

D. Prayer<sup>1</sup> · P. C. Brugger<sup>2</sup> · E. Krampfl<sup>3</sup> · L. Prayer<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Radiodiagnostik, Medizinische Universität Wien

<sup>2</sup> Arbeitsgruppe Integrative Morphologie, Zentrum für Anatomie und Zellbiologie der Medizinischen Universität Wien

<sup>3</sup> Klinik für Gynäkologie und Geburtshilfe, Medizinische Universität Wien

<sup>4</sup> Diagnosezentrum Urania, Wien

## Indikationen zur fetalen Magnetresonanztomographie

**Die Magnetresonanztomographie (MRT) zur Beurteilung der fetalen Entwicklung wird bereits seit den 80er Jahren eingesetzt [17], wobei damals eine Immobilisierung des Feten mittels Curare notwendig war, um artefaktfreie Bilder zu erhalten [3]. Seit der Verfügbarkeit ultraschneller MR-Sequenzen, die eine Akquisition einer Bilderserie in ca. 20 s erlauben, sind eine fetale Sedierung oder Immobilisierung nicht mehr nötig [11]. Seit 1995 wird vom American College of Obstetrics and Gynecologists (ACOG; [1]) die fetale MRT nach dem 1. Trimenon in den Fällen empfohlen, bei denen ungünstige Bedingungen für die Ultraschalluntersuchung (US) vorliegen. Vor einer fetalen MRT muss eine Einverständniserklärung der Schwangeren vorliegen. Weiter muss gemeinsam mit dem zuweisenden Arzt klargestellt werden, welche Konsequenzen aus der Information der Untersuchung gezogen würden.**

### Indikationen

Aus den Empfehlungen der ACOG ergeben sich „allgemeine“ Indikationen: Die US-Beurteilung ist bei maternaler Fettleibigkeit (Abb. 1), Oligohydramnion (Abb. 2) sowie ungünstiger Lage des Feten zum Schallkopf eingeschränkt. „Spezielle“ Indikationen betreffen Fragestellungen, bei denen die MRT eine bessere Einschätzung der intrauterinen Situation

erlaubt als die US-Untersuchung alleine. Wesentlich sind dafür folgende Eigenschaften der MRT:

- Hohe Weichteilauflösung, z. B: Differenzierbarkeit unterschiedlicher Gewebekomponenten wie graue und weiße Substanz zerebral, pulmonal hypoplastisches/normales Lungengewebe, funktionelles/nichtfunktionelles Nierengewebe (Abb. 2; [5]), ödematös/blutige Läsionen in allen Organen.
- Aufgrund organspezifischer Signaleigenschaften selektive Darstellung proteinhaltiger Strukturen wie Drüsen (Hypophyse, Thyroidea) und Mekonium (Abb. 3).
- Abgrenzbarkeit kleiner Strukturen wie Hirnnerven.
- Größeres Bildfeld als im US, dadurch Darstellbarkeit des gesamten Feten auch am Ende des 3. Trimenons.

Die pränatale MRT ist dann sinnvoll, wenn sich aus der Zusatzinformation folgende Konsequenzen ergeben können:

- Absicherung einer mittels US gestellten Diagnose, die (bei Fehlen assoziierter Störungen) keine Auswirkung auf die fetale Entwicklung besitzt und nach der MR-Diagnostik keiner weiteren diagnostischen oder therapeutischen Maßnahmen bedarf: z. B. milde unilaterale Ventrikulomegalie

(<15 mm Trigonalweite), bei der die MRT assoziierte Störungen ausschließen kann [6, 13].

- Abklärung des Ausmaßes einer Fehlbildung, bei der die Prognose und Therapieoptionen vom Ausprägungsgrad der Organbeteiligung abhängig sind. Zum Beispiel besteht bei der kongenitalen Zwerchfellhernie bei bestimmten Befundkonstellationen die Möglichkeit einer intrauterinen Therapie [4]. Die MRT kann dabei Feten, die von dieser Therapie profitieren können, anhand morphologischer Kriterien (Lungenvolumina, Signalintensität der Lungen, Kopf/Lungenratio) selektionieren. Obwohl einige dieser Parameter auch mittel US-Methoden erhoben werden können, erlaubt die MRT hier genauere Aussagen [8].
- Zuordnung morphologischer Befunde zu einem (evtl. genetisch determinierten) Syndrom. Die Diagnose eines Syndroms erlaubt eine genauere Einschätzung zu erwartender klinischer Manifestationen und des Verlaufs. Bei einem genetischen Hintergrund kann darüber hinaus auch das Wiederholungsrisiko bei zukünftigen Schwangerschaften eingeschätzt werden (Abb. 4; [10]). Bei einem Bourneville-Pringle Syndrom etwa verschlechtert sich die Prognose, wenn eine zerebrale Beteiligung vorliegt, was in etwa 40% der Fall ist [5]. Der Nachweis dieser ZNS-Mitbeteiligung

Hier steht eine Anzeige.



