés Doppler-vizsgálatának klinikai alkalmazása*

A vénás keringés Doppler-vizsgálata a magzati állapot pontos megítélésének hasznos kiegészítő módszere. A kóros áramlási minták eltérő mértékben mindegyik centrális vénában felismerhetők, de súlyosabb esetben a vena umbilicalisban is észlelhetővé válnak. A vénás keringés diagnosztikus célú Doppler-vizsgálata során a vena cava inferior, a ductus venosus és a vena umbilicalis áramlási paramétereinek együttes értékelése adhat megbízható információt. A vénás keringés Doppler-vizsgálatának alkalmazási lehetőségeit az alábbiakban ismertetjük:

#### *Kromoszóma-rendellenességek*

A ductus venosus szabálytalan hullámformáinak már az első trimeszterben lehet gyakorlati jelentősége. A kromoszóma-rendellenességek gyakori biofizikai jele a vastag nyaki redő, de kiala-

kulásának mechanizmusa nem pontosan tisztázott. Igazolódott, hogy a 13-as, a 18-as és a 21-es triszómiában szenvedő embriók ductus venosusában a véráramlás sebessége szignifikánsan lelassul, ezért a ductus venosus Doppler-vizsgálata a kromoszóma-rendellenességek gyanújakor hasznos differenciáldiagnosztikai módszer lehet [16]. A vastag nyaki redő megjelenésének egyik feltételezhető magyarázata az ébrényi szív teljesítményének átmeneti csökkenése miatti ödéma [17].

#### *Viciumok*

A prenatalis ultrahanggal felismert szívhibák negyedénél észlelték a ductus venosus kamrai szisztolés csúcssebességének csökkenését és kétharmadánál a pitvari kontrakció alatt az áramlási sebesség jelentős lassulását [18]. A viszonylag kis esetszám ellenére az eredmények a ductus venosus Doppler-vizsgálatának hasznosságára irányítják a figyelmet. A pitvari kontrakció során észlelt kóros mértékű sebességlassulás az emelkedett végdiasztolés kamrai nyomás következménye, amelynek leggyakoribb oka a szívizomzat hipoxia vagy pangás miatti túlfeszülése.

#### *Ritmuszavarok*

A vena cava inferior és a ductus venosus véráramlásának lüktetése a szív ciklus nyomásviszonyait követi. Pitvari vagy kamrai extraszisztolé kapcsán a vena cava inferiorban a pitvari szisztolé során kialakuló reverz áramlás jellegzetesen megváltozik [19]. Szupraventrikuláris extraszisztolé következtében a ductus venosusban reverz áramlás alakul ki, amelynek amplitúdója (negatív sebessége) nagyobb, és a szív ciklus során korábban regisztrálható a szabályos pitvari szisztolé idejénél. A ventrikuláris extraszisztolék esetén a reverz sebességpulzus szabályos időpontban, a pitvari szisztolé idejében látható, de a negatív amplitúdó mélyebb, mert a pitvari kontrakció a zárt atrioventrikuláris billentyűk ellenében nagyfokú nyomásemelkedést okoz. A kamrai extraszisztolét követően jellegzetes kompenzációs fázis látható a vénás sebesség hullámon. A vena cava inferior áramlása hullámzó sebességgé válik pitvarremegés kapcsán, amely nagyon hasonló lehet a szupraventrikuláris tachycardia okozta elváltozáshoz. A szupraventrikuláris tachycardia rövid időn belül dekompenzációhoz és hydrops kialakulásához vezet. Célszerű a diagnózis pontosítását követően az intrauterin gyógyszeres kardioverzió megkísérlése, amelynek monitorozása a vena cava inferior és ductus venosus keringésének Doppler-vizsgálatával lehetséges [20, 21, 22]. Magzati aritmiák esetén pontosítható a kórisme, követhető a gyógyszeres

kezelés hatása, a szívritmus szabályossá válása és a szív teljesítmény javulása is [23].

#### *Non-immun hydrops*

A szív teljesítmény tartós csökkentése a pitvari nyomás emelkedését okozza, amely magzati non-immun hydrops kialakulásához vezet. A hydrops eredete nehezen tisztázható. Alkalmanként kezelés nélkül rövid időn belül spontán megoldódik, máskor a magzat elhalásához vezet. A Doppler-vizsgálat segítséget nyújt a kardiális vagy extrakardiális eredet elkülönítéséhez. Dekompenzált szív működés esetén a vena umbilicalis pulzáló vérkeringése detektálható, amely a kedvezőtlen perinatális eredmény előjele is [24]. A vena umbilicalis kóros áramlásának oka minden bizonnyal a dekompenzált szív centrális vénás keringésre kifejtett hatása. A vena cava inferiorban a pitvari szisztolés reverz áramlás kimélyülése a ductus venosuson átvezetődik az umbilicalis vénába. A centrális és perifériás vénák kóros áramlása non-immun hydrops esetén segítséget nyújthat a kardiális vagy virális eredet tisztázásához és a perinatális kockázat megítéléséhez.

