

Meinrad Beer, Clemens Wirth, Celine Siau, Johannes Wirbelauer

Kernspintomographie des Herzens in der Pädiatrie: Blick ins Herz ohne schädliche Strahlen - vom Säugling bis zum jungen Erwachsenen

Die Kernspintomographie (auch Magnetresonanztomographie; MRT) spielt eine zunehmend wichtige Rolle sowohl in der Primär- als auch der Folgediagnostik kindlicher Herzerkrankungen. Hierfür ist die umfassende Möglichkeit der Bildgebung mit der MRT ohne jegliche schädigende Strahlenapplikation ein wesentlicher Grund. So lässt sich nicht nur die Herzanatomie (Morphologie) sondern auch die Herzfunktion (Cinematographie) mit exzellenter zeitlicher und räumlicher Auflösung darstellen. Verschiedene Arten der Bilddarstellung („Wichtungen“) erlauben bereits vor Kontrastmittelgabe eine Charakterisierung von Gewebestrukturen. Die zusätzliche Gabe MR-spezifischer, nicht-Jod-haltiger Kontrastmittel eröffnet die Möglichkeit zur Erfassung der Herzmuskeldurchblutung („Perfusion“) sowie der weiterführenden Typisierung von Gewebestrukturen. Dank technischer Fortschritte schreitet die Vereinheitlichung – und damit auch die Vereinfachung von Herz-MRT-Untersuchungen voran. Trotz dieser Fortschritte erfordert die Herz-MRT weiterhin eine spezielle technische Ausstattung sowie fachliche Expertise. Eine Anbindung an überregionale Kinderherzzentren ist essentiell.

Am Universitätsklinikum Würzburg hat die Kinderkardiologie eine lange Tradition, zuletzt geprägt von Prof. Dr. Sandhage sowie seinem Nachfolger Dr. Wirbelauer. Die Mehrzahl der betreuten Kinder ist an die universitären Kinderherzzentren in Gießen und Erlangen angebunden. Für MRT-Untersuchungen des Herzens besteht seit mehr als 20 Jahren eine intensive klinische und wissenschaftliche Expertise in der hiesigen Radiologie.

Mehr als 10.000 Untersuchungen des Herzens wurden in den letzten Jahren am Institut für Röntgendiagnostik (Direktor Prof. Dr. D. Hahn) durchgeführt. Zahlreiche nationale und internationale Forschungs-

kooperationen bestehen. In den letzten Jahren konnten wir diese Expertise auf den Bereich der Kinderkardiologie übertragen und untersuchen zunehmend mehr Kinder mit angeborenen oder erworbenen Herzerkrankungen.

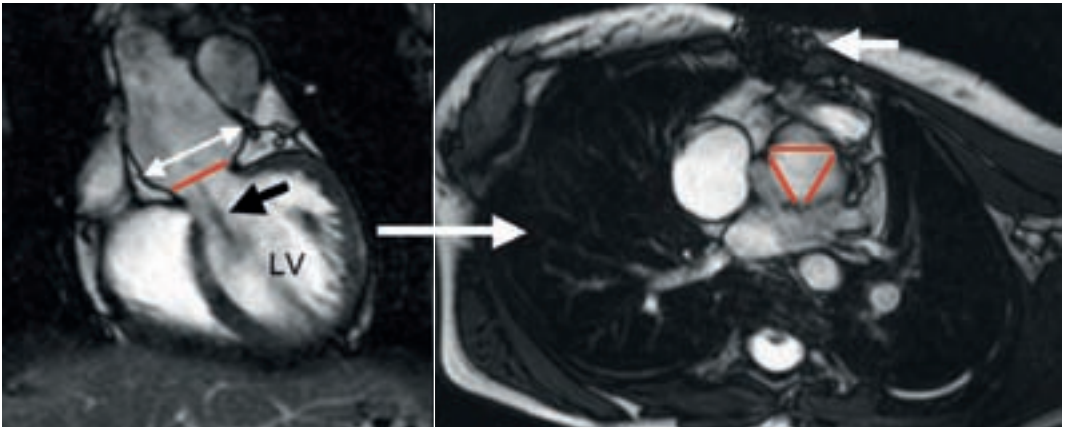
Bei einem Teil der Patienten erfolgt die Herz-MRT in der Primärdiagnostik nach und in Ergänzung der Echokardiographie. Bei einem weiteren Teil der Kinder bestehen an den genannten Herzzentren operativ oder interventionell versorgte Herzvitien und die Kontroll-Untersuchungen erfolgen heimatnah.