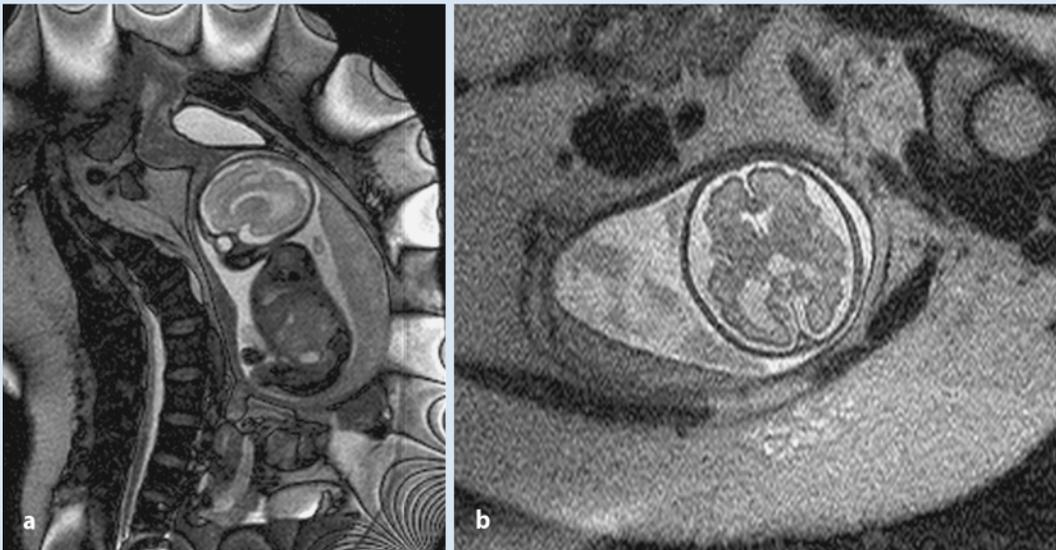


Abb. 1a,b ▲ 30. Schwangerschaftswoche (SSW), Verdacht auf Fehlbildung bei der aufgrund von Fettleibigkeit der Schwangeren (120 kg KG bei 170 cm Körpergröße, Body Mass Index 42) kein konklusiver US-Befund erhalten werden konnte. a Sagittales T2-gewichtetes Bild; trotz auch für die MRT ungünstigen Bedingungen, die zu Artefakten am Bildrand führt, kann die Pathologie (unilaterale Ventrikulomegalie) erkannt werden; das große Bildfeld erlaubt die Beurteilung des gesamten Uterusinhalts. b Axiales T2-gewichtetes Bild: Darstellung einer unilateralen Ventrikulomegalie; aufgrund des körperlichen Habitus der Schwangeren wurde zur Untersuchung die integrierte Körperspule verwendet; die relativ weite Entfernung der Empfangselemente vom Fetus beeinträchtigt hier die Bildqualität

