

# ULTRASCHALLSERIE

Praktisches Vorgehen der Blutflussmessung über der Trikuspidalklappe und im Ductus venosus

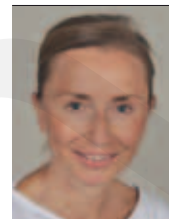
## Doppler und Echokardiographie im I. Trimenon

Die strukturelle Entwicklung des fetalen Herzens ist in der 10. Schwangerschaftswoche (SSW) bereits abgeschlossen. Angeborene Herzfehler entstehen sehr früh, meist schon vor der 7. SSW. Mit Hilfe der Dopplersonographie konnte gezeigt werden, dass eine frühe fetale Echokardiographie bereits im I. Trimenon durchführbar ist. Die Untersuchung setzt fortgeschrittene praktische Kenntnisse voraus, weshalb sie in offiziellen Screeningempfehlungen nicht berücksichtigt wurde (1). Dagegen sind dopplersonographische Marker wie der Fluss über der Trikuspidalklappe und dem Ductus venosus praktikabler. Auch sie benötigen Lernkurven, können jedoch leichter in das Ersttrimesterscreening integriert werden.

Dieser Beitrag erklärt das praktische Vorgehen der Blutflussmessung über der Trikuspidalklappe und im Ductus venosus sowie deren Bedeutung beim Ersttrimesterscreening. Die Diagnostik der frühen Echokardiographie bis 13 6/7 SSW wird an Normalbefunden und typischen pathologischen Befunden gezeigt. Abschliessend werden biophysikalische Sicherheitsaspekte erläutert.

### Doppleruntersuchung des Ductus venosus im I. Trimenon

Das Flussmuster im Ductus venosus weist typischerweise zwei Gipfel auf. Auf die s-Welle während der Systole und die d-Welle während der Diastole folgt die Einkerbung der a-Welle während der atrialen Kontraktion. Die physiologische a-Welle ist durch eine



Dr. med. Alice Winkler  
Luzern

moderate Einkerbung gekennzeichnet. Fehlender Fluss oder Rückfluss während der a-Welle im Ductus venosus sind Ausdruck einer gestörten Herzfunktion.

Zur Messung der Blutströmung im Ductus venosus wird der fetale Rumpf in mittlerer sagittaler Ebene dargestellt und vergrössert. Durch Hinzuschalten des Farbdopplers wird das Aliasing-Signal neben dem Portalvenensinus aufgesucht, in welches das Spektraldopplerfenster platziert wird. Die Kontamination mit den angrenzenden Lebervenen muss vermieden werden, da dort der Rückfluss während der a-Welle physiologisch ist. Dazu wird die Grösse des Spektraldopplerfensters auf 0.5–1 mm gehalten. Der Insonationswinkel sollte unter 30° und der Wandfilter niedrig bei 50–70 Hz eingestellt sein.

### Bedeutung der Doppleruntersuchung des Ductus venosus im I. Trimenon (Abb. 1)

Feten mit negativem oder abwesendem Fluss in der a-Welle haben in 28% einen angeborenen Herzfehler (2). Die Wahrscheinlichkeit für Aneuploidien steigt bei pathologischem Fluss im Ductus veno-

