

Sedierung eines Säuglings im MRT

Qualitätssicherung und Prozessmanagement –
ein Fallbeispiel aus dem Bürgerhospital Frankfurt am Main

Bei Magnetresonanztomographie-Untersuchungen wird in etwa 10 bis 20 % der Fälle ein Anästhesist angefordert. Bei Kleinkindern und Säuglingen, die in der Regel unter Sedierung oder Anästhesie diagnostiziert werden müssen, stellt die Prozesssicherheit ganz besondere Anforderungen an Team, Material und Gerätetechnik. Welcher Ablauf hat sich in der Praxis bewährt?



Dr. med. Hans-Jürgen Rapp, Leiter der Anästhesieabteilung am Bürgerhospital Frankfurt am Main hat bereits in mehreren Kliniken am Aufbau des Anästhesiemanagements rund um die MRT mitgewirkt. Gemeinsam mit den MRT-Experten von Dräger hat er in Anlehnung an das Konzept der WHO Surgical Safety Checklist eine Anästhesie-Checkliste für MRT entwickelt. Im Rahmen dieser Fallstudie stellt er die Implementierung dieser Checkliste in seine hausinternen Abläufe vor und diskutiert diese gemeinsam mit den MRT-Experten bei Dräger.

Anfang 2010 wurde diese Checkliste zum ersten Mal dem wissenschaftlichen Arbeitskreis Kinderanästhesie der DGAI vorgestellt. Ziel eines Checklisten-orientierten Projektablaufs ist es insbesondere, vermeidbare Flüchtigkeitsfehler in der Anspannung der klinischen Routine zu reduzieren. Zu ausgewählten Zeitpunkten im Prozessablauf wird ein sogenanntes Team-Time-out angesetzt, in dem gemeinsam die Checklistenpunkte abgearbeitet werden. Im Sinne eines lernenden Systems zur kontinuierlichen Prozessverbesserung ist der hier vorgestellte Checklistenentwurf zuerst abteilungsspezifisch an die örtlichen Randbedingungen anzupassen und regelmäßig zu überarbeiten.

BESONDERHEITEN IM UMFELD DER MAGNETRESONANZTOMOGRAPHIE

Magnetfelder

Eine MRT wird zumeist zur Diagnostik von Weichteilen eingesetzt. Das hier verwendete Bildgebungsverfahren basiert vornehmlich auf dem Nachweis von Protonen des Wasserstoffatoms im Wasser. Die MRT fußt auf der wissenschaftlichen Grundlage, dass unterschiedliche Gewebearten oder -typen im Körper aufgrund ihres spezifischen Wassergehalts verschieden auf Magnetfeldveränderungen reagieren.

(Abb. oben: Offener 1 Tesla MRT)

Drei Magnetfelder wirken während der MRT:

- ein starkes, statisches, homogenes *Hauptfeld*
 - > für Routineuntersuchungen meist 1,5 T, etwa 25.000-mal stärker als das Erdmagnetfeld am Pol
 - > immer angeschaltet, ganz gleich, ob ein Scan gefahren wird oder nicht
- ein *Hochfrequenzfeld* mit 63,8 MHz bei 1,5 T und etwa 15 kW gepulster Leistung
 - > zum Nachweis von Protonen durch Resonanztechnik
 - > nur während eines Scans angeschaltet
- ein schnell geschaltetes *Gradientenfeld*. Für dessen Aufbau werden in kurzer Zeit (100 ms) hohe Spannungen (bis zu 2.000 V) und Ströme (ca. 500 A) generiert.
 - > zur Lokalisation der Protonen
 - > nur während eines Scans anliegend

Die drei Magnetfelder sind nicht lokal auf das Untersuchungsgebiet beschränkt, sondern wirken im gesamten MRT-Raum. Jeder, der sich im MRT-Bereich aufhält, ist daher diesen Feldern und deren physikalischen Effekten ausgesetzt. Also nicht nur der Patient, sondern auch das Radiologie- und Anästhesiepersonal. Daher sind in der Checkliste all diese Beteiligten zu berücksichtigen.

Flexible Planung

In Krankenhäusern wird die MRT eines durch Anästhesisten zu betreuenden Patienten häufig in einem Zeitfenster durchgeführt, das von der Radiologie kurzfristig vorgegeben wird. Durch diese mangelnde Planbarkeit gerät der Anästhesist oft unter Zeitdruck. Gerade bei der MRT kann das zu Fehlern führen, beispielsweise wenn der Anästhesist vergessen hat, den Patienten darauf hinzuweisen, dass er aus Sicherheitsgründen bestimmte Dinge nicht in den MRT-Raum mitnehmen darf. Im Frankfurter Bürgerhospital gibt es aus diesem Grunde zwei feste MRT-Termine am Dienstag- und Donnerstagnachmittag, um den Zeitdruck von den Anästhesisten zu nehmen. Während dieses Zeitraums sind immer ein Anästhesist und eine Anästhesiepflegekraft abrufbereit, die sich mit den speziellen Verhältnissen im MRT-Raum auskennen.

MRT- vs. OP-Bedingungen

Die Anästhesiebedingungen im MRT-Bereich unterscheiden sich heute sehr von denen im Operationssaal. Im OP wird der Patient meist relaxiert, intubiert und gut überwacht. Empfehlungen zur Ausrüstung und zur Sicherheit im Operationssaal gibt es von den nationalen Fachgesellschaften. Zur apparativen und räumlichen Ausrüstung im MRT-Raum dagegen gibt es zurzeit keine Empfehlung der Anästhesie Fachgesellschaft. Dabei kommen gerade hier auf den Anästhesisten viele Herausforderungen zu:

- Der Patient ist normalerweise wach.
- Kinder werden meist moderat sediert (conscious sedation) bei erhaltener Spontanatmung, ohne gesicherten Atemweg.
- Reflexe und Reaktionen werden durch Medikamente eingeschränkt.
- Von den statischen Magnetfeldern und den Hochfrequenzfeldern gehen mögliche Gefährdungen aus. Die parallel zur MRT eingesetzte Gerätetechnik und die verwendeten Materialien müssen daher MR-tauglich sein.
- Zudem sind nur wenige Patientenmonitoring-Parameter im MRT vorhanden.

