

Diagnostische Standards des Kompetenznetzes Angeborener Herzfehler

Transthorakale Echokardiographie - Gewebedoppler

Petra Böttler und Axel Rentzsch
für Querschnittsprojekt Echokardiographie, KN AHF

1. Allgemeines

2. Apparative Voraussetzungen

3. Dokumentation

- 3.1 Monitorbild
- 3.2 Dokumentation der Untersuchung
- 3.3 Befundbericht

4. Datenakquisition

- 4.1 Zweidimensionale und M-Mode-Echokardiografie
- 4.2 Doppler-Echokardiografie
- 4.3 Gewebedoppler-Echokardiografie
- 4.4 2D Strain

5. Literatur

Abkürzungen

AK	Aortenklappe
CW	continuous wave
KN AHF	Kompetenznetz Angeborene Herzfehler
LA	linker Vorhof
LPA	linke Pulmonalarterie
MHz	Megahertz
MK	Mitralklappe
PK	Pulmonalklappe
PW	pulsed wave
RA	rechter Vorhof
RPA	rechte Pulmonalarterie
RVSP	systolischer Blutdruck im rechten Ventrikel
RVOT	rechtsventrikulärer Ausflusstrakt
TK	Trikuspidalklappe
TVI	Tissue Velocity Imaging (Gewebedoppler)

1. Allgemeines

Die Echokardiografie hat als nichtinvasive Untersuchungsmethode die Diagnostik angeborener Herzfehler wesentlich erleichtert und verbessert. Ohne Strahlenbelastung werden pathologische Veränderungen schnell nachgewiesen oder ausgeschlossen. Daher kann die Untersuchung zur Verlaufskontrolle beliebig oft wiederholt werden. Sie ist einfach durchzuführen, transportabel und gibt Informationen über die Morphologie des Myokards (Wanddicke, Herzhöhlen, Klappen) und die Funktion der Herzklappen. Mit Hilfe der Doppler-Echokardiographie können Blutflüsse innerhalb des Herzens und der großen Gefäße dargestellt werden.

2. Apparative Voraussetzungen

Für die im Folgenden beschriebenen echokardiographischen Untersuchungstechniken sollten elektronische Sektor-Scanner eingesetzt werden. Nur bei Früh- und Neugeborenen oder auch bei fetalen Untersuchungen kann in Einzelfällen ein hochauflösender Linearschallkopf (5 MHz oder mehr) verwendet werden, da hier auf Grund der noch inkompletten Verknöcherung des Thoraxskelettes eine gute Darstellung der im Nahbereich befindlichen kardialen Strukturen möglich ist.

Auf Grund der variablen Körpergröße von Kindern müssen Schallköpfe mit unterschiedlichen Frequenzbereichen zur Verfügung stehen (Frühgeborene 7,0 MHz oder mehr, Neugeborene 5,0 MHz oder mehr, Kleinkinder 5 MHz, Schulkinder und Jugendliche 2,0 –3,5 MHz). Für die Untersuchung soll der Schallkopf mit der höchstmöglichen Frequenz verwendet werden. Methodenspezifische Empfehlungen werden nachfolgend unter den einzelnen Verfahren angegeben.

Die Bildfrequenz muss so hoch sein, dass eine Echtzeit-Darstellung möglich ist; sie muss daher mindestens 25 Bilder pro Sekunde betragen. Bei Neugeborenen ist auf Grund der höheren Herzfrequenzen eine Bildfrequenz von mindestens 50/Sekunde zu empfehlen. Der Bildsektor soll möglichst variabel sein und einen maximalen Sektorwinkel von 80–90° aufweisen, um einen ausreichenden Überblick zu gewährleisten. Durch Verkleinerung des Sektors auf 30 – 60° ist eine Erhöhung der Bildfrequenz möglich.

Für die Durchführung der Gewebedoppleraufnahmen wird eine zusätzliche Ausstattung des Ultraschallgerätes benötigt (Option Gewebedoppler). Die Fortentwicklung der Methode („2D Strain“, s. 4.4) ermöglicht dagegen die Auswertung konventioneller

2D Bilder. Diese Methode ist bei Kindern noch nicht evaluiert, ist aber wesentlich anwenderfreundlicher als die Gewebedopplermethode und damit in der Klinik breiter einsetzbar. Für die Auswertung beider Techniken sind entweder eine bestimmte Software (z.B. Gewebedopplerauswertung auf dem Gerät selbst) oder eine Auswertestation (für 2D Strain- bzw. Gewebedopplerauswertung) notwendig.

Die echokardiographische Untersuchung soll mit simultaner EKG-Registrierung erfolgen, um eine herzphasengesteuerte Interpretation durch die R-Zacken-Erkennung zu ermöglichen.