Dabei erlauben die Bildgebungsmöglichkeiten des MRT auch den

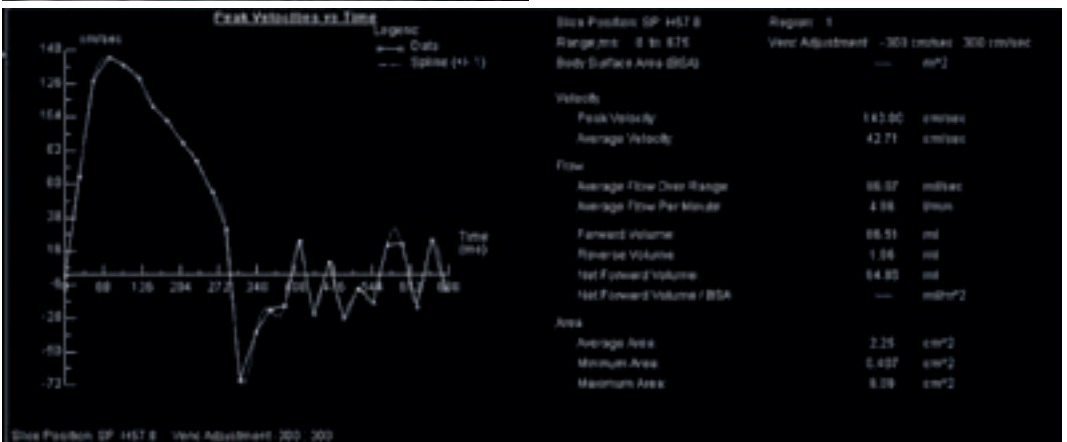
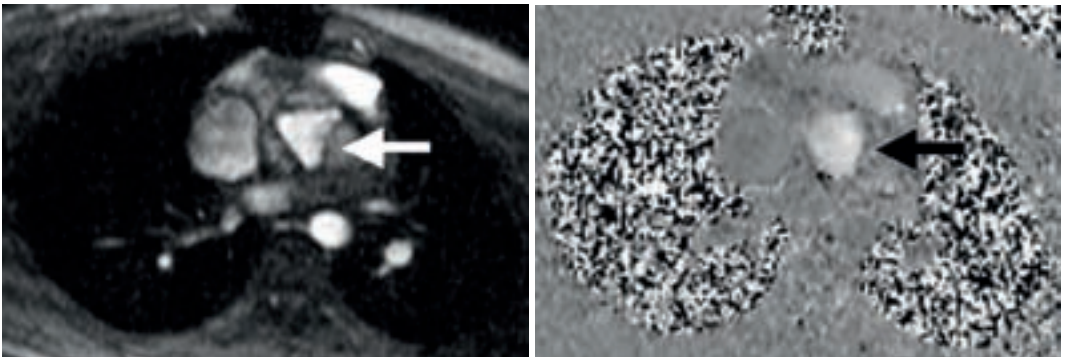
Ersatz von invasiven Herzkatheteruntersuchungen für die rein diagnostische Darstellung.

Eines dieser Kinder möchten wir im Folgenden darstellen.