Raumplanung

MRT-Anästhesie-Vorbereitungsraum

Die Anästhesie im MRT-Bereich braucht für die besonderen Abläufe und Aufgaben ausreichend Platz, MRT-Patientenliege, sämtliche Anästhesiematerialien, Narkosewagen, Anästhesiegerät genauso wie die dabei notwendige Dokumentation, Patientenmonitor, Slave-Screen-Monitor und Spritzenpumpen – je auf einem Extrafahrgestell zur Vorbereitung und zur Sedierungseinleitung: Meist wird bei MRT-Installationen der Vorbereitungsbereich zu klein dimensioniert. Die von der DGAI 1989 für einen OP-Einleitungsraum empfohlene Anhaltgröße von mindestens 3m mal 4m ist hier zu gering. (Diese fußt auf der Annahme, dass der Patient im Eingang- oder Schleusenbereich umgebettet wird.) Daher gilt es, bereits bei der Planung darauf zu achten, dass die Fläche des MRT-Anästhesie-Vorbereitungsraums groß genug ist, so dass wir Patienten der Intensivstation im Vorraum problemlos umkabeln und vom Patientenbett auf die MRT-Patientenliege umbetten können. Bei einem Säugling müssen wir zusätzlich ein Kinderbett unterbringen können. Eine Fläche von etwa 16 m² erscheint uns angemessen. Im Raum muss außerdem eine entsprechende Gasversorgung für O₂, Air und, falls eingesetzt, für N₂O vorhanden sein. Ebenso muss er über eine Anästhesiegasfortleitung und genügend elektrische Versorgungsanschlüsse verfügen. In Frankfurt sichern wir diese über ein Notstromaggregat. Ferner werden ausreichend Steckdosen benötigt, um die Akkus der verschiedenen Geräte, die im MRT-Raum betrieben werden, aufzuladen. Daneben benötigen wir Vakuuman schlüsse für eine vakuumbetriebene Bronchus-Absaugung.

MRT-Raum

Damit alle Geräte im MRT-Raum mit Strom versorgt werden können, benötigen wir an den Seiten links und rechts der Gantry genügend mit Filtern abgesicherte elektrische Steckdosen. In Frankfurt sichern wir sie über ein Notstromaggregat ab. Zudem haben wir für Anästhesie- und Beatmungsgerät links und rechts an den Wänden Druckgasanschlüsse für O₂, Air und N₂O angebracht. Für den Einsatz von volatilen Anästhetika und N₂O haben wir einen Anästhesiegas-Fortleitungsanschluss eingeplant

(dies ist bei Verwendung von intravenösen Anästhetika nicht zwingend erforderlich), ebenso einen Vakuuman-schluss für den Betrieb einer vakuumbetriebenen Absaugung.

Nichtkooperative Kleinkinder

Kleinkinder sind noch nicht in der Lage, über die lange Dauer eines Scans ruhig liegen zu bleiben. Daher werden Kinder unter drei Jahren in der Regel für die MRT-Diagnostik sediert oder einer Allgemeinanästhesie unterzogen. Erst ab etwa drei oder vier Jahren können Kinder kooperieren. In Frankfurt versuchen wir speziell für Säuglinge die schonendste und praktikabelste Methode im MRT auszuwählen. Folgende Aspekte spielen dabei eine Rolle:

Reifegrad

Wiegt das Neugeborene unter 1,5 kg, heißt das: Das Atemzentrum ist unreif, die Atemwege sind instabil und die funktionale Residualkapazität (FRC) ist gering. Daher wird es meist intubiert und beatmet.

Bei genügender Abschirmung (Gehörschutz) kann gegebenenfalls auch ein Vorgehen nur mit Glukose am Schnuller ohne Sedativa versucht werden.

Tubustyp

Verwenden wir bei größeren Kindern einen Tubus mit Cuff, dessen Ventil eine Metallfeder enthält, kann dadurch das MRT-Bild verfälscht werden (Suszeptibilitätsartefakt).

Sedierungsgrad

Die Diagnostik ist schmerzfrei, daher sind keine Analgetika notwendig. Der Säugling muss für die Diagnostik ruhig liegen, darf aber spontan atmen, solange keine MRT-Bilder von sich bewegenden Organen aufgezeichnet werden. Noch vor wenigen Jahren wurde bei der MRT generell eine Anästhesie bevorzugt. Heute ist die (flache) Sedierung üblich. Für die Sedierung eines Säuglings setzen wir Propofol ein. Zur Sedierung bei großen Schmerzen benutzen wir Remifentanil in niedriger Dosierung.

Anmerkungen

Aus baulichen Gründen ist im MRT-Raum oft keine Anästhesiegasfortleitung vorhanden. Um eine Gefahrstoffbelastung für das Personal auszuschließen, kommen deshalb volatile Anästhetika und Lachgas nicht zum Einsatz.

Bei der Verwendung von Propofol, kommt es bei bestimmten Sequenzen zu Bildartefakten im Gehirn. Diese führen normalerweise nicht zu einer Fehldiagnose, müssen aber genau analysiert werden.

Nahrungskarenz

Für die Analgosedierung schreibt die DGAI Richtlinien vor: sechs Stunden für feste Nahrung, vier Stunden für Muttermilch, zwei Stunden für klare Flüssigkeit. Diese Nahrungskarenz ist für ambulant aufgenommene Säuglinge schwierig einzuhalten.

FALLBEISPIEL

Ablauf der Sedierung eines Säuglings für eine MRT am Frankfurter Bürgerhospital

Zum Patienten:

Alter: 3 Monate

Gewicht: 2,2 kg

Verdachtsdiagnose: Hydrocephalus

Diagnostik: MRT am Kopf

1 Prämedikationsvisite

(ein oder mehrere Tage vor der Sedierung)

Die Angehörigen füllen einen MRT-Fragebogen der Radiologie aus. Das Ziel: Probleme wie Implantate, Tätowierungen, Kontraindikationen zu erkennen. Der Radiologe bespricht sich mit den Angehörigen.