3. Dokumentation

3.1 Monitorbild

Auf dem Monitorbild müssen Untersuchungsdatum und Uhrzeit, die Institution, an der die Untersuchung erfolgt, der Untersucher und der Patient erkennbar sein. Die Patientenidentifikation sollte in Form des Patientennamens oder einer Identifikationsnummer zusammen mit dem Geburtsdatum erscheinen.

3.2 Dokumentation der Untersuchung

Die gesamte Untersuchung sollte in digitaler Form als Rohdatensatz gespeichert werden. Dabei werden lokale Datenserver oder transportable Speichermedien (DVD, MODisk) verwendet. Die Speicherung auf Videoband ist zu vermeiden, da eine nachträgliche Analyse der Rohdaten so nicht mehr möglich ist. Neben Standbildwiedergaben und PW-/CW Dopplerkurven müssen in den Standardschnittebenen auch Cineloop-Sequenzen gespeichert werden, die jeweils etwa 3 bis 6 Herzzyklen umfassen sollten.

Eine zusätzliche Dokumentation von Standbildern als Papierausdruck ist für den internen Gebrauch, für zuweisende Kollegen sowie für Aus- und Fortbildungszwecke hilfreich.

3.3 Befundbericht

- a) Angaben zur Patienten- und Untersucheridentifikation: Name, Geburtsdatum, Echo-Nr., Datum der Untersuchung, Untersucher
- b) Angabe der klinischen Diagnose und der Fragestellung/Indikation
- c) Angaben zur Vollständigkeit der erhobenen Standbilder und Cineloops

- d) Qualitative und quantitative Befundbeschreibung
- e) Zusammenfassende Interpretation der Befunde und Beurteilung
- f) Eigenhändige Unterschrift des Untersuchers

4. Datenaquisition

Die Untersuchung kann in der Regel am wachen Patienten erfolgen. Gelegentlich kann bei abwehrenden Säuglingen und Kleinkindern eine Sedierung erforderlich sein. Eine Überwachung des Patienten bis zum Ende der Wirkung des Sedativums muss gewährleistet sein.

Der Patient wird auf der Untersuchungsfläche mit leicht erhobenem Oberkörper (45°) auf der linken Seite liegend untersucht. Die linke Hand kann unter den Kopf gelegt werden, damit der linke Oberarm nach kranial bewegt und die Rippenzwischenräume vergrößert werden. Während der gesamten Untersuchung soll simultan eine EKG-Registrierung erfolgen. Die Ableitung sollte so gewählt werden, dass eine positive P- und R-Welle erkennbar ist. Desweiteren sollte auf eine möglichst konstante Herzfrequenz geachtet werden, Abweichungen sollten maximal +/- 10% nicht überschreiten.

4.1 Zweidimensionale und M-Mode-Echokardiografie

Für zweidimensionale Echoaufnahmen (2D) sollte eine Bildrate von 60 bis 100 Bildern pro Sekunde erreicht werden. Die Darstellung soll mindestens 256 Graustufen enthalten und eine abgestufte Tiefenverstärkung muss möglich sein, wie sie bei modernen Echogeräten in der Regel verfügbar ist. Die Abbildungsqualität für M-Mode Aufnahmen erfordert mindestens 64 Graustufen.

Für die standardisierte Datenaquisition werden im Rahmen des KN AHF folgende Standbilder und Cineloops aufgenommen:

1a Lange Achse M-mode - Standbild

M-mode auf Höhe der Spitze des posterioren Mitralklappensegels (basaler Myokardabschnitt)

1b Lange Achse 2D - Loop

Linker Ventrikel mit Aortenklappe und anteriorem und posteriorem Mitralklappenanteil

2a 4-Kammer-Blick 2D (Ventrikel) - Loop

4 Kammern mit beiden AV-Klappen, Endokard und Myokard beider Ventrikel dargestellt

2b 4-Kammer-Blick 2D (Vorhöfe) - Loop

4 Kammern mit beiden AV-Klappen, beide Vorhöfe mit maximaler Fläche dargestellt

3a Kurze Achse 2D (LV) - Loop

Runder Schnitt durch linken Ventrikel auf Papillarmuskelhöhe, RV angeschnitten

3b Kurze Achse 2D (Pulmonalklappe) - Loop

Höhe der Herzbasis mit LA, RA, TK, Aorta quer und Pulmonalklappe

3c Optional bei Stenose der Pulmonalgefäße - Hauptstamm bzw. LPA/RPA Kurze Achse 2D (Pulmonalgefäße) - Loop

