

Die Untersuchung des fetalen Herzens

Pränatale Erkennung angeborener Herzfehler

Angeborene Herzfehler (AH) führen die Statistik der neonatalen Morbidität und Mortalität an und betreffen 1 von 120 Geburten. Leider gehören AH zu den fetalen Fehlbildungen, die trotz aller Bemühungen pränatal am häufigsten nicht erkannt werden, dabei kann gerade ihre vorgeburtliche Erkennung die Prognose der Betroffenen in vielen Fällen deutlich verbessern.

BORIS TUTSCHEK

Studien berichten über unterschiedliche vorgeburtliche AH-Erkennungsraten. Die Erkennungsraten dürften in erster Linie von der Erfahrung der Untersuchenden und der strikten Befolgung von diagnostischen Checklisten (s.u.) sowie von der mütterlichen Konstitution, der kindlichen Lage und auch von technischen Faktoren abhängen. Die Inanspruchnahme von gezielten Fortbildungen sowie eine geringe Hemmschwelle, Feten, die im Screening keine sicher erkennbar normale Herzmorphologie haben, einer weiterführenden Untersuchung zuzuweisen, sind wichtige Faktoren für die Erhöhung der pränatalen AH-Detektionsrate.

Generell akzeptiert ist mittlerweile, dass die vorgeburtliche sonografische Untersuchung von Feten zweistufig erfolgen sollte:

- durch ein Screening, das allen Schwangeren angeboten wird, sowie
- durch die gezielte weiterführende fetale Echokardiografie bei Indikation.

Die Echokardiografie ist erforderlich, wenn im Screening Auffälligkeiten entdeckt werden oder nicht alle erforderlichen normalen Ansichten erzielt werden können sowie bei Hochrisikofällen (z.B. AH der Schwangeren selbst oder bei einem vorhergehenden Kind). Grundsätzlich ist es nicht Ziel der Screeninguntersuchung, einen vorliegenden Herzfehler genau zu klassifizieren und bis ins letzte Detail zu beschreiben; dies ist die Aufgabe der gezielten fetalen Echokardiografie. Zweck des Screenings ist es vielmehr, durch sorgfältige Untersuchung der normalen Anatomie eventuelle Abweichungen, die zunächst subtil erscheinen können, zu erkennen, um eine fetale Echokardiografie zu indizieren.

Die im Folgenden beschriebene Anleitung für die Basisuntersuchung des fetalen Herzens beim «zweiten Screening» in Anlehnung an die aktuellen Empfehlungen der International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology (www.isuog.org) soll die Erkennungsrate von fetalen AH im Ultraschall maxi-

mieren helfen. Sie soll bei Feten, die aus einer Gruppe mit niedrigem Risiko stammen, als Bestandteil der Routineuntersuchung Anwendung finden. Bei jeglichen Auffälligkeiten und natürlich ganz besonders bei Verdacht auf einen AH wird eine detaillierte fetale Echokardiografie erforderlich.

Faktoren, die die Entdeckungswahrscheinlichkeit beeinflussen

Gestationsalter

Die meisten Untersucher wählen für das fetale Herzscreening ein Gestationsalter zwischen 18 und 22 Wochen. Einige Anomalien können von erfahrenen Untersuchern jedoch auch schon früher erkannt werden, insbesondere wenn eine vorliegende erhöhte Nackentransparenz auf ein erhöhtes Risiko für AH hinweist. Allerdings sollten solche «frühen Echokardiografien», bei denen subtilere Defekte nicht erkennbar oder noch nicht vorhanden sind (Klappenprobleme), Risikofällen vorbehalten bleiben. Das Herzscreening zwischen 20 und 22 Wochen erfordert seltener eine Nachuntersuchung zur abschließenden Beurteilung.

Viele anatomische Strukturen können auch noch nach 22 Wochen ausreichend dargestellt werden, besonders wenn der Fetus nicht dorso-anterior liegt. Jedoch nimmt die Sicht mit einem Gestationsalter von 28 Wochen in der Regel eher ab.