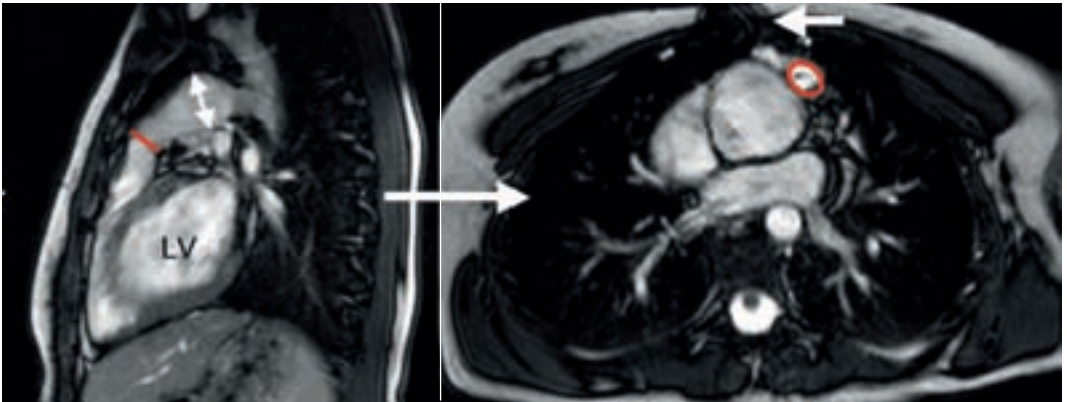
Ein nun 18-jähriges Mädchen stellte sich 4 Jahre nach Ross-Konno-OP zur MRT Kontrolle vor. Die Ross-Operation stellt eine attraktive Alternative zu den herkömmlichen Klappenersatzverfahren dar. Die erkrankte Aortenklappe wird dabei durch die eigene Pulmonalisklappe des Patienten ersetzt. Anschließend wird die hämodynamisch weniger belastete Pulmonalisklappe durch die Klappe eines Fremdspenders ersetzt. Diese technisch sehr an-



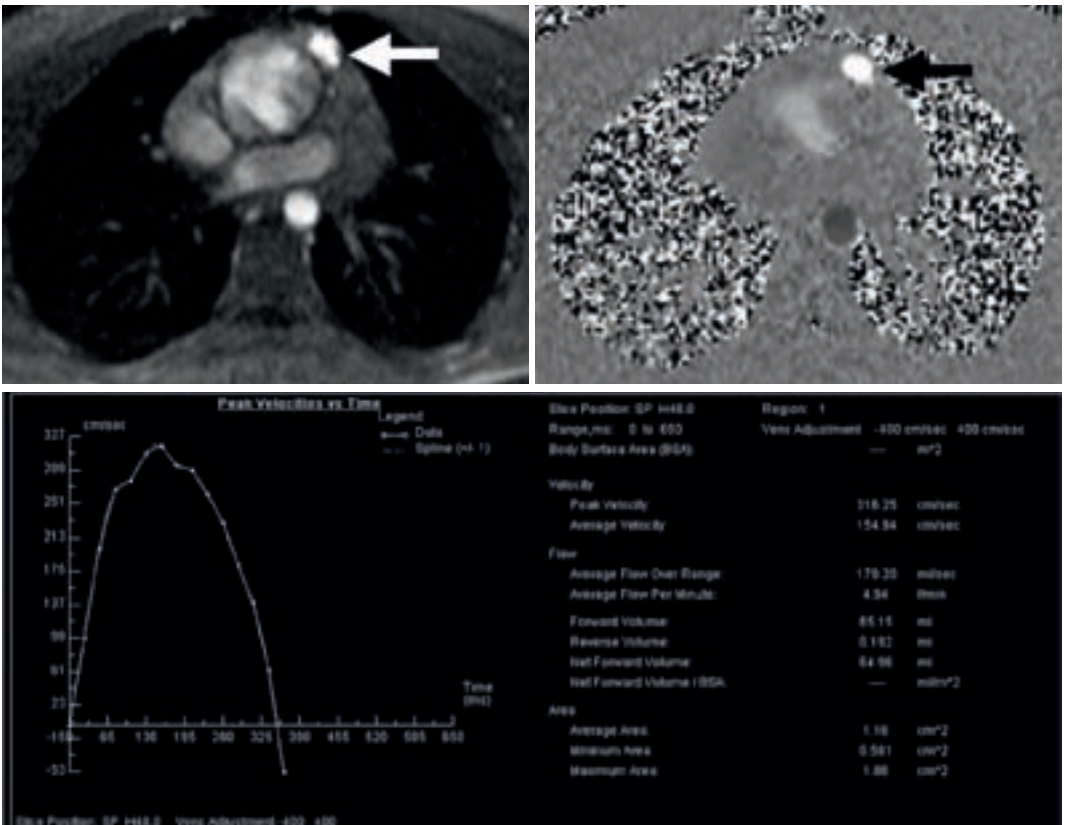
■ Abb. 1: Links Darstellung des linksventrikulären Ausflußtraktes. Die Position der Aortenklappe ist mit einer roten Linie markiert, die Weite des Aortenbulbus mit einem weißen Doppelpfeil und der Insuffizienzjet unterhalb der Klappe in den linken Ventrikel mit einem kurzen schwarzen Pfeil. Nimmt man die Ebene der Aortenklappe als Ausgangspunkt für die Planung einer neuen Schicht so ergibt sich das rechts dargestellte Bild (Beziehung durch langen weißen Pfeil hervorgehoben). Rechts nun direkte, orthogonale Darstellung der Aortenklappe (=Aufsicht). Die Begrenzung der Klappe ist mit roten Linien hervorgehoben. Bei Z.n. ventraler Sterneotomie sind einzelne Auslöschartefakte auf dem MR-Bild zu erkennen (kurzer weißer Pfeil).