→ Hinweis 1

Er erklärt die Vorgehensweise und ergreift gegebenenfalls Maßnahmen bei Kontraindikationen. Am Ende holt er die Einwilligung der Angehörigen ein. Danach findet ein Gespräch zwischen Angehörigen und Anästhesisten statt. Er informiert sie über die beabsichtigte Sedierung oder gegebenenfalls die Narkose. Er fragt nach Allergien und klärt mögliche Intubations- oder Aspirationsrisiken ab. Außerdem weist er die Angehörigen darauf hin, dass das Kind vor der Behandlung nüchtern sein muss. Auch er holt die Einwilligung der bevollmächtigten Person ein. Zuletzt legt er eventuell noch eine Prämedikation fest.

Hinweis 1:

In Tattoos, Piercings, Ohrringen, Ringen, Implantaten, Shuntventilen, Zahnspangen induzieren die hochfrequenten Felder Ströme, die zu Verbrennungen führen können.

Vorbereitungen (am Untersuchungstag)

Im MRT-Anästhesie-Vorbereitungsraum

Vorbereitung der Apparate:

Die Monitore schalten wir frühzeitig ein, wegen der für die Betriebsbereitschaft erforderliche Aufwärmphase.

→ Hinweis 2

Hinweis 2:

Auswirkungen des Magnetismus auf Sensoren

Alle Sensoren, die elektrische Signale vom Patienten zum Monitor leiten, wie EKG, SpO₂ und Körpertemperatur, stellen ein Problem dar. Aufgrund der hochfrequenten Felder werden Ströme induziert. Daher überprüfen wir alle Sensoren auf ihre MRT-Eignung. Pneumatisch übertragene Signale, wie NIBP und CO₂, sind jedoch unproblematisch.

Rollerpumpen und Infusionssystem bereiten wir so vor, dass wir direkt darauf zugreifen können. Für einen möglichen Zwischenfall bringen wir alle notwendigen Medikamente, einen MR-tauglichen (Abb. 1) Narkosewagen, ein MR-taugliches Stethoskop und Laryngoskop für die Not-intubation, einen Beatmungsbeutel, eine Bronchusabsaugung, eine Schere sowie das Narkose- oder Beatmungsgerät in Position. Außerdem stellen wir im MRT-Vorbereitungsraum einen Defibrillator mit altersgeeigneten Paddeln bereit. Falls das Anästhesiepersonal während des Scans im MRT bleiben muss, wird es mit einem MR-tauglichen Gehörschutz ausgestattet.

Vorbereitung des Säuglings:

Den Säugling bereiten wir so vor, dass für ihn keine Gefahr vom MRT ausgeht. Der ambulante Säugling wird von einer Begleitperson in den MRT-Anästhesie-Vorbereitungsraum gebracht und auf die Patientenliege gelegt. Um EKG-Elektroden anzubringen, benötigt der Anästhesist Zugang zum Thorax. Daher müssen wir den Säugling teilweise ausziehen. Für das Thermomanagement wickeln wir den Säugling in ein Baumwolltuch. Synthetikstoffe dürfen wegen Brandgefahr nicht benutzt werden. Zudem erwärmen wir in der Mikrowelle ein Kirschkern-Kissen und schlagen es danach in eine Baumwollauflage ein. Gerade bei Säuglingen ist dies die Methode der Wahl zum einfachen aktiven Wärmemanagement. -> Hinweis 3

Vorbereitung zur Sedierung:

Unser SOP (Standard operating procedure) sieht vor, dass die Sedierung außerhalb der MRT-Röhre entsprechend den bekannten Richtlinien und Handlungsempfehlungen zur Sedierung erfolgt: EKG, SpO₂, NiBP und Temperatur werden routinemäßig von uns kontrolliert. Um das Kabelgewirr zwischen Patient in der MRT-Röhre und dem Monitoring zu vermeiden und um die Klemm- oder Quetschgefahr an der Gantry zu verringern, benutzen wir einen Monitor, der die Daten kabellos vom Patienten zum Patientenmonitor sendet. -> Hinweis 4

Monitoring-Parameter:

- EKG:

Die EKG-Elektroden mit ihren metallischen Druckknopfanschlüssen und die OP-üblichen EKG-Leitungen können

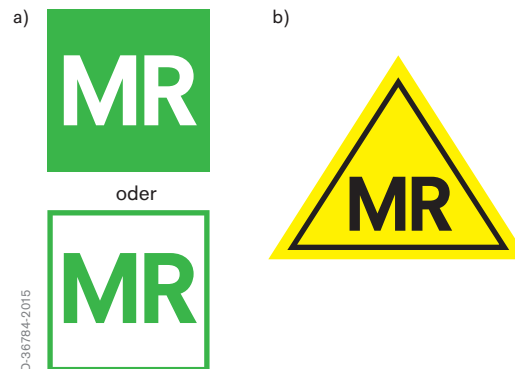


Abb. 1: MR-taugliches Material.

Dieses wird durch zwei Symbole entsprechend ASTM seit 2006 gekennzeichnet

- a) MR safe: Dieses Material ist komplett nicht magnetisch, nicht elektrisch leitend, reagiert nicht auf das Hochfrequenzfeld. Alle potenziellen Risiken während eines Scans sind nicht vorhanden.
- b) MR conditional: Bei diesem Material oder Komponenten sind keine Risiken in einer spezifizierten MR-Umgebung mit spezifizierten Nutzungsbedingungen bekannt. Das bedeutet für einen Tomographen von z. B. 1 T in einem Abstand von z. B. 40 mT angebracht auf z. B. festgestelltem, definiertem Fahrgestell.

Hinweis 3:

Auswirkungen des Magnetismus auf Materialien

Der Strampelanzug darf keine metallischen Druckknöpfe oder Reißverschlüsse besitzen. Die Windel muss trocken sein, um Erwärmung oder Verbrennungen zu vermeiden. Daher sollten die Eltern ein paar Extrawindeln mitbringen. Für alle Fälle legen wir im MRT-Vorraum einige Windeln bereit. Die Haut des Säuglings sollte keine Feuchtigkeitscreme oder Zinkcreme aufweisen. Diese können ebenfalls zu Verbrennungen führen.