#### *Hemolitikus anémia*

Az anémia hiperkinetikus keringést okoz, mert a vér viszkozitása csökken és a szöveti oxigenizáció csak gyorsabb volumen-perfúzióval teljesíthető. Az aorta átlagos áramlási sebessége mellett a vena umbilicalis keringési sebessége is fokozódik [25]. A magzati anémiához a ductus venosus gyorsult véráramlása társul, amely röviddel az intrauterin vértranszfúziót követően normalizálódik [26]. A ductus venosus Doppler-vizsgálata az anémia non-invazív monitorozásának ígéretes lehetőségét kínálja, amely az aorta descendens és az arteria cerebri media vizsgálati eredményeit pontosíthatja [27].

#### *Iker transzfúziós szindróma*

Az egypetéjű ikerterhességek gyakori szövődménye a lepényi erek kóros anasztomózisa, amely az ikrek keringésének közvetlen összekapcsolódásához és transzfúziós szindróma kialakulásához vezet (twin-twin transfusion syndrome: TTTS). A TTTS mindkét magzat vérkeringését komolyan megterheli, mert a donornál hipovolémiás jelek és oligohydramnion, a recipiensnél hipervolémiára utaló tünetek és polyhydramnion igazolható. A folyamat progressziója mindkét magzat elhalását okozhatja. A TTTS rutin Doppler-vizsgálata megtevesztő eredményt adhat, mert az artériás keringési paraméterek általában mindegyik magzathoz képest kórosak, és/vagy az indexek között nem észlelhető nagyobb különbség. Az artériás, vénás és intrakardiális keringés együttes vizsgálata alapján

azonban az ikermagzatok állapota pontosan jellemezhető. A 17. és 27. hét között akut polyhydramnióval járó TTTS-ben a donor és recipiens magzatok aorta descendensében és arteria umbilicalisában egyaránt emelkedik az átlagos áramlási ellenállás, amely szignifikánsan magasabb az élet-tani határértéknél. A vena cava inferiorban, a ductus venosusban és a vena umbilicalisban is alacsonyabb átlagos áramlási sebesség mérhető mindkét magzathoz. A vénás véráramlás impedanciája azonban már eltérő, mert a donor magzatok ductus venosus rezisztenciaértéke szignifikánsan alacsonyabb, mint a recipiensé, akiknél mindhárom vena áramlási ellenállása fokozott. A mitralis és tricuspidalis atrioventricularis átáramlási sebesség átlagértéke a donor magzathoz képest sokkal kisebb, mint a recipiens ikerpárjaikhoz [28]. A vénás és atrioventrikuláris keringés vizsgálata TTTS-ben lehetővé teszi a morfológiailag és funkcionálisan is asszimmetrikus magzatok állapotának pontos követését.

Felismerhető a donor magzat hipovolémiája, hipoxiája és keringésének átrendeződése. A recipiens magzat hipervolémiája pangásos szívelégtelenséghez vezet, amelynek előjelei a centrális vénák és a szív atrioventrikuláris áramlásának Doppler-vizsgálatával időben észlelhetők.

#### *Magzati hipoxia*

A fokozott lepényi ellenállás és a krónikus lepényi elégtelenség következtében a szív, az agy és a mellékvesék biztonságos oxigenizációja érdekében az artériás keringés átrendeződik. Az artériás keringés redistribúciója a magzati kompenzációs tartalék kimerülését jelenti, amelyet a vénás keringés patológiás megváltozása követ [29]. A perifériás vazokonstriktió miatt az aorta descendensben emelkedik a hemodinamikai rezisztencia. A fokozott kamrai afterload a kamrai végdiasztolés nyomás emelkedésével jár. A dekompenzáció következtében a jobb pitvari telődés akadályozott, és a centrális vénás áramlás jellege is kórossá válik. A pitvari szisztolés során a reverz vénás áramlás eleinte csak a vena cava inferiorban válik mélyebbé, később a ductus venosus keringésében is negatív áramlási sebességként jelenik meg és legvégül a vena umbilicalis áramlása is pulzáló jellegűvé válik. A klinikai kép röviddel ezt követően a szív dilatációjával és a papilláris izmok működészavarával egészül ki, amely az atrioventrikuláris regurgitáció miatt a szívteljesítményt tovább rontja. A kardiovaszkuláris rendszer működésének összeomlása és az asphyxia a magzat elhalásához vezet [30]. A vénás rendszer kóros áramlása a közvetlen magzati veszélyállapot figyelmeztető jele. Az