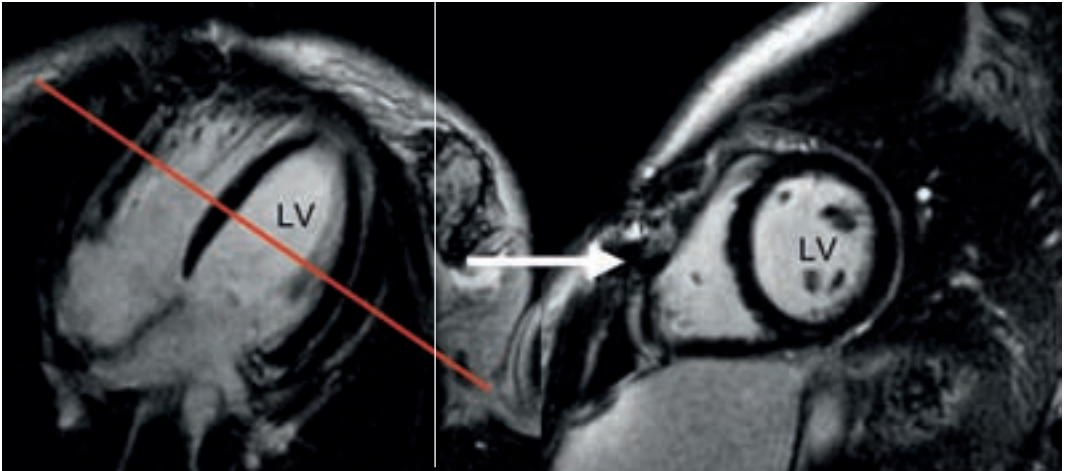
■ Abb. 2: Darstellung des Blutflusses durch die Aortenklappe. Oben morphologische (links; Pfeil= helle/hyperintense Klappenöffnungsfläche) und funktionelle (rechts; Pfeil=heller/hyperintenser Fluß aus der Bildebene nach oben) Klappenansicht, unten Flußprofil (links; Vmax) sowie Flußquantifizierung. Normale Maximalgeschwindigkeit (143 cm/s) sowie regelrechte Klappenöffnungsfläche (2,3 cm²)



■ Abb. 3: Links Darstellung des rechtsventrikulären Ausflußtraktes. Die Position der Pulmonalklappe ist mit einer roten Linie markiert, die Weite des Truncus pulmonalis mit einem weißen Doppelpfeil. Nimmt man die Ebene der Pulmonalklappe als Ausgangspunkt für die Planung einer neuen Schicht so ergibt sich das rechts dargestellte Bild (Beziehung durch weißen langen Pfeil hervorgehoben). Rechts nun direkte, orthogonale Darstellung der Pulmonalklappe (=Aufsicht). Die Begrenzung der Klappe ist mit roten Linien hervor- gehoben. Bei Z.n. ventraler Sterneotomie sind einzelne Auslöschartefakte auf dem MR-Bild zu erkennen (kurzer weißer Pfeil).



■ Abb. 4: Darstellung des Blutflusses durch die Pulmonalklappe. Oben morphologische (links; Pfeil= helle/hyperintense Klappen- öffnungsfläche) und funktionelle (rechts; Pfeil=heller/hyperintenser Fluß aus der Bildebene nach oben) Klappenansicht, unten Flußprofil (links; Vmax) sowie Flußquantifizierung. Deutlich erhöhte Maximalgeschwindigkeit (316 cm/s) sowie verminderte Klappen- öffnungsfläche (KÖFmin 0,6 cm²).



