



Ductus venosus



Kardiovaskularni sustav embrija nastaje iz mezenhimalnih stanica splanhničkog mezodermalnog sloja u presomitskoj fazi embriogeneze. Ove stanice proliferiraju i stvaraju stanične nakupine nazvane **angiogenetske nakupine**. U početku su smještene u lateralnim dijelovima embrija, a potom migriraju u kranijalnom smjeru stvarajući u gornjem dijelu embrionalnog diska potkovičasti pleksus malih krvnih žila.

Od središnjeg prednjeg dijela ovog pleksusa nastaje srčana cijev pa se ovaj dio naziva **kardiogena zona**. Nakupine angiogenetskih stanica smještene u lateralnim dijelovima embrija stvaraju svaka sa svoje strane po jednu cjevastu strukturu koja predstavlja temelj za razvitak dorzalnih aorti.

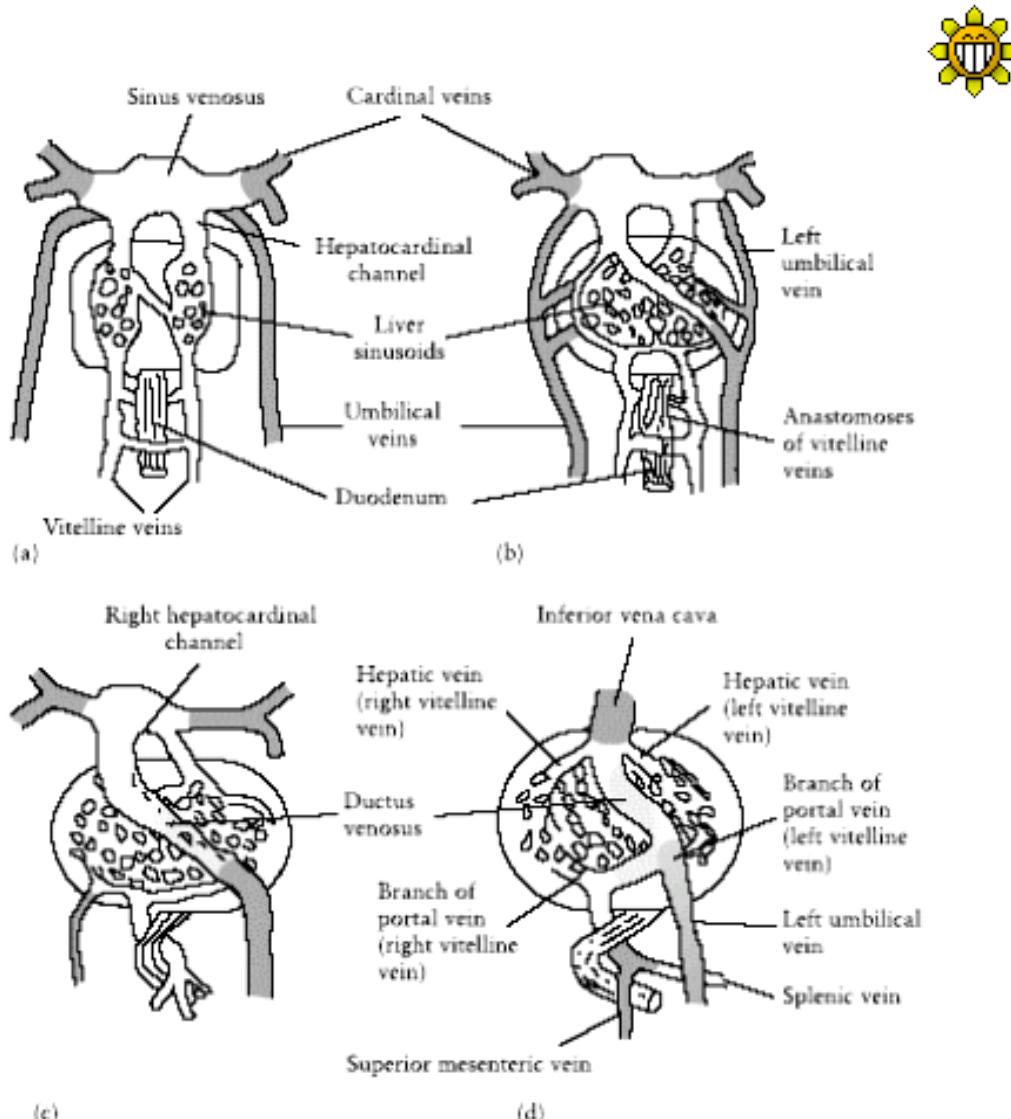


Fig. 57.1: Embryology of umbilical, portal, and hepatic venous system (reprinted with permission from Ultrasound Obstet Gynecol 2000; 15: pp.231-241)

U dalnjem tijeku se dorzalne aorte spajaju sa stanicama kardiogene zone tvoreći okosnicu budućem kardiovaskularnom sustavu fetusa. Vaskularni sustav embrija se pojavljuje sredinom 3. tjedna, kada više difuzijski mehanizam prehrane embrija postaje nedostatan za njegove prehrambene potrebe.

Rastom i presavijanjem embrionalnog štita približavaju se dvije cjevaste osnove srca i spajaju u jedinstvenu srčanu cijev oko 22. dana embrionalnog razvitka, nakon čega slijedi presavijanje srčane cijevi i nastanak kardijalne petlje, te stvaranje srčane pregrade.

U 4. tjednu trudnoće postoje 3 para velikih vena, koje se ulijevaju u sinus venosus na kaudalnom kraju srčane cijevi: **žumanjčane vene (vitelinske ili omfalomezenterične), umbilikalne vene i kardinalne vene.**

Vitelinske vene potječu iz žumanjčane vreće, a prije nego što uđu u sinus venosus tvore splet oko dvanaesnika i prolaze kroz septum transversum. Tračci jetrenih stanica koji urastaju u pregradu razmještaju se oko žila u tom spletu od kojih kasnije nastaju sinusoidne kapilare jetre. Kada se lijevi rog venskog sinusa počne smanjivati, protok krvi kroz jetru se usmjerava s lijeve na desnu stranu, te se povećava desna žumanjčana vena (desni hepatokardijalni kanal), koja kasnije postaje hepatokardijalni dio donje šuplje vene.

Umbilikalne vene transportiraju oksigeniranu krv iz koriona u sinus venosus, u koji utječu i kardinalne vene koje prikupljaju krv iz ostalih dijelova embrija. Tijekom daljnog embrionalnog razvitka stvaraju se anastomoze između umbilikalnih vena i sinusoidnih jetrenih kapilara.

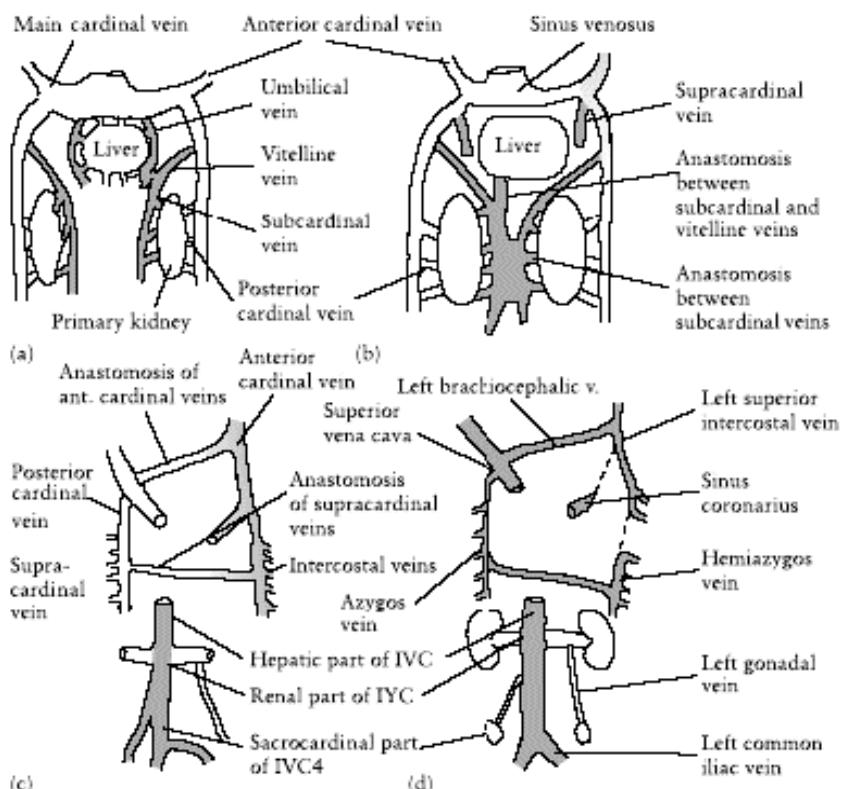


Fig. 57.2: Embryology of inferior and superior vena cavae
(reprinted with permission from Ultrasound Obstet Gynecol 2000; 15: pp.231-241)

U 6. tjednu obliteriraju kompletna desna umbilikalna vena, kranijalni dio lijeve umbilikalne vene, lijeva žumanjčana vena i dio jetrenih anastomoza, pri čemu nastaje **ductus venosus**. Ova krvna žila postaje shunt između lijeve umbilikalne vene i desnog hepatokardinalnog kanala.

