Analgosedierung für diagnostische und therapeutische Maßnahmen im Kindesalter*/**

Entschließung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin und des Berufsverbandes Deutscher Anästhesisten

BD*Aktuell*
DGA*Info*

An dieser Entschließung haben maßgeblich mitgewirkt:

C. Philippi-Höhne[1] · K. Becke[2] · B. Wulff[3] · B. Schmitz[4] · J. Strauß[5] · P. Reinhold[6]

1 Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Universitätsklinikum Leipzig, Liebigstraße 20a, 04103 Leipzig

2 Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin, Cnopf`sche Kinderklinik/Klinik Hallerwiese, St.-Johannis-Mühlgasse 19, 90419 Nürnberg

3 Zentrum für Kinder- und Jugendmedizin, Klinik für Kinderheilkunde 3, Universitätsklinikum Essen, Hufelandstraße 55, 45122 Essen

4 Departement Anesthesie – Reanimation, Centre Hospitalier de Luxembourg, 1210 Luxembourg

5 Klinik für Anästhesie, perioperative Medizin und Schmerztherapie, HELIOS Klinikum Berlin Buch, Schwanebecker Chaussee 50, 13125 Berlin

6 Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin, Schmerztherapie, Klinikum Herford, Schwarzenmoorstraße 70, 32049 Herford

* Beschluss des Engeren Präsidiums der DGAI und des Präsidiums des BDA vom 07.05.2010.

** Zur Analgosedierung bei Erwachsenen siehe Entschließung „Analgosedierung für diagnostische und therapeutische Maßnahmen bei Erwachsenen“ (Anästh Intensivmed 2010;51:S598-S602).

1. Präambel

Zusammen mit der Gesellschaft für Pädiatrische Hämatologie und Onkologie (GPOH) hat der Wissenschaftliche Arbeitskreis Kinderanästhesie der DGAI die nachfolgende Handlungsempfehlung zur Analgosedierung im Kindesalter erarbeitet. Die Präsidien von DGAI und BDA haben dieser Entschließung zugestimmt.

Die Erstellung einer Empfehlung erscheint aus mehreren Gründen notwendig:

- Steigende Häufigkeit von diagnostischen und therapeutischen/interventionellen Eingriffen im Kindesalter
- Notwendigkeit von klar definierten Untersuchungsbedingungen für viele Verfahren
- Wachsender Anspruch an die Qualität der kindlichen Versorgung („Komfort“).

Die Empfehlung zur Analgosedierung im Kindesalter enthält folgende Eckpunkte:

- Auswahl, Einschätzung der Kinder
- Besonderheiten unterschiedlicher Altersstufen
- Anforderungen an den Arbeitsplatz
- Abgrenzung zur Langzeitsedierung auf der Intensivstation
- Abgrenzung zur Allgemeinanästhesie
- Anforderungen an die Qualifikation des die Sedierung durchführenden Arztes
- Anforderungen an Sedierungsverfahren
- Auswahl von Medikamenten.

Zahlreiche Arbeiten befassen sich mit der Sedierung und Analgosedierung im Kindesalter. Die Vielzahl von Empfehlungen und Daten zu sichten und zu bewerten war eine wichtige Aufgabe der interdisziplinären Arbeitsgruppe. Die hier vorliegende Handlungsempfehlung ist damit ein Ergebnis aus systematischer Literaturrecherche, wissenschaftlicher Evidenz und der klinischen Erfahrung der Autoren. Sie soll dazu beitragen, die Anforderungen und Qualifikation zur Durchführung einer Sedierung oder Analgosedierung in allen Altersklassen festzulegen, um die Häufigkeit von Komplikationen zu reduzieren, den Patientenkomfort zu erhöhen und die Untersuchungsqualität zu steigern.

2. Definitionen

Die American Academy of Pediatrics (AAP 2006) und die ASA (ASA Task force 2002) haben Stadien einer Sedierung einheitlich definiert (Tab. 1):

- Bei der minimalen Sedierung ist das Kind wach und ansprechbar.
- Im Stadium der moderaten Sedierung sollte das Kind erweckbar sein und gezielte Antworten geben, hierbei ist eine Atemwegssicherung nicht erforderlich.
- Für Verfahren, bei denen die Kinder sich nicht bewegen dürfen, z.B. für bildgebende Diagnostik, ist oft eine tiefe Sedierung notwendig. Das Kind sollte dabei durch Schmerzreize erweckbar sein. Die Spontanatmung und die Schutzreflexe sind häufig eingeschränkt, eine Atemwegssicherung kann erforderlich werden. Eine klare Abgrenzung zur Allgemeinanästhesie ist nicht immer möglich, der Über-

Tabelle 1
Sedierungsstufen.