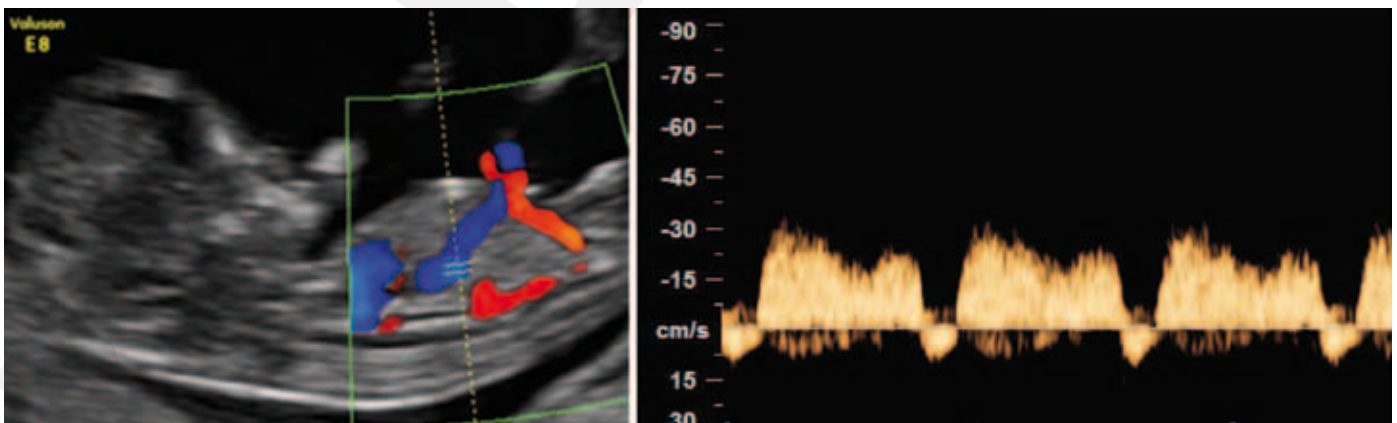


Abb.1 : Ductus venosus Doppler. Negative a-Welle im Ductus venosus bei einem Feten in der 10 6/7 SSW mit Trisomie 21 und unauffälliger nuchaler Transluzenz.

sus. Der a-Wellen-Fluss fehlt bei 6% der aneuploiden Feten und ist nur in 0.6% der euploiden Feten abwesend. In euploiden Feten ist die a-Welle in 2.5% negativ und in aneuploiden Feten ist die a-Welle in 36% negativ (3).

### Doppleruntersuchung der Trikuspidalregurgitation im I. Trimenon

Die Trikuspidalregurgitation (TR) ist ein auffälliger Befund und mit Trisomie sowie Herzfehlern bei euploiden Feten assoziiert. Die zugrundeliegende Ursache ist ebenso wie beim pathologischem Ductus venosus-Fluss eine gestörte Herzfunktion.

Das fetale Herz wird im apikalen Vierkammerblick vergrößert. Bei Hinzuschalten des Farbdopplers werden die Einflusstrakte visualisiert. Die TR ist normalerweise bereits im Farbdoppler sichtbar. Für den Nachweis wird jedoch die Darstellung im Spektraldoppler gefordert. Das Spektraldopplerfenster wird mit einer Breite von 2–3 mm auf die Trikuspidalklappe platziert. Es zeigt sich das doppelgipfelige Profil mit der e-Welle und der a-Welle. Der Insonationswinkel sollte nicht mehr als 30° vom Ventrikelseptum abweichen. Die e-Welle entspricht der passiven Füllungsphase der frühen Diastole. Die a-Welle entspricht der aktiven Phase der während der atrialen Kontraktion. Die TR ist durch einen Rückstrom von mindestens 80 cm/Sekunde gekennzeichnet. Sie ist holosystolisch oder nimmt mindestens die Hälfte der Systole ein. Ein Regurgitationssignal im Spektraldoppler kann durch Überlagerung der Ausflusstrakte bedingt sein. Diese ist durch einen holosystolischen Rückstrom bis 50 cm/Sekunde gekennzeichnet und sollte nicht als TR gewertet werden. Ein tieferes frühsystolisches Signal entspricht dem Trikuspidalklappenverschluss und sollte nicht als Regurgitation interpretiert werden. Da Insuffizienzen über einem der drei Klappensegel möglich sind sollte das Signal über der Trikuspidalklappe mindestens drei Mal abgeleitet werden.

### Bedeutung der Trikuspidalregurgitation im I. Trimenon (Abb. 2)

Die TR hat eine hohe Assoziation mit fetalen Herzfehlern und Chromosomenstörungen. Die Prävalenz angeborener Herzfehler bei TR liegt bei 33% bei euploiden Feten (4). Bei euploiden Feten ohne kongenitalen Herzfehler kommt die TR mit 1.3 % vor. Feten mit Trisomie 21 haben in 65% eine TR, Feten mit Trisomie 18 oder 13 in 54%. Bei anderen chromosomalen Störungen ist die TR in 22% nachweisbar (4).

### Frühe Echokardiographie mit Farbdoppleranwendung im I. Trimenon (Abb. 3–6)

Das fetale Herz im I. Trimenon ist 6–10 mm gross und muss im B-Bild stark vergrößert werden. Dadurch wird das Auflösungsvermögen verringert. Die Anwendung des Farbdopplers ist in der Diagnostik entscheidend, da dadurch kleinste Strukturen für welche das Auflösungsvermögen im B-Bild zu gering ist dargestellt werden können. Gute Kenntnisse in der fetalen Echokardiographie im II. Trimenon sind Voraussetzung. Die Untersuchung des fetalen Herzens folgt den gleichen Ebenen und Einstellungsprinzipien. Die Detektionsraten sind abhängig von der Ausbildung des Untersuchers, dem Vorgehen nach Untersuchungsprotokollen und der technischen Ausrüstung.