Die genaue Beurteilung einer optimal aufgenommenen Sequenz des Vierkammerblicks (4KB) des Herzens, in der in angehaltenen Bildern separat die Systole und die Diastole beurteilt werden, kann die pränatale Erkennungsrate schwerwiegender AH erhöhen. Allerdings zeigen nur zirka 40% der AH im 4KB deutliche Auffälligkeiten. Daher wird in jüngster Zeit vermehrt vorgeschlagen, im Screening auch die *Ausflustrakte*, also den Abgang von Aorta und Arteria pulmonalis, einzustellen und zu dokumentieren. Weiterhin muss man beachten, dass der 4KB wesentlich mehr beinhaltet als nur das Abzählen von vier

Herzhöhlen. Er erfordert eine detaillierte Betrachtung der individuellen Strukturen (s.u.); ohne diese liegt die Aufdeckrate nur bei zirka 15%.

Weiter ist es wichtig zu beachten, dass einige Anomalien (insbesondere solche mit Klappenstenosen oder Insuffizienzen) erst später in der Schwangerschaft erkennbar werden können.

Technische Überlegungen

Schallköpfe

Höherfrequente Schallköpfe verbessern die Detailwiedergabe, jedoch sinkt mit höherer Sendefrequenz die sonografische Gewebedurchdringung. Daher sollte die jeweils höchstmögliche Schallkopf-frequenz für die gegebene Untersuchungssituation verwendet werden. Neue sonografische Technologien wie «harmonic imaging» oder «speckle reduction» können die Bildqualität (besonders bei Patientinnen mit kräftigeren Bauchdecken) positiv beeinflussen; sie sollten ja nach Erfordernis der Situation verwendet werden.

Bildparameter

Die Grau-Skala-Bilddarstellung (B-Mode) ist immer die Basis einer verlässlichen fetalen Herzuntersuchung. Das Ultraschallsystem sollte auf eine hohe Bildfrequenz mit einem erhöhten Kontrast eingestellt werden. Es sollten eine niedrige Bildpersistenz, eine einzelne Fokuszone und ein relativ schmaler Sektor verwendet werden. Am besten werden solche speziellen «Herzeinstellungen» einmal optimiert, in einem «Preset» im Ultraschallsystem gespeichert und dann bei jeder Herzuntersuchung aufgerufen.

Vergrosserung und «Cine-Loop»

Die Vergrößerung sollte für die fetale Herzuntersuchung so gewählt werden, dass der Thoraxquerschnitt drei Viertel des gesamten Bildschirms ausfüllt.

Die Verwendung des «Cine-Loop», also der Bildspeicherung der letzten untersuchten Sekunden, ermöglicht – nachdem wenige Herzschläge in der korrekten Insonation aufgenommen wurden – diese Bild für Bild durchzumustern. Dabei werden vermehrt Details erkennbar, da moderne Schallgeräte in der Regel ein Vielfaches der Bilder pro Sekunde aufnehmen, die wir mit dem blossen Auge



Abbildung 1: Einstellung des fetalen Vierkammerblicks (4KB).

A. Die Untersuchung beginnt mit einem Querschnitt des Situs abdominalis, auf dem auf der linken Seite der Magen, etwa mittig vor der Wirbelsäule die descendierende Aorta und ventral mittig die Nabelvene dargestellt werden.

B. Durch paralleles Verschieben des Schallkopfs in Richtung fetaler Kopf kommt das Herz im 4KB zur Darstellung.

erkennen können. Die Betrachtung beispielsweise der Enddiastole (AV-Klappen weit geöffnet, Herzkammern maximal gefüllt) und der Endsystole (AV-Klappen geschlossen, Herzkammern kleiner) erleichtern oder ermöglichen gar erst die Erkennung mancher Ventrikelseptumdefekte sowie insbesondere bestimmter häufiger fetaler Herzfehler wie das AVSD (atrioventrikulärer Septumdefekt, früher auch AV-Kanal genannt) (Abbildung 4).