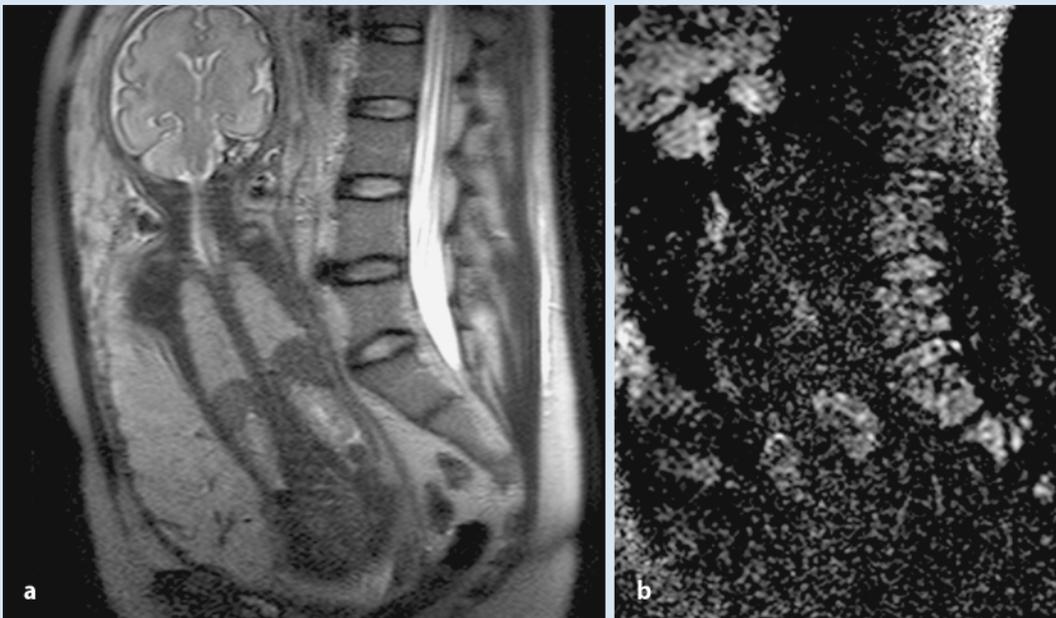


Abb. 2a,b ◀ SSW 28, seit mehreren Wochen bestehendes Oligohydramnion. Koronale Schichten, a T2-gewichtet: Darstellung aller Organe trotz fehlender Amnionflüssigkeit, b diffusionsgewichtet: hyperintense Darstellung der Nieren

gelingt mit der MRT leichter als mit dem US, da Tubera oder dysplastische Läsionen mit US meist nicht aufgelöst werden können.

- Unterscheidung zwischen anlagebedingten (und möglicherweise genetisch determinierten) und erworbenen Veränderungen. Gewebefekte täuschen u. U. erworbene Störungen

vor. Die genaue anatomische Darstellung einer Region kann hier differenzialdiagnostisch weiterhelfen: So gelingt beispielsweise die Abgrenzung einer Hydranenzephalie (als Folge eines bilateralen Mediainfarkts) von einer Holoprosenzephalie (die häufig im Rahmen komplexer Fehlbildungssyn-

drome gesehen wird; ■ Abb. 4 und Abb. 5).

- Nachweis oder Ausschluss anlagebedingter Veränderungen bei bekannten oder vermuteten genetisch bedingten Veränderungen eines Geschwisterkindes.
- Nachweis oder Ausschluss erworbener Störungen in Situationen, die zu

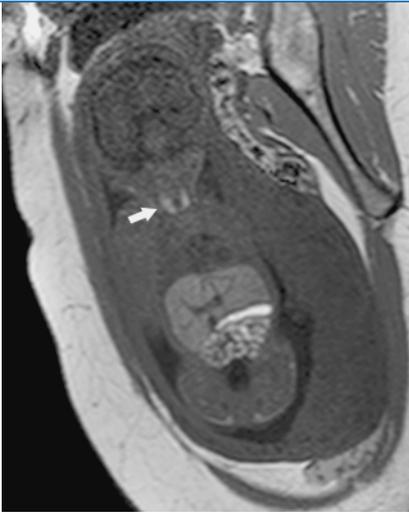


Abb. 3 ▲ Koronales T1-gewichtetes Bild (SSW 28). Mekoniummarkierte Darmschlingen und die Glandula thyroidea (Pfeil) sind anhand ihrer hyperintensen Signale abgrenzbar

einer potenziellen Schädigung des Fetus führen können, wie eine maternale Infektion oder anderen Erkrankung, die einen Einfluss auf den Verlauf der Schwangerschaft nehmen kann (Autoimmunerkrankungen, Eklampsie, Blutgruppeninkompatibilität). Beispielsweise gibt es bei Zytomegalieinfektionen Veränderungen des fetalen Hirns, die dem Ultraschallnachweis entgehen können [13]. Auch MR-Veränderungen der Plazenta können als Hinweis auf einen pathologischen Prozess dienen [7].

