

Anästhesie außerhalb des Operationssaals

WOLFGANG HEINKE, VOLKER THIEME

Einleitung

Zunehmend werden Anforderungen für Anästhesien außerhalb der klassischen, durch chirurgische Disziplinen genutzten, Operationssäle gestellt. Diese machen an großen Kliniken inzwischen bis 15% der durchgeführten Anästhesien aus [1]. Ursache für diesen Trend sind die Zunahme moderner minimal-invasiver Verfahren (z.B. Aneurysmcoiling), die Ausweitung diagnostischer Maßnahmen vor allem bei Kindern (Magnetresonanztomographie [MRT]), die Zunahme invasiv-diagnostischer Maßnahmen, die Gefahr kontrastmittel-bedingter Zwischenfälle und der Komfortanspruch der Patienten während bestimmter Prozeduren (siehe Tabelle 1). Da es sich oftmals um vermeintlich „kleinere“ Eingriffe und Prozeduren handelt, werden die Risiken für den Patienten und die Schwierigkeiten für den Anästhesisten schnell unterschätzt. Tatsächlich ist die Anästhesie außerhalb des Operationssaals dadurch gekennzeichnet, dass sich der Anästhesist weder räumlich noch personell in seinem vertrauten Umfeld bewegt und die Umgebung im Gegensatz zum Operationssaal nicht den Bedürfnissen von Anästhesisten angepasst ist (z.B. keine Aufwächerräume zur Verfügung stehen). Zudem sind die Anforderungen oft schlecht planbar, weshalb häufig kein ausreichend qualifiziertes Anästhesiepflegepersonal zur Verfügung steht. Hinzu kommt, dass gerade bei multimorbiden Patienten mit entsprechend hohem Anästhesierisiko bevorzugt minimal – invasive Therapieverfahren als Alternative zur Anwendung kommen. So ist es nicht überraschend, dass bedingt durch den ungewohnten Arbeitsplatz mit häufig reduzierter Ausstattung bei der hohen Zahl von Risikopatienten schwere anästhesiebedingte Zwischenfälle bei Interventionen außerhalb des Operationssaals keine Seltenheit darstellen [2, 3].

Für Anästhesisten stellen sich hiermit neue organisatorische, personelle und technische Herausforderungen. Diese müssen das Ziel haben, für Patienten die außerhalb des OP-Saals anästhesiologisch betreut werden die gleichen strukturellen und personellen Standards wie im OP-Saal zur Gewährleistung ihrer Sicherheit zu garantieren [4]. Die vorgestellte Übersicht soll wichtige Indikationen für Anästhesien außerhalb des klassischen Operationssaals und deren Besonderheiten darlegen. Auf eine Darstellung der Besonderheiten der Anästhesie bei kardiologischen Interventionen außerhalb des Operationssaals wird mit Verweis auf entsprechende Übersichten verzichtet [5].

Fachgebiet	diagnostisch	interventionell
Radiologie	<ul style="list-style-type: none">• MRT, CT, PET (Kinder)• Angiographien	<ul style="list-style-type: none">• Aneurysmcoiling• AVM - Embolisation• Aortenstents• Carotisstents• Gallenwegsdrainagen• Radiofrequenzablation, laser-induzierte interstitielle Thermotherapie• Punktionen und Biopsien (z.B. Abszesse, Tumoren)
Strahlentherapie		<ul style="list-style-type: none">• Vorbereitung und Durchführung von Brachytherapien
Gastreterologie	<ul style="list-style-type: none">• Koloskopie, Gastroskopie (Kinder)	<ul style="list-style-type: none">• TIPS – Anlage• Interventionen an den Gallenwegen

Fachgebiet	diagnostisch	interventionell
Kardiologie	<ul style="list-style-type: none"> Herzkatheter (Kinder) 	<ul style="list-style-type: none"> Aortenstents Interventionen an den Koronargefäßen Interventionen an den Herzklappen
Psychiatrie		<ul style="list-style-type: none"> Elektrokrampftherapie

Tabelle 1: Indikationen für Anästhesien außerhalb des OP-Saals

Anästhesie in der Radiologie und Strahlentherapie

Auch wenn in der Literatur keine exakten Zahlen vorliegen, darf angenommen werden, dass ein sehr großer Teil von Anästhesien außerhalb des Operationssaals in den verschiedenen radiologischen Funktionsbereichen (Angiographie, Computertomographie [CT], Magnetresonanztomographie [MRT], konventionelle Durchleuchtung) erbracht wird. Dies ist bedingt durch die Zunahme der Diagnostik (z.B. Kinder-MRT's) ganz allgemein sowie durch eine Zunahme invasiv - diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen, die einerseits schmerzhaft sind, und andererseits das Stillhalten des Patienten über eine längere Zeit erfordern. Typisches Kennzeichen vieler der durchgeführten Prozeduren und damit von Bedeutung für die Steuerung der Anästhesie ist ihr abruptes Ende.

Neben der eigentlichen Durchführung der Anästhesie sieht sich der Anästhesist in der Radiologie zusätzlich mit Fragen des Strahlenschutzes sowie der Prophylaxe und Behandlung kontrastmittelbedingter Reaktionen konfrontiert.

Strahlenschutz

Abhängig von der Dauer und Prozedur kann es im CT oder der Angiographie zu einer relevanten Strahlenexposition für den Patienten sowie das medizinische Personal kommen. Da sich der Anästhesist oft während der gesamten Behandlung im gleichen Raum wie der Patient aufhalten muss, benötigt er eine Bleischürze und einen Schilddrüsenschutz. Auch sollte ein ausreichend großer Abstand zum Behandlungstisch eingehalten werden.

Kontrastmittel

Neben eingriffsbedingten Komplikationen ist die Anwendung von jodhaltigen Kontrastmitteln (KM) ein viel diskutiertes Risiko für den Patienten. Diese können allergische Reaktionen, Hyperthyreosen [6] und Kontrastmittelnephropathien [7] verursachen. Schwere allergische Reaktionen sind sehr selten. In einer Metaanalyse, die insgesamt 10000 Patienten die jodhaltige KM bekamen, einschließt, wurden keine schweren allergischen KM-Zwischenfälle berichtet [8]. Trotzdem sollte beim Risikopatienten immer eine Prophylaxe, z.B. in Form einer kombinierten präinterventionellen Gabe von Glukokortikoiden und Antihistaminika, durchgeführt werden. Eine gesicherte Datenlage, welche Art oder Dosis eine effektive Prophylaxe zur Vermeidung allergischer KM-Reaktionen haben sollte, fehlt, so dass diesbezüglich keine verbindlichen Empfehlungen ausgesprochen werden können. Grundsätzlich wird davor gewarnt, sich auf eine durchgeführte Prophylaxe bei Risikopatienten zu verlassen [8].