Proksimalni i distalni dio lijeve žumanjčane vene iščezavaju, a mreža vena oko dvanaesnika razvija se u jednu jedinu žilu – **vena portae**. Od desne žumanjčane vene nastaje **vena mesenterica superior**. **V. cava superior** i **v. cava inferior** nastaju od kardinalnih vena.

Fetalni venski sustav je predstavljen jednim aferentnim sustavom (umbilikovo-portalni sustav) i jednim eferentnim sustavom (jetrene vene), dok ductus venosus sprovodi oksigeniranu krv izravno u fetalno srce.

Vena umbilicalis – Sinus v. portae:

- ➔ **Ductus venosus (dijametar je 1/3 v. umbilicalis)**
- ➔ **vv. hepaticae (2 lijeve: sup. i inf. + 1 desna)**

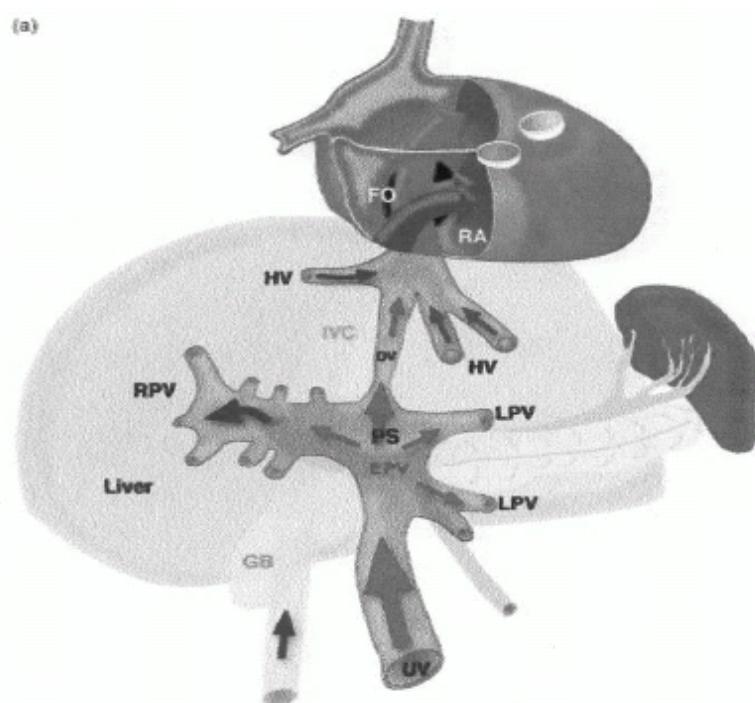


Fig. 57.3: Representation of fetal umbilical and hepatic venous system. The arrows indicate the direction of flow. The colors show the degree of oxygenation (red=high, purple=medium, blue=low). FO, foramen ovale; RA, right atrium; DV, ductus venosus; UV, umbilical vein; HV, hepatic veins; IVC, inferior vena cava; PS, portal sinus; LPV, left portal vein; RPV, right portal vein; EPV, extrahepatic portal vein; GB, gallbladder (reprinted with permission from Ultrasound Obstet Gynecol 2001; 18: pp.598-604)

Kroz **ductus venosus** prolazi **50-55%** umbilikalne venske krvi, dok **45-50%** ulazi u jetreni krvotok. Na ovoj razini fetalnog krvotoka postoji fini mehanizam kontrole fetalnog krvotoka jer ductus venosus nije jednostavna cijev koja omogućuje dotjecanje krvi iz posteljične u fetalnu cirkulaciju. Zahvaljujući sfinkterskom mehanizmu smještenom na početku ductusa venosusa (mjestu odvajanja portalne vene od vene umbilicalis), ductus venosus može trenutačno mijenjati svoj lumen diktirajući time količinu i smjer protjecanja krvi iz umbilikalne vene kroz jetrene sinuse. Ovaj mehanizam ima važnu ulogu u porodu jer sprječava „overloading“ desnog srca pri materničnim kontrakcijama. **Ductus venosus** ne samo što regulira količinu, nego omogućuje i kontrolu zasićenja kisikom krvi koja pristiže donjom šupljom venom u srce.

„**Sfinkter**“ ductusa venosusa vjerojatno nije zaseban mišićni sfinkter, već se ova funkcija ostvaruje izuzetnom osjetljivosti mišićnih stanica ductusa venosusa na razinu kisika u krvi.

Ductus venosus se spaja s lijevom jetrenom venom i donjom šupljom venom neposredno prije ulijevanja u desnu pretklijetku. Pojedine komponente krvi pristigle iz različitih pritoka donje šuplje vene (ductus venosus, lijeva i desna jetrena vena) te njezina kaudalnog dijela nalaze se u „odvojenim“ slojevima. Ova pojava se povezuje s postojanjem strukture slične zalisku na ušću velikih krvnih žila u donji šuplju venu. Zahvaljujući tome dobro oksigenirana krv iz ductusa venosusa kreće se kroz lijevi stražnji dio donje šuplje vene. Zbog konfiguracije ulaza donje šuplje vene u desnu pretklijetku ova krvna struja prolazi pretežito kroz foramen ovale u lijevu pretklijetku, te u dalnjem tijeku bude usmjerena prema glavi, srcu i rukama. Slabije oksigenirana krv prolazi kroz trikuspidalno ušće, ductus arteriosus, aortu i umbilikalne arterije prema posteljici.

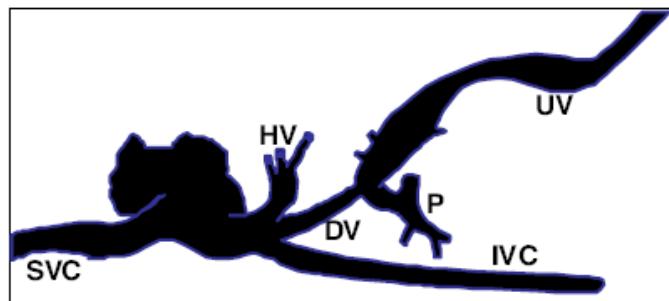


Fig. 57.4: Sagittal view of the fetal venous system. RA, right atrium; DV, ductus venosus; UV, umbilical vein; HV, hepatic veins; IVC, inferior vena cava; P, portal system; SVC, superior vena cava

Donjom šupljom venom krv ulazi u desnu pretklijetku gdje protok dijelu u dva dijela. U ovoj podjeli krvi glavnu ulogu igraju foramen ovale i crista dividens (donji rub sekundarnog atrijskog septuma). Oko 40% krvi iz donje šuplje vene prolazi kroz foramen ovale u lijevu pretklijetku, te joj se pridružuju oko 2% krvi iz gornje šuplje vene. Preostali dio krvi iz gornje i donje šuplje vene prolazi kroz trikuspidalno ušće u desnu klijetku i većim dijelom preko ductusa arteriosusa i aorte u noge i posteljicu. Smatra se da u ukupnoj venskoj krvi koja pristigne u srce **donja šuplja vena** sudjeluje s **70%**, **gornja šuplja vena** čini oko **20%**, **7%** pristigne iz pluća preko plućnih vena i **3%** potječe iz srčanog mišića.

Budući da u fetusa ventrikuli rade usporedo (a ne u seriji kao u srcu odraslih osoba), te s obzirom na to da su pulmonalna i sistemna cirkulacija povezane preko ductusa arteriosusa, u fetalnom krvotoku se udarni volumen izražava kao „**zajednički ventrikularni output**“. U zajedničkom ventrikularnom outputu pojedini ventrikuli sudjeluju s nejednakim proporcijama, tako da oko **65%** otpada na desnu klijetku (300 ml/kg/min), a ostatak od oko **35%** otpada na lijevu klijetku (150 ml/kg/min).

Međutim od krvi koja ulazi u pulmonalni trunkus samo oko 10% odlazi plućnim arterijama, a preostalih 90% prolazi kroz ductus arteriosus u descendantnu aortu.

S druge strane od udarnog volumena lijeve klijetke u descendantnu aortu stigne samo 30% krvi, a preostali dio odlazi preko ogrankaka aortalnog luka (truncus brachiocephalicus, a. subclavia sin. i a. carotis communis sin.) za glavu i ruke.

Prema tome oko **65%** zajedničkog ventrikularnog outputa teče dalje torakalnom aortom. Došavši do umbilikalnih arterija **65%** krvi pristigne torakalnom aortom odlazi preko umbilikalnih arterija u posteljicu na ponovno oksigenaciju (40-45% zajedničkog ventrikularnog outputa).

Po porodu od umbilikalne vene nastaje u gornjem dijelu **lig. teres**, u donjem dijelu **lig. falciforme**. Ductus venosus koji se pruža od lig. teres prema veni cavi inferior obliterira dajući **lig. venosum**.