- Überwachung der Integrität des fetalen Hirnparenchyms bei pathologischen Dopplerwerten der A. cerebri media, um im Fall einer beginnenden Schädigung den Geburtszeitpunkt vorzulegen.
- Nachweis oder Ausschluss assoziierter Organschäden bei kardialen Fehlbildungen, wie z. B. Leberzirrhose oder periventrikuläre Leukomalazie.
- Umfassende Information über Pathologien, die einer unmittelbar postnatalen chirurgischen Therapie bedürfen, wie kongenitale Zwerchfellhernien. Hier ist, zusätzlich zu den oben angeführten Parametern, die in Hinblick auf die Art des therapeutischen Vorgehens und der Langzeitprognose erhoben werden, insbesondere die Volumetrie funktionellen Lungengewebes von Bedeutung, da sich daraus der unmittel-

Radiologe 2006 · 46:98–104  
DOI 10.1007/s00117-005-1312-0  
© Springer Medizin Verlag 2005

D. Prayer · P. C. Brugger · E. Krampl · L. Prayer

### Indikationen zur fetalen Magnetresonanztomographie

#### Zusammenfassung

Indikationen zur Durchführung einer fetalen Magnetresonanztomographie (MRT) setzen sich aus allgemeinen Fragestellungen zusammen, die auf methodischen Problemen von Ultraschalluntersuchungen (US) beruhen (wie beispielsweise Anhydramnion), und speziellen, bei denen die MR-Eigenschaften der hochauflösenden Gewebedifferenzierung und eines Untersuchungsfensters, das eine Abbildung des gesamten Fetus auch im fortgeschrittenen Schwangerschaftsalter erlaubt, ausgenutzt werden. Im Vordergrund stehen dabei die Absicherung von US-Befunden, die Abklä-

rung von Fehlbildungen in Hinblick auf individuelle Prognose und Vorliegen eines Syndroms mit genetisch determiniertem Hintergrund, und die Differenzierung erworbener Störungen von Fehlbildungen, die Abklärung von Veränderungen, die einer unmittelbar postnatalen operativen Therapie bedürfen, und morphologischer Veränderungen der Plazenta.

#### Schlüsselwörter

Fetale Magnetresonanztomographie · Indikationen · Fehlbildungen · Prognose · Plazenta

### Indications for fetal magnetic resonance imaging (MRI)

#### Abstract

Indications to perform fetal magnetic resonance imaging (MRI) are composed of common ones related to methodological problems of ultrasound (US) assessment (such as for instance hydramnios) and special ones. The latter are related to MR capability of high-resolution soft tissue contrast and an extended field of view that allows visualization of the whole fetus, even in later stages of pregnancy. The most important indications include confirmation of US findings, work-up of malformations

with respect to individual prognosis and genetic background, differentiation between acquired conditions and malformations, visualization of pathologies that have to be treated surgically immediately after birth, and morphological changes of the placenta.

#### Keywords

Fetal magnetic resonance imaging · Indications · Malformations · Prognosis · Placenta