Die KM-bedingte Hyperthyreose macht zahlenmäßig etwa die Hälfte aller Hyperthyreosen in Deutschland aus. Bei unselektierten Patienten wird das Risiko einer jodinduzierten Hyperthyreose nach KM-Gabe mit bis zu 0,34% angegeben [9]. Es steigt bei Risikofaktoren, wie einem vorbestehenden Jodmangel (Deutschland ist ein Jodmangelnd), hohen KM-Dosen (hohe Jodexposition), dem Vorhandensein von autonomem Schilddrüsengewebe (knotig veränderte Schilddrüse) oder hohem Alter des Patienten. Anamnese, Klinik (knotige Struma) und eine TSH-Bestimmung sind deshalb vor KM-Anwendung obligat, um gegebenenfalls eine Prophylaxe (siehe Tabelle 2) vorzunehmen.

Medikamentöse Prophylaxe der jodinduzierten Hyperthyreose

- 3 x 20 Tropfen (900 mg) Perchlorat (Irenat®)/Tag
 - zusätzlich fakultativ (bzw. obligat bei manifester Hyperthyreose) 20 mg Thiamazol (Favistan®)/Tag
 - Beginn der Therapie: spätestens 2 - 4 Std. vor KM-Exposition
 - Dauer der Therapie: 14 Tage
-

Tabelle 2: Empfehlungen zur Prophylaxe der jodinduzierten Hyperthyreose

Die Indikation zur Prophylaxe sollte im Notfall, wenn kein TSH bestimmt werden kann, bei Patienten älter als 60 Jahre, knotig veränderter Schilddrüse oder vorbestehenden Schilddrüsenerkrankungen großzügig gestellt werden. Die im MR verwendeten Kontrastmittel sind nicht jodhaltig und verursachen deshalb keine Schilddrüsenprobleme.

Die KM-induzierte Nephropathie wird für ca. 10% aller im Krankenhaus erworben Nierenversagen verantwortlich gemacht [10]. Dementsprechend benötigen Patienten mit Risikofaktoren (z.B. Niereninsuffizienz, hohes Alter, Hypotension, Hypertonie, Herzinsuffizienz) eine Prophylaxe. Empfohlen werden nach einer Konsensuskonferenz [11] die Optimierung des Volumenstatus (ausreichende Hydratation), eine pharmakologische Nierenprotektion (N-Acetylcystein, Theophyllamin), die Anwendung geringer Mengen niedrigosmolarer KM, das Absetzen potentiell nephrotoxischer Medikamente (NSAID, Metformin) sowie Serumkreatininkontrollen im Verlauf. Insbesondere für pharmakologisch protektive Maßnahmen scheint die Datenlage noch nicht ausreichend gesichert, um eine generelle Empfehlung auszusprechen. Trotzdem ist die Gabe von 2 x 600 mg ACC p.o. am Vor- und Untersuchungstag aufgrund geringer Kosten und Nebenwirkungen sinnvoll. Alternativ können bei Notfällen oder besonders hohem Risiko 1200 mg ACC präprozedural i.v. gegeben werden. Auch Theophyllin als Adenosin antagonist kann der adenosinvermittelten Vasokonstriktion im Rahmen der Kontrastmittelnephropathie möglicherweise entgegenwirken [7].

Selten beschriebene anästhesierelevante Nebenwirkungen durch KM sind u. a. Sehstörungen bis zur kortikalen Blindheit, andere fokale neurologische Defizite, wie z. B. Hemiparese oder Aphasie, Bewusstseinsstörungen und Krampfanfälle [12]. Diese bilden sich zumeist innerhalb von 3 – 4 Tagen vollständig zurück.

Anästhesie in der Neuroradiologie

Diagnostische Angiographien und therapeutische Interventionen für die eine Anästhesie erforderlich ist, werden sowohl elektiv aber auch als Notfallintervention durchgeführt. Häufige neuroradiologische Interventionen sind die Coil-Okklusion intrakranieller Aneurysmen, die Embolisation von arterio-venösen Malformationen und die Okklusion duraler arteriovenöser Fisteln [13]. Im Rahmen diagnostischer Angiographien des ZNS ist die Anästhesie v.a. bei Kindern, unkooperativen Patienten (Notfall), KM-Unverträglichkeit und sehr ängstlichen Patienten involviert.

Die Wahl der Anästhesietechnik hängt von der Prozedur und von der Kooperation Anästhesie - Neuroradiologie ab. In der Regel wird für Interventionen die Allgemeinanästhesie der Sedierung vorgezogen. Sie ermöglicht eine bessere Bildqualität, einen höheren Patientenkomfort, eine sichere Immobilisation des Patienten sowie eine bessere Kontrolle von Atmung und Hämodynamik. Da der Zugang zu den Atemwegen unter der Intervention erschwert ist, ist die Intubation zur Atemwegssicherung die Methode der Wahl. Bei nicht nüchternen Patienten muss zur Einleitung beachtet werden, dass der Angiographietisch nicht gekippt werden kann. Muskelrelaxantien sind nur zur

Intubation nötig. Allerdings muss gewährleistet sein, dass der Patient sich in kritischen Phasen der Intervention nicht bewegt, da sonst gravierende Komplikationen die Folge sein können (Tab.3).