Stadium	Benennung	Charakterisierung
Grad I	minimal sedation (anxiolysis) = minimale Sedierung	Erweckbarkeit durch akustische Reize, volle Atemwegskontrolle, uneingeschränkte Spontanatmung
Grad II	moderate sedation = moderate Sedierung	Schutzreflexe erhalten, volle Atemwegskontrolle ohne Hilfsmittel, Erweckbarkeit durch taktile und akustische Reize
Grad III	deep sedation = tiefe Sedierung	Teilverlust der Schutzreflexe, teilweise fehlende Atemwegskontrolle, keine unmittelbare Erweckbarkeit
Grad IV	general anesthesia = Allgemeinanästhesie	Vollständiger Verlust der Schutzreflexe, komplett fehlende Atemwegskontrolle, völlige Bewusstlosigkeit und Schmerzausschaltung

gang zwischen beiden Stadien ist fließend.
- In einer Allgemeinanästhesie sind Bewusstsein und Schmerzwahrnehmung vollständig aufgehoben, die Schutzreflexe erloschen. Die Atmung ist eingeschränkt, die Atemwege müssen immer gesichert werden.

Die Grenzen zwischen allen Stadien der Sedierung sind fließend, eine moderate Sedierung kann jederzeit in eine tiefe Sedierung übergehen. Daher ist es unabdingbar, für jede Form der Sedierung eine adäquate Überwachung zu gewährleisten (siehe unten) und den Arbeitsplatz entsprechend auszustatten.

3. Organisation der Sedierung

Sedierungen müssen oft in unterschiedlichen Außenstellen – etwa Radiologie, Herzkatheterlabor, Endoskopie – durchgeführt werden. Sedierungen werden auch auf Kinderstationen und anderen dezentralen Orten durchgeführt. Das bedeutet einen höheren apparativen und personellen Aufwand für die Sedierungsteams, für die Kinder und ihre Eltern ist das jedoch ein besonderer Komfort.

Andererseits werden Sedierungen in vielen Kliniken auch in zentralen Funktionseinheiten, beispielsweise im Operationstrakt, hier meist durch Anästhesisten, durchgeführt. Damit können Ressourcen gebündelt und ein effektiverer Einsatz des Personals ermöglicht werden.

Sedierungen bzw. Analgosedierungen sollen durch im Umgang mit Kindern erfahrene Anästhesisten und Pädiater mit intensivmedizinischen Kenntnissen durchgeführt werden. Die Einrichtung sogenannter „Sedierungsteams“ steigert Sicherheit, Erfolgsrate und Untersuchungsqualität (Cravero et al. 2009). Dabei übernehmen besonders erfahrene ärztliche und pflegerische Mitarbeiter, meist aus Anästhesieabteilungen oder von Intensivstationen, regelmäßig die Durchführung von Sedierungen.

Die Organisation der Sedierung von Kindern muss interdisziplinär abgestimmt werden und orientiert sich an räumlichen, apparativen und personellen Voraussetzungen. Allgemein gültige Empfehlungen können dazu nicht gegeben werden.

4. Anforderung an den Patienten

4.1 Aufklärung

Eltern bzw. Kinder müssen über die Sedierung und das Risiko aufgeklärt werden und dem Verfahren zustimmen. Die Vorgehensweise entspricht der bei geplanter Allgemeinanästhesie (Leitlinie zur anästhesiologischen Voruntersuchung).

4.2 Nahrungskarenz

Auch vor Sedierungen muss wie vor einer Allgemeinanästhesie eine Nahrungskarenz eingehalten werden. Nach derzeitiger Empfehlung reicht eine Karenzzeit von sechs Stunden nach fester Kost und zwei Stunden nach klarer Flüssigkeit aus. Für Säuglinge <1 Jahr gilt eine Nahrungskarenz von 4 h nach Milchnahrung und 2 h nach klarer Flüssigkeit (u.a. Spies CD et al. 2003).

Kontraindikationen seitens der Patienten zur Sedierung sind:
- Aspirationsgefahr
- Kritischer Atemweg
- Respiratorische Insuffizienz
- Erhöhter intrakranieller Druck mit Übelkeit und/oder Bewusstseinseintrübung
- Stark eingeschränkte kardiovaskuläre Funktion.