Hinweis 4:

Kabelführung

Beim Patientenmonitor ist darauf zu achten, dass die Kabel keine Schleifen bilden. Das sich ändernde magnetische Feld der MRT-Röhre induziert einen elektrischen Strom. Dieser kann zu Verbrennungen führen. Daher verlegen wir die Kabel möglichst parallel und verwenden kurze Kabel. Aus diesen Gründen polstern wir die Kabel gegebenenfalls ab, um einen direkten Hautkontakt zu vermeiden.

bei der MRT nicht benutzt werden. Daher empfehlen sich spezielle Kabel aus Carbon sowie spezielle Ag-/AgCl-Elektroden mit Carbon-Kabelanschlüssen. Um Störungen möglichst gering zu halten, muss der Abstand zwischen den EKG-Elektroden klein sein. Die Elektroden müssen nahe um das Herz herum platziert sein. Wir verwenden eine Neonatal-Quadtrode. Sie hat definierte Elektrodenabstände und in der Mitte ein Loch. Dieses Loch zentrieren wir auf die Herzmitte. -> Hinweis 5 (Abb. 2)

- SpO₂:

Da sich die üblicherweise im OP verwendete Sensorik mit dem Sensorkabel zum Patientenmonitor für die MRT nicht eignet, führt ein spezieller Fingersensor mit Glasfaserkabel die Signale aus dem MRT-Magneten. Das Kabel befestigen wir auf dem Handrücken des Säuglings, beispielsweise mit speziellen Fixierungsringen, mit Klettband oder mit Pflaster. (Abb. 3)

- NIBP:

Das für die nichtinvasive Messung des Blutdrucks benutzte oszillometrische Verfahren aus dem OP lässt sich ohne Modifikation bei der MRT anwenden. Daher setzen wir normale Manschetten ein.

- CO₂:

Die CO₂-Messung zur Überwachung der Spontanatmung/Beatmung ist bei uns Standard – in Übereinstimmung mit der Handlungsempfehlung des wissenschaftlichen Arbeitskreises Kinderanästhesie zur Sedierung. Nach dem Side-stream-Messverfahren werden etwa 200 ml/min Atemgas über eine Nasensonde, die an die Probengasleitung des Anästhesiegerätes angeschlossen ist, abgesaugt. Durch die Gesamtlänge des Messgasschlauches ist das Signal einige Sekunden zeitverzögert. Die Nasensonde wird entweder vor das Nasenloch des Säuglings gelegt oder in eines der Nasenlöcher platziert. Es ist auch möglich, eine Nasen-CPAP-Sonde zu benutzen. Die besondere Herausforderung bei Säuglingen: Da sie Nasenatmer sind, wird die Spontanatmung durch den Absaugkatheter behindert.

- Körpertemperatur:

Um eine Hypothermie in der kalten MRT-Röhre rechtzeitig zu erkennen, empfiehlt sich, die Körpertemperatur des

Hinweis 5:

Wegen der Überlagerung von Spannungen, die vom Blutfluss im Magnetfeld induziert werden (Hall-Effekt), wird das EKG-Signal beeinflusst. Somit ist die Interpretation des ST-Segments unzuverlässig. Das Ergebnis: Eine hohe R-Zacke, P- und T-Welle sind meist nicht sichtbar.



Abb. 2: Neonatal-Quadtrode mit EKG-Kabel (MR-tauglich)



Abb. 3: Fiberoptischer SpO₂-Sensor

Säuglings zu messen. Doch diese Messung ist schwierig.
-> [Hinweis 6](#)

- Sedierungstiefe:

Den Sedierungsgrad überwachen wir primär durch Beobachtung des Kapnogramms. Parallel registrieren wir die Veränderung der Herzfrequenz. etCO₂ und Herzfrequenz werden alle fünf Minuten manuell dokumentiert, der Blutdruck alle zehn Minuten.

Hinweis 6:

Zur Überwachung verwenden wir zurzeit einen Oberflächen-sensor mit Fiberglaszuleitung.

3 Sedierung

Im MRT-Anästhesie-Vorbereitungsraum

Start der Sedierung

Bevor wir mit der Einleitung der Sedierung beginnen, überprüft unser MRT-Team alle sicherheitsrelevanten Punkte gemeinsam anhand der -> [Anästhesie-Checkliste für MRT](#). Ist der Sicherheitscheck abgeschlossen, bekommt der Säugling einen mit 12 % Glukose gesüßten Schnuller zur Beruhigung. Anschließend legen wir, wie bei allen anderen Patienten auch, einen sicheren venösen Zugang – am Handrücken, am Fuß oder am Unterarm. Ist das Kind völlig unkooperativ, erfolgt gegebenenfalls eine Inhalationseinleitung, danach der intravenöse Zugang. Wie in unseren OPs verfügt auch unser MRT-Vorbereitungsraum über einen Anästhesiearbeitsplatz mit entsprechender Anästhesiegasfortleitung.

Im Fallbeispiel hat der Säugling aufgrund von Voruntersuchungen schon einen intravenösen Zugang. Daher ist die Sedierung mit Propofol über einen intravenösen Zugang möglich als Bolus von 1 mg/kgKG von 0,5 % Propofol-lösung. Danach wird mit einer MR-tauglichen Infusionspumpe kontinuierlich 4–5–6 mg/kgKG/h titriert. Nach Beginn der Sedierung dokumentieren wir alle fünf Minuten folgende Werte: HR, Syst-, Diast-, Blutdruck, SpO₂, etCO₂ und die Infusionsrate von Propofol. Im Fallbeispiel ergeben sich folgende stabile Werte:

typische Herzrate: etwa 130 1/min

NiBP: 70/50 mmHg

SpO₂: 98 %

Spontanatemfrequenz: etwa 30 1/min

etCO₂: 35 mmHg

Bevor wir den MRT-Raum betreten, erfolgt ein weiteres Team-Time-out. Säugling und MRT-Team werden anhand der → [Anästhesie-Checkliste für MRT](#) überprüft: Sind alle für den Transport MR-kompatibel? → [Hinweis 7](#)

4 Transport

Vom Anästhesie-Vorbereitungsraum zum MRT-Raum

Das Tragen der Patienten in den MRT-Raum ist bei Kindern und Säuglingen die unkomplizierteste Transportlösung. Das Kind ist mit Funksensorik verbunden und so durchgängig überwacht. Eine Pflegekraft schiebt das Fahrgestell mit Hauptmonitor und die Infusionspumpen in den MRT-Raum. Der Transport des Medikamentenwagens schließt sich an – mit allen Notfallmedikamenten, dem MR-tauglichen Laryngoskop, dem Stethoskop, der Absaugung, der Schere, dem Beatmungsbeutel, den Masken, den Tuben und den EKG-Elektroden (Abb. 4). Die MRTA im Kontrollraum stellt durch persönliche Ansprache sicher, dass jeder, der den MRT-Raum betreten will, keine MR-inkompatiblen Gegenstände bei sich trägt.