Interventionell bedingt
ZNS
<ul style="list-style-type: none"> • Blutung (Aneurysmaperforation, Dissektion) • Gefäßverschluss (Thrombembolie, Fehlplatzierung von Coils, Vasospasmus)
peripher
<ul style="list-style-type: none"> • Gefäßverletzung (lokale oder retroperitoneale Blutung, Aneurysma der A.femoralis)
Kontrastmittel bedingt
<ul style="list-style-type: none"> • Allergische Reaktion • Thyreotoxikose • Nephropathie

Tabelle 3: Mögliche Komplikationen neuroradiologischer Interventionen

Als Anästhetika eignen sich kurzwirksame, gut steuerbare Medikamente (Sevofluran, Propofol, Remifentanyl), da der Schmerzreiz gering ist und die Interventionen häufig schlecht vorhersehbar abrupt enden. Während der Intervention sollte der arterielle Blutdruck im Normbereich gehalten werden. Zur Überwachung des Blutdrucks kann die Indikation zur Anlage eines arteriellen Katheters abhängig vom Risiko des Patienten großzügig gestellt werden. Die Anlage eines zentralvenösen Katheters ist selten erforderlich. Durch Fehlpunktionen mit Verletzungen der A. carotis interna sind sogar Schwierigkeiten bei der Intervention möglich (kein Passieren, Dissektion, Blutungskomplikationen bei Fibrinolyse). Je nach Dauer der Intervention ist die Anlage eines Blasenkatheters sinnvoll, auch weil durch größere Volumina hyperosmolaren Kontrastmittels eine osmotische Diurese induziert werden kann.

Zur Verhinderung von Thrombenbildungen am Katheter oder Führungsdraht des Radiologen wird der Patient intravenös heparinisiert. Nach der Coilokklusion von Aneurysmen bekommt er zusätzlich noch ASS und wenn Stents verwendet werden, wird die Antikoagulation noch durch Clopidogrel ergänzt. Art und Dosis der Antikoagulation sollte immer in enger Kooperation mit dem Neuroradiologen festgelegt werden.

Insbesondere nach Embolisationsbehandlungen von arteriovenösen Malformationen besteht die Gefahr ischämischer Komplikationen (z.B. bei zu weit proximalem Verschluss zuführender Arterien) oder von Blutungskomplikationen, wenn es im Angiom zu einer starken Druckerhöhung kommt (z.B. bei zu ausgedehntem Verschluss der drainierenden Venen). Aufgrund dieser Komplikationen sollten bereits während der Intervention regelmäßig die Pupillen kontrolliert werden. Blutungskomplikationen können allerdings auch erst mit einer Latenz von Stunden bis Tagen auftreten. Eine weitere Komplikationsmöglichkeit ist ein zerebraler Vasospasmus. Dieser kann bereits vor Beginn der Intervention vorhanden sein oder durch Sondierung intrakranieller Gefäße ausgelöst werden. Lokal bzw. systemisch kann versucht werden, den Vasospasmus mit Nitraten, Papaverin oder Nimodipin zu beeinflussen (Cave: Hypotension) und die Arbeitsbedingungen für den Radiologen zu verbessern. Vermeidung von Hyperventilation (ggf. Tolerierung einer Hyperkapnie) und Hypotonien wirken ebenfalls einem Vasospasmus entgegen.

Sollte der Patient eine Liquordrainage haben, muss während der Intervention auf einen kontinuierlichen Liquorabfluss geachtet werden, während die Drainage auf Transporten verschlossen wird. Postinterventionell gehört zur Komplikationsprophylaxe die Kontrolle

des Druckverbandes im Bereich der Punktionsstelle der Katheterschleuse. Der Druckverband sollte für ca. 4 bis 6 Std. belassen werden. Wenn ein Nahtapparat oder ähnliche Systeme (AngioSeal®) zum Verschluss der Punktionsstelle verwendet werden, ist kein Druckverband erforderlich.

Zur Intervention werden verschiedene Embolisate eingesetzt (Polyvinylalkohol, n-Butyl-Vyana acrylat [Histoacryl®], Ethylenvinylalkoholcopolymer [Onyx®]) Onyx® wird zum Teil über die Atemwege ausgeschieden und verursacht, v.a. wahrnehmbar nach der Extubation einen unangenehmen Foetor, der dem bei einen Leberversagen ähnelt, klinisch jedoch unbedenklich ist. Nach der Intervention sollte der Patient auf einer Intermediate Care Station (IMC) neurologisch überwacht werden und 24 Stunden Bettruhe einhalten. Gegebenenfalls schließt sich an die Untersuchung noch ein CT oder MRT an.

Extrakranielle endovaskuläre Stents

Der Vorteil endovaskulärer Stentanlagen im Bereich der Aorta oder der A. carotis ist die Minimierung des chirurgischen Traumas und das Vermeiden von Komplikationen durch das Crossclamping. Allerdings sind von der Art des Aneurysmas oder des Gefäßverschlusses nicht alle Patienten für dieses Vorgehen geeignet.

Anästhesiologisch kommen die Allgemeinanästhesie, rückenmarksnahe Verfahren und Lokalanästhesien [14] zur Anwendung. Dabei bleibt insbesondere die Diskussion um rückenmarksnahe Anästhesieverfahren bei aortaler Stentimplantation wegen der Gefahr epiduraler Hämatome kontrovers, da die Patienten heparinisiert werden und Aspirin sowie gelegentlich Clopidogrel zur Thrombozytenaggregationshemmung bekommen.

Aufgrund möglicher Komplikationen bei der Intervention (Ruptur des Aneurysmas, Stenose, Gefäßverschluss, Endoleak, spinale Ischämie) sollte idealerweise ein OP-Saal während der Intervention freigehalten werden, um Komplikationen gegebenenfalls offen chirurgisch zu beherrschen.

Die Indikation zum erweiterten Monitoring (invasive Blutdruckmessung, Urinausscheidung) kann bei Stentanlagen in der Aorta großzügig gestellt werden.

Eine weitere Indikation für endovaskuläre Stents, ist die Anlage eines transjugularen intrahepatischen portosystemischen Shunts (TIPS). Bei einer solchen TIPS-Anlage wird eine Verbindung zwischen der V. cava inferior und der Pfortader über einen perkutanen transjugulären Zugang geschaffen, um nichtchirurgisch eine portale Hypertension zu behandeln. Technisch hat die TIPS-Anlage eine hohe Erfolgsrate. Bedingt durch den Zustand des Patienten muss dennoch mit Komplikationen, wie Blutungen, hepatischer Enzephalopathie oder pulmonaler Hypertension gerechnet werden. Obwohl auch in Lokalanästhesie durchführbar, werden aufgrund der Komplikationsmöglichkeiten häufig Anästhesisten zur Überwachung der Vitalfunktionen („Stand by“) oder für die Durchführung einer Allgemeinanästhesie hinzugezogen. Dabei gelten die gleichen Grundsätze wie für die Allgemeinanästhesie bei Patienten mit Lebererkrankungen [15]. Postinterventionell sollten die Patienten für 24 Stunden auf einer IMC - Station überwacht werden.