Der Vierkammerblick (4KB) in der Screeninguntersuchung

Der 4KB umfasst nicht nur den Nachweis von vier Herzhöhlen, sondern ist eine detaillierte Untersuchung des fetalen Herzens auf der Ebene eines Herzlängsschnitts (d.h. im fetalen Thoraxquerschnitt), bei dem sorgfältig eine Reihe spezifischer Kriterien beurteilt werden. Die Technik der Einstellung des 4KB zeigt *Abbildung 1* und eine detaillierte Ansicht *Abbildung 2*. Beachte: Nur die maximale Vergrößerung auf dem Bildschirm (d.h. der Thorax füllt das Sichtfeld) ermöglicht die detaillierte Betrachtung. Je nach Insonation – lateral oder apikal – werden entweder die Herzwände und insbesondere das Ventrikelseptum einerseits oder die AV-Klappen andererseits besser erkennbar (*Abbildung 3*). Die essenziellen Elemente der 4KB-Beurteilung sind in *Tabelle 1* aufgelistet.

Grösse und Lage

Ein normales fetales Herz im 4KB nimmt knapp ein Drittel der Querschnittsfläche des Brustkorbs ein. Das normale Herz



Abbildung 2: Screeninguntersuchung des fetalen Herzens: der Vierkammerblick (4KB)

Schlüsselemente des normalen 4KB (hier apikale Insonation, Bild aus der Systole) umfassen ein intaktes Ventrikel- und Vorhofseptum. Der linke und der rechte Ventrikel sind etwa gleich gross. Prominentere Muskelfasern an der Spitze des rechten Ventrikels («Moderatorband») ermöglichen u.a. die Identifizierung des rechten Ventrikels. Ein weiteres Kriterium, das den rechten Ventrikel auszeichnet, ist, dass das septale Trikuspidalklappensegel etwas tiefer (apikal) ansetzt als das der linken Kammer. Beachte: Auf der Rückseite des linken Vorhofs sind die Mündungen von 2 der 4 Lungvenen erkennbar.

liegt zu zwei Drittel im linken Thorax, und die normale fetale Herzachse ist um zirka 40 Grad nach links gewendet. Die Herzachse und -position sollten besonders sorgfältig beurteilt werden, denn sie können auch bei nur unzureichender Darstellung des 4KB einfach erkannt werden, und Abweichungen weisen unter Umständen auf schwerwiegende Probleme hin.



Abbildung 3: Beurteilung der Systole und Diastole im normalen 4KB bei unterschiedlicher Insonationsrichtung.

A. Systole, apikale Insonation.

B. Diastole, apikale Insonation.

C. Von lateral zeigt sich besonders gut das Septum interventriculare (Inlet-Anteil).

Beachte: Nur durch die Nutzung der «Cine-Loop»-Funktion können im apikalen 4KB die Trikuspidalklappe (rechts) und die Mitralklappe (links) getrennt geschlossen (Systole, A.) und geöffnet (Diastole, B.) suffizient eingesehen werden.

Tabelle 1:

Checkliste Vierkammerblick

Allgemein

Herzsitus: zu zwei Drittel im linken Hemithorax

Herzachse: von der Sagittalen um 40° nach links gewendet

Herzgrösse: seine Fläche nimmt ein Drittel der Thoraxfläche ein

Es sind vier Herzhöhlen nachweisbar.

Weder ein Perikarderguss noch verdickte Herzwände (Hypertrophie) sind erkennbar.

Atrien

Beide Atrien sind etwa gleich gross.

Die Atrien sind durch ein Septum getrennt, in dem das Foramen ovale erkennbar ist.

Die Foramen-ovale-Klappe bewegt sich im linken Atrium.

Das Septum primum ist vorhanden, das heisst, es besteht eine «Verlängerung» der Kammerscheidewand zwischen den Atrien.

Ventrikel

Die Ventrikel sind etwa gleich gross.

Der linke Ventrikel ist schlanker und bildet die Herzspitze.

An der Spitze des rechten Ventrikels befinden sich prominente Muskelfasern (Moderatorband).

Das Ventrikelseptum ist durchgehend (vom Apex bis zur Crux).

AV-Klappen

Beide AV-Klappen öffnen und bewegen sich frei.

In der Diastole sind beide AV-Klappen geöffnet, aber das Ventrikelseptum ist durchgehend bis zum Septum primum erkennbar.

Das septale Trikuspidalsegel inseriert weiter apikal als das septale Mitralsegel.