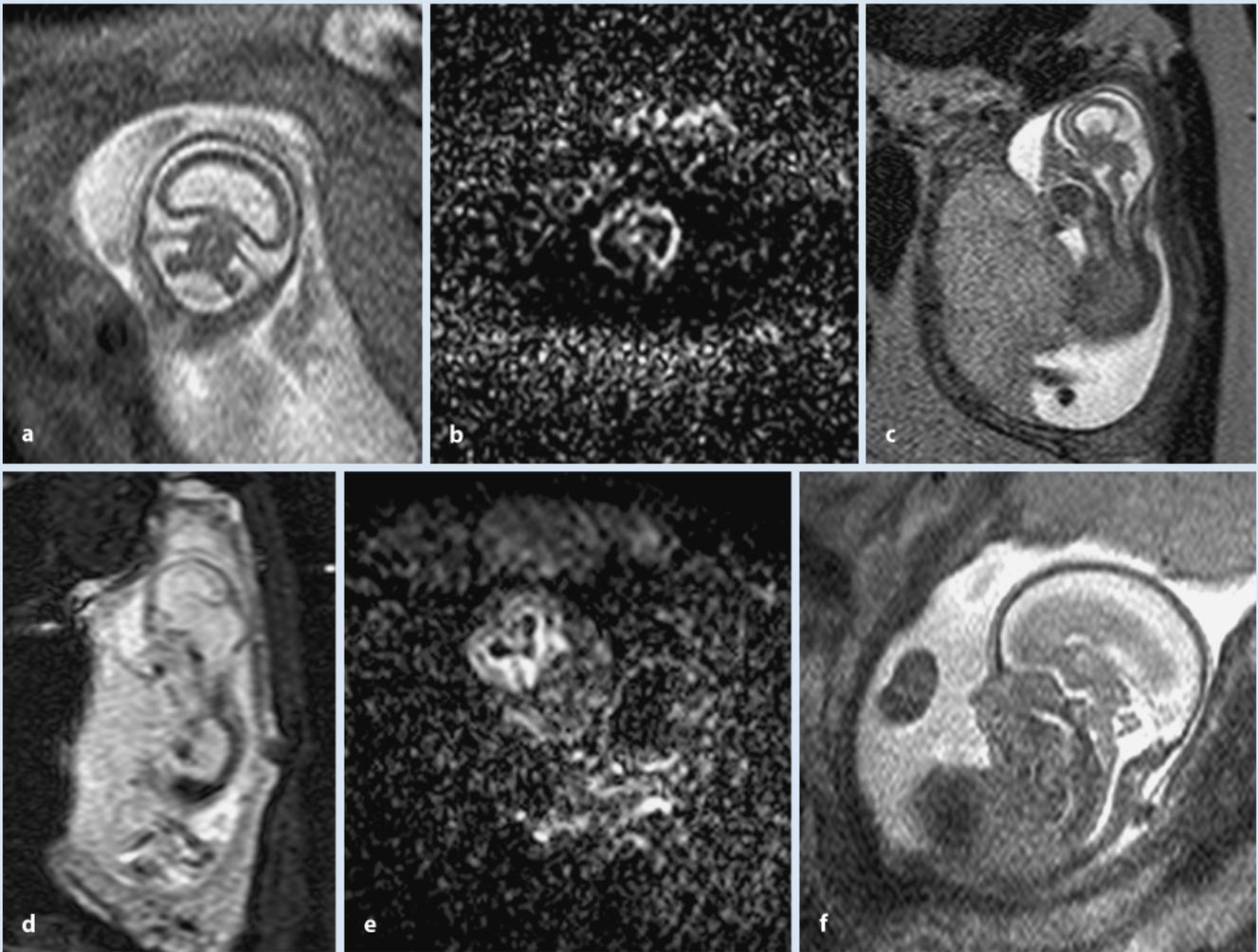


Abb. 4a-f ▲ Ventrikulomegalie in der 16. SSW, Verdacht auf Monoventrikel. Die Untersuchung wird vor der geplanten Schwangerschaftsbeendigung vorgenommen, um die Diagnose abzuschließen, sowie eine evtl. genetisch bedingte Veränderung nachzuweisen oder auszuschließen. In diesem Fall kann die MRT, durch Nachweis einer semilobaren Holoprosenzephalie und einer Gesichtsfehlbildung, auf das wahrscheinliche Vorliegen einer Trisomie 13 hinweisen. a Koronale Schicht, T2-gewichtet: hufeisenförmiger Monoventrikel, fehlende Darstellung des Plexus choroideus, fehlende Falx cerebri; die Kleinhirnkongfiguration ist für dieses Alter normal. b Koronale Schicht, diffusionsgewichtete; fehlende Laminierung des Palliums als Ausdruck der Manifestation einer Lissenzephalie. c Sagittale T2-gewichtete Schicht: fehlende Darstellung der Nase sowie des harten Gaumens; pathologischer Knick des Hirnstamms. d Die sagittale Schicht, echoplanar-T2 gewichtet bestätigt das Fehlen des Nasenbeins und des harten Gaumens. e Normales altersentsprechendes Hirn: koronale Schicht, diffusionsgewichtete zeigt die normale Laminierung des Hirnparenchyms. f Normales altersentsprechendes Hirn, sagittale Schicht, diffusionsgewichtete: zeigt Nase, harten Gaumen sowie regelrechte Konfiguration des Pons

telbar postnatale bzw. perioperative Beatmungsaufwand vorhersagen lässt. Bei Veränderungen des Darms können anhand der Mekonium- bzw. Flüssigkeitsfüllung der Darmschlingen Stenosen erkannt werden.

- Darstellung des Ausmaßes der morphologischen Veränderungen bei Spender und Empfänger eines fetofetalen Transfusionssyndroms bzw. des

Therapieerfolgs nach Laserkoagulation der Kurzschlussgefäße [9].