Die klinische Einschätzung des Kindes sowie die Indikation zur Sedierung obliegt der Erfahrung des die Sedierung durchführenden Arztes.

5. Anforderungen an die Ausstattung des Arbeitsplatzes und an das Monitoring

Es muss die Möglichkeit zur Beatmung sofort gegeben sein, um bei respiratorischen Zwischenfällen sofort eingreifen zu können: Beatmungsbeutel mit Masken in unterschiedlichen Größen, Guedel- und Wendltuben. Zudem muss Sauerstoff (Sauerstoffanschluss in der Wand oder eine volle Sauerstoffflasche) zur Verfügung stehen. Arbeitsplätze, an denen regelmäßig Sedierungen bzw. Allgemeinanästhesien bei Kindern durchgeführt werden, sollten mit einem Narkose- oder Beatmungsgerät ausgestattet werden. Die Notfallausstattung zur Atemwegssicherung durch Intubation, Larynxmaske oder andere supraglottische Atemhilfen muss vorgehalten werden. Eine Absaugmöglichkeit ist essentiell, ein Defibrillator (Kinder-Elektroden!) sollte verfügbar sein.

Als Minimalmonitoring muss die Pulsoxymetrie eingesetzt werden, mit der

Herzfrequenz und Sauerstoffsättigung kontinuierlich überwacht werden können. Weiterhin muss die Atemfrequenz gemessen (z.B. durch Beobachten und Zählen) werden können. Bei einer minimalen Sedierung (Grad I) reichen die Pulsoxymetrie und Atemfrequenzüberwachung aus. Ohne dieses Monitoring ist das Risiko von Zwischenfällen während Sedierungen deutlich erhöht (Twite und Friesen 2005; Coté 2000).

EKG und Blutdruckmessung sind ab moderater Sedierung (Grad II) notwendig, Ausnahme siehe Kapitel 10.1 MRT.

Ein weiterer wichtiger Parameter ist die kontinuierliche Messung des endtidalen Kohlendioxids, weil damit Atemdepression häufiger und früher erkannt wurde (Yldzdas et al. 2004). Apnoephasen lassen sich mit der Messung des end-exspiratorischen CO_2 genauer detektieren als durch eine rein klinische Beobachtung (Soto et al. 2004). Da die end-exspiratorische Messung von CO_2 sehr einfach durchzuführen ist, sollte sie heute ab einer Sedierungstiefe von Grad II zum Standardmonitoring gehören. Zur Kontrolle der Spontanatmung eignen sich doppelläufige Nasensonden: über einen Kanal kann Sauerstoff appliziert, während über den anderen Kanal CO_2 in der Exspirationsphase gemessen werden kann.

Das Monitoring bei tiefer Sedierung entspricht dem einer Allgemeinanästhesie. Bei spontanatmenden Patienten ist zur schnellen Apnoedetektion die Anwendung der endtidalen CO_2-Messung via Nasensonde zu empfehlen.

6. Anforderung an den Sedierenden

Der Sedierende muss die Basis- und erweiterten lebensrettenden Maßnahmen bei Kindern sicher beherrschen, eine suffiziente Maskenbeatmung durchführen können, Techniken zur Atemwegssicherung kennen und beherrschen und einen Venenzugang sicher schaffen können.

Bei schwer erkrankten (ASA-Status III-IV) Kindern sowie bei allen tiefen Sedierungen muss neben dem Untersucher ein weiterer anästhesiologisch oder intensivmedizinisch ausgebildeter Arzt zur Verfügung stehen, der nicht mit dem Untersucher identisch sein darf und dessen alleinige Aufgabe die kontinuierliche Überwachung der Vitalparameter ist.

Da die tiefe Sedierung eine Variante der Allgemeinanästhesie darstellt, sind hier nahezu die gleichen Anforderungen an Überwachung und fachliche Qualifikation zu fordern wie bei einer Allgemeinanästhesie; letztere sollte selbstverständlich ein Anästhesist durchführen.

Kontraindikationen seitens der Ausstattung und des Sedierenden bei Sedierungen ab Grad III sind:

fehlender oder unzureichend ausgestatteter Arbeitsplatz
mangelnde Erfahrung mit der anästhesiologischen bzw. intensivmedizinischen Versorgung von Säuglingen, Kleinkindern und Kindern
fehlendes Hilfspersonal • nicht ohne Assistenz/Pflegekraft arbeiten • Untersucher darf nicht zeitgleich die Sedierung durchführen

Tiefe Sedierungen bei Kindern sollten nur von Anästhesisten oder in der Intensivmedizin erfahrenen Pädiatern durchgeführt werden.