Die frühe Echokardiographie wurde zunächst transvaginal und mit Hilfe des Farbdopplers durchgeführt (5). Im Vierkammerblick

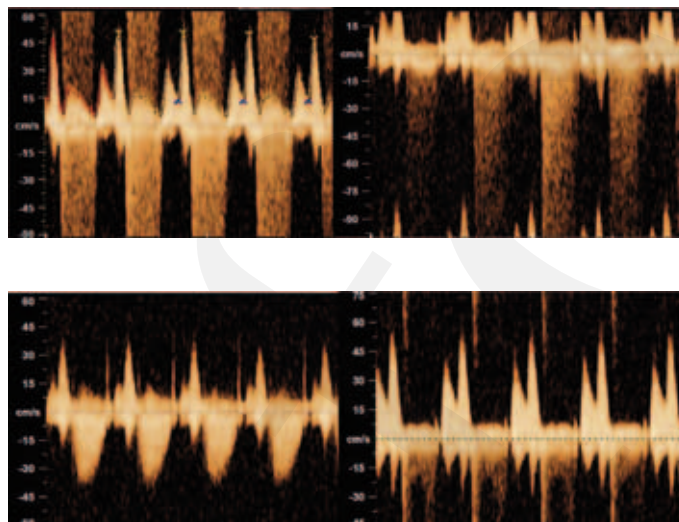


Abb. 2: Doppler über der Trikuspidalklappe.

Obere Reihe: Holosystolische TR >90 cm/Sekunde. Oben links: Euploider Fetus in 13 5/7 Schwangerschaftswoche mit Pulmonalstenose. Oben rechts: Fetus mit AV-Kanal in der 13 5/7 Schwangerschaftswoche und Trisomie 21.

Untere Reihe: Normalbefunde. Keine TR. Unten links: Kontamination mit den Ausflusstrakten. Unten rechts: Klappenverschlussignal

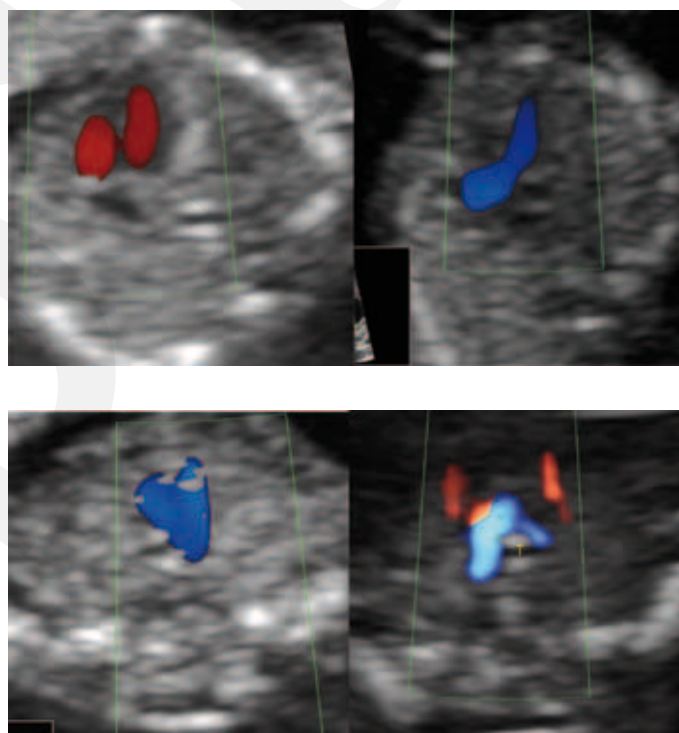
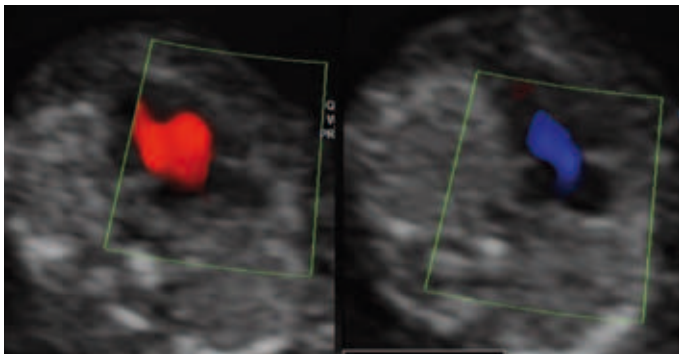