Anatomische Strukturen des 4KB

Die Herzvorhöfe sind unterschiedlich geformt, aber orientierend gleich gross; sie sind durch das Foramen ovale verbunden. Ein auffallend grosser Vorhof liegt zum Beispiel bei Insuffizienz der AV-Klappe vor. Im normalen linken Vorhof sieht man im bewegten Bild die Foramen-ovale-Klappe. Zur AV-Klappenebene hin muss in Verlängerung des Ventrikelseptums ein niedrig ansetzender Rand des Vorhofseptumgewebes, das Septum primum, nachweisbar sein. Beide Ventrikel sollten ähnlich gross sein und keinen Anhaltspunkt für Wandverdickungen geben. Das hypoplastische Links-Herz-Syndrom und die Koarktation der Aorta sind wichtige mögliche Ursachen für unterschiedlich grosse Ventrikel. Das Ventrikelseptum sollte im 4KB von der Herzspitze (Apex) bis zur Kreuzung mit der AV-Klappenebene (dem sog. Crux cordis) sorgfältig auf Wanddefekt untersucht werden (dieser Bereich wird Inlet-Septum genannt). Aber auch der Teil des Ventrikelseptums, der zum Abgang der Aorta führt (Outlet-Septum) kann Defekte aufweisen (siehe auch: septo-aortale Kontinuität, Abgang der grossen Gefässe), vor allem beim Fallot'schen Herzfehler, der mit einem täuschend normalen 4KB einhergehen kann.

Zwei getrennte atrio-ventrikuläre Klappen sind am normalen fetalen Herzen im Ultraschall erkennbar: auf der rechten Seite die Trikuspidalklappe, links die Mitralklappe. Beide sollten als getrennte

Die sogenannten Situsanomalien liegen dann vor, wenn Herz und Baucheingeweide nicht auf der richtigen Seite liegen, also das Herz mittig oder rechts oder der Magen rechts liegen. Gerade eine anomale Herzachse ist sehr leicht zu erkennen, erhöht aber das Risiko für das Vorliegen eines Herzfehlers deutlich, wobei dann besonders die Ausflusstrakte betroffen sein können.

Einige fetale Herzen zeigen eine anomale Lage, weil sie aus ihrer üblichen Lage anterior links im Brustkorb verdrängt sind. Eine abnorme Herzlage kann durch eine Zwerchfellhernie oder eine andere Raumforderung wie Lungenzysten bedingt sein. Findet sich ein sonst normal erscheinendes fetales Herz auf der rechten Thoraxseite, liegt meist ein Zwerchfellbruch vor.

Klappen und sowohl offen als auch geschlossen dokumentiert werden. Das septale Segel der Trikuspidalklappe inseriert am Septum etwas weiter apikal als das der Mitralklappe (d.h. es bildet im Normalfall eine «Stufe»).

Eine abnorme Ausrichtung der Atrioventrikularklappen kann ein Hinweiszeichen für einen strukturellen Herzfehler, insbesondere für einen atrioventrikulären Septumdefekt (AVSD) sein. Für die Beurteilung der AV-Klappen sollte die Insonation möglichst von apikal erfolgen, und es muss der «Cine-Loop» verwendet werden, um die Klappenebene bei geschlossenen (Systole) und geöffneten Klappen (Diastole) zu beurteilen (Abbildung 3); nur in der Diastole ist so ein AVSD sicher erkennbar (Abbildung 4).