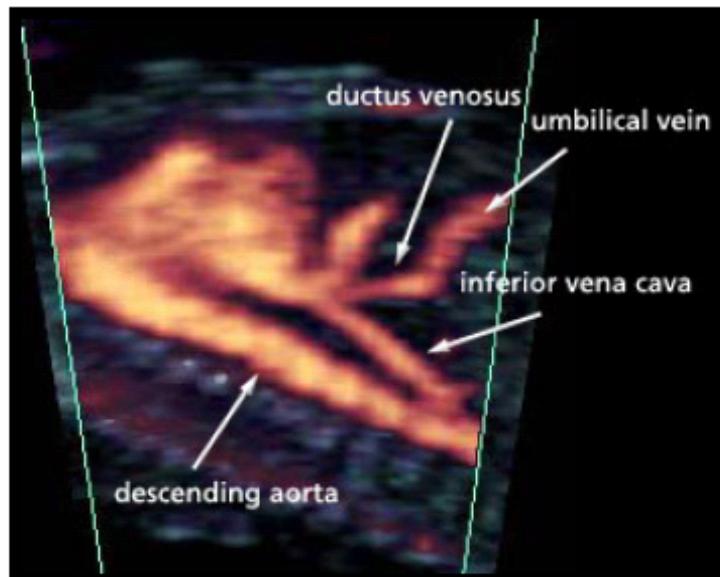


Figure 18: Sagittal view of the fetal thorax and abdomen showing the ductus venosus originating from the umbilical vein, inferior vena cava and descending aorta.
(Color Doppler - Amplitude Mode)

Analiza fetalnog venskog protoka kroz ductus venosus se rabi već dulji niz godina, no uglavnom u otkrivanju fetalne hipoksije, a tek posljednjih godina kada je dokazana uzročno-posljedična veza između nuhalnog nakupljanja tekućine i razvoja srčanih grešaka, uključena je probir u prvom tromjesečju („*ultrazvučni biljezi kromosmopatija*“).

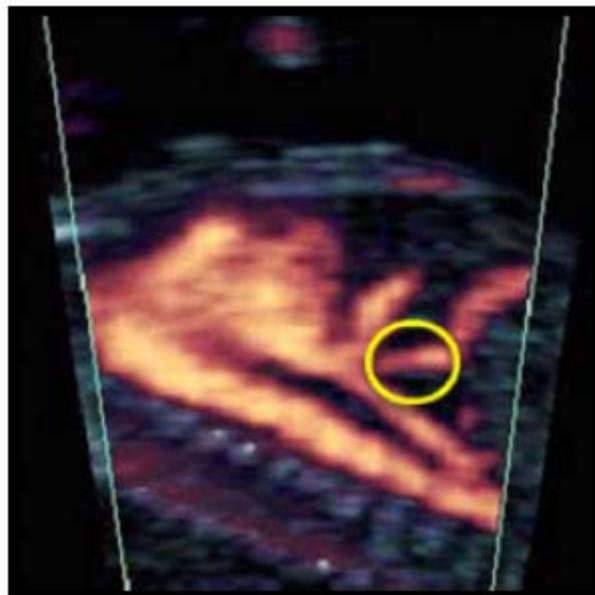
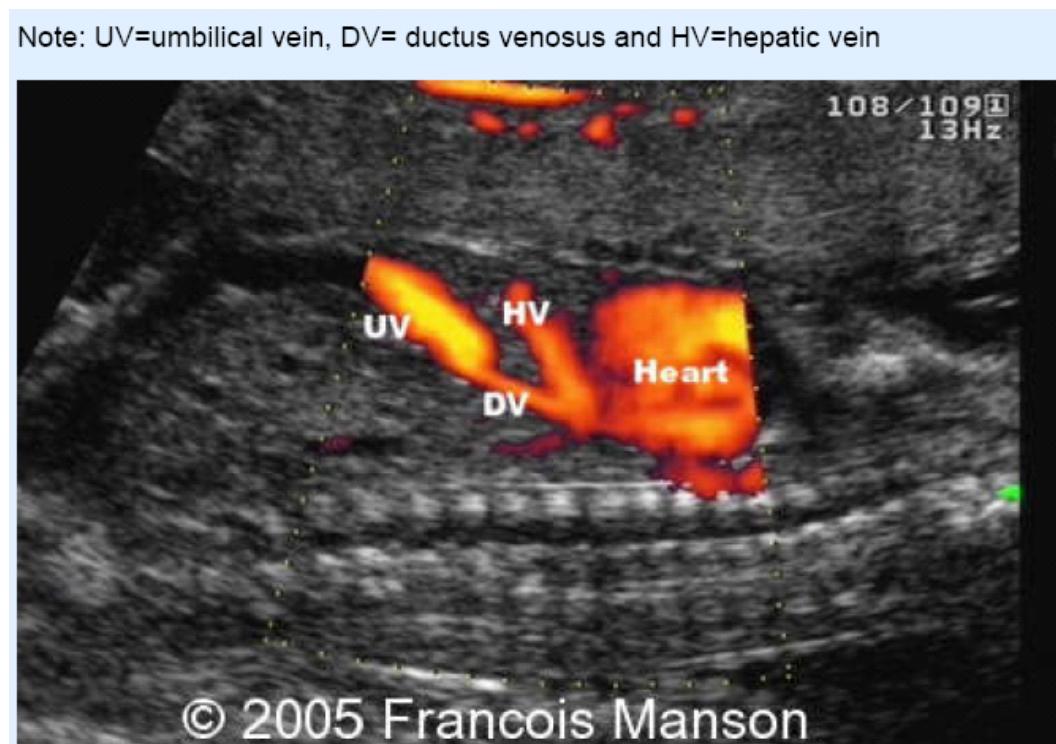
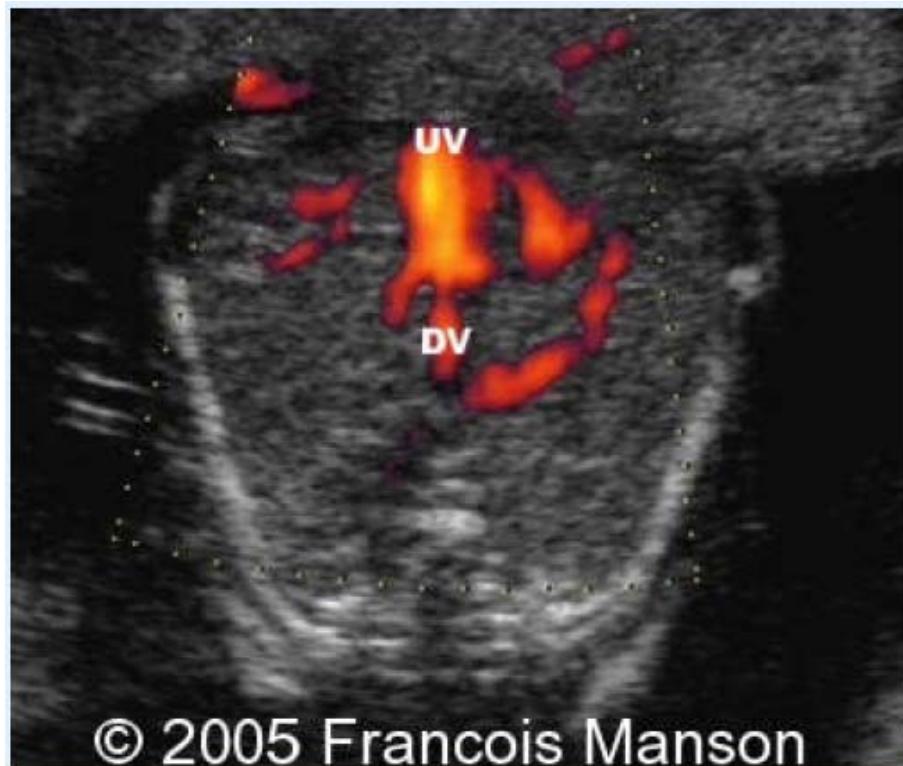


Figure 25: the sampling site of the ductus venosus (yellow circle).



© 2005 Francois Manson

Protok kroz **ductus venosus** ima karakterističnu krivulju na dopplerskom sonogramu: prvi val je brzi pozitivni protok za vrijeme sistole ventrikula, drugi je nešto manje brzine za vrijeme dijastole ventrikula, a treći je i dalje pozitivan protok tijekom atrijske kontrakcije.