■ Abb. 5: Links Darstellung des Herzens im Vierkammerblick (beide Vorhöfe und Ventrikel sind erfasst = 4 Kammern). Wählt man auf Höhe der Ventrikelmitte eine Schichtebene nahezu senkrecht zum Ventrikelseptum (rote Linie) ergibt sich daraus das rechts Bild (Beziehung durch weißen langen Pfeil hervorgehoben). Rechts nun Darstellung des kreisrunden linken Ventrikels.

spruchsvolle Operation wird nur von wenigen Zentren angeboten. Die Patienten müssen nach der Operation keine Blutverdünnungsmedikamente einnehmen, ein für Kinder und junge Erwachsene großer Vorteil gegenüber den herkömmlichen Klappenersatzverfahren.

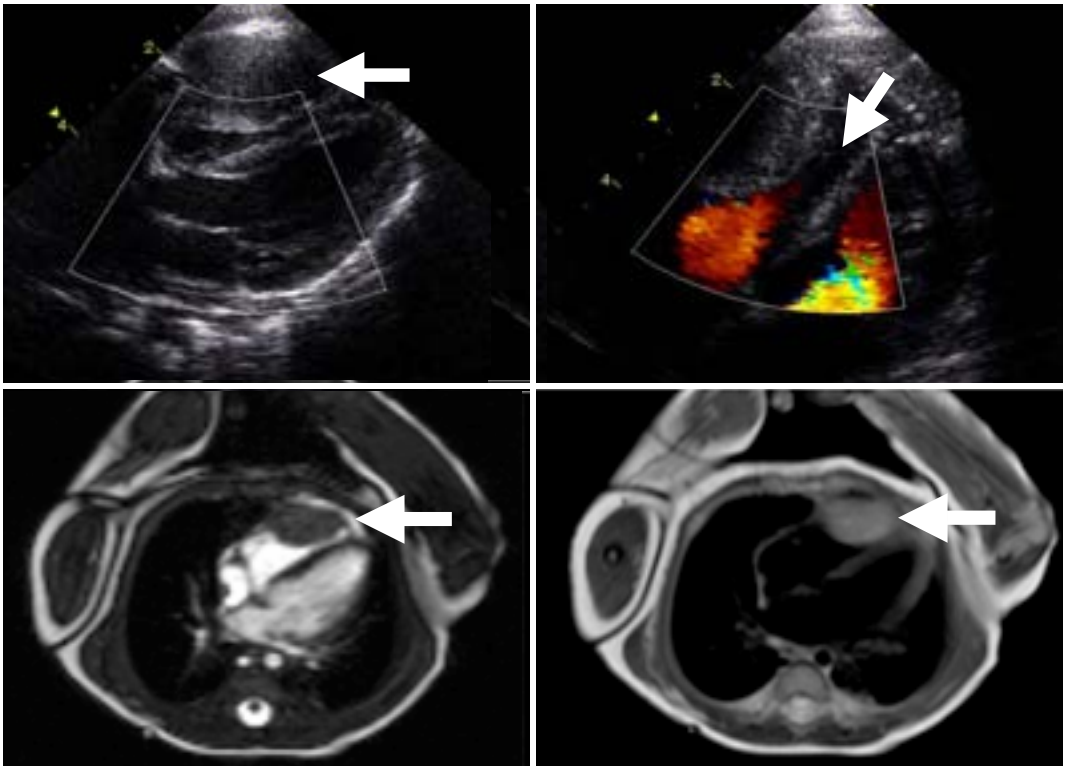
Bei dem Mädchen war im Alter von 16 Jahren eine ehemals hochgradige valvuläre Aortenklappenstenose mit Aorteninsuffizienz operiert worden. In der Kontroll-Echokardiographie war nun eine Flussbeschleunigung im Bereich des Pulmonalishomografts bis 3,1 m/sec sowie eine milde Insuffizienz der Neo-Aortenklappe aufgefallen. In der Funktionsdarstellung (Cinematographie) konnte die Insuffizienz bestätigt werden, es zeigte sich zudem eine Dilatation

der Aortenwurzel bis max. 4,2 cm (Abbildung 1). Die Flussplanimetrie und -quantifizierung mit einer Phasenkontrast-Sequenz zeigte regelrechte Flussgeschwindigkeiten und Öffnungsflächen (Abbildung 2) und schloss somit eine Re-Stenosierung aus. Bezüglich des Pulmonalisautografts konnte eine höhergradige Stenosierung verbunden mit einer leichtgradigen Dilatation des Truncus pulmonalis nachgewiesen werden (Abbildung 3+4).