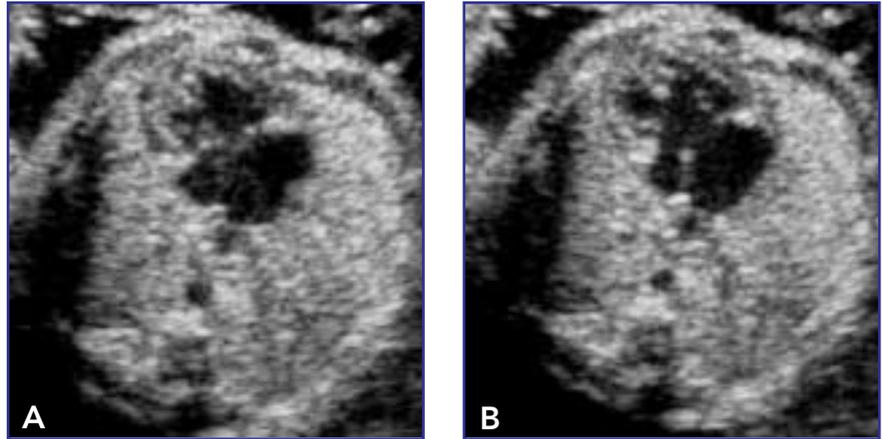


Abbildung 4: Pathologischer 4KB bei atrioventrikulärem Septumdefekt (AVSD, früher: AV-Kanal), einem der häufigsten fetalen Herzfehler, der die kardiale Leitfahrbildung für Trisomie 21 darstellt.

- A. 4KB bei AVSD in der Systole (geschlossene AV-Klappen) mit fast normalem Erscheinungsbild.
- B. 4KB bei AVSD in der Diastole: Erst bei der Öffnung der pathologischen gemeinsamen AV-Klappe in der Diastole wird der Defekt deutlich sichtbar.

Herzfrequenz und -rhythmus

Neben der Struktur des Herzens werden im 4KB auch Herzfrequenz und -rhythmus beurteilt. Die normale Herzfrequenz liegt zwischen 110 und 160 Schlägen pro Minute.

Eine passagere, kurzfristige (bis ca. 20 Sekunden dauernde) Bradykardie kann bei normalen Feten im zweiten Trimester auftreten. Eine dauerhafte Bradykardie erfordert zeitnah eine erweiterte Untersuchung, das heisst eine vollständige fetale Echokardiografie (u.a. zum Ausschluss eines möglichen fetalen Herzblocks und schwerer struktureller AH).

Gelegentliche Extrasystolen erhöhen das Risiko für das Vorliegen eines AH nicht, können aber selten zu klinisch relevanten Frequenz- oder Rhythmusstörungen führen und stellen dann ebenfalls eine Indikation zur fetalen Echokardiografie dar.

Eine milde Tachykardie (> 160/min) kommt beispielsweise während fetalen Bewegungen vor; eine persistierende Tachykardie muss jedoch hinsichtlich «fetal distress» und relevanter Tachyarrhythmien abgeklärt werden.

Die Ausflusstrakte in der Screeninguntersuchung

Wenn immer technisch möglich sollen im Screening die Ausflusstrakte, also die Abgänge von Aorta und Arteria pulmonalis (die «grossen Arterien»), dargestellt werden, weil nur ihre Untersuchung die Detektionsrate schwerwiegender AH über das mit dem 4KB Mögliche hinaus

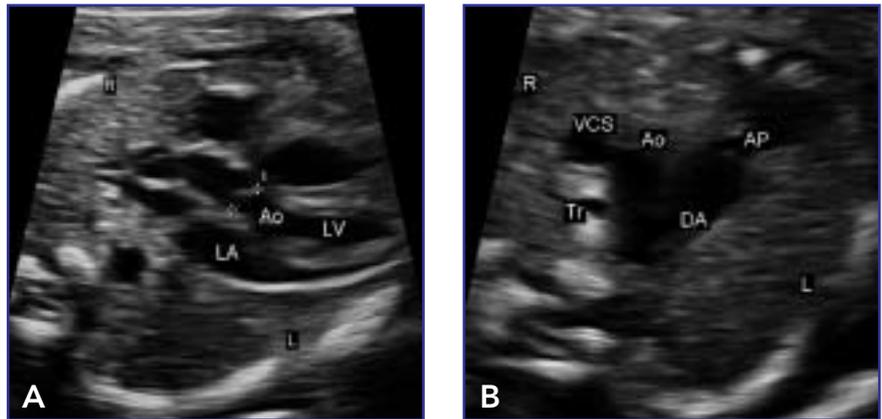


Abbildung 5: Screeninguntersuchung des fetalen Herzens mit 4KB und Ausflusstrakten.