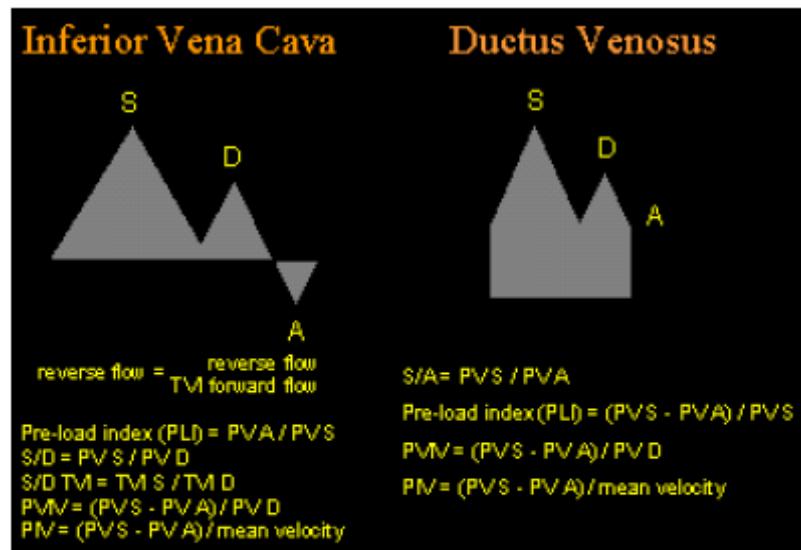


Fig. 57.14: Angle-independent indices reported in the literature for the IVC and DV. S, systole; D, diastole; A, atrial contraction; TVI, time velocity integral; PV, peak velocity; PLI, preload index; PVVI, peak velocity index for vein; PIV, pulsatility index for vein

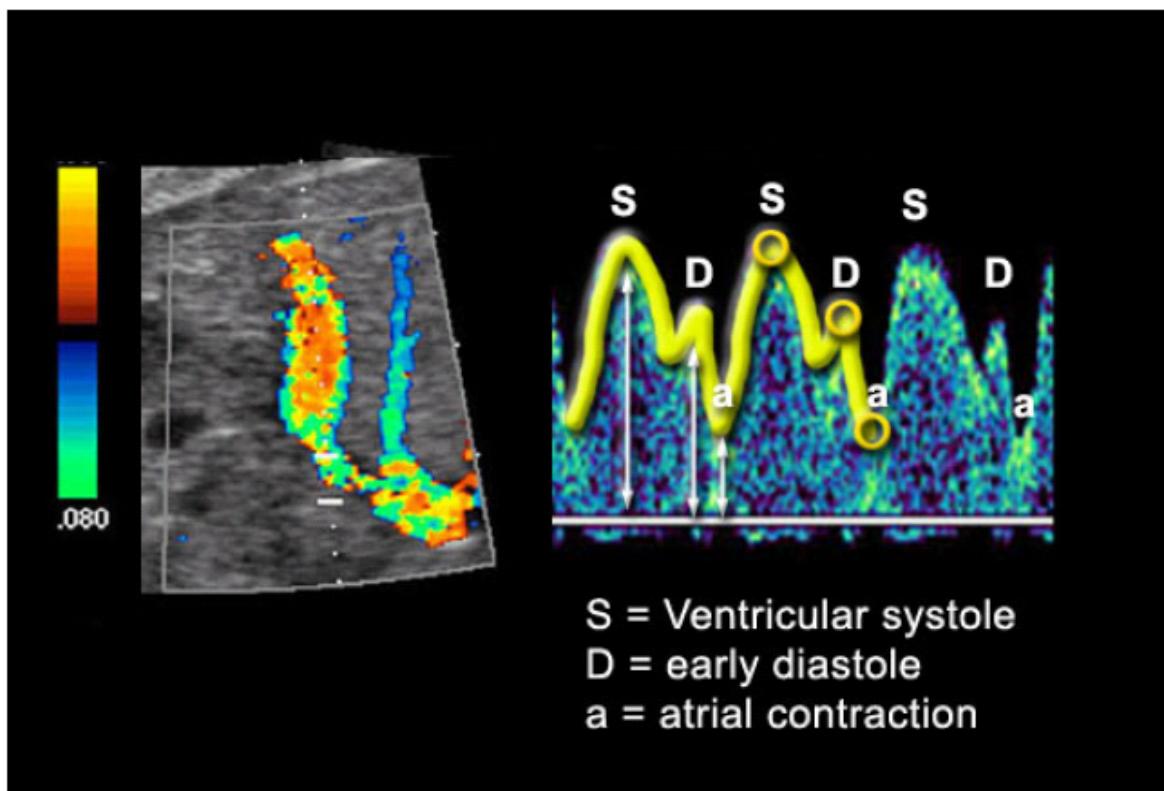
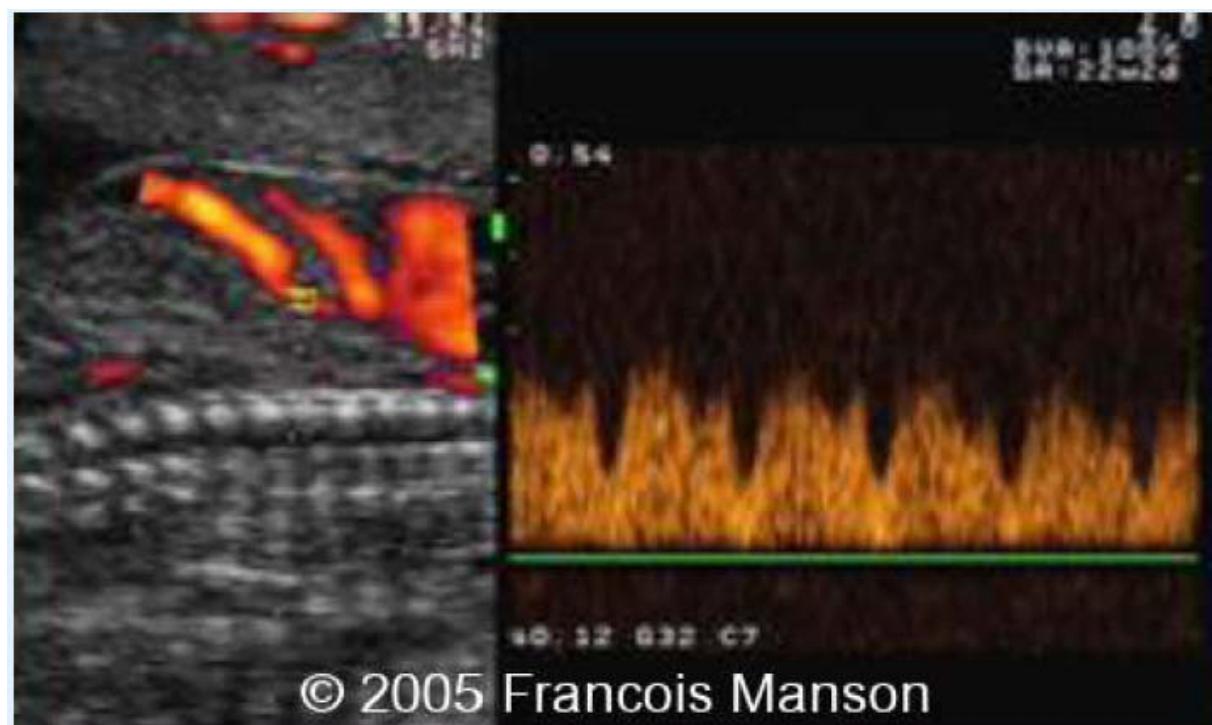


Figure 20: Normal flow velocity waveforms of the ductus venosus visualized in a sagittal section through the fetal abdomen. The first peak indicates systole, the second early diastole and the nadir of the waveform occurs during atrial contraction.



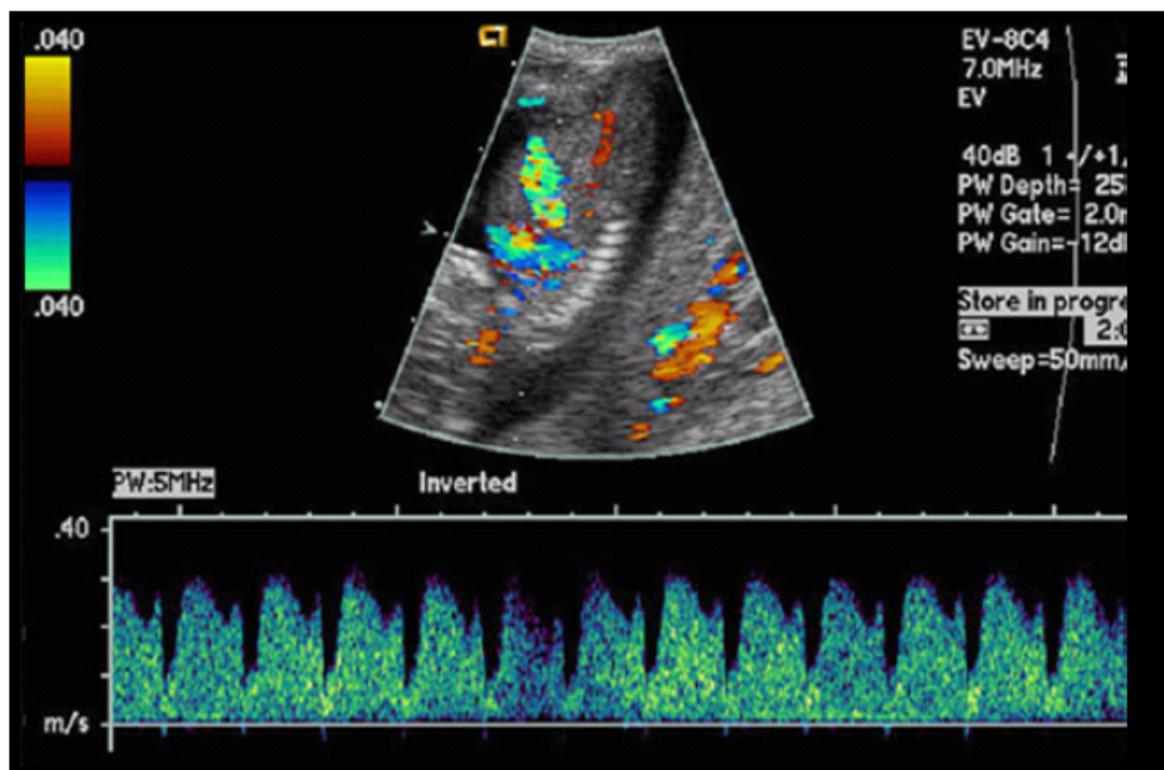


Figure 21: Normal ductus venosus waveform at 12 weeks of gestation with positive flow during atrial contraction.