Anästhesie für gastrointestinale Interventionen

Im Magen-Darm-Trakt und hepatobiliären System sind es vor allem Endoskopien des oberen und unteren Gastrointestinaltrakts, Gallenwegsdrainagen und Thermoablationen von hepatischen Tumoren die eine anästhesiologische Mitbetreuung der Patienten erfordern.

Für Endoskopien des oberen und unteren Gastrointestinaltrakts sind es überwiegend Kinder, die eine Anästhesie benötigen. Diese sollte standardmäßig in Form einer Intubationsnarkose erfolgen, da sonst mit Atemwegsproblemen und Abfällen der Sauerstoffsättigung in Folge einer Obstruktion der oberen Atemwege oder einer

Überdehnung des Gastrointestinaltrakts während der Prozedur zu rechnen ist. Darüber hinaus ist eine alleinige Sedierung bei vielen Interventionen qualitativ nicht ausreichend [16]. Als Medikamente kommen wiederum kurzwirksame gut steuerbare Anästhetika zum Einsatz. Nach dem Eingriff ist es wichtig, die eingebrachte Luft aus dem Gastrointestinaltrakt abzusaugen, um den Druck auf das Zwerchfell zu vermindern.

Weitere gastrointestinale Interventionen bei denen eine Anästhesie erforderlich sein kann, sind Stentanlagen in den Gallenwegen (perkutane transhepatische Cholangiodrainage [PTCD]). Diese sehr schmerzintensiven Interventionen werden bei obstruktiven Verschlüssen im hepatobiliären System durchgeführt. Betroffen sind häufig inoperable Patienten in z.T. erheblich reduziertem Allgemeinzustand. Sofern kein Aspirationsrisiko besteht, genügt bei diesen Patienten eine Analgosedierung. Eine gute Alternative für eine Analgosedierung mit Kombination mehrerer Medikamente ist die alleinige kontinuierliche Infusion von Remifentanyl in einer Dosis von 0,1 – 0,25 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. In diesem Dosisbereich bleiben die Patienten kooperativ, respiratorisch suffizient und sind mit der erzielten Analgesie zufrieden [17]. Ein weiterer Vorteil der Anwendung von Remifentanyl bei Leberinsuffizienz ist die aufgrund seiner Elimination unveränderte Pharmakokinetik, so dass es zu keiner Verlängerung der Eliminationshalbwertszeit kommt [18].

Zunehmende Verbreitung in der Behandlung von Tumoren oder Metastasen finden auch lokal destruirende Maßnahmen wie die Radiofrequenzablationstechnik (RFA) oder die laser-induzierte interstitielle Thermotherapie (LITT). RFA und LITT sind nichtchirurgische Verfahren zur Tumor – und Metastasenbehandlung vor allem in der Leber [19]. Prinzipiell können aber auch Lungen -, Nieren -, Hirn - und Knochentumoren mit diesen Methoden behandelt werden. Über eine Sonde wird bei beiden Techniken thermische Energie in den Tumor gebracht und das Gewebe zerstört. Die Sonde wird dabei unter bildgebender Kontrolle (Sonographie, CT oder MRT) im Tumor platziert. Im MRT ist zusätzliche eine simultane Kontrolle der Temperaturentbreitung im Gewebe möglich. Finden die Interventionen im MRT statt, müssen die Besonderheiten der Anästhesie im MRT beachtet werden (siehe Abschnitt Anästhesie im Magnetresonanztomographen). Nicht nur im MRT sondern auch im CT ist die Ein- und Ausleitung einer Anästhesie erschwert, da der Zugang zum Kopf des Patienten eingeschränkt ist. Diesem Umstand muss bei erwarteten Intubationsproblemen insofern Rechnung getragen werden, dass Patienten mit schwierigem Atemweg nicht im CT, sondern im OP-Saal eingeleitet werden und anschließend beatmet ins CT transportiert werden. Auch die Lagerung des Patienten im CT muss sorgfältig geschehen, da im Gegensatz zum Op-Tisch keine Halterungen für die Arme vorhanden sind und die am Körper angelagerten Arme bei Lebertumoren die Bildgebung stören können. Auf keinen Fall dürfen die Arme über oder hinter dem Kopf gelagert werden, wie bei kurzer diagnostischer Bildgebung üblich, da dies bei Interventionszeiten von 45 bis 180 min zu Schädigungen des Plexus brachialis führen kann. Wird eine RFA an der Niere durchgeführt, kann eine Bauchlage des Patienten erforderlich werden.

Als Anästhesieform ist sowohl die balancierte Anästhesie als auch eine TIVA möglich. Verwendet werden sollten kurzwirksame Anästhetika (Propofol, Sevofluran, Desfluran) und Remifentanyl. Dies ist für die Steuerung der Anästhesie von Vorteil, da lediglich der Wärmeeintrag in Gewebe schmerzhaft ist, während die Phasen der Bildgebung lange Zeiten ohne echten schmerzhaften Stimulus darstellen und die Intervention außerdem abrupt beendet ist. Insbesondere bei gefäßnahen Lebertumoren kann es durch den Wärmeeintrag ins Gewebe zu einem systemischen Temperaturanstieg der Patienten von bis zu 1°C kommen, weshalb ein kontinuierliches Temperaturmonitoring sinnvoll ist. Postinterventionell reicht, je nach Zustand des Patienten, zumeist eine ca. 2-stündige Überwachung im Aufwachraum aus. Die größte postoperative Gefahr nach RFA oder LITT von Lebertumoren sind Blutungskomplikationen vor allem bei Patienten mit gestörter Gerinnung. Deshalb muss bei präanästhesiologischen Visite insbesondere auf den

Gerinnungsstatus geachtet werden. Bei nicht aufschiebbaeren Eingriffen bzw. nicht zu erwartender Gerinnungsnormalisierung sollte die Substitution von Gerinnungsfaktoren und/oder Thrombozytenkonzentraten erfolgen.