- Auffinden einer Ursache für intrauterine Wachstumsrestriktion, wobei insbesondere fetale (meist komplexe Fehlbildungssyndrome) und plazentare Ursachen wie z. B. prämatüre Reifung der Plazenta mit der MRT erfasst werden können [7].
- Abklärung der Ursache einer pathologischen Fruchtwassermenge, z. B.

Nierenagenesie bei Oligo- oder Anhydramnion, Ösophagusatresie, mechanische Schluckprobleme bei Polyhydramnion (■ Abb. 6).

- Nachweis intrauteriner Blutungen, sowohl den Fetus als auch Plazenta und Amnionhöhle betreffend, da Blutabbaubestandteile mit der MRT sensitiv nachzuweisen sind (■ Abb. 7).
- Bestätigung einer US-Diagnose mittels unabhängiger Methode, beson-

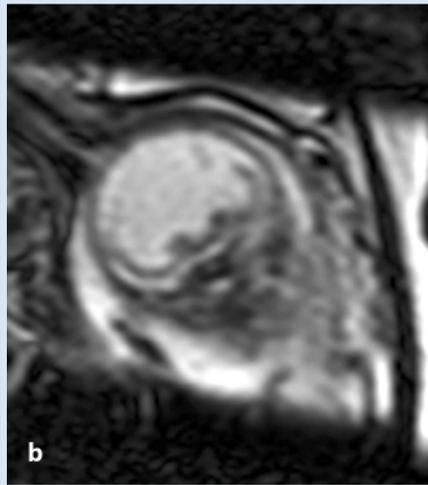
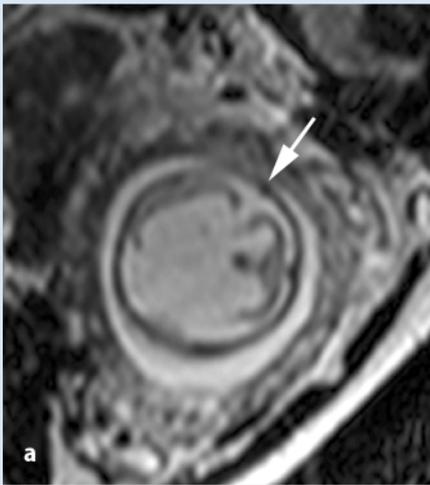


Abb. 5a,b ▲ SSW 20, Ventrikelerweiterung im US. Die im MR fassbaren morphologischen Veränderungen sprechen für das Vorliegen einer Hydranenzephalie und keiner Holoprosenzephalie (s. ▣ Abb. 4). Die beschriebenen Details lassen sich trotz nicht idealer Bildqualität (Untersuchung aus dem Jahr 1999) erkennen. a Axiale Schicht, T2-gewichtet; es zeigt sich ein Monoventrikel, bei dem aber die Hemisphärenunterteilung erhalten ist. Auch eine Insertion der Falx ist zu sehen (Pfeil). Die punktförmige hypointense Signalveränderung intraventrikulär entspricht einer Einblutung des Plexus choroideus. b Koronale Schicht, T2-gewichtet. Monoventrikel mit separierten Thalami

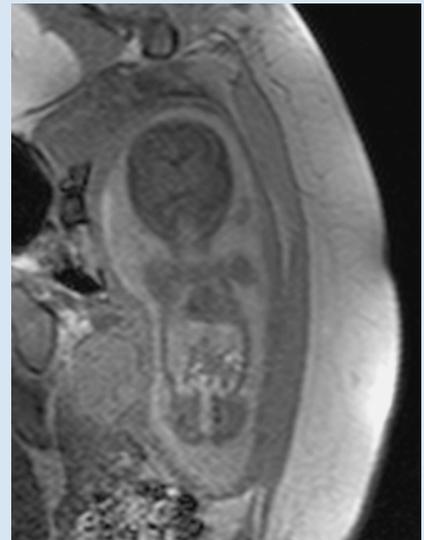


Abb. 7 ▲ SSW 22+2, Zustand nach Trauma. Koronale T1-gewichtete Schicht: hyperintense Blutabbaubestandteile in der Amnionflüssigkeit (im Vergleich dazu die normale Hypointensität des Liquors). Außerdem durch Ingestion des Blutes hyperintenses Erscheinungsbild der Darmschlingen (in diesem Alter ist noch kein Mekonium in den kranialen Dickdarmabschnitten bzw. im Dünndarm vorhanden)