5 Lagerung und Überwachung

Im MRT-Raum

Fortführung der Sedierung

Über eine Maske erhält der Säugling etwa 1 bis 2 l/min angefeuchtetes O₂ (Flow-Dosieröhre an der Wand) – so verringern wir das Risiko einer Hypoxie. Wir benutzen Masken und Schläuche aus PVC, da Silikonmaterial im MRT-Scan abgebildet wird. Wir kontrollieren den venösen Zugang, überprüfen die Sedierung und modifizieren sie. Dann kontrollieren wir die Probengasleitung des Gasmonitorings und die CO₂-Kurve. → [Hinweis 8](#)

VOR DEM BETRETEN DES MRT-RAUMS	
MATERIAL:	<input type="checkbox"/> MR-tauglich (z. B. Stethoskop, Laryngoskop, Zangen, Sperre, Klemmen, Kugelschreiber, EKG-Sensoren, EKG-Kabel, SpO ₂ -Sensor plus Kabel, NISF-Menscheite plus Schlauch, Kopfhalter für Patienten, Spritzenpumpen) <input type="checkbox"/> silikonfrei (z. B. O ₂ -Insufflation, Atemschläuche, Atembeutel, künstlicher Atemweg) <input type="checkbox"/> nicht aus Synthetik (z. B. Wärmedecke)
PATIENT:	<input type="checkbox"/> Dauer der Untersuchung und besondere Maßnahmen (z. B. Gadolinium) bestätigt <input type="checkbox"/> trägt keine metallischen Gegenstände (z. B. Schlüssel, Geldbörse, Brille, Hörgerät, Kreditkarte, Schmuck, Namensschild, Batterien, Kleidung; Metallische Druckknöpfe, Metallfäden, Reißverschlüsse) <input type="checkbox"/> ist nicht eingekremt (Feuchtigkeitscreme) <input type="checkbox"/> Gehörschutz bereitgestellt <input type="checkbox"/> Augen sind abgedeckt
MRT-TEAM (wichtig: Bitte jeden überprüfen):	<input type="checkbox"/> trägt keine metallischen Gegenstände (z. B. Schlüssel, Geldbörse, Brille, Kreditkarte, Schmuck, Namensschild, Batterien)

D-36790-2015

Anästhesie-Checkliste für MRT (siehe letzte Seite)

Hinweis 7:

Auswirkung des Magnetismus auf Materialien

Metallische Gegenstände, wie Uhren, Schlüssel, Brillen, Geldbörsen, Kreditkarten, Handys, Schmuck, Gürtelschnallen, Haarspangen, Batterien, Namensschilder, Scheren oder Pflasterrollen, dürfen nicht in den MRT-Raum gebracht werden. Stethoskop und Laryngoskop müssen MR-geeignet sein. Auch Filzstifte oder Kugelschreiber dürfen kein Metall aufweisen. Der Grund: Ferromagnetische Materialien erfahren durch das Streufeld des Magneten eine starke Beschleunigung und können dadurch großen Schaden anrichten. In der Literatur sind beispielsweise Unfälle mit Druckgasflaschen aus Stahl bekannt.



Abb. 4: Transportequipment

Lagerung des Säuglings

Bei der Lagerung des Säuglings achten wir darauf, dass zwischen Bein und Bein, Hand und Hand sowie Hand und Bein kein Kontakt besteht. Ist das der Fall, legen wir einfach eine trennende Baumwollauflage dazwischen. Ist das geschehen, legen wir einen Gehörschutz an, denn die schnellen Stromänderungen in den Gradientenspulen verursachen durch Wechselwirkung mit dem statischen Feld starke Vibrationen. Um die lauten, hämmernden Geräusche abzuschwächen, versorgen wir auch den Säugling mit dem passenden Gehörschutz. Bevor die Zentrierung des Untersuchungsgebietes mit dem Laser startet, verschließen wir die Augen des Säuglings zum Schutz vor den Laserstrahlen mit einer Augenklappe. Entsprechend dem geplanten Scan positioniert die MRTA die MRT-Spulen. -> [Hinweis 9](#)

Aufbau der Fernüberwachung

Die fest installierte Videokamera wird auf Kopf sowie Hände des Säuglings in der MRT-Röhre gerichtet. So behalten die Mitarbeiter draußen im Kontrollraum das Kind im Blick und erkennen, ob sich der Patient bewegt. Bewegt er sich, ist das für den Anästhesisten ein Anhaltspunkt dafür, dass die Sedierung zu flach ist. Wir verifizieren die Kommunikation zwischen Patientenmonitor im MRT-Raum und Slave-Screen-Monitor im Kontrollraum. Im Normalfall überwachen wir die weitere Prozedur von außen im Kontrollraum. Nur bei kritischen Kindern (ca. 1/3 der Fälle) ist eine direkte Überwachung am Patienten indiziert. Dann sind Kommunikationsregeln vorher mit der Pflegekraft abzustimmen.

Vorhaltung der Backup-Systeme

Wegen möglicher unerwünschter Pharmaka-Nebenwirkungen kann es zur Vertiefung der Sedierung kommen, unter Umständen auch zu einer vollständigen Narkose mit Ateminsuffizienz. Daher stehen für alle Fälle immer ein Beatmungsgerät und eine MR-taugliche Intubationsmöglichkeit betriebsbereit. -> [Hinweis 10](#)

Hinweis 8:

Kabelführung

Bei den Monitoringkabeln muss insbesondere die Lage der Patienten-kabel (EKG, SpO₂, NiBP) kritisch überprüft werden: Haben sich keine Schleifen gebildet? Liegen die Kabel nicht direkt am Körper auf? Berühren sie auch nicht die Innenseite der MRT-Röhre? Außerdem gilt es zu beachten, dass die Kabel innerhalb der Gantry bleiben und sie nicht in den Schlitz zwischen Gantry und MRT geraten. Es empfiehlt sich, die Kabel mit Klettbindern oder Silikatsandgefüllten Säckchen zu fixieren. Es gibt aber auch spezielle Infusionsleitungen, die beispielsweise als 2-cm-Wendelleitung geformt sind. Sie sind so groß, dass sie nicht in den Schlitz passen.