Anästhesie im Magnetresonanztomographen

Kinder, geistig behinderte Patienten aber auch klaustrophobische Erwachsene, Schmerzpatienten und Intensivpatienten müssen anästhesiologisch im MRT betreut werden [20]. Dabei kann eine vollständige Tomographie je nach untersuchtem Organsystem zwischen 20 und 90 min dauern. Für diese Zeit muss sichergestellt sein, dass der Patient still liegt. Was unter normalen Verhältnissen relativ einfach ist, ist im MRT deutlich erschwert: Der Scannerraum ist abgedunkelt. Der Patient verschwindet in der Bohrung des Scanners (bei Neugeborenen und Säuglingen sogar unter der Untersuchungsspule). Es ist laut (80 – 100 dB) und ein starkes Magnetfeld ($B_0 = 0.5 - 3$ Tesla) sowie intermittierende Hochfrequenzimpulse sorgen für Besonderheiten. Wegen der Hochfrequenzimpulse ist der Untersuchungsraum speziell abgeschirmt, damit diese nicht nach außen gelangen und dort Fehlfunktionen an medizinischen Geräten hervorrufen. In anderer Richtung können Hochfrequenzsignale von außen die Bildqualität empfindlich beeinträchtigen. Aufgrund des Magnetfeldes dürfen ferromagnetische Gegenstände auf keinen Fall in den Scannerraum hinein. Diese werden durch das Magnetfeld angezogen und können zur Gefahr für Mensch und Technik werden (Projektilwirkung). Patient und Personal müssen deshalb vor Betreten des Untersuchungsraums auf metallische und magnetische Gegenstände untersucht werden (Schmuck, Uhren, Datenträger, Telefon, Kreditkarten etc.). Sollte der Patient metallische Implantate (z.B. Endoprothesen, Aneurysmaclips, Stents) tragen, muss Rücksprache mit dem Radiologen geführt werden (siehe Tabelle 4).

Absolute Kontraindikationen	Relative Kontraindikationen
• Implantierte Herzschrittmacher/Defibrillatoren	• Implantierte Ventile (v-p-Shunts)
• Implantierte Medikamentenpumpen	• Zentrale Venenkatheter mit implantierten Röntgenkontraststreifen
• Cochleaimplantate	• Orthopädische/unfallchirurgische Metallimplantate
• Aneurysmaclips/Stents aus magnetischem Material	• Transdermale Medikamentensysteme
• Künstliche Herzklappen aus magnetischem Material	• Tuben und Trachealkanülen mit Metallspiralen
• Swan-Ganz-Katheter	• Zahnprothesen (auch Brackets)
• Blasenkatheter mit Temperaturmessung	
• Rektale und ösophageale Temperatursonden	
• Ferromagnetische Fremdkörper (z.B. intraokulare Metallsplitter)	

Tabelle 4: Kontraindikationen für eine MRT-Untersuchung [mod. nach 20]. Bei Unklarheiten sollte grundsätzlich vor der Untersuchung Rücksprache mit dem Radiologen genommen werden.

Für die Anästhesie sollte im MRT, ähnlich wie im OP-Saal, ein Vorbereitungsraum zur Verfügung stehen der sich in unmittelbarer Nähe zum Untersuchungsraum befindet. Hier erfolgt die Ein- und Ausleitung bei der ggf. noch Standardanästhesietechnik verwendet werden kann. Bei Intensivpatienten wird in diesem Bereich die Beatmungs – und Überwachungstechnik auf MR-kompatible Geräte gewechselt, da im Untersuchungsraum nur speziell für den Einsatz in der MRT zugelassene Geräte verwendet werden dürfen. In den Vorbereitungsraum muss der Patient auch bei kardialen oder respiratorischen Notfällen (kardiopulmonale Reanimation) gebracht werden, da die übliche Notfallausrüstung (Defibrillator, Laryngoskop) nicht MR-kompatibel ist.

Im Untersuchungsraum darf die Überwachungs- und Beatmungstechnik nicht zu dicht am Tomographen stehen, um elektromagnetische Interferenzen mit Störungen der Bildgebung und der Anästhesietechnik zu vermeiden. Deshalb sollte sich auf dem Boden eine farbliche Markierung befinden, die die Abnahme der Feldstärke auf unter 20 mT anzeigt (20 mT-Linie, bei 2 Teslageräten ca. 1 m entfernt von der Kernbohrung). Hinter dieser Linie ist die Gefahr von Fehlfunktionen bzw. Störungen gering. Einige Geräte schalten sich bei zu starkem Magnetfeld auch automatisch ab. Aufgrund des notwendigen Abstands zum Tomographen müssen für die Beatmung längere Beatmungsschläuche verwendet werden. Dies birgt bei Einstellung geringer Tidalvolumina (Säuglinge) Gefahren für eine fehlerhafte Beatmung.

Das EKG darf nicht über Elektroden mit metallischen Druckknopfanschlüssen abgeleitet werden, da die wechselnden Magnetfelder in metallischen Gegenständen Wärme induzieren können. Dies kann zu Hautverbrennungen führen. Verbrennungen können ebenfalls durch in Schlaufen gelegte EKG-Kabel entstehen, da dadurch Resonanzkreise entstehen. Ein zuverlässiges EKG ist, bedingt durch elektromagnetische Interferenzen, zumeist nur während der Scanpausen ableitbar [21]. Der Fingerclip der Pulsoximetrie sollte abgedeckt werden, um Streulichteinflüsse mit Störungen der empfindlichen Messtechnik (optische Leitung des Signals) zu vermeiden. Nichtinvasive Blutdruckmessung und die Kapnometrie funktionieren problemlos, da diese Signale nicht elektrisch vom Patienten zum Monitor geleitet werden müssen.

Ist der Patient intubiert, sollten keine Tuben (oder Trachealkanülen) mit Metallspirale verwendet werden, da zumindest bei Bildgebung im Kopf - und Halsbereich große Auslöschungsartefakte resultieren. Selbst die Spiralfeder im Cuffventil des Tubus kann bei ungünstiger Lage Artefakte im Kopf- und Halsbereich verursachen. Darüber hinaus wird eine Erwärmung der Metallspirale im Tubus diskutiert.