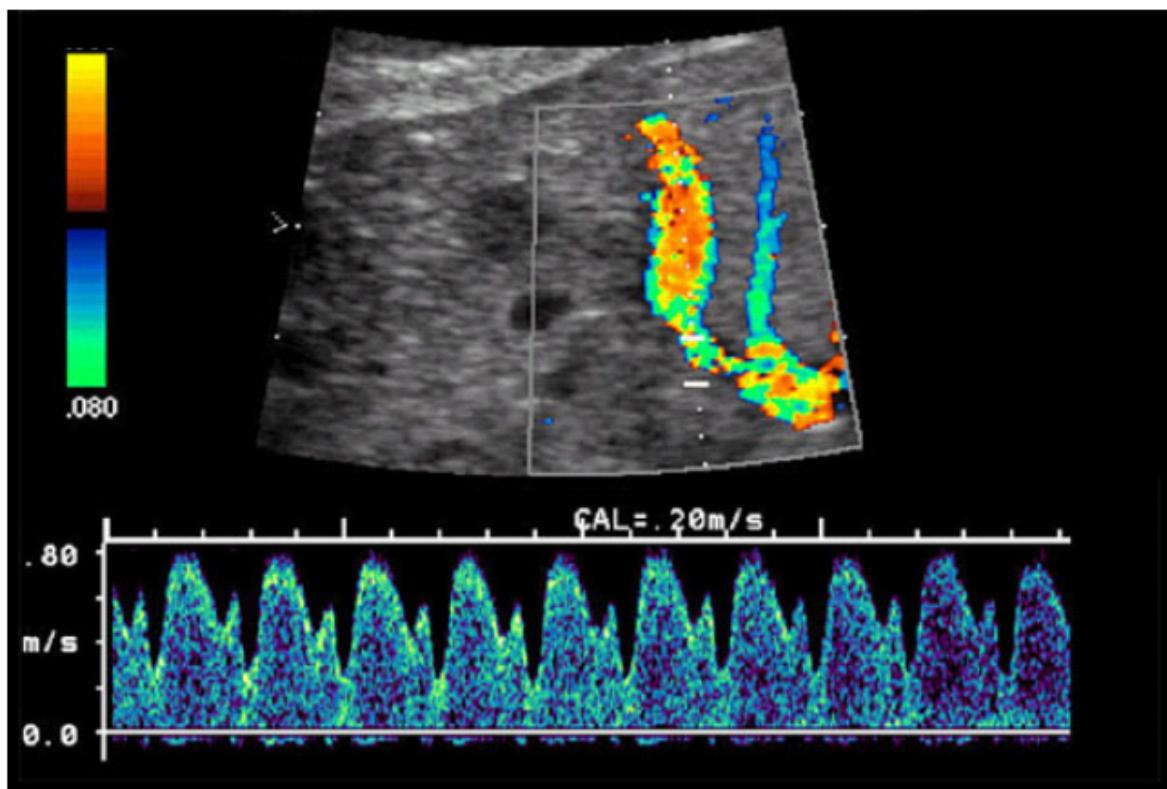
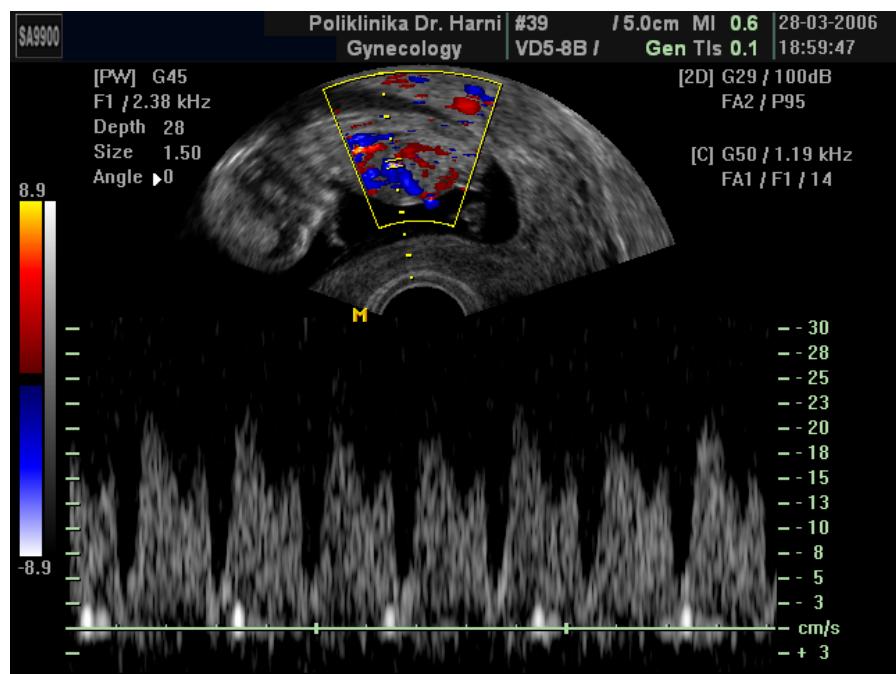
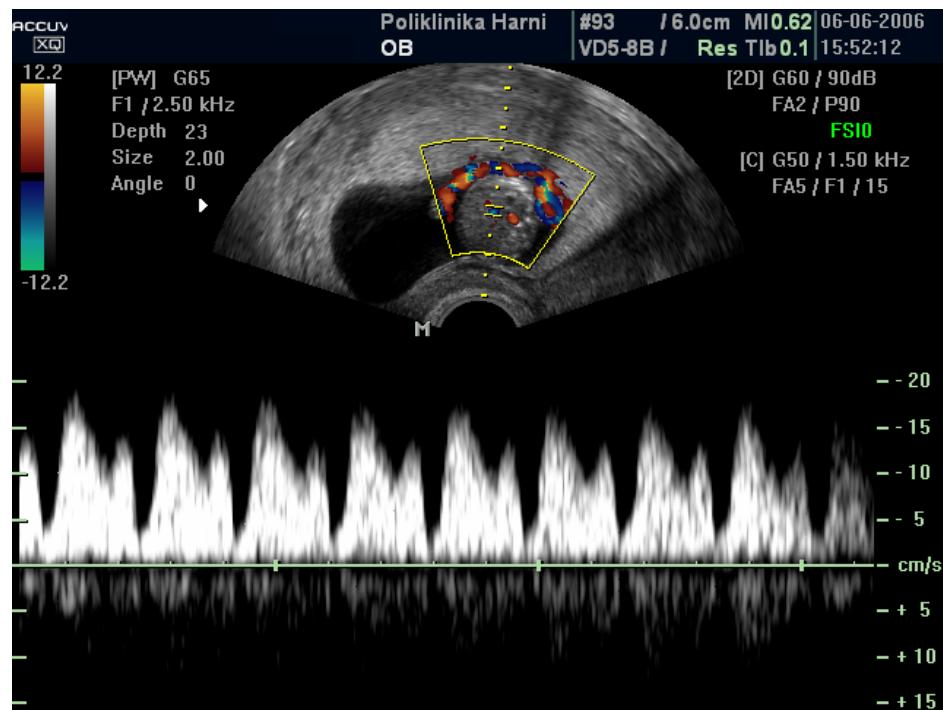
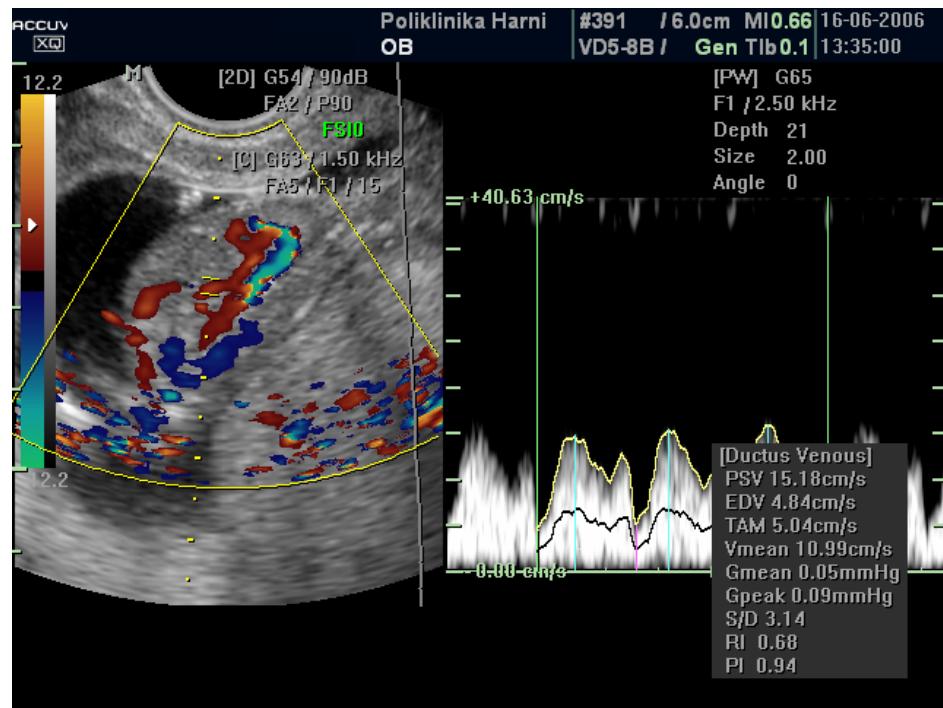


Figure 21(b): Normal ductus venosus waveform at 25 weeks of gestation with positive flow during atrial contraction.