Hinweis 9:

Auswirkung des Magnetismus auf die Bildgebung

Materialien, wie Titan, Silber, Platin oder Fluoroplastik in Paukenröhrchen, Chrom am Y-Stück, Silikon an Schläuchen usw., beeinflussen wegen der unterschiedlichen Magnetisierbarkeit benachbarter Gewebe oder Materialien die Bildgebung. Dies führt dazu, dass Bildpunkte fehlpositioniert und an anderen Orten abgebildet werden (Suszeptibilitätsartefakt). Daher sollten diese Materialien im MRT-Raum vermieden werden. Wenn nicht möglich, muss dies bei der Bildauswertung berücksichtigt werden.

Hinweis 10:

Auswirkung des Magnetismus auf die Geräte

Zur Minimierung störender Wechselwirkungen zwischen MRT und Backup-Systemen muss die MRT-Tauglichkeit sichergestellt sein. Zudem müssen sie außerhalb einer bestimmten Magnetfeldstärke (z.B. 20 mT) positioniert und arretiert werden. Markierungslinien auf dem Boden kennzeichnen in der Regel den zulässigen Stellbereich.

6 Diagnostik

Im MRT

Bevor wir den Raum verlassen, führen wir an Hand der
 -> **Anästhesie-Checkliste für MRT** ein Team-Time-out durch.

Überwachung

Der Scan wird von der MRTA gestartet. Vom Kontrollraum aus überwacht der Anästhesist den Säugling über das Kamerabild und die Vitaldaten auf dem Slave-Screen des Patientenmonitors. (Abb. 5)

Sedierungskontrolle

Indikationen für eine zu flache Sedierung sind:

- Bewegung der Gliedmaßen
- Unregelmäßigkeit der CO₂-Kurve
(Frequenz und Amplitude) (Abb. 6)

Zur Vertiefung der Sedierung über die Infusionsrate wird der Scan automatisch bei Öffnen der Tür gestoppt. Nach Erreichen der gewünschten Sedierungstiefe verlässt der Anästhesist den Raum und der Scan wird fortgesetzt. -> **Hinweis 11**

7 Sedierungsreduktion und Vorbereitung des Transports

Im MRT-Raum

Nach dem Scan entfernt die MRTA die Spulen. Der Anästhesist betritt den MRT-Raum und reduziert die Propofolrate auf null. Vor dem Transport entfernen wir Gehörschutz, Maske, Sauerstoffinsufflation und CO₂-Messleitung.

IM MRT-RAUM			
PATIENT:	<input type="checkbox"/> gelagert ohne direkten Kontakt der Beine, Hände oder Arme miteinander	GERÄTE:	<input type="checkbox"/> korrekt positioniert und sicher arretiert oder fixiert
	<input type="checkbox"/> Windel trocken		<input type="checkbox"/> Gerätefunktionen betriebsbereit
	<input type="checkbox"/> Gehörschutz angelegt		<input type="checkbox"/> EKG, NIBP, SpO ₂ , etCO ₂ , Temp... korrekt platziert, fixiert
			<input type="checkbox"/> Fernüberwachung (Kamera, Lautsprecher) geprüft
MRT-TEAM:	<input type="checkbox"/> Gehörschutz angelegt	KABEL:	<input type="checkbox"/> berühren Körper des Patienten nicht
	<input type="checkbox"/> Kommunikationsregeln für innen und/oder außen abgesprochen		<input type="checkbox"/> bilden keine Schleifen
	<input type="checkbox"/> Überwachungskonzept für innen und/oder außen festgelegt		<input type="checkbox"/> verlaufen innerhalb der Gantry
			<input type="checkbox"/> sind fixiert
		MEDIKAMENTE:	<input type="checkbox"/> geprüft

Anästhesie-Checkliste für MRT (siehe letzte Seite)



Abb. 5: Blick vom Kontrollraum der MRTA



Abb. 6: CO₂-Kurve: nicht ausreichende Sedierung

8 Transport

Vom MRT-Raum in den
MRT-Anästhesie-Vorbereitungsraum

Der Anästhesist oder die Pflegekraft trägt den Säugling zurück in den MRT-Anästhesie-Vorbereitungsraum.

9 Abbau der MR-Komponenten und Umbetten

Im MRT-Anästhesie-Vorbereitungsraum

Um den Säugling auf das Kinderbett der Station umbetten zu können, entfernen wir die MR-EKG-Elektroden, nehmen den MR-SpO₂-Sensor ab und schließen den SpO₂-Stand-alone-Monitor zur Überwachung an. Damit messen wir kontinuierlich Sauerstoffsättigung und Herzfrequenz, bis sich der Säugling vollständig erholt hat. Alle MRT-tauglichen wiederverwendbaren Teile bereiten wir getrennt auf. Einmalartikel werden entsorgt. Bevor wir den MRT-Anästhesie-Vorbereitungsraum verlassen, arbeiten wir die letzten Punkte der → [Anästhesie-Checkliste für MRT](#) ab.

10 Transport

Vom MRT-Anästhesie-Vorbereitungsraum
in den Aufwachraum

Trotz der großen räumlichen Entfernung benutzen wir für die weitere Betreuung den Aufwachraum unseres OPs. Er ist ganztägig von einer Pflegekraft besetzt, mit einem Arzt in Bereitschaft. Ein Extraaufwachraum für die MRT wäre zu aufwendig. Deshalb nehmen wir den etwas weiteren Weg in Kauf. Für die sichere Verlegung sind zwei Personen zur Betreuung erforderlich.

Hinweis 11:**Mögliche Notfälle im MRT-Raum****Akute Notfälle:**

Für äußerste Gefahrensituationen, wenn zum Beispiel der Patient durch Metallteile gefährdet ist oder nicht mehr aus dem MRT befreit werden kann, haben wir einen Notfallknopf (Quenckknopf). Damit wird das Magnetfeld des MRT sofort abgeschaltet. Wird er gedrückt, werden etwa 1.000 l flüssiges Helium schlagartig verdampft. Es entsteht ein Nebel aus über 700.000 l He-Gas. Das meiste Gas wird direkt nach außen geleitet. Der Druck im MRT-Raum erhöht sich. Die Folge: eine Tür, die nach innen aufgeht, lässt sich nicht mehr öffnen. Gleichzeitig sinkt die Raumtemperatur rapide. Durch verflüssigte Luft oder das Berühren der sehr kalten Oberfläche besteht die Gefahr starker Erfrierungen. Durch das Absinken der Sauerstoffkonzentration entsteht ein hypoxisches Raumluftgemisch.