Als Anästhesieverfahren genügt bei diagnostischen MRT's in den meisten Fällen eine Sedierung. Eine Intubation zur Atemwegssicherung ist nur bei sehr wenigen Patienten erforderlich (z.B. wenn in Bauchlage gescannt wird). Die Wahl der Medikamente ist vom Zustand des Patienten und der Erfahrung des Anästhesisten abhängig. Gut steuerbar sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen ist die kontinuierliche intravenöse Sedierung mit Propofol. Als orientierender Dosierungsbereich werden nach einem vorsichtig titriertem Bolus (ca. 1 – 1.5 mg/kg) etwa 4 – 6 mg/kg/h bzw. Plasmakonzentrationen von etwa 1,5 – 2,5 µg/ml angegeben [22]. Für den Neuroradiologen ist es wichtig zu wissen, dass bei bestimmten Bildgebungssequenzen durch Propofol Artefakte ähnlich einer SAB entstehen können [23,24]. Alternativ zum Propofol können Ketamin oder Midazolam verwendet werden.

Die dargestellten Grundlagen gelten auch, wenn Interventionen oder Operationen [21,25] im MRT durchgeführt werden. Damit ist in der Zukunft bei Weiterentwicklung und Verbreitung offener Magnetresonanztomographen verstärkt zu rechnen, so dass sich Anästhesisten zunehmend mit dieser Problematik auseinandersetzen müssen. Je nach Art und Dauer der Intervention sowie den Voraussetzungen des Patienten kommen für Interventionen im MRT alle gängigen Anästhesietechniken zum Einsatz.

Anästhesie für die Brachytherapie

Brachytherapeutisch behandelt werden vor allem HNO-Tumoren, Ösophagus-, Bronchial- und Gallengangskarzinome, gynäkologische Tumoren sowie das Mamma- und Prostatakarzinom. Das operative Vorgehen bei der Brachytherapie entspricht einem minimal invasiven Eingriff, welcher nur unter einer Anästhesie realisierbar ist. Welche Anästhesietechniken zum Einsatz kommen, ist vom zu behandelnden Tumor, den

Risikofaktoren und dem Wunsch des Patienten abhängig [26]. Vielerorts wird die Anästhesie in Form einer topischen oder lokalen Anästhesie durch den Strahlentherapeuten durchgeführt, häufig bedingt durch die fehlende Verfügbarkeit von Anästhesisten. Dieses Vorgehen ist einer Anästhesie unterlegen, bietet wenig Komfort und beinhaltet das Risiko durch stressinduzierte Bewegungen unterbrochen werden zu müssen bzw. nicht erfolgreich zu sein.

Indikationen für eine Allgemein- oder rückenmarksnahe Anästhesie bestehen vor allem zur Applikatorimplantation (Applikatoren sind kleine Plastikschläuche über die die Strahlenquelle ins Tumorbett eingebracht wird.) für die Brachytherapie des Mammakarzinom, gynäkologischer Tumoren und für die Behandlung des Prostatakarzinoms. Bei der Behandlung anderer Tumorlokalisationen ist eine Allgemeinanästhesie seltener notwendig [27]. Da Applikatorimplantationen eher kurze und vergleichsweise wenig schmerzhaft Eingriffe sind, besteht die Herausforderung für den Anästhesisten v.a. darin, dass er sich nicht in seiner gewohnten Umgebung befindet, die Eingriffsräume nicht auf seine Bedürfnisse zugeschnitten sind (z.B. fehlende Medienversorgung, fehlende Absaugung) und sofern nicht nur die Applikatoren implantiert werden, sondern in der gleichen Sitzung bestrahlt wird, die Notwendigkeit bestehen kann, den Patienten während der Anästhesie für mehrere Minuten zu verlassen. Aufgrund fehlender Literatur gibt es praktisch noch keine Diskussion zur optimalen anästhesiologischen Betreuung dieser Patienten. Logische Überlegungen lassen für die Applikatorimplantation zur Brachytherapie der Brust die Anästhesieführung als TIVA (Propofol + kurzwirksames Opioid) günstig erscheinen, weil keine Narkosegasabsaugung erforderlich ist und die Patientinnen nach Verzicht auf volatile Anästhetika und Lachgas seltener Probleme mit postoperativer Übelkeit und Erbrechen haben. Bei fehlendem Aspirationsrisiko und verhältnismäßig kurzen OP-Zeiten (15-30 min) reicht zur Atemwegssicherung eine Larynxmaske aus. Zur postoperativen Schmerztherapie genügen peripher wirksame Analgetika (Metamizol, Paracetamol).

Bei Brachytherapien von Tumoren im Beckenbereich (gynäkologische Tumoren, Prostata) sind rückenmarksnahe Anästhesieverfahren anwendbar [28]. Sie sind der Allgemeinanästhesie vor allem dann überlegen, wenn in einer Sitzung die Applikatoren implantiert werden, bestrahlt wird und die Applikatoren wieder entfernt werden, denn zur Bestrahlung muss der Patient für etwa 10 min verlassen werden. Die Überwachung des Patienten erfolgt während dieser Zeit über Videokameras aus dem Kontrollraum heraus. Eine Unterbrechung und der Zugang zum Patienten während der Bestrahlung ist zwar prinzipiell, aber nur verzögert möglich. Die Spinalanästhesie bietet bei dieser Prozedur den Vorteil, dass sie zum Zeitpunkt der Bestrahlung (bei der Prostata ca. 45 – 60 min nach Anästhesiebeginn) vollständig fixiert ist und mit anästhesiebedingten Komplikationen kaum noch gerechnet werden muss.

Anästhesie zur Elektrokrampftherapie

Allgemeines

Die Elektrokrampftherapie (EKT) ist ein Standardverfahren zur Behandlung schwerer psychotischer Störungen und Depressionen. Prinzip der EKT ist die Auslösung eines generalisierten zerebralen Krampfanfalls über eine Elektrostimulation. Der Krampfanfall wird von einer kardiovaskulären Antwort begleitet. Diese manifestiert sich initial mit einer parasympathisch induzierten Bradykardie, die nach ca. 15 s in eine sympathische Reaktion umschlägt. Parallel steigen der zerebrale Blutfluss, der intrakranielle Druck und der zerebrale Metabolismus. Ca. 1000 Patienten werden im Jahr in Deutschland derart behandelt. Dabei zieht sich eine Behandlungsserie über 3 – 4 Wochen mit 3 Behandlungen pro Woche hin.