artériás keringés redistribúciója esetén a vénás keringés Doppler-vizsgálata segítségével a szülés időzítése pontosítható. Szabályos vénás hullámformák esetén a várakozás a magzati állapot gyakori ellenőrzése mellett megengedhető, a kóros hullámformák azonban a terhesség császármetszéssel történő befejezésének szükségességére hívják fel a figyelmet [1]. Az aorta descendens és az arteria umbilicalis lelassult vagy negatív diasztolés áramlása önmagában is a magzati elhalás veszélyének igazolt előjele [31], amely mindig megelőzi a kóros vénás hullámformákat. A kóros centrális vénás keringés a magzat hipoxiás állapotának késői fázisát jelzi.

Összegzésként megállapítható, hogy számos magzati kórkép esetén az artériás véráramlás kóros megváltozását a vénás keringés jellegzetes eltérései kísérik. A vénás keringés ultrahang-vizsgálata a pontos klinikai diagnózis és a korszerű ellátás feltételévé vált a perinatológiai szempontból jelentős magzati veszélyállapotok folyamatosan bővülő csoportjában. A hazai szülészeti központok ultrahang-diagnosztikában járatos szakemberei a magzat centrális vénás keringésének vizsgálatát megbízható és reprodukálható klinikai módszerré fejleszthetik, amely a perinatális eredmények javulását eredményezi.

## *Irodalom*

- [1] Hecher K, Campbell S, Doyle P, Harrington K and Nicolaides K. Assessment of Fetal Compromise by Doppler Ultrasound Investigation of the Fetal Circulation Arterial, Intracardiac, and Venous Blood Flow Velocity Studies. *Circulation* 1995; 91:129–138.
- [2] Kurjak A, Kupesic S, Zudenigo D. Doppler ultrasound in all three trimesters of pregnancy. *Curr Opin Obstet Gynecol* 1994;6:472–478.
- [3] van Splunder IP, Wladimiroff JW. Cardiac functional changes in the human fetus in the late first and early second trimesters. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1996; 7:411–415.
- [4] Kurjak A, Crvenkovic G, Salihagic A, Zalud I, Miljan M. The assessment of normal early pregnancy by transvaginal color Doppler ultrasonography. *J Clin Ultrasound* 1993; 21:3–8.
- [5] Alcazar JL, Rovira J, Ruiz-Perez ML, Lopez-Garcia G. Transvaginal color Doppler assessment of fetal circulation in normal early pregnancy. *Fetal Diagn Ther* 1997; 12:178–184.
- [6] Moll W. Venous return in the fetal-placental cardiovascular system. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 1999; 84:133–137.
- [7] Lampé L, Papp Z. Szülészeti-nőgyógyászati egyetemi tankönyv, Semmelweis Kiadó, Budapest, 1994.
- [8] Gill RW. Pulsed Doppler with B-mode imaging for quantitative blood flow measurement. *Ultrasound Med Biol* 1979; 5:223–235.