Respiratorische Notfälle:

Bei respiratorischen Notfällen fahren wir den Patienten aus der Röhre. Auf der Gantry behandeln wir ihn mit MR-tauglichen Materialien – oder wir bringen ihn in den MRT-Anästhesie-Vorbereitungsraum.

Kardiale Notfälle:

Bei kardialen Notfällen fahren wir den Patienten aus der Röhre und beginnen noch auf der Gantry mit der manuellen Wiederbelebung. Ist ein Defibrillator notwendig, müssen wir den Patienten direkt in den MRT-Vorbereitungsraum bringen. Zurzeit steht uns leider kein MR-tauglicher Defibrillator zur Verfügung.

NACH DEM SCAN	
GAB ES FEHLFUNKTIONEN ODER ZWISCHENFÄLLE?	NACHBESPRECHUNG:
<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> entsprechende Maßnahmen veranlasst	<input type="checkbox"/> Inhalt und Besonderheiten des Eingriffs dokumentiert <input type="checkbox"/> postoperative Anordnungen festgelegt <input type="checkbox"/> weiterbehandelnde Einheit festgelegt und informiert

D-367/93 2015

Anästhesie-Checkliste für MRT (siehe letzte Seite)

11 Überwachung

Im Aufwachraum

Bei für den Scan sedierten Patienten ist SpO₂-Überwachung Standard. Sauerstoffsättigung und Herzfrequenz überwachen und dokumentieren wir alle 15 Minuten. Eine Pflegekraft ist immer anwesend, ein Arzt in Rufbereitschaft. Der Patient muss so lange im Aufwachraum bleiben, bis die Wirkung der Medikamente so weit abgenommen hat, dass wir keine schwerwiegenden Beeinträchtigungen zu erwarten haben. Wenn wir Propofol zur Sedierung nehmen, ist der Patient in der Regel nach etwa zwei Stunden entlassungsfähig. Der Aufenthalt im Aufwachraum endet mit der Entlassungsuntersuchung.

12 Entlassungsuntersuchung

Im Aufwachraum

Die Entlassungsuntersuchung erfolgt durch den Anästhesisten. Sie erfüllt zwei Aufgaben:

Zum einen ist sie eine Maßnahme zur Qualitätssicherung. Haben wir im MRT alles richtig gemacht? Sind keine Verbrennungen, Druckstellen usw. vorhanden? Das hilft uns dabei, den Prozess in Zukunft noch zu verbessern.

Zum anderen dient die Untersuchung dazu, spezifische Kriterien abzuklopfen, die für die ambulante Entlassung erfüllt sein müssen. Hier sind die Empfehlungen der DGAI-Leitline „Ambulantes Operieren“ einzuhalten.

13 Entlassung

Nach der erfolgreichen Entlassungsuntersuchung klären wir die Begleitpersonen über das richtige Verhalten bei möglichen Komplikationen auf. Meist händigen wir ihnen zudem ein Informationsblatt mit einer Nottelefonnummer aus. Damit geht der Säugling in die Verantwortung der Begleitpersonen über.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- 1) Analgosedierung für diagnostische und therapeutische Maßnahmen im Kindesalter. Entschließung der DGAI und BDA, Anästhesie und Intensivmedizin 2010 (51), S. 603–614
- 2) Ch. Neuhäuser et al.: Analgosedierung für schmerzhaft Eingriffe bei Kindern und Jugendlichen. Dtsch. Arztebl. Int. 107 (2010), S. 241
- 3) Practice Advisory on Anesthetic care for Magnetic Resonance Imaging. A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Anesthetic Care for Magnetic Resonance Imaging. Anesthesiology 110 (2009), S. 459
- 4) S.v Paczynski et al.: Fallgruben in der Magnetresonanztomographie. Der Anästhesist 56 (2007), S. 797
- 5) IEC 60601-2-33: Particular requirements for safety of magnetic resonance equipment for medical diagnosis (2002) and amendment 2 (2007)
- 6) Provision of Anaesthetic services in Magnetic Resonance Units The Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland (2002) revised 2007
- 7) Leitlinie zur Sedierung und Analgesie (Analgosedierung) von Patienten durch Nichtanästhesisten. Anästh. Intensivmed. 43 (2002), S. 639
- 8) Qualitätssicherung in der Anästhesiologie. Richtlinie der DGAI und BDA. Anästh. Intensivmed. 30 (1989), S. 307

MRT im Frankfurter Bürgerhospital

Im November 2008 wurde der offene 1-Tesla-Hochfeld-Magnetresonanz-Tomograph im Frankfurter Bürgerhospital offiziell in Betrieb genommen – der erste der neuesten Generation im gesamten Rhein-Main-Gebiet. Etwa 90 % der Patienten, die zur Diagnostik kommen, werden im MRT alleine von den Radiologen oder der MRTA betreut. Für die restlichen 10 % wird ein Anästhesist hinzugezogen. Zu diesen Patienten zählen vor allem ambulante Säuglinge und einige Patienten der Intensivstation.

DAS FRANKFURTER BÜRGERHOSPITAL IN ZAHLEN:

- Betten: 290
- Fachabteilungen: 11
- stationäre Patienten: 14.214
- ambulante Patienten: 22.175
- Ärzte (Vollkräfte, außer Belegärzte): 106,5
- davon Fachärzte: 69,5 Vollkräfte
- Anästhesisten (Vollkräfte, außer Belegärzte): 13,5
- davon Fachärzte: 11,5 Vollkräfte
- durchgeführte Narkosen pro Jahr: 6.794

(Stand: 2008)

Mehr Informationen unter: www.buergerhospital-ffm.de

DR. MED. HANS-JÜRGEN RAPP:

Nach seinem Medizinstudium in Heidelberg arbeitete Dr. Rapp als Assistenzarzt in Heppenheim, später in Mannheim. Seit 1987 ist er Facharzt für Anästhesiologie, seit 1991 Oberarzt am Universitätsklinikum Mannheim, Schwerpunkt Kinderanästhesie. 2006 absolvierte er zudem das Masterstudium Management von Gesundheits- und Sozialeinrichtungen. Nach zwei Jahren als Chefarzt in Köln, übernahm er 2008 die Leitung der Anästhesieabteilung in Frankfurt.