7. Überwachung des Patienten

7.1 Sedierungstiefe

Die Einschätzung der Sedierungstiefe während des Verfahrens ist essentiell und erfolgt anhand klinischer Parameter:

- Atmung (Frequenz, Tiefe, Muster) auch mittels exspiratorischen Kohlendioxids
- Veränderung der Herzfrequenz
- Ggf. Bewusstseinstiefe, Ansprechbarkeit prüfen
- Ggf. Reaktion auf Schmerzreiz/ Lidreflex prüfen.

Während der Prozedur müssen die Atemwege freigehalten werden. Der Kopf muss dabei altersangepasst mit Schulter- bzw. Nackenrolle gelagert werden. Ist der Atemweg trotz Lagerungsmaßnahmen nicht frei, sollte ein Wendl- oder Guedeltubus zum Einsatz kommen.

In der wissenschaftlichen Literatur wird die Anwendung des BIS (Bispectralindex)-Monitorings zur Messung der Sedierungstiefe diskutiert. Für genauere Graduierungen scheint die Meßmethode nicht geeignet zu sein, da sie stark vom Medikament und vom Alter des Kindes abhängig ist (Malviya et al. 2007). Derzeit kann der BIS deshalb als Routinemonitoring in diesem Zusammenhang nicht empfohlen werden.

7.2 Überwachung nach der Sedierung

Nach einer Sedierung müssen die Kinder überwacht werden. Das sedierte Kind sollte in stabiler Seitenlage liegen und mindestens mittels Pulsoxymetrie von Fachpersonal überwacht werden.

Das wache, schmerzfreie Kind mit stabilen Vitalfunktionen darf auf eine Station entlassen werden. Ist eine Entlassung nach Hause geplant, so sollte die Zeit bis zur Entlassung dem verwendeten Medikament angepasst werden. Es gelten hier die üblichen Entlassungskriterien nach ambulanten Prozeduren. Hinweis: Wenn möglich, sollten zwei Personen das Kind nach Hause begleiten, eine Person kümmert sich um das Fahren, die andere um das Kind.

Nach Sedierung mit langwirkenden Substanzen kann es zu schwerwiegenden Zwischenfällen mit letalem Ausgang kommen, wenn die Kinder zu früh entlassen werden und im Autositz oder zu Hause eine Atemwegsverlegung erleiden (Cravero und Blike 2004, Coté et al. 2000).

7.3 Dokumentation

Die Durchführung der Sedierung umfasst auch die Dokumentation aller Anordnungen, durchgeführten Maßnahmen und Medikamente (Dosierung, Applikationsort und –art) sowie der erhobenen

Vitalparameter (Herzfrequenz, Atemfrequenz, O_2-Sättigung, $etCO_2$, Blutdruck). Der Zustand bei Entlassung und weitere Empfehlungen für die Versorgung sind schriftlich zu fassen.

Nach einer tiefen Sedierung sollen die Überwachung, die Verlegung und die Dokumentation nach den gleichen Kriterien wie bei einer Allgemeinanästhesie erfolgen.

8. Medikamente zur Sedierung

8.1 Benzodiazepine

Zur minimalen Sedierung eignen sich Benzodiazepine. Für die Anwendung von Midazolam sprechen die ausgeprägte Anxiolyse und die anterograde Amnesie. Von Vorteil sind auch die geringe Beeinflussung der Hämodynamik, die minimale Irritation des Bronchialsystems, die Anhebung der Krampfschwelle, die zentral muskelrelaxierende Wirkung sowie die gute Steuerbarkeit bei kurzer Anschlagzeit. Manchmal tritt eine Hypersalivation auf. Selten treten Ataxie und Erregungszustände auf. Aufgrund seiner Wasserlöslichkeit kann Midazolam intravenös, oral, rektal oder nasal verabreicht werden.

Zur Anxiolyse hat sich Midazolam fest etabliert und wird dabei nichtinvasiv appliziert, wobei man die Auswahl den Wünschen des Patienten und den Anforderungen entsprechend adaptieren kann: peroral oder rektal; bei letzterer Anwendungsart tritt der gewünschte Effekt recht zuverlässig nach 15-20 min. ein, bei oraler Aufnahme muss man etwa 20-30 min auf den Wirkeintritt warten. Aufgrund des bitteren Geschmacks, der allen Benzodiazepinen eigen ist, sollte Midazolam z.B. mit unverdünntem Sirup gemischt werden; für ältere Kinder stehen Tabletten zur Verfügung.