Abb. 3: Normalbefund bis 13 6/7 SSW mit Schwenk von kaudal nach kranial

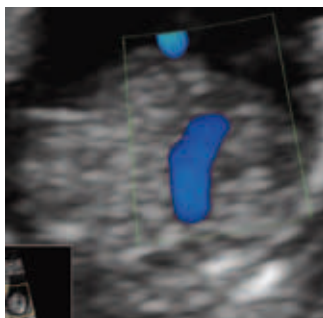
Oben links: Zwei gleich starke und getrennte Einflusstrakte. Oben rechts: Aortenabgang. Unten links: Dreifassblick in mit gleichstarken Kalibern und antegrader Perfusion von Aorta und Pulmonalarterie. Daneben Trachea und Vena cava superior.

Unten rechts: Anderer Fetus in 12 6/7 SSW. Thymusnachweis und normaler Abgang des ersten Kopf-Hals-Gefässes aus dem Aortenbogen. Der Truncus brachiocephalicus mit nicht-aberranter rechter Arteria subclavia liegt vor der Trachea (T). Die aberrante rechte Arteria subclavia gilt als Hinweiszeichen für Trisomie 21. Vorne in rot die beiden parallel verlaufenden arteriae mammae internae rechts und links des Thymus. Bei Mikrodeletion 22q11 mit Thymushypoplasie ist der Verlauf konvergent (12)

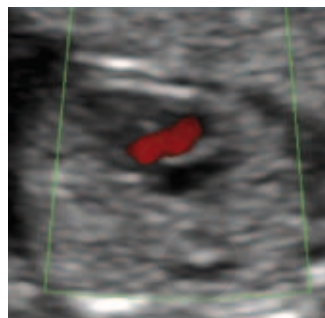




**Abb. 4: AV-Kanal mit Trikuspidalregurgitation. Die beiden Einflusstakte sind nicht getrennt. Rückstrom (Trikuspidalregurgitation) über die gemeinsame AV-Klappe während der Systole in 13 3/7 SSW**



**Abb. 5: Transpositionsstellung der grossen Gefässe. Im Dreigeässblick ist nur ein Gefäss links neben der Trachea zu sehen, welches weit vorne entspringt: Die Aorta in d-Transpositionsstellung. Fetus in 13 6/7 SSW**



**Abb. 6: Ventrikelseptumdefekt. Grosser Links-Rechts-Shunt parallel zur AV-Klappenebene in 13 1/7 SSW**

konnte die Darstellung der Dextrokardie, des AV-Kanals, des univentrikulären Herzens und grosser Ventrikelseptumdefekte gezeigt werden. Ebenso wurde gezeigt, dass die Darstellung von Details der Ausflusstakte wie Aortenabgang, Truncus pulmonalis und die Überkreuzung der grossen Arterien möglich ist (6). Später konnten auch bei transabdominalem Zugang hohe Detektionsraten in angemessener Untersuchungszeit während des Ersttrimesterscreening bis 13 6/7 SSW erreicht werden (7–9). Mit dem Trend der Verschiebung des Organ-screensings vom II. zum I. Trimenon wurde die Visualisierung weiterer Details im Dreigeässblick demonstriert: Die Kaliberdiskrepanz zwischen den grossen Arterien, ein fehlendes Gefäss z.B. bei Transposition der Gefässe oder Pulmonalatresie, Flussumkehr in der Pulmonalarterie oder Aorta oder der rechte Aortenbogen können bereits vor der 14 0/7 SSW gesehen werden (10). Viele schwere Herzfehler können somit bereits im I. Trimenon ausgeschlossen werden (11).