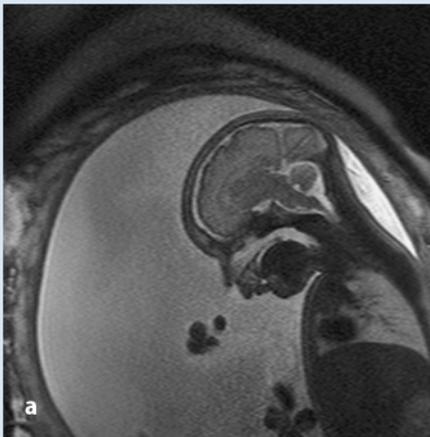


Abb. 6 ▲ a,b SSW 30+5, Polyhydramnion, die MRT zeigt Gesichtsschädeldefehlbildungen als Ursache des Schluckdefizits. a Sagittale, T2-gewichtete Schicht, vermehrte Amnionflüssigkeit, Retrognathie. b Koronale T2-gewichtete Schicht: isolierte Gaumenspalte (Pfeil)

ders bei geplantem Schwangerschaftsabbruch (▣ Abb. 4).

- Überprüfung einer US-/MRT-Diagnose post mortem, falls keine Einwilligung zur Obduktion erhalten werden kann [18].

In Zukunft ist eine Zunahme der Indikationen in Hinblick auf intrauterine Therapien des Fetus zu erwarten. Derzeit werden an einigen Zentren chirurgische Eingriffe bei Hydrozephalus [2], sowie Chiari II [14] unternommen, um Schädigungen des zentralen Nervensystems vorzu-

beugen. Mit zunehmender Verbesserung (endoskopischer) chirurgischer Methoden wird auch aus kosmetischen Gründen operiert werden, da intrauterin keine kutane Narbenbildung erfolgt. Somit bestünde die Möglichkeit, entstehende Veränderungen wie Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten frühzeitig zu sanieren [15].

### Fazit für die Praxis

Das Ausmaß der MRT-vermittelten Zusatzinformationen im Vergleich zum US ist von der Qualität beider Untersuchun-

gen abhängig. Liegt eine qualitativ hochwertige US-Untersuchung vor, ist rein morphologisch kaum eine weiterführende Erkenntnis aus der MRT zu erwarten [12]. Das gilt insbesondere dann, wenn die MR-Untersuchung über eine reine T2-Bildgebung nicht hinausgeht [13]. Um eine sinnvoll-ergänzende MR-Untersuchung vorzunehmen, muss daher zusätzlich zur Wahl einer geeigneten Spule ein spezifisches Protokoll angewendet werden, das bzgl. Sequenzwahl, Schichtführung und Schwangerschaftsalter auf die jeweilige Fragestellung abgestimmt

ist [16]. Die angeführten fetalen MR-Indikationen sind nur unter der Voraussetzung eines für die jeweilige Fragestellung maßgeschneiderten Protokolls sinnvoll.

### Korrespondierender Autor

Univ.-Prof. Dr. D. Prayer

Klinik für Radiodiagnostik,  
Medizinische Universität Wien,  
Währinger Gürtel 18–20,  
A-1090 Wien, Österreich  
E-Mail: daniela.prayer@meduniwien.ac.at

**Interessenkonflikt:** Es besteht kein Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen. Die Präsentation des Themas ist unabhängig und die Darstellung der Inhalte produktneutral.