Ist eine Titration nach Wirkung notwendig, lässt sich dies nur intravenös durchführen. Eine eng umschriebene Dosis-Wirkungs-Beziehung gibt es nicht. Mit einer intravenösen Applikation von 0,1 mg/kg KG lässt sich nach 1-2 min eine minimale Sedierung herbeiführen.

Mit der intranasalen Midazolamgabe kann zuverlässig ein ähnlicher Effekt wie mit der intravenösen Injektion erzielt werden. Die intranasale Verabreichung ist wegen des bitteren Geschmacks beim Herunterlaufen der Tropfen an der Rachenwand nicht sonderlich beliebt, kann aber zur Komplettierung einer insuffizienten Sedierung nach peroraler Midazolamgabe in Erwägung gezogen werden (Tab. 2).

Tabelle 2
Applikationswege, Dosierung und Wirkeintritt von Midazolam.

Applikationsweg	Midazolam (Dosis)	Wirkeintritt (min)	Bemerkungen
Intravenös		1–2	Zulassung ab Neugeborenenalter, Bolusgaben bei Säuglingen <6 Mon. nicht empfohlen
Kinder 6 Mon.- 5 J.:	0,05-0,1 mg/kg KG Einzeldosis		
Kinder 6-12 J.:	0,025-0,05 mg/kg KG Einzeldosis		
Kinder >12 J.:	Initial 2-2,5 mg Einzeldosis		
Peroral	0,4–0,5 mg/kg KG Einzeldosis (maximal 15 mg)	20–30	Effekt nicht zuverlässig
Rektal	0,5–1 mg/kg KG Einzeldosis (maximal 15 mg)	15	Effekt prompt; Zulassung Kinder >6 Mon.
Intranasal	0,2–0,3 mg/kg KG Einzeldosis	8–10	Applikation unangenehm, Effekt prompt; Off label use

Benzodiazepine gewährleisten allerdings keine weitgehende motorische Ruhigstellung, wie sie für bildgebende Verfahren (CT, MRT, Szintigraphie) erforderlich ist.

Diazepam eignet sich aufgrund seiner pharmakologischen Eigenschaften (Kumulation, lange Wirkdauer, aktive Metabolite, schlechte Steuerbarkeit) nicht für eine Sedierung im Kindesalter.

Flumazenil (Anexate®) ist das Antidot bei Benzodiazepinüberdosierung und wird ggf. in einer Dosierung von 0,01 mg/kg KG langsam intravenös verabreicht.

Midazolam ist das Benzodiazepin der Wahl für minimale Sedierungen. Es kann intravenös, nasal, oral und rektal verabreicht werden.

8.2 Propofol

Zur Erlangung der tieferen Sedierungsstufen eignet sich insbesondere das Phenolderivat Propofol. Es ist ein Hypnotikum mit schnellem Wirkungseintritt und kurzer Wirkungsdauer ohne klinisch relevanten analgetischen Effekt. Bei schmerzhaften Eingriffen muss es deshalb entweder mit einem lokal oder einem systemisch wirksamen Analgetikum kombiniert werden.

Das wasserunlösliche Propofol ist für den klinischen Einsatz als 0,5-, 1- oder 2%ige Öl-in-Wasser-Emulsion aufbereitet. Die gute Akzeptanz, die Propofol seit seiner Einführung gefunden hat, gründet sich v.a. auf dessen günstige pharmakokinetische Eigenschaften: Nach i.v.-Bolus-Applikation bei Monoanwendung tritt binnen 20 s ein Bewusstseinsverlust für 4–10 min, bei Kleinkindern etwas länger, ein. Bei Neugeborenen und Säuglingen können gelegentlich Apnoephasen von 20–30 s Dauer auftreten, was durch titrierende Gabe von 0,5-1 mg/kg KG Boli bis zum gewünschten Wirkeintritt verhindert werden kann. Davon abgesehen, beeinträchtigt Propofol bei Säuglingen und Kleinkindern in Dosierungen von 3 mg/kg KG intravenös die Ventilation und Oxygenierung kaum; dennoch empfiehlt sich eine Überwachung des exspiratorischen CO_2

(Anderson et al. 2007). Die Aufrechterhaltung der Sedierung erfolgt bei längeren Untersuchungen/Eingriffen mittels kontinuierlicher Infusion von Propofol 6-10 mg/kg KG/h; zu Beginn sind individuell auch etwas höhere Dosierungen notwendig.