Eine relativ neue Entwicklung der Herzbildgebung von Klappenerkrankungen in der MRT stellt der Nachweis oder Ausschluß von Fibrosearealen im Herzmuskel dar. Hierfür wird MR-Kontrastmittel gegeben, das nach ca. 5-10 min aus dem gesunden Herzmuskelgewebe weitgehend durch passive und akti-

ve Prozesse „ausgewaschen“ ist. Im erkrankten Herzmuskel - und hierzu zählen sowohl Herzinfarktareale als auch diffuse Fibrosierungen wie sie für längerbestehende Herzklappenerkrankungen beschrieben sind - ist im Vergleich zu gesundem Herzmuskelgewebe das Kontrastmittel später nachzuweisen und verbleibt auch länger.

Diese sogenannten „late-enhancement“ Aufnahmen erlauben also eine berührungsfreie Gewebebeurteilung. In Abbildung 5 sind 2 repräsentative Aufnahmen dargestellt. Erfreulicherweise stellten sich alle Abschnitte des Herzmuskelgewebes dunkel/hypointens dar; d.h. es war keine verzögerte Kontrastmittelanreicherung bei der Patientin nachzuweisen.



■ **Abb. 6:** In der Echokardiographie (obere Reihe) Nachweis einer ovalären, nicht vom rechtsventrikulären Myokard (links) zu trennenden Raumforderung (weißer Pfeil), welche den rechtsventrikulären Ausflußtrakt komprimiert (FKDS, rechts). Die MRT (untere Reihe) zeigt eindeutig den Ausgangspunkt der Raumforderung aus der freien Wand des rechten Ventrikels (weißer Pfeil). In der T2-gewichteten MR-Bildgebung stellt sich die Raumforderung leicht heller/hyperintensiver als das normale Myokard dar.

In einem zweiten Patientenbeispiel möchten wir zeigen, dass die moderne MRT-Herzbildgebung auch in der primären Diagnostik von Herzerkrankungen und dies auch bei sehr kleinen Kindern angewandt werden kann.

Ein sieben Wochen alter männlicher Säugling (ehemalig eutrophes Reifgeborenes, 37 SSW) wurde mit seit einer Woche rezidivierenden Schreiatacken stationär aufgenommen. Bei der routinemäßigen Auskultati-

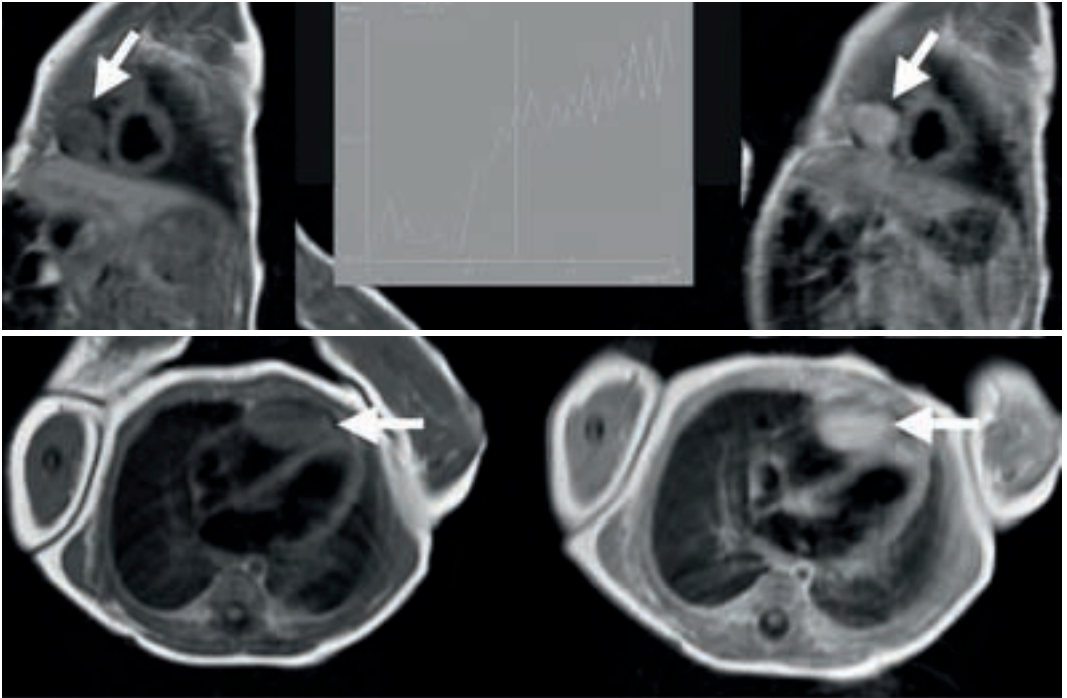
on fiel ein bis dahin nicht beschriebenes 2/6 Systolikum auf.