ANÄSTHESIE-CHECKLISTE FÜR MRT

Passen Sie den vorliegenden Checklisten-Vorschlag entsprechend der örtlichen Prozess- und Strukturqualität Ihrer Anästhesie-Abteilung an.

PATIENT: Vor- und Zuname DATUM DES SCANS:

Geburtsdatum

VOR DER EINLEITUNG

GERÄTE UND ZUBEHÖR:

((Anästhesie-)Ventilator, Monitoring-Geräte, Spritzenpumpen)

geprüft betriebsbereit MR-tauglich

– Allergien?

Nein
 Ja entsprechende Maßnahmen vorbereitet

NOTFALLAUSRÜSTUNG:

(Pharmaka, Beatmungsbeutel, Absaugung, Intubationsset)

geprüft betriebsbereit MR-tauglich

– Intubations- oder Aspirationsrisiko?

Nein
 Ja entsprechende Maßnahmen vorbereitet

PATIENT: Identität bestätigt (durch Patient oder Angehörige)
 Untersuchungsgebiet bestätigt (durch Patient, Angehörige oder Untersucher)
 schriftliche Einwilligung zur Narkose oder Untersuchung liegt vor
 notwendige Befunde und Röntgenbilder vorhanden und auf Identität geprüft
 Nierenfunktion ok (wegen Gadolinium)

– Tattoos, Piercing, Implantate, Schrittmacher, Prothesen?

Nein
 Ja entsprechende Maßnahmen vorbereitet

VOR DEM BETRETEN DES MRT-RAUMS

MATERIAL: MR-tauglich (z. B. Stethoskop, Laryngoskop, Zangen, Sperrer, Klemmen, Kugelschreiber, EKG-Sensoren, EKG-Kabel, SpO₂-Sensor plus Kabel, NiBP-Manschette plus Schlauch, Kopfhörer für Patienten, Spritzenpumpen)
 silikonfrei (z. B. O₂-Insufflation, Atemschläuche, Atembeutel, künstlicher Atemweg)
 nicht aus Synthetik (z. B. Wärmedecke)

PATIENT: Dauer der Untersuchung und besondere Maßnahmen (z. B. Gadolinium) bestätigt
 trägt keine metallischen Gegenstände (z. B. Schlüssel, Geldbörse, Brille, Hörgerät, Kreditkarte, Schmuck, Namensschild, Batterien, Kleidung; Metallische Druckknöpfe, Metallfäden, Reißverschlüsse)
 ist nicht eingecremt (Feuchtigkeitscreme)
 Gehörschutz bereitgestellt
 Augen sind abgedeckt

MRT-TEAM (wichtig: Bitte jeden überprüfen):

trägt keine metallischen Gegenstände (z. B. Schlüssel, Geldbörse, Brille, Kreditkarte, Schmuck, Namensschild, Batterien)

IM MRT-RAUM

PATIENT: gelagert ohne direkten Kontakt der Beine, Hände oder Arme miteinander
 Windel trocken
 Gehörschutz angelegt

GERÄTE: korrekt positioniert und sicher arretiert oder fixiert
 Gerätefunktionen betriebsbereit
 EKG, NiBP, SpO₂, etCO₂, Temp,... korrekt platziert, fixiert
 Fernüberwachung (Kamera, Lautsprecher) geprüft

MRT-TEAM: Gehörschutz angelegt
 Kommunikationsregeln für innen und/oder außen abgesprochen
 Überwachungskonzept für innen und/oder außen festgelegt

KABEL: berühren Körper des Patienten nicht
 bilden keine Schleifen
 verlaufen innerhalb der Gantry
 sind fixiert

MEDIKAMENTE: geprüft

NACH DEM SCAN

GAB ES FEHLFUNKTIONEN ODER ZWISCHENFÄLLE?

Nein
 Ja entsprechende Maßnahmen veranlasst

NACHBESPRECHUNG:

Inhalt und Besonderheiten des Eingriffs dokumentiert
 postoperative Anordnungen festgelegt
 weiterbehandelnde Einheit festgelegt und informiert

Datum, Unterschrift

Version 06/2012



Diese Checkliste wurde in Anlehnung an das Konzept der WHO-Surgical Safety Checklist in enger Zusammenarbeit mit dem wissenschaftlichen Arbeitskreis Kinderanästhesie der DGAI (Herren Prof. Dr. Jochen Strauß, Dr. Hans-Jürgen Rapp, Frau Prof. Dr. med. Claudia Philippi-Höhne) und mit freundlicher Unterstützung der Dräger Medical GmbH konzipiert und erstellt. Sie ersetzt nicht die Aufstellung und Einhaltung krankenhausspezifischer Handlungsanweisungen. Für die Richtigkeit und Vollständigkeit übernimmt Dräger keinerlei Gewähr und Haftung. Eine Haftung für Fehler bei der Übermittlung im Internet wird ebenfalls ausgeschlossen.

UNTERNEHMENSZENTRALE
Drägerwerk AG & Co. KGaA
Moislinger Allee 53–55
23558 Lübeck, Deutschland

www.draeger.com

Hersteller:
Drägerwerk AG & Co. KGaA
Moislinger Allee 53–55
23558 Lübeck, Deutschland

DEUTSCHLAND
Dräger Medical
Deutschland GmbH
Moislinger Allee 53–55
23558 Lübeck
Tel 0800 882 882 0
Fax 0451 882 720 02
dsc@draeger.com

ÖSTERREICH
Dräger Austria GmbH
Perfektastraße 67
1230 Wien
Tel +43 1 609 04 0
Fax +43 1 699 45 97
office.austria@draeger.com

SCHWEIZ
Dräger Schweiz AG
Waldeggsstrasse 30
3097 Liebefeld
Tel +41 58 748 74 74
Fax +41 58 748 74 01
info.ch@draeger.com

Ihren Ansprechpartner vor
Ort finden Sie unter:
www.draeger.com/kontakt