Da Propofol einen Injektionsschmerz unterschiedlicher Intensität verursacht, kann es mit Lidocain gemischt werden (z.B. 2 ml Lidocain 2 % auf 20 ml 1%iger Propofollösung) oder 0,5%iges Propofol zur Bolusgabe verwendet werden. 0,5%iges Propofol ist zur Schlafinduktion bei Säuglingen ab dem 1. Lebensmonat zugelassen und vermindert signifikant den Injektionsschmerz, und die Kinder schlafen stressfrei ein.

Propofol ist inzwischen europaweit zur Narkose bei Kindern ab dem vollendeten 1. Lebensmonat zugelassen. Die Langzeitapplikation (>48 h) von Propofol in hoher Dosierung (>4 mg/kg KG/h) zur Sedierung auf der Intensivstation birgt das seltene Risiko des potenziell letal verlaufenden Propofol-Infusions-Syndroms (Fodale und La Monaca 2008, Fong et al. 2008) und ist deshalb unzulässig. Bei kurz dauernden diagnostischen oder interventionellen Analgosedierungen ergibt sich diese Problematik nicht.

Propofol eignet sich besonders für tiefe Sedierungen, es führt zu angenehmem Einschlaf- und Aufwachverhalten, ist gut steuerbar und hat eine kurze Halbwertszeit.

8.3 Ketamin

Mit Ketamin, einem Phencyclidinderivat, steht ein weiteres Pharmakon zur Sedierung bei Kindern zur Verfügung, insbesondere wenn eine zusätzliche analgetische Wirkkomponente zur Verfügung stehen soll. Ketamin als NMDA-Antagonist induziert eine dissoziative Sedierung, einen „trance"–ähnlichen Zustand, hat eine analgetische und amnestische Wirkung bei gleichzeitig erhaltener Spontanatmung, Schutzreflexen und guter Kreislaufstabilität. Ketamin zeichnet sich durch einen raschen Wirkungseintritt und eine kurze Wirkdauer aus. Bei langsamer Injektion in empfohlener Dosierung führt Ketamin kaum zur Atemdepression. Unerwartete Apnoen können bei der Ketaminanwendung nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn Ketamin zur weiteren Reduzierung der psychomimetischen Nebenwirkungen mit Propofol oder auch mit Midazolam kombiniert wird.

Mit folgenden Nebenwirkungen muss gerechnet werden (Tab. 3):

Tabelle 3
Häufige Nebenwirkungen von Ketamin und Ketamin-S (nach Evans et al. 2005).

- Hypersalivation (häufig), ggf. prophylaktische Gabe von Atropin oder Glykopyrroniumbromid erwägen
- Unruhiges Erwachen, Albträume, Halluzinationen (häufig, ggf. Midazolam- oder Propofolgabe erwägen)
- Nystagmus (häufig)
- Apnoe, Atemwegsverlegung (häufig bei Repetitionsdosen und Überdosierung)
- Laryngospasmus (selten)
- Übelkeit und Erbrechen

Kontraindikationen für die Anwendung von Ketamin und Ketamin-S sind in Tabelle 4 aufgeführt:

Tabelle 4
Kontraindikationen für die Anwendung von Ketamin und Ketamin-S.

- Alter <3 Monate (relative Kontraindikation)
- Instabilität der Atemwege und Trachealstenose
- Prozeduren mit Stimulation des hinteren Pharynx (relative Kontraindikation)
- Symptomatische Infektion der oberen und unteren Luftwege
- Tachykardie, Pulmonalstenose, arterielle Hypertension
- Hirndruck (relative Kontraindikation)
- Glaukom
- Hyperthyreose
- Psychosen

Ketamin wird bevorzugt intravenös appliziert. Zur tiefen Sedierung werden 0,5–1,0 mg/kg KG S(+)-Ketamin intravenös injiziert, ein Verdoppeln der Dosis ist beim Einsatz von Ketamin notwendig. Zur Weiterführung sind entweder Repetitionsdosen von 0,25-0,5 mg/kg KG alle 10–15 min oder eine kontinuierliche Gabe von 1 bis 2 mg/kg KG/h (S(+)-Ketamin) erforderlich. Mit einer Dosis von 1,0 mg/kg KG S(+)-Ketamin wird bei manchen Kindern allerdings schon ein narkotisches Stadium erreicht. Auch bei der Ketamin-Anwendung ist die große inter- und intraindividuelle Dosisvariabilität zu beachten und die Substanz deshalb titrierend einzusetzen (Meyer et al. 2004).