Höhe der Aorta mit Aorta quer, RVOT, Pulmonalarterienhauptstamm, LPA und RPA

4.2 Doppler-Echokardiografie

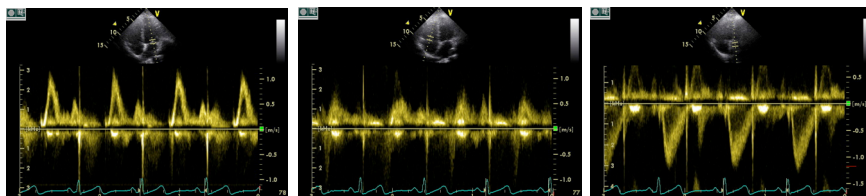
PW/CW-Doppler

Der Wandfilter ist so einzustellen, dass die Flusskurve fast die Nulllinie berührt. , möglichst AK-/PK-Öffnung und Schluss durch senkrechte weiße Linie erfassen. Der Messbereich muss dafür evtl. vergrößert werden, Klappenschluss und PW Kurvenende (z.B. Ende der A-Welle) sollen gut erkennbar sein.

- 3-6 Zyklen, möglichst gleichmäßige Kurven, im PW-Modus 2D-Taste aktivieren (2D-Bild steht, bessere Dopplerkurve), Aufzeichnung mit 50-66,7 mm/s.

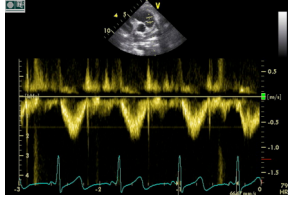
4a PW- bzw. CW-Doppler der MK, TK, AK - Standbild

PW-Doppler-Messbereich auf Klappenringhöhe



4b PW- bzw. CW-Doppler der PK - Standbild

PW-Doppler-Messbereich auf Klappenringhöhe



4c *Optional bei Stenose der MK, TK, AK oder PK*

PW- bzw. CW-Doppler des Stenosebereichs - Standbild

4d *Optional bei Insuffizienz der MK, TK, AK oder PK*

(a) Farbdoppler der Klappeninsuffizienz in ihrer größten Ausdehnung - Loop

(b) PW- bzw. CW-Doppler des Insuffizienzflusses über der Klappe und ggf. in nachgeschalteten Bereichen

PI: Doppler über Pulmonalklappe, in PA Hauptstamm und LPA/RPA - Loops

AI: Doppler über Aortenklappe und in Aorta ascendens/descendens - Loops

TI: Doppler über Trikuspidalklappe - Loop

MI: Doppler über Mitralklappe - Loop

4e *Falls ASD, VSD oder PDA*

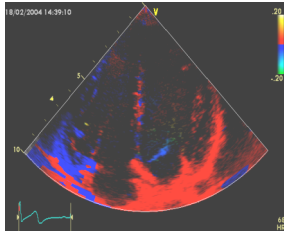
Darstellung der Morphologie im Farb- und PW/CW-Doppler - Loop

4.3 Gewebedoppler-Echokardiografie

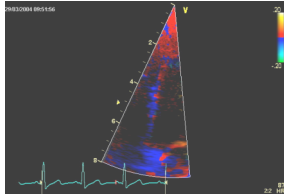
Vor dem Zuschalten des Gewebedoppler-Modus sollte eine optimale, d.h. kontrastreiche und lungenfreie Darstellung der jeweiligen Wände als 2D-Loop erfolgen. Zur Erhöhung der Bildrate ist der Sektorwinkel auf die zu untersuchende Wand zu beschränken. Es ist darauf zu achten, dass die Herzbewegung möglichst parallel zum Ultraschallstrahl erfolgt, was durch Veränderung des Neigungswinkels des Sektors erlangt werden kann. Wiederholungsartefakte (reverberation artefacts), die durch Reflexion des Schalls an der Thoraxinnenseite entstehen, sind durch Veränderungen der Schallkopfposition zu vermeiden.

Nach dem Zuschalten des Gewebedoppler-Modus ist die Pulsrepetitionfrequenz so zu optimieren, dass eine möglichst hohe Bildrate dargestellt wird (>200 bps). Ein Aliasing des Myokarddopplersignals ist dabei zu vermeiden. Es sind loops mit mindestens 3 Zyklen (4 QRS-Komplexe) aufzunehmen. Eine kurze Qualitätskontrolle der Kurven kann mit der Q-Analyse-Funktion am Echogerät erfolgen (keine hohen „Ausreisser“-Ausschläge = kein Aliasing).