- A. Durch paralleles Verschieben des Schallkopfes aus dem 4KB in Richtung auf den fetalen Kopf wird nun zuerst der Abgang der Aorta (Ao) aus dem linken Ventrikel (LV) sichtbar (LA, linkes Atrium). Der Übergang vom (Outlet-Anteil des) Septum interventriculare zur Aortenwurzel wird als septo-aortale Kontinuität bezeichnet (in der Abbildung mit «1» bezeichnet, markiert Messung der Weite des Aortenklappenrings).
- B. Direkt kranial des Aortenabgangs kommt der Abgang der Arteria pulmonalis (AP) aus dem retrosternal gelegenen rechten Ventrikel zur Darstellung, häufig im sogenannten Drei-Gefässe-Blick (bzw. Drei-Gefässe-Trachea-Blick). Dieser Blick zeigt die relative Lage der Pulmonalarterie (AP), der Aorta (Ao) und der oberen Hohlvene (VCS) sowie den Ductus arteriosus (DA) und die Trachea (Tr) im oberen Mediastinum. Zu beachten sind die Anordnung sowie die Grössenverhältnisse der drei Gefässe: Die AP hat den grössten Durchmesser und liegt am weitesten anterior, die VCS ist am schmalsten und liegt am weitesten posterior.

deutlich erhöht. Praktisch nur mit der gezielten Untersuchung der Ausflusstrakte können zum Beispiel die sogenannten konotrunkalen Anomalien wie die Fallot'sche Tetralogie, die Transposition der grossen Arterien, der «double-outlet-right-ventricle» (DORV) und den Truncus arteriosus erkannt werden.

Als Minimum der erweiterten Screeninguntersuchung müssen nacheinander die grossen Arterien mit normalerweise etwa gleich grossen Durchmessern dargestellt werden.

Die Aorta geht als erstes Gefäss kranial des 4KB ab. Für ihre Beurteilung ist es wichtig, den Übergang vom Ventrikelseptum (outlet) zur Aortenwurzel zu dokumentieren (septo-aortale Kontinuität; Abbildung 5A). Ein Teil der Ventrikelseptumdefekte (Outlet-VSD) betreffen diesen Übergang, zeigen aber auf der Schnittebene der AV-Klappen (also im Inlet-Septum) einen normalen 4KB.

Wird der Schallkopf nach kranial parallel verschoben, kommt direkt oberhalb des Aortenabgangs die Arteria pulmonalis

Tabelle 2:

Typische Indikationen für die fetale Echokardiografie

Klassische mütterliche Indikationen

<i>Familienanamnese:</i> erstgradige Verwandte mit AH
<i>präexistente Stoffwechselerkrankungen:</i> Diabetes, Phenylketonurie
<i>Mütterliche Infektionen:</i> Parvovirus, Röteln, Cocksackie
<i>Exposition von kardialen Teratogenen:</i> Retinoide, Phenytoin, Carbamazepin, Lithium, Valproinsäure
<i>Mütterliche Antikörper:</i> anti-Ro (SSA), anti-La (SSB)

Fetale Indikationen

vermuteter Herzfehler
unzureichende Sicht bzw. Nichterzielen der Standardsichten im Screening
fetale Aneuploidie
schwerwiegende extrakardiale Fehlbildung
erhöhte NT: $\geq 3,0$ mm vor 14+0 Wochen
fetale Herzfrequenz- oder -Herzrhythmusstörung: persistierende Bradykardie, Tachykardie oder Arrhythmie

(AP) zur Darstellung. Die AP entspringt aus dem unmittelbar retrosternal gelegenen rechten Ventrikel (Abbildung 5B) und kreuzt etwa im rechten Winkel kranial über die Aorta; diese «Überkreuzung der grossen Arterien» kann nur durch die sequenzielle Untersuchung (erst Aorta, dann weiter kranial A. pulmonalis) erzielt werden, weil die sich kreuzenden Gefässe in unterschiedlichen Ebenen verlaufen. Ein entscheidendes Kennzeichen der AP ist, dass sie sich nach kurzem Verlauf gabelt, das heisst sich in die pulmonalen Hauptstämme (zuerst in die rechte, dann in die linke Lungenschlagader) teilt, bevor sie ihren weiteren Verlauf als Ductus arteriosus nimmt.