Ketamin besitzt neben hypnotischen auch analgetische Eigenschaften. Wegen der zusätzlichen Stabilität der Schutzreflexe und der Spontanatmung erscheint es gut geeignet für den Einsatz bei pädiatrischen Sedierungen und Analgosedierungen. Zur Vermeidung von psychomimetischen Nebenwirkungen sollte es mit Midazolam oder Propofol kombiniert werden.

8.4 Barbiturate

Thiopental als Vertreter der Barbiturate wurde früher häufig zur Sedierung verwendet. Heute ist es jedoch weitestgehend durch Propofol oder Ketamin ersetzt worden und hat nach Meinung der Autoren keinen Stellenwert bei der Sedierung von Kindern.

Barbiturate haben keinen Stellenwert bei der Sedierung im Kindesalter.

8.5 Chloralhydrat

Traditionell wurde und wird Chloralhydrat heute noch vielfach in einer Dosierung von 50–100 mg/kg KG per os oder 75 mg/kg KG rektal als Sedativum verwendet. Chloralhydrat vereint jedoch viele negative Eigenschaften, weshalb es nicht mehr für die Sedierung für diagnostische und interventionelle Prozeduren verwendet werden sollte (Malviya S. 2004):

- sehr lange Halbwertszeit
- Sedierungseffekt (Erfolg, Tiefe) unzuverlässig, nicht vorhersagbar
- langdauernde Sedierung

- Reboundphänomene, selbst nach Wiedererlangen von Entlassungskriterien (Säuglinge und Kleinkinder besonders häufig betroffen!)
- Immobilisierung oft nicht zu erreichen, Qualität der Bilder meist schlecht.

Aufgrund der schlechten Steuerbarkeit und häufig unzureichenden Wirkung müssen in der Folge dann weitere Medikamente eingesetzt werden, was eine unkalkulierbare Wirkungsdauer und -intensität nach sich zieht und diese Mehrfachkombination verantwortlich für Komplikationen ist (Coté et al. 2000).

Wird Chloralhydrat zur leichten Sedierung verwendet (bei Säuglingen Wirkeintritt zuverlässiger als bei Kleinkindern), so darf es nicht mit anderen Medikamenten kombiniert werden. Die Entlassung nach Hause darf dann erst nach >4 h nach der Applikation erfolgen.

Chloralhydrat soll wegen klinisch relevanter Negativ-Eigenschaften und Nebenwirkungen nicht mehr bei der Sedierung von Kindern eingesetzt werden.

9. Analgesie

9.1 Nichtmedikamentöse Maßnahmen

Der hohe Stellenwert psychologisch-verhaltensmedizinischer Verfahren bei der Bewältigung schmerzhafter Episoden sowie unangenehmer Maßnahmen wird heutzutage nicht mehr in Frage gestellt.

Kognitive (z.B. Ablenkung, Imagination, Hypnose) und verhaltenstherapeutische Methoden (z.B. Konzentration auf Atmung und Muskelanspannung) sind effektiv. Hypnose besitzt einen hohen Stellenwert bei der Bewältigung verfahrensbedingter Schmerzen bei onkologisch erkrankten Kindern (Richardson et al. 2006). Diese Verfahren sind ab einem Alter von 4-5 Jahren anwendbar und haben den Vorteil, dass sie nebenwirkungsfrei sind. Sie vermitteln den Patienten darüber hinaus das Gefühl der Beherrschung und der Kontrolle, bleiben jedoch speziellen Zentren vorbehalten.

Andere Unterstützungen wie z.B. Aufklärung, Anwesenheit der Eltern etc. erwiesen sich als weniger wirkungsvoll (Uman et al. 2006).

Speziell in der Neonatologie ist der schmerzreduzierende Effekt bei einer ganzen Reihe von nicht medikamentösen Verfahren gut belegt, z.B. Non-nutritives Saugen oder Facilitated Tucking (Cignacco et al. 2007). Durch „Facilitated Tucking“, dem Halten des Kindes in gebeugter Rumpfposition, kann der durch schmerzhafte und unangenehme Maßnahmen wie Absaugen und Fersenstich hervorgerufene Stress effektiv minimiert werden. Auch das Lutschen von Sucrose/Glukose – selbst in niedriger Dosierung (1-10 Tropfen Sucrose 25 %) – ist eine effektive und sichere Methode, geringe prozedurale Schmerzen zu reduzieren (Stevens et al. 2004).