Prämedikation

Bei krankheitsbedingt mangelnder Einwilligungsfähigkeit kann für eine EKT eine Betreuung notwendig werden und die Genehmigung der EKT beim Vormundschaftsgericht beantragt werden. Schrittmacher und implantierte Defibrillatoren sind keine Kontraindikationen gegen die Durchführung einer EKT. Automatische implantierbare Kardioverter/Defibrillatoren (AICDs) sollten für die Dauer der EKT jedoch deaktiviert werden. Auch in der Schwangerschaft kann unter Beachtung spezifischer Anästhesierisiken (Aspirationsgefahr) und der Risiken für die Schwangerschaft (Wehentätigkeit, Abort, Frühgeburt) eine EKT durchgeführt werden.

Am OP-Tag sollten antikonvulsiv wirksame Medikamente möglichst abgesetzt werden, während antihypertensive und antischämische Medikamente weiter eingenommen können. Auf eine Prämedikation mit Benzodiazepinen wird aufgrund deren antikonvulsiver Wirkung verzichtet.

Anästhesieführung

Auch für eine EKT müssen die Anforderungen an einen Anästhesiearbeitsplatz vollständig erfüllt werden [29]. Neben dem Basismonitoring (EKG, nichtinvasive Blutdruckmessung, Pulsoxymetrie, Kapnometrie) sollten ein (Narkose-) Beatmungsgerät und auch ein Defibrillator sowie Notfallmedikamente zur Verfügung stehen. Neben dieser Standardanästhesieüberwachung wird ein EEG- und elektromyographisches Monitoring durchgeführt. Ziel der Anästhesieführung ist eine Abschwächung der vegetativen Reaktion auf den Elektrostimulus, die Vermeidung von Bewegungen, eine möglichst geringe Beeinflussung der Krampfaktivität und eine rasche Wiederherstellung von Atmung und Bewusstsein. Dies lässt sich in der Regel durch eine intravenöse Kurznarkose erreichen. Als Anästhetika eignen sich sowohl Methohexital (0,75 – 1,5 mg/kg), Etomidat (0,15 – 0,3 mg/kg) und Propofol (0,75 – 1,5 mg/kg). Hämodynamische Reaktionen werden am besten durch Propofol gedämpft. Propofol hat allerdings starke antikonvulsive Eigenschaften, weshalb zur EKT nur geringe Dosierungen (0,75 bis 1,5 mg/kg) angewendet werden sollten, da sonst kein ausreichend langer Krampfanfall ausgelöst werden kann. Eine Möglichkeit die notwendige Dosisreduktion von Propofol zu erzielen, ist die Kombination mit kurz wirksamen Opioiden (Remifentanyl, Alfentanyl).

Die Hypnotika sollten mit Muskelrelaxantien kombiniert werden, um körperliche Schäden und Myalgien durch bzw. nach dem tonisch – klonischen Krampfanfall zu vermeiden. Von der Wirkungsdauer eignen sich sowohl Succinylcholin (0,75 – 1,5 mg/kg) als auch Mivacurium (0,08 – 0,15 mg/kg), wobei das Nebenwirkungspotential von Mivacurium deutlich geringer einzustufen ist. Vor der Injektion des Muskelrelaxanz wird ein Arm durch eine Torniquetanlage von der Zirkulation ausgeschlossen, um das elektromyographische Monitoring des Krampfanfalls zu gewährleisten. Die Ventilation kann durch eine Maskenbeatmung sichergestellt werden. Dazu sollte ein oropharyngealer Tubus eingelegt werden, um den Patienten während des Krampfanfalls vor eventuellen Bissverletzungen zu schützen. Um die zerebrale Krampfschwelle zu senken, kann eine kurzzeitige Hyperventilation versucht werden. Während des Elektroschocks wird die Maskenbeatmung unterbrochen. Eine endotracheale Intubation ist aufgrund der geringen Dauer des Eingriffs nur bei einem erhöhten Aspirationsrisiko erforderlich [29,30].

Bei nichtadäquater Krampfauslösung (motorische Krampfaktivität unter 25 s, Krampfaktivität im EEG unter 30 s) können in gleicher Narkose 1 – 2 weitere Stimulationen erforderlich sein. Verlängerte Krampfanfälle müssen spätestens nach einer Dauer von 3 Minuten pharmakologisch durch antikonvulsive Medikamente unterbrochen werden, da sie das Risiko kognitiv-mnestischer Defizite erhöhen.

Nach der EKT genügt eine anästhesiologische Überwachung für ca. 30 – 45 min, sofern der Patient anschließend durch geschultes psychiatrisches Personal weiter beobachtet wird. Dabei ist zu beachten, dass sich die Patienten kognitiv deutlich langsamer erholen

als nach einer üblichen Kurznarkose.

Zusammenfassung

Mit der Betätigung außerhalb des Operationssaals entwickelt sich für den Anästhesisten ein neues, anspruchsvolles und interessantes Arbeitsgebiet, welches zukünftig noch weiter an Bedeutung gewinnen wird. Dabei wird dieser Bereich in den Kliniken oft unterschätzt, da Logistik und Infrastruktur den Verhältnissen für Anästhesien außerhalb des Operationssaals selten angepasst sind. Die Folge sind höhere Komplikationsraten als im klassischen Operationssaal [1,31]. Darüber hinaus erfordert die Steuerung der Anästhesien oder der Analgosedierungen in diesem Bereich eine gute Kenntnis der Prozedur, eine gute Zusammenarbeit zwischen Operateur und Anästhesist und sehr viel anästhesiologisches Geschick. Dies macht in der Regel den Einsatz von erfahrenen Kollegen an diesen Arbeitsplätzen erforderlich. In Anbetracht der bereits jetzt schon hohen Patientenzahlen und des großen Anteils an Risikopatienten in diesem Bereich müssen sich Anästhesisten den Herausforderungen stellen und die gleichen personellen und technischen Sicherheitsstandards für ihre Patienten schaffen, wie im Operationssaal.