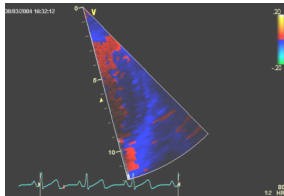
4-Kammer-Blick Gewebedoppler breit (4 QRS-Komplexe TVI) - Loop



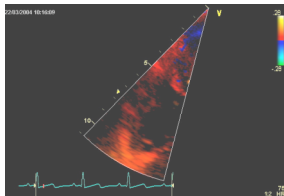
6a Septum schmal (4 QRS-Komplexe TVI) - Loop



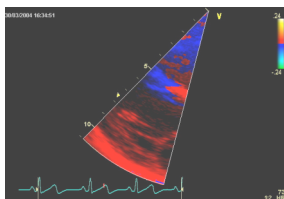
6b LV schmal (4 QRS-Komplexe TVI) - Loop



6c RV schmal (4 QRS-Komplexe TVI) - Loop

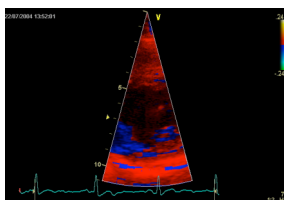


7a Lange Achse schmal (4 QRS-Komplexe TVI) - Loop



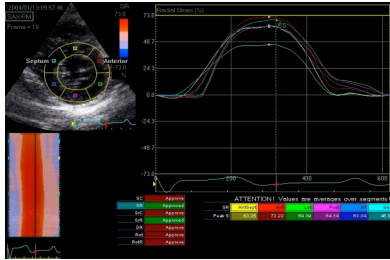
7b Falls 7 a nicht möglich

Kurze Achse schmal (4 QRS-Komplexe TVI) - Loop



3 Kurze Achse 2D (LV) Loop

Runder Schnitt durch linken Ventrikel auf Papillarmuskelhöhe, RV angeschnitten



Vorteile dieser neuen Methode:

- Einfache winkelunabhängige Aufnahme (2D Tracking)
- Zeitersparnis durch vereinfachte Auswertung bei Teilautomatisierung (Endokardgrenzenmarkierung)

4.5 Strain Auswertung

Folgende Parameter können für die Beurteilung der globalen bzw. regionalen Myokardfunktion herangezogen werden:

Longitudinale Funktion (LV, RV und Septum)

IVA_4-Kammer_LV

Vel_S_Welle_4-Kammer_LV_basal

Vel_E-Welle_4-Kammer_LV_basal

Vel_A-Welle_4-Kammer_LV_basal

Strain_sys_4-Kammer_LV_basal, mid und apikal

Strain-Rate_S-Welle_4-Kammer_LV_basal, mid und apikal

Strain-Rate_E-Welle_4-Kammer_LV_basal, mid und apikal

Strain-Rate_A-Welle_4-Kammer_LV_basal, mid und apikal

Radiale Funktion (LV Hinterwand)

Vel_S_Welle_kurze_Achse_LV_Hinterwand

Vel_E-Welle_kurze_Achse_LV_Hinterwand

Vel_A-Welle_kurze_Achse_LV_Hinterwand

Strain_sys_kurze_Achse_LV_Hinterwand

Strain-Rate_S-Welle_kurze_Achse_LV_Hinterwand

Strain-Rate_E-Welle_kurze_Achse_LV_Hinterwand

Strain-Rate_A-Welle_kurze_Achse_LV_Hinterwand

5. Literatur

Boettler P et al. (2005) Heart rate effects on strain and strain rate in healthy children. J Am Soc Echocardiogr 18:1121-30 (**Normwerte Strain**)

Gilman G et al. (2004) Strain rate and strain: a step-by-step approach to image and data acquisition. J Am Soc Echocardiogr 17:1011-20

Hoffmann R et al. (2004) Positionspapier zu Qualitätsstandards in der Echokardiographie Z Kardiol 93:975-86

Kapusta L et al. (2000) Assessment of myocardial velocities in healthy children using tissue Doppler imaging. Ultrasound Med Biol 26:229-37 (**Normwerte Velocities**)

Langeland, S et al. (2005) Experimental validation of a New Ultrasound Method for the simultaneous Assessment of radial and longitudinal myocardial deformation independent of insonation angle. Circulation 112:2157-62.

Schmidt KG et al. (1999) Qualitätsstandards für die Echokardiographie bei Kindern und Jugendlichen. Empfehlungen der DGPK zur Durchführung von echokardiographischen Untersuchungen im Kindes- und Jugendalter. Z Kardiol 88: 699-707

Weidemann F et al. Quantification of regional left and right ventricular radial and longitudinal function in healthy children using ultrasound-based strain rate and strain imaging. J Am Soc Echocardiogr 2002;15:20-8. (**Normwerte Strain**)