Nicht-medikamentöse Maßnahmen sind effektiv und sollten supplementierend eingesetzt werden.

9.2 Medikamentöse Verfahren

9.2.1 Lokalanästhetika

Zur präventiven Schmerzminderung an der Hautoberfläche bietet sich die Anwendung lokal wirksamer Systeme an. Damit gelingt es, Nadelstiche und Venenpunktionen schmerzfrei durchzuführen (Taddio et al. 1998). Es stehen unterschiedliche Systeme zur Verfügung, z.B.:

- EMLA® (eutectic mixture of local anaesthetics) ist eine Mischung aus Prilocain und Lidocain.
  Es sollte mindestens 60 Minuten – als Salbe unter einer Folienabdeckung - appliziert werden. Bei Neugeborenen und Säuglingen reichen in der Regel 30 Minuten. Obwohl EMLA® Prilocain enthält, dessen Metabolit eine Methämoglobinämie verursachen kann, ist es bei Kindern ab der 37. Gestationswoche trotz der in diesem Alter noch verminderten Met-Hb-Reduktase-Aktivität zugelassen. Neben der Venenpunktion sind weitere gut belegte effektive Indikationen: Impfungen, Lumbal-, Shunt- oder Arterienpunktionen (u.a. Halperin et al. 2000, Koscielniak-Nielsen et al. 1998). Von der EMLA®-Anwendung zur kapillären Blutentnahme per Fersenstich ist wegen fehlender Wirksamkeit abzuraten.

Werden durch die geplante Intervention umschriebene Bereiche unterhalb der Cutis tangiert, sollte unter Ausnutzung einer (durch Pflaster vermittelten) Oberflächenanalgesie eine Infiltrationsanästhesie durchgeführt werden. Dabei kann durch verschiedene Maßnahmen der Injektionsschmerz vermindert werden: geringe Nadeldicke, langsame Injektionsgeschwindigkeit, ggf. Mischung aus LA und Natriumbikarbonat.

Trotz pharmakologischer Besonderheiten reagieren Kinder mit Ausnahme der Neonaten und Säuglinge (verminderte a-Glycoprotein-Spiegel) nicht empfindlicher auf Lokalanästhetika als Erwachsene. Heutzutage werden folgende Dosierungen für die Regionalanästhesie als sicher angesehen (Jöhr und Berger 2004):

- Bupivacain 2,5 mg/kg KG
- Ropivacain 3-4 mg/kg KG
- Lidocain 7 mg/kg KG
- Prilocain 7-10 mg/kg KG.

Allerdings ist die höhere Resorptionsquote in gut durchblutetem Gewebe zu berücksichtigen, weshalb im frühen Kindesalter die nominellen Maximaldosen bei Infiltrationen nicht ausgereizt werden sollten.

Eine Infiltrationsanalgesie wird in aller Regel mit den kurz wirksamen Substanzen Prilocain (cave: Met-Hb-Spiegel-Anstieg im frühen Säuglingsalter), Lidocain oder dem länger wirksamen Ropivacain durchgeführt. Für weitergehende Informationen sei auf die Arbeit von Gunter JB (2002) verwiesen.

Bei Probebiopsien, Pleuradrainage- und Gefäßkatheteranlagen bieten sich Infiltrationsanästhesien möglichst in Verbindung mit anderen Stress-mindernden Maßnahmen an.

Lokalanästhetika sind effektiv und sicher, sie sollten bei schmerzhaften Prozeduren immer supplementierend eingesetzt werden.

9.2.2 Opioide

Alfentanil

Als potentes, gut steuerbares, kurz wirkendes Opioidderivat vom Anilin-Piperidintyp prädestiniert sich Alfentanil für die Schmerzcoupierung bei kurzen Interventionen.

Die gute hämodynamische Stabilität und eine Metabolisierung über Stoffwechselfunktionen, die schon beim Feten vorhanden sind und bis zum 2. Trimenon voll ausreifen, erlauben die Anwendung quasi in allen Altersstufen (Davis et al. 1989). Die Wirkung tritt etwa 1-2 Minuten nach intravenöser Injektion ein und beträgt bei einer Dosis von 5-10 µg/kg KG jenseits des Säuglingsalters ca. 10-20 Minuten. Durch langsame Spritzgeschwindigkeit kann die häufig beschriebene Thoraxrigidität verhindert werden.

Piritramid

Piritramid ist ein vornehmlich im deutschen Sprachraum gebräuchlicher µ-Rezeptor-Agonist mit einer dem