Eine Echokardiographie zeigte dann überraschenderweise als Zufallsbefund eine der rechten Herzkammer (Ventrikel) anliegende große Raumforderung mit Eindellung des Ausflusstraktes in der Farbduplexsonographie (Abbildung 6; obere Reihe).

Nach Nahrungsgabe und leichter Sedierung mit Choralhydrat wur-

de unmittelbar anschließend eine MRT-Untersuchung des Herzens durchgeführt. Durch Anpassung der Herzaufnahmen an die Atembewegung des Säuglings („Navigator-technik“) sowie speziellen Bildbeschleunigungs-Techniken („parallele Bildgebung“) ließen sich trotz physiologisch schnellem Herzschlag aussagekräftige Bilder innerhalb einer Stunde aufnehmen.

Durch die präzise Darstellung der Herzmuskelstrukturen des rechten



■ *Abb. 7: In der T1-gewichteten MR-Bildgebung nimmt die primär (=vor Kontrastmittelgabe; links Bildseite) eher dunkle / hypointense Raumforderung langsam Kontrastmittel auf (Kontrastmittelkurve über die Zeit obere Reihe Mitte) vor Kontrastmittel und stellt sich nach 10 Minuten dann gleichmäßig/homogen hell/hyperintens dar (rechts Bildseite).*

Ventrikels ließ sich der Ursprung der Raumforderung eindeutig der Seitenwand des Herzmuskels zuordnen (Abbildung 6; untere Reihe). Entsprechend der Gewebedarstellung in verschiedenen Aufnahmetechniken („Wichtungen“) sowie dem Kontrastmittelaufnahmeverhalten konnte die Diagnose eines Rhabdomyoms mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit gestellt werden (Abbildung 6; untere Reihe sowie Abbildung 7).

Es handelt sich hierbei um den häufigsten Tumor des Kindesalters, der eine hohe Rate von Spontanremis-

sionen zeigt. Zwischen dem primären Nachweis des Tumors und seiner ersten – benignen – Zuordnung waren nur wenige Stunden vergangen, für die Eltern sicherlich ein optimaler Verlauf. Die beiden Fälle sollen zeigen, dass die Herzbildgebung mit der MRT bei entsprechenden apparativen wie personellen Voraussetzungen eine rasch durchzuführende, umfassende Möglichkeit zur Abklärung wie auch Verlaufkontrolle unterschiedlichster kindlicher Herzerkrankungen ist.

Technische Innovationen wie u.a. die parallele Bildgebung werden

diese schon bestehenden Möglichkeiten noch weiter erweitern.

- ▶ Univ.-Prof. Dr. med. Meinrad Beer
Clemens Wirth
Abt. für Pädiatrische Radiologie
Institut für Röntgendiagnostik
- ▶ Dr. med. Celine Siau
Dr. med. Johannes Wirbelauer
Kinderkardiologie
Kinderklinik und Poliklinik
Universitätsklinikum Würzburg
Josef-Schneider-Straße 2
D-97080 Würzburg