Ultrazvučno možemo prepoznati povećani otpor u ductusu venosusu kao i izostanak dijastoličkog protoka ili povratni protok u vrijeme kontrakcije atrija, te veće razlike između sistole i dijastole.

S obzirom da protok u **ductusu venosusu** predstavlja izravni gradijent tlakova između umbilikalne vene i desne pretklijetke, dodatno se može prepoznati i izostanak dijastole te povratni protok u donjoj šupljoj veni i pulzacije u umbilikalnoj veni, koje odgovaraju kontrakciji atrija. Sukladno teorijama o razvoju nakupljanja tekućine u nuhalnoj regiji, poremećaj dotoka i odtoka (preload i afterload) može nastati zbog prevelikog opterećenja zbog dotoka povećanih količina cirkulirajućih tjelesnih tekućina, ali isto tako i zbog poremećenog protoka, odnosno propustljivosti krvi kroz srce u fetusa s zastojnim srčanim greškama. Oba stanja dovode do **venskog zastoja** i **povišenog otpora** koji prepoznajemo po povratnom protoku u ductusu venosusu već u prvom tromjesečju. Takav nalaz između 11.-14. tjedna povezan je s kromosomopatijama, anomalijama srca i lošim ishodom trudnoće.

Nedostatak protoka („*zero flow*“, „*absent flow*“) ili negativan protok („*inversed flow*“) u ductusu venosusu tijekom atrijske kontrakcije nalazi se u **80% fetusa s kromosomskim abnormalnostima** (trisomija 21), uz oko **5% fetusa s normalnim kariogramom**. Kako nije dokazana veza između patološkog protoka u ductusu venosusu i povećanog nuhalnog nabora, paralelno ispitivanje oba faktora povisuje stopu detekcije trisomije 21 na 94%.

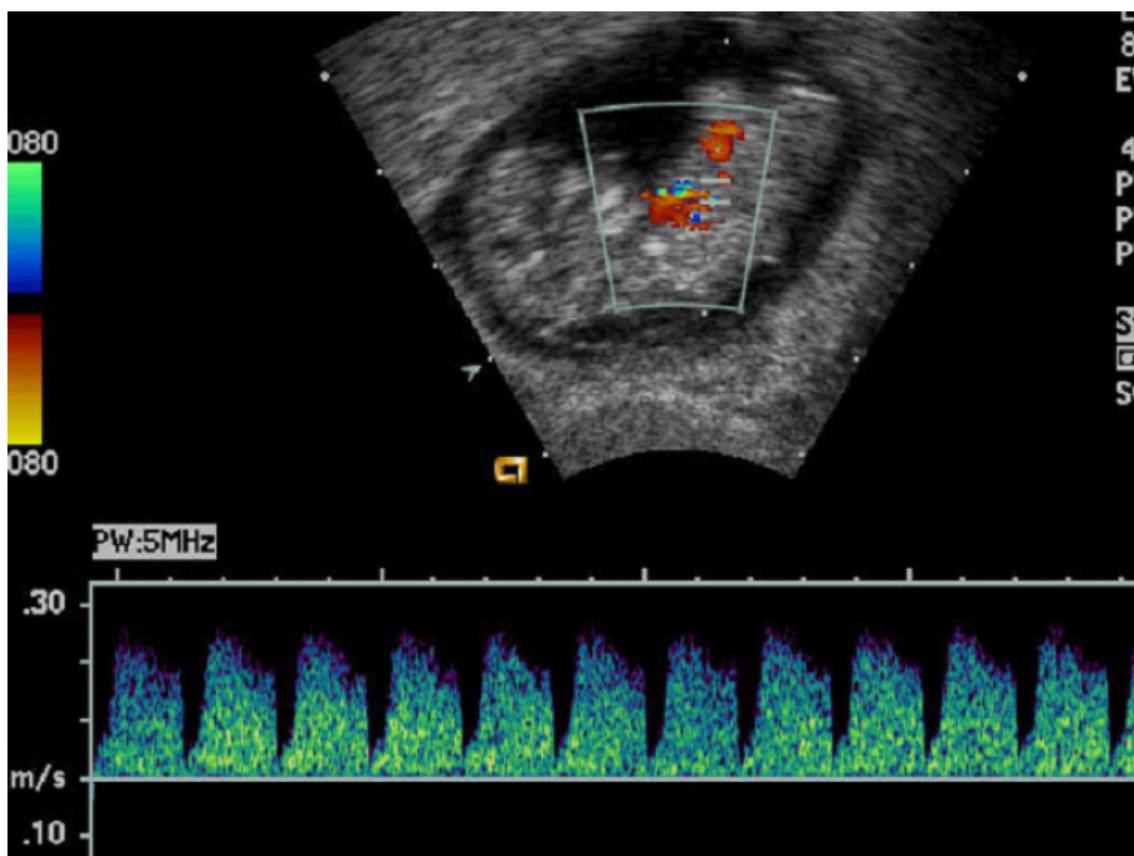


Figure 22: Ductus venosus flow velocity waveform with low but positive forward flow during atrial contraction.

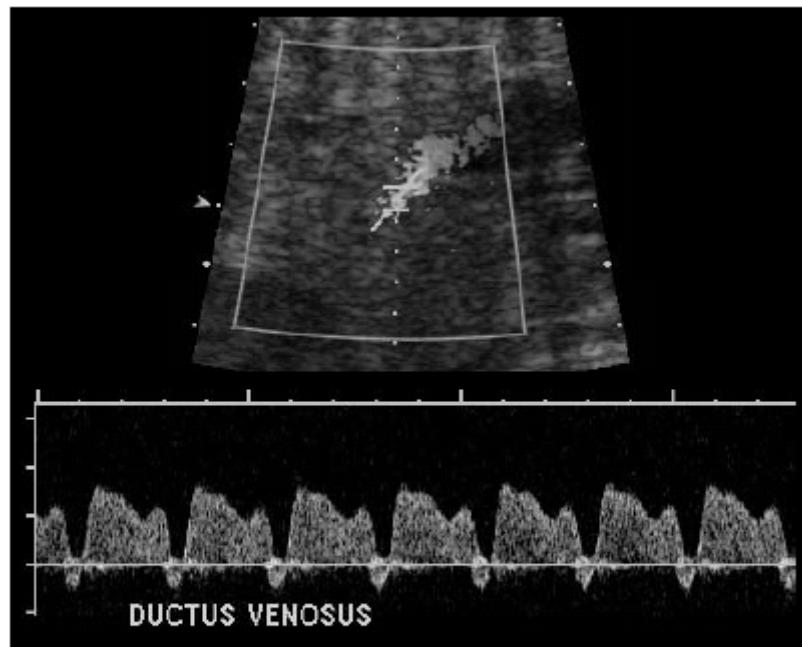


Fig. 57.19: Abnormal DV waveform: reversal flow during atrial contraction is the consequence of increased end-diastolic pressure

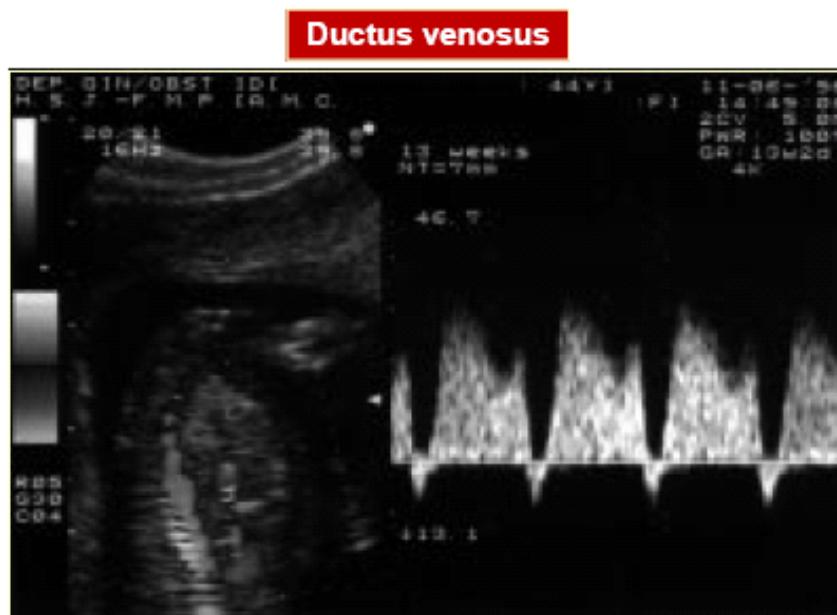


Fig. 101.6: Abnormal ductus venosus blood flow in a 12-week fetus with trisomy 21