Literatur

1. Van de Velde M, Roofthoof E, Kuypers M. Risk and safety of anaesthesia outside the operating room. *Curr Opin Anaesthesiol* 2008; 21:486-87.
2. Robbertze R, Posner KL, Domino KB. Closed claims review of anesthesia for procedures outside the operating room. *Curr Opin Anaesthesiol* 2006; 19:436-42.
3. Bhananker SM, Posner KL, Cheney FW, Caplan RA, Lee LA, Domino KB. Injury and liability associated with monitored anesthesia care: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 2006; 104: 228-34.
4. Feldmann JM, Kalli I. Equipment and environmental issues for nonoperating room anesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol* 2006; 19:450-52.
5. Velik-Salchner C, Margreiter J, Wenzel V, Mair P. Anästhesie für Herzkatheteruntersuchungen bei Kindern. *Anaesthesist* 2006; 55:1291-98.
6. Rendl J, Saller B. Schilddrüse und Röntgenkontrastmittel. *Dt Arztebl* 2001; 98: 402-6.
7. Erley C. Mit jodhaltigen Kontrastmittel induzierte Nephropathie. *Radiologe* 2007; 47:761-7.
8. Tramer MR, Von Elm ER, Loubeyre P, Hauser C. Pharmacological prevention of serious anaphylactic reactions due to iodinated contrast media: systematic review. *BMJ* 2006; 333: 675-81.
9. Nolte C, Muller R, Siggelkow H, Emrich D, Hufner M. Prophylactic application of thyrostatic drugs during excessive iodine exposure in euthyroid patients with thyroid autonomy: a randomized study. *Eur J Endocrinol* 1996;134:337-41.
10. Nash K, Hafeez A, Hou S. Hospital-acquired renal insufficiency. *Am J Kidney Dis* 2002; 39: 930-36.
11. Solomon R, Deray G. How to prevent contrast-induced nephropathy and manage risk patients: practical recommendations. *Kidney Int* 2006; [suppl]: S51-S53.
12. Leffers AM, Wagner A. Neurologic complications of cerebral angiography. A retrospective study of complication rate and patient risk factors. *Acta Radiol* 2000; 41: 204-10.
13. Preiß H, Reinartz, Lowens S, Henkes H. Anästhesiologisches Management bei neuroendovaskulären Eingriffen. *Anaesthesist* 2006; 55:679-92.
14. Pitton MB, Schweitzer H, Herber S, Schmiedt W, Neufang A, Düber C, Thelen M. Endovascular therapy of abdominal aortic aneurysm: results of a mid-term follow-up. *Rofo*. 2003;175:1392-402.
15. Iber T. Anästhesie und Leber. In: Anästhesie und Begleiterkrankungen. 2006 Carl Thieme Verlag KG Stuttgart
16. Malviya S, Voepel-Lewis T, Tait AR. Adverse events and risk factors associated with the sedation of children by nonanesthesiologists. *Anesth Analg* 1997;85: 1207-13.
17. Moser B, von Goedecke A, Chemelli A, Keller C, Voelckel W, Lindner KH, Wenzel V. Analgosedierung mit Remifentanyl bei spontan atmenden Patienten für Eingriffe in der interventionellen Radiologie. *Anaesthesist* 2005; 54:1089-93.
18. Höhne C, Donaubauber B, Kaisers U. Opioids during anesthesia in liver and renal failure *Anaesthesist*. 2004; 53:291-303.
19. Grundmann RT, Hermanek P, Merkel S, Germer CT, Grundmann RT, Hauss J, Henne-Bruns D, Herfarth K, Hermanek P, Hopt UT, Junginger T, Klar E, Klempnauer J, Knapp WH, Kraus M, Lang H, Link KH, Löhe F, Merkel S, Oldhafer KJ, Raab HR, Rau HG, Reinacher-Schick A, Ricke J, Roder J, Schäfer AO, Schlitt HJ, Schön MR, Stippel D, Tannapfel A, Tatsch K, Vogl TJ. Diagnostik und Therapie von

Lebermetastasen kolorektaler Karzinome. Diagnosis and treatment of colorectal liver metastases – workflow. *Zentralbl Chir.* 2008;133:267-84.

20. Von Paczynski S, Braun KP, Müller-Forell W, Werner C. Fallgruben in der Magnetresonanztomographie. Was sollte der Anästhesist wissen? *Anaesthesist* 2007; 56:797-804.
21. Birkholz T, Schmid M, Nimsky C, Schüttler J, Schmitz B. ECG artifacts during intraoperative highfield MRI scanning. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2004;16: 271-6.
22. Frankville DD, Spear RM, Dyck JB. The dose of propofol required to prevent children from moving during magnetic resonance imaging. *Anesthesiology* 1993; 79:953-956.
23. Filippi CG, Ulug AM, Lin D, Heier LA, Zimmermann RD. Hyperintense signal abnormality in subarachnoid spaces and basal cisterns on MR images of children anesthetized with propofol: new fluid-attenuation inversion recovery finding. *Am J Neuroradiol* 2001; 22: 394-99.
24. Stoner T, Braff S, Khoshyomn S. High signal in subarachnoid spaces on FLAIR MR images in an adult with propofol sedation. *Neurology* 2002; 23: 292.
25. Laufer M, Schaffranietz L, Rudolph C, Schneider JP, Schulz T. Anesthesiologic technical problems in procedures with open MRI. Results following 104 anesthetics. *Anaesthesist* 1999;48:51-6.
26. Roessler B, Six LM, Gustorff B. Anaesthesia for brachytherapy. *Curr Opin Anaesthesiol* 2008; 21:514–18.
27. Benrath J, Kozek-Langenecker S, Hüpfel M, Lierzy P, Gustorff B. Anaesthesia for brachytherapy—51/2 yr of experience in 1622 procedures. *Br J Anaesth* 2006; 96: 195–200.
28. Grundmann U, Oest M. Anästhesiologische Aspekte bei Elektrokrampftherapie. *Anaesthesist* 2007; 56:202-11.
29. Ding Z, White PF. Anesthesia for electroconvulsive therapy. *Anesth Analg* 2002; 94:1351-64.
30. Kadar AG, Ing CH, White PF, et al. Anesthesia for electroconvulsive therapy in obese Patients. *Anesth Analg* 2002;94: 360 – 361.
31. Caplan RA, Posner KL, Ward RJ, Cheney FW. Adverse respiratory events in anesthesia: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 1990;72: 828-33.