- [9] Kiserud T. Hemodynamics of the ductus venosus. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1999; 84:139–147.
- [10] Huisman TW, Stewart PA, Wladimiroff JW. Ductus venosus blood flow velocity waveforms in the human fetus – a Doppler study. *Ultrasound Med Biol*. 1992; 18:33–37.
- [11] Morin FCI. Prostaglandin E1 opens the ductus venosus in the newborn lamb. *Pediatr Res* 1987; 21:225–228.
- [12] Chiba Y, Utsu M, Kanzaki T, Hasegawa T. Changes in venous flow and intra tracheal flow in fetal breathing movements. *Ultrasound Med Biol* 1985; 11:43–49.
- [13] Huisman TW, Stewart PA, Wladimiroff JW. Flow velocity waveforms in the fetal inferior vena cava during the second half of normal pregnancy. *Ultrasound Med Biol* 1991; 17:679–682.
- [14] Wladimiroff JW, Huisman TW, Stewart PA, Stijnen T. Normal fetal Doppler inferior vena cava, transverse, and umbilical artery flow velocity waveforms between 11 and 16 weeks' gestation. *Am J Obstet Gynecol*. 1992; 166:921–924.
- [15] Rizzo G, Arduini D, Romanini C. Umbilical vein pulsations: a physiologic finding in early gestation. *Am J Obstet Gynecol*. 1992; 167:675–677.
- [16] Matias A, Gomes C, Flack N, Montenegro N, Nicolaidis KH. Screening for chromosomal abnormalities at 10–14 weeks: the role of ductus venosus blood flow. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1998; 12:380–384.
- [17] Montenegro N, Matias A, Areias JC, Castedo S, Barros H. Increased fetal nuchal translucency: possible involvement of early cardiac failure. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997; 10:265–268.
- [18] Kiserud T, Eik-Nes SH, Hellevik LR, Blaas H-G. Ductus venosus blood velocity changes in fetal cardiac diseases. *J Matern Fetal Invest* 1993; 3:15–20.
- [19] Gudmundsson S. Importance of venous flow assessment for clinical decisionmaking. *Euro J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1999; 84:173–178.
- [20] Kerényi TD, Gleicher N, Meller J, Brown E, Steinfeld L, Chitkara U, Raucher H. Transplacental cardioversion of intrauterine supraventricular tachycardia with digitalis. *Lancet* 1980; 2:393–394.
- [21] Szabó I, Hajdu J, Csabay L, Németh J, Papp Z. Prenatal follow-up of fetal tachyarrhythmia. *Orv Hetil* 1994; 135:2603–2607.
- [22] Gembruch U, Krapp M, Germer U, Baumann P. Venous Doppler in the sonographic surveillance of fetuses with supraventricular tachycardia. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1999; 84:187–192.
- [23] Tonge HM, Wladimiroff JW, Noordam MJ, Stewart PA. Fetal cardiac arrhythmias and their effect on volume blood flow in descending aorta of human fetus. *J Clin Ultrasound* 1986; 14:607–612.
- [24] Gudmundsson S, Huhta JC, Wood DC, Tulzer G, Cohen AW, Weiner S. Venous Doppler ultrasonography in the fetus with nonimmune hydrops. *Am J Obstet Gynecol*. 1991; 164:33–37.
- [25] Nicolaidis KH, Bilardo CM, Campbell S. Prediction of fetal anemia by measurement of the mean blood velocity in the fetal aorta. *Am J Obstet Gynecol*. 1990; 162:209–212.
- [26] Oepkes D, Vandenbussche FP, Van Bel F, Kanhai HH. Fetal ductus venosus blood flow velocities before and after transfusion in red-cell alloimmunized pregnancies. *Obstet Gynecol*. 1993; 82:237–241.
- [27] Mari G, Deter RL, Carpenter RL, Rahman F, Zimmerman R, Moise KJ Jr, Dorman KF, Ludomirsky A, Gonzalez R, Gomez R, Oz U, Detti L, Copel JA, Bahado-Singh R, Berry S, Martinez-Poyer J, Blackwell SC. Noninvasive diagnosis by Doppler ultrasonography of fetal anemia due to maternal red-cell alloimmunization. Collaborative Group for Doppler Assessment of the Blood Velocity in Anemic Fetuses. *N Engl J Med* 2000; 342:9–14.
- [28] Hecher K, Ville Y, Snijders R, Nicolaidis K. Doppler studies of the fetal circulation in twin-twin transfusion syndrome. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1995; 5:318–324.
- [29] Hecher K, Snijders R, Campbell S, and Nicolaidis K. Fetal venous, intracardiac, and arterial blood flow measurements in intrauterine growth retardation: Relationship with fetal blood gases. *Am J Obstet Gynecol* 1995; 173:10–15.
- [30] Rizzo G, Capponi A, Pietropolli A, Bufalione LM, Arduini D, Romanini C. Fetal cardiac and extracardiac flows preceding intrauterine death. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1994; 4:139–142.
- [31] Illyés M, Gáti I. Reverse Flow in the Human Fetal Descending Aorta as a Sign of Severe Fetal Asphyxia Preceding Intrauterine Death. *J Clin Ultrasound* 1988; 16:403–407.

Aranyosi J, Zatik J, Kerényi TD, Major T, Tóth Z.: *Doppler flow assessment of the fetal venous circulation*

Doppler ultrasonography has given insight into fetal hemodynamics. The physiological properties of fetal central venous blood flow have been recently studied and documented. The abnormal patterns indicate an impaired central venous circulation and a decreased cardiac performance. Characteristic alterations of the venous blood flow velocity waveforms have an important impact on the diagnosis of various pathological fetal conditions. The purpose of this paper is to review the available information on the physiology of fetal central venous circulation and on the clinical application of venous Doppler ultrasound examination. The measurement of the fetal venous blood flow has become a valuable tool in the management of high-risk pregnancies, which may improve the efficacy of prenatal care.

*Key words:* fetal blood flow, Doppler flow velocimetry, venous circulation.