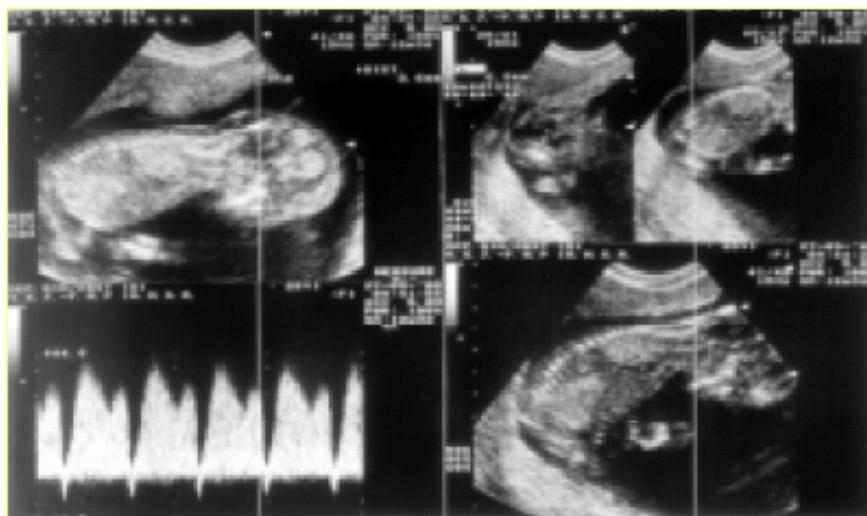
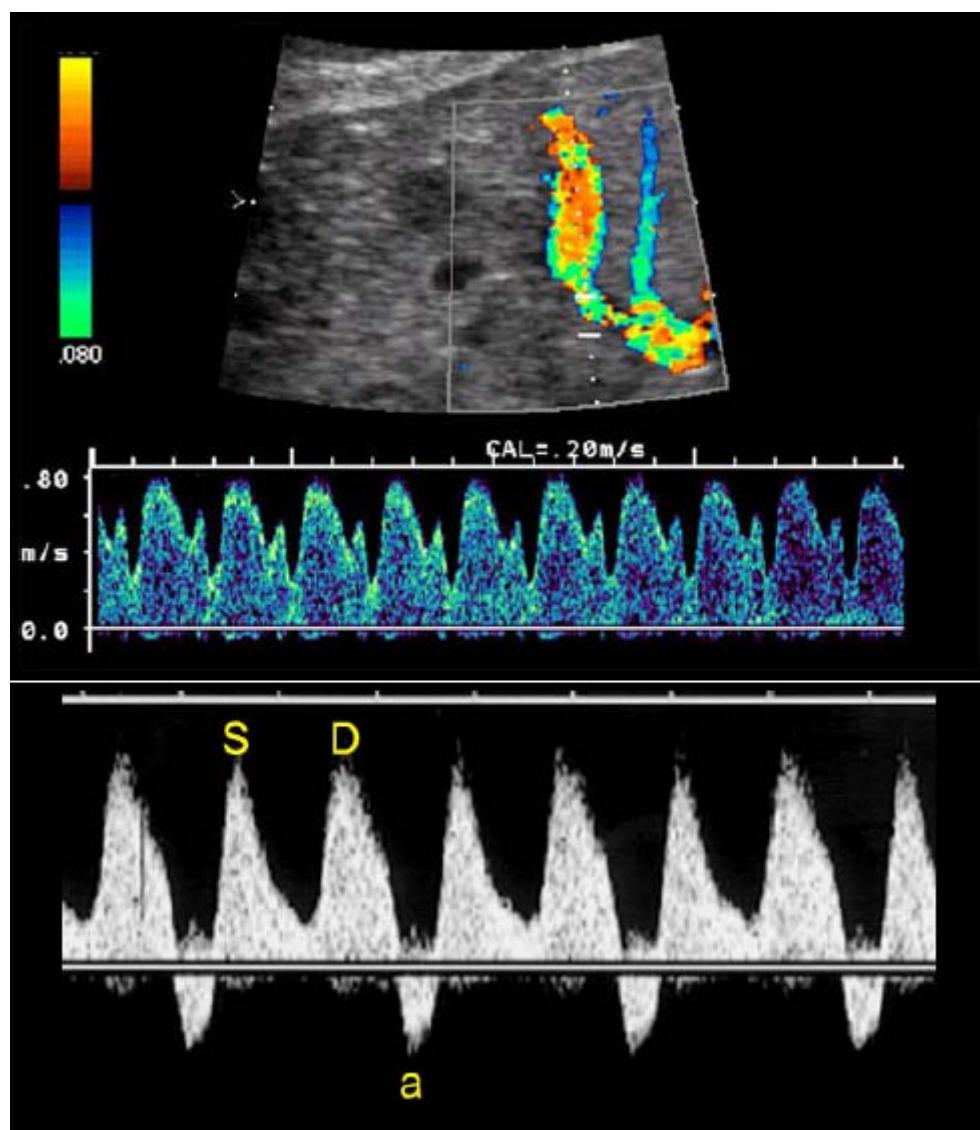


Fig. 101.11: Sonographic aspects of a osteochondrodysplasia diagnosed at 12 weeks of gestation, showing short limbs, increased nuchal translucency and abnormal flow in the ductus venosus



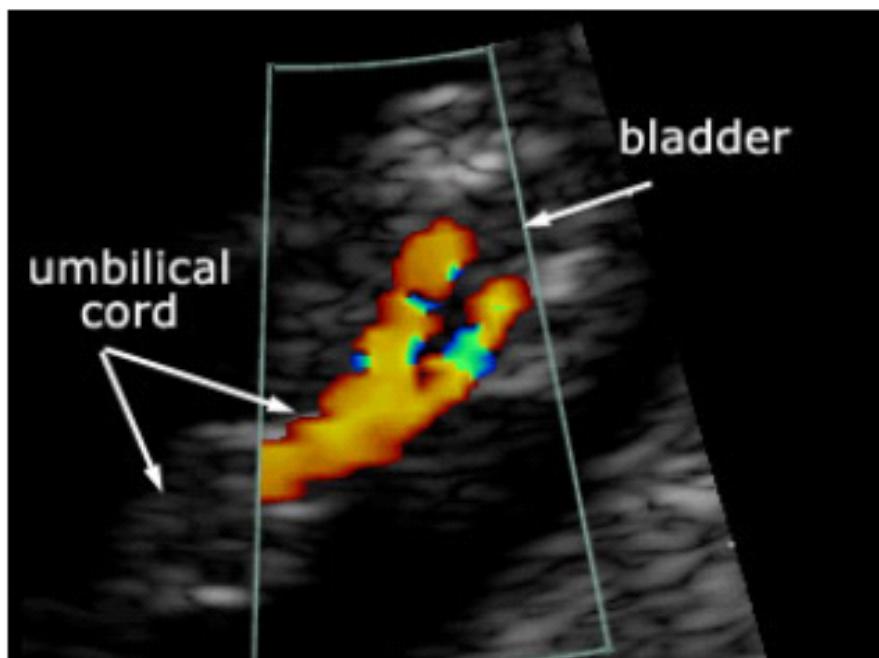


Aa umbilicales

Umbilikalne arterije predstavljaju grane a. iliaceae internae, koje su pružaju prema mokraćnom mjehuru, s jedne i druge strane, potom prelaze na prednju trbušnu stijenku i ulaze u pupkovinu.

Jedna umbilikalna arterija („**single umbilical artery**“) je prisutna u oko 1% normalnih fetusa i 9-11% aneuploidnih fetusa, posebice kod **trisomije 18 i 13**. Nalaz jedne umbilikalne arterije je povezan s 2-3% većom učestalosti kongenitalnih anomalija, posebice anomalija srca (VSD) i urogenitalnog trakta, a u 15-20% je prisutan i IUGR. Češće se nalazi marginalna ili velamentozna insercija pupkovine.

Prikaz dvije umbilikalne arterije u pupkovini koja slobodno flotira je u kasnijoj trudnoći jednostavan, dok prikaz umbilikalnih arterija u pupkovini tijekom rane trudnoće rijetko kad uspijeva. Otuda se umbilikalne arterije tijekom rane trudnoće traže i prikazuju u njihovom paravezikalnom tijeku: kada se prikazuje mokraćni mjehur i dvije arterije uz njegove lateralne rubove. Ovaj ultrazvučni biljeg je uključen u probir u ranoj trudnoći.



Umbilical insertion, bladder, umbilical arteries (2 arteries)

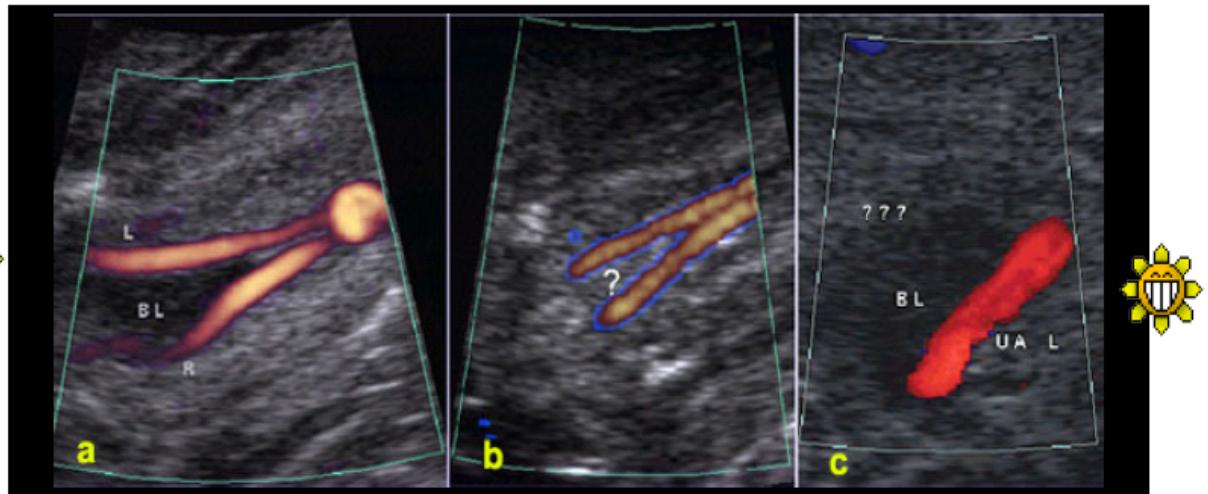
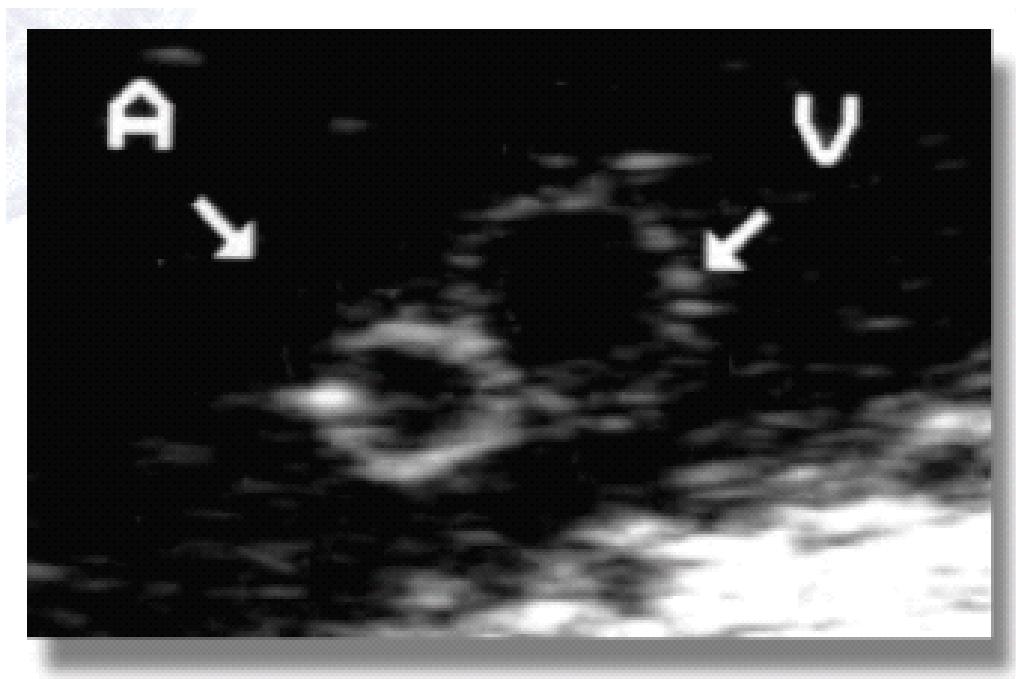


Figure 4: Transverse section of the fetal lower abdomen demonstrating the bladder and the umbilical arteries (a). In a fetus with Potter syndrome, there is no visible bladder (?) between the umbilical arteries (b). In this fetus, there is only a single umbilical artery (c).



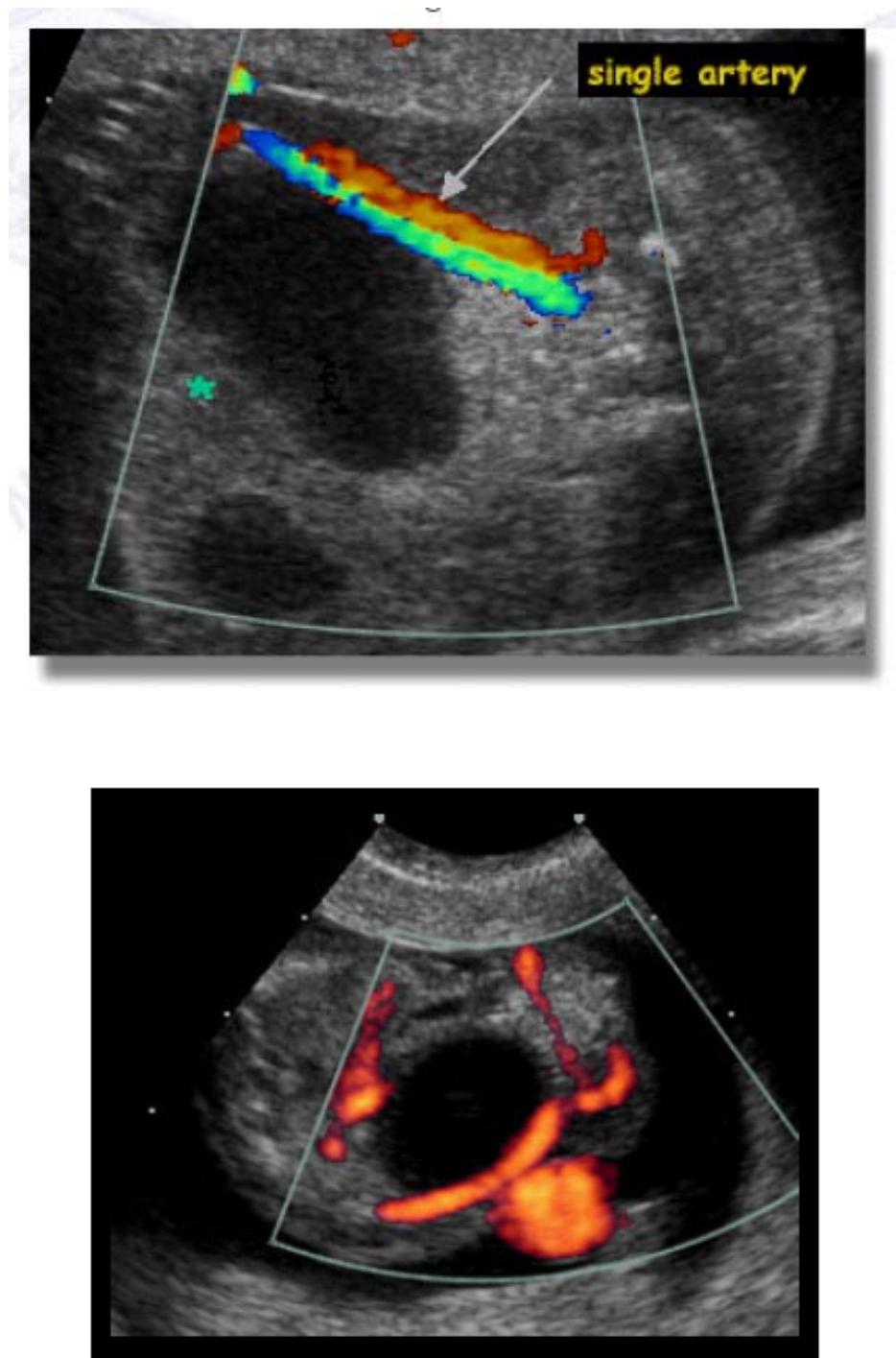


Figure 13b - Megacystis in a 12-13 week fetus + color doppler showing **single umbilical artery**

Umbilikalne arterije obliteriraju neposredno nakon poroda, uslijed kontrakcije glatke mukkulature krvnih žila zbog mehaničkog stimulusa i promjena u koncentraciji kisika. Potpuna obliteracija umbilikalnih arterija se dešava s 2-3 mjeseca starosti, kada od distalnih dijelova arterija nastaju **ligamenta umbilicalis medialis**. Proksimalni dijelovi arterija ostaju prohodni i otvoreni, od njih se formiraju **aa. vesicales superiores**.



Linkovi:

<http://www.thefetus.net/page.php?id=1449>

<http://www.centrus.com.br/DiplomaFMF/SeriesFMF/11-14weeks/chapter-04/chapter-04-final.htm>

http://www.centrus.com.br/DiplomaFMF/SeriesFMF/doppler/capitulos-html/chapter_12.htm

<http://www.medscape.com/viewarticle/518149>

http://www.fetalmedicine.ac.uk/lib/fetus/htdocs_us/ua.html