**Literatur:**

- Salomon LJ et al. ISUOG practice guidelines: performance of first-trimester fetal ultrasound scan. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2013;41(1):102-13
- Pereira S et al. Contribution of fetal tricuspid regurgitation in first-trimester screening for major cardiac defects. *Obstet Gynecol* 2011;117(6):1384-91
- Wiechec M et al. First trimester severe ductus venosus flow abnormalities in isolation or combination with other markers of aneuploidy and fetal anomalies. *J Perinat Med* 2015 Jan 20; doi: 10.1515/jpm-2014-0323. [Epub ahead of print]
- Faiola S et al. Likelihood ratio for trisomy 21 in fetuses with tricuspid regurgitation at the 11 to 13 + 6-week scan. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2005;26(1):22-7
- Gembruch U et al. First-trimester diagnosis of fetal congenital heart disease by transvaginal two-dimensional and Doppler echocardiography. *Obstet Gynecol* 1990;75(3 Pt 2):496-8
- Gembruch U et al. Early diagnosis of fetal congenital heart disease by transvaginal echocardiography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1993;3(5):310-7
- Lombardi CM et al. Fetal echocardiography at the time of the nuchal translucency scan. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2007;29(3):249-57

Auch bei erfolgreicher Visualisierung ist die Nachuntersuchung mittels Echokardiographie im II. Trimenon empfohlen. Die Darstellbarkeit kleiner Ventrikelseptumdefekte und kleiner Gefässe wie die Lungenvenen im I. Trimenon ist zwar möglich, bleibt aber schwierig. Das Vollbild mancher Herzfehler (Aorten- oder Pulmonalstenose, Herztumor) kann sich erst im Verlauf der Schwangerschaft entwickeln.

**Sicherheit des Farbdopplers**

Während der Organogenese im I. Trimenon ist die biologische Sicherheit im Ultraschall von höchster Priorität. Die Farbdoppleranwendung führt zur Erhöhung der gesendeten und empfangenen Energie und somit zur Erhöhung der thermischen und mechanischen Belastung der untersuchten Geweberegion. Gemäss des ALARA-Prinzips (As Low As Reasonable Achievable) sollte das Dopplerfenster klein gehalten werden und der Farbmodus zuletzt und kurz eingeschaltet werden. Der mechanische und thermische Index (MI, TI) ermöglichen die Risikoabschätzung. TI < 1 und MI < 1 gelten als sicher. Diese sollten nicht überschritten werden und sind am Monitor kontinuierlich ablesbar. Die Anwendung des Farbdopplers im Rahmen der frühen fetalen Echokardiographie sollte nicht vor der 10 0/7 SSW durchgeführt werden, da das Herz erst zu diesem Zeitpunkt ausgebildet ist. Der optimale Zeitpunkt für den gezielten Einsatz ist, aufgrund hoher Detektionsraten, ab 13 0/7 SSW. Hier gelingt die Beurteilbarkeit in 90–92% der Fälle (13, 14).

**Dr. med. Alice Winkler**

Ultraschalltutorin der SGUMGG  
 DEGUM Stufe II  
 Neue Frauenklinik, Luzerner Kantonsspital  
 alice.winkler@luks.ch

**Take-Home Message**

- ◆ Dopplersonographische Marker erhöhen die Detektionsrate angeborener Herzfehler
- ◆ Die TR oder die negative a-Welle über dem Ductus venosus führt zu einer deutlichen Wahrscheinlichkeitserhöhung von Aneuploidien bei Feten mit normaler und erhöhter nuchaler Transluzenz
- ◆ Dopplersonographische Marker leisten Hilfe bei der Triage zur nicht-invasiven oder unmittelbar invasiven genetischen Abklärung, weil sie die Detektionsrate von Chromosomenstörungen erhöhen und die falsch-negativ-Rate reduzieren
- ◆ Die frühe fetale Echokardiographie ist machbar und wird auch bei unauffälligem Befund durch eine Echokardiographie in der 20.–22. Schwangerschaftswoche ergänzt

- Becker R, Wegner RD. Detailed screening for fetal anomalies and cardiac defects at the 11 – 13 weeks scan. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006;27(6):613-8
- Rasih SV et al. A systematic review of the accuracy of first trimester ultrasound examination for detecting major congenital heart disease. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006;28(1):110-6
- Gardiner H, Chaoul R. The fetal three-vessel and tracheal view revisited. *Semin Fetal Neonatal Med* 2013;18(5):261-8
- Khalil A, Nicolaidis KH. Fetal heart defects: Potential pitfalls of first-trimester detection. *Semin Fetal Neonatal Med* 2013;18(5):251-60
- Paladini D. How to identify the thymus in the fetus: the thy-box. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2011;37(4):488-92
- Smrcek JM et al. Detection rate of early fetal echocardiography and in utero development of congenital heart defects. *J Ultrasound Med* 2006;25(2):187-96
- Haak MC et al. Ultrasound Obstet Gynecol, How successful is fetal echocardiography examination in the first trimester of pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002;20(1):9-13