Entscheidend für die Beurteilung der grossen Arterien ist also, dass

1. zwei etwa gleich grosse Gefässe nachweisbar sind
 2. sie sich im rechten Winkel überkreuzen.
- Diese «Überkreuzung der grossen Gefässe» bezieht sich auf ihre Verläufe direkt nach Abgang aus dem linken respektive rechten Ventrikel. Das heisst aber auch, dass diese Gefässe nicht in einem Bild kreuzend dargestellt werden können, sondern in zwei Bildern dokumentiert werden müssen. Wenn dies bei ausreichenden Schallbedingungen nicht gelingt, muss eine weitergehende Untersuchung veranlasst werden.

Eine sehr effektive Sicht zur Beurteilung der, gemäss normaler Anatomie, grossen Gefässe ist der «Drei-Gefässe-Blick» (3GB), in dem die Arteria pulmonalis, die ascendierende Aorta und die obere Hohlvene in Bezug auf ihre relativen Lagen und Grössen untersucht werden (Abbildung 5B). Der 3GB ist deshalb so effektiv, weil er einerseits bei normaler Anatomie für viele Untersucher einfach und schnell durchzuführen ist, andererseits bei der Mehrzahl der Fehlbildungen der grossen Arterien nicht in typischer Weise eingestellt werden kann.

Die vollständige fetale Echokardiografie

Die Details der spezialisierten, vollständigen fetalen Echokardiografie sprengen den Rahmen dieser Übersicht. Die im Screening Tätigen müssen aber die Indikationen zur Überweisung zur fetalen Echokardiografie kennen.

Die Mehrzahl der fetalen Herzfehler betrifft Schwangere ohne «klassische» Risikofaktoren, sodass diese Indikationen nicht ausreichend sind, um die vorgeburtlichen Erkennungsraten von AH zu verbessern. Deshalb kann nur die Kombination aus sorgfältigem Screening als Angebot an alle Schwangere und die korrekte Indikation einer fetalen Echokardiografie zur besseren pränatalen Erkennung der AH führen.

Eine fetale Echokardiografie sollte dann angeboten respektive durchgeführt werden, wenn

- anamnestische Risikofaktoren für einen fetalen Herzfehler vorliegen (Tabelle 2)
- das fetale Herz im Screening nicht ausreichend einsehbar ist
- die Nackenfaltendicke (nuchal translucency, NT) 3 mm oder mehr beträgt (auch wenn die NT sich im Verlauf wieder «normalisiert»)
- bei der anatomischen Untersuchung (d.h. beim 1. oder 2. Screening) andere strukturelle Auffälligkeiten gefunden wurden.

Die fetale Echokardiografie sollte durch Spezialisten (für Pränataldiagnostik AH) erfolgen. Zusätzlich zu den Informationen aus der Screeninguntersuchung kann eine detaillierte Analyse der Herzstrukturen und -funktion den viszerotriatrialen Situs, die Verbindungen der systemischen und der Lungenvenen, die atrioventrikulären Verbindungen, die ventrikuloarteriellen Verbindungen, die Lagebeziehungen der grossen Gefässe und die sagittalen Ansichten des Aorten- und des Pulmonalisbogens weiter beschreiben.

Erweiterte sonografische Techniken wie Dopplerultraschall können zur Bestimmung der Blutflussgeschwindigkeiten oder abnormer Flussmuster an den Herzklappen oder in den Herzkammern eingesetzt werden. Die M-Mode-Echokardiografie ist eine wichtige Technik zur Analyse kardialer Herzrhythmusstörungen bei vermuteter ventrikulärer Dysfunktion und bei anomaler Wanddicke. In manchen Fällen kann auch die Volumensonografie (bzw. 3D/4D-Sonografie) bei der detaillierten Untersuchung helfen, sie hat im Screening aber keinen Platz. ■



Prof. Dr. med. Boris Tutschek
 Universitätsklinik für Frauenheilkunde
 Inselspital Bern
 3010 Bern
 E-Mail: tutschek@me.com
 boris.tutschek@insel.ch

Literatur beim Verfasser.