### Literatur

- American College of Obstetricians and Gynecologists (1995) Committee on obstetric practice. Guideleines for diagnostic imaging during pregnancy. ACOG Comm Opin 158:1–4
- Cavalheiro SMA, Zymberg ST, Dastoli P (2003) Fetal hydrocephalus – prenatal treatment. Childs Nerv Syst 19:561–573
- Daffos F, Forestier F, Mac Aleese J et al. (1988) Fetal curarization for prenatal magnetic resonance imaging. Prenat Diagn 8:312–314
- Deprest J (2002) Towards an endoscopic intra-uterine treatment for congenital diaphragmatic hernia. Verh K Acad Geneesk Belg 64:55–70
- Gamzu RAR, Hegesh J, Weiner E, Tepper R, Nir A, Rabnowitz R, Auslander R, Yagel S, Zalel Y, Zimmer E (2002) Evaluating the risk of tuberous sclerosis in cases with prenatal diagnosis of cardiac rhabdomyoma. Prenat Diagn 22:1044–1047
- Garel CLD, Oury JF, Gressens P (2003) Ventricular dilatations. Childs Nerv Syst:517–523
- Gowland P (2005) Placental MRI. Semin Fetal Neonatal Med 10:485–490
- Hedrick HLCT, Flake AW, Nance ML, von Allmen D, Howell LJ, Johnson MP, Wilson RD, Adzick NS (2004) Right congenital diaphragmatic hernia: prenatal assessment and outcome. J Pediatr Surg 39:319–323; discussion 319–323
- Huisman TALL, Zimmermann R, Willi UV, Deprest J (2005) Magnetic resonance imaging of the fetoplacental unit after fetoscopic laser coagulation for twin-to-twin transfusion syndrome. Acta Radiol Diagn (Stockh) 46:328–330
- Jeng LBTR, Robin NH (2001) Genetic advances in central nervous system malformations in the fetus and neonate. Semin Pediatr Neurol 8:89–99
- Levine DHH, Gaa J, Atkinson MWRRE (1996) Fetal anatomy revealed with fast MR sequences. AJR Am J Roentgenol 167:905–908
- Malinger GLD, Lerman-Sagie T (2004) Fetal central nervous system: MR imaging versus dedicated US – need for prospective, blind, comparative studies. Radiology 232:306–307
- Malinger GBSL, Lev D, Ben-Aroya Z, Kidron D, Lerman-Sagie T (2004) Fetal brain imaging: a comparison between magnetic resonance imaging and dedicated neurosonography. Ultrasound Obstet Gynecol 23:333–340
- Oi S (2003) Current status of prenatal management of fetal spina bifida in the world: worldwide cooperative survey on the medico-ethical issue. Childs Nerv Syst 19:596–599
- Papadopoulos NAPM, Kovacs L, Zeilhofer HF, Henke J, Boettcher P, Biemer E (2005) Foetal surgery and cleft lip and palate: current status and new perspectives. Br J Plast Surg 58:593–607
- Prayer DBP, Prayer L (2004) Fetal MRI: techniques and protocols. Pediatr Radiol 34:685–693
- Weinreb JCLT, Cohen JM, Kutler M (1985) Human fetal anatomy: MR imaging. Radiology 157:715–720
- Whitby EHPM, Cohen M, Griffiths PD (2005) Post-mortem MR imaging of the fetus: an adjunct or a replacement for conventional autopsy? Semin Fetal Neonatal Med 10:475–483
- Witzani L (2005) Investigation of the normal and pathological kidney with fetal magnetic resonance imaging. Doctor's thesis, Medical University Vienna

### Eine Viertelmillion Teilnahmen an cme.springer.de

CME.springer.de ist das größte CME-Portal im deutschsprachigen Raum, denn es bietet über 200 Fortbildungseinheiten aus 25 medizinischen Fachgebieten. Jeder Teilnehmer kann sich seine Fortbildung individuell nach den eigenen Interessen zusammenstellen. Teilnehmen kann jeder Arzt - er muss sich dafür einmalig auf cme.springer.de registrieren.

Seit 2004 sind deutsche Ärzte vom Gesetzgeber verpflichtet, sich fachlich fortzubilden und einen Nachweis durch CME-Punkte zu erbringen. Nimmt ein Arzt nicht an Fortbildungen teil, drohen Restriktionen. Seit Beginn des Jahres 2006 müssen alle in nach § 108 SGB V zugelassenen Krankenhäusern tätige Fachärzte ihre Fortbildung dokumentieren.

CME.springer.de verfügt mittlerweile mit jährlich rund 200 neuen zertifizierten Fortbildungseinheiten über das größte CME-Portal seiner Art im deutschsprachigen Raum. Alle Lernmodule sind zertifiziert von der Landesärztekammer Hessen und der Nordrheinischen Akademie für ärztliche Fort- und Weiterbildung der Landesärztekammer Nordrhein und damit bundesweit anerkennungsfähig. Bei erfolgreichem Abschluss einer Fortbildungseinheit werden drei CME-Punkte vergeben.

Weitere Informationen unter CME.springer.de

Quelle: Springer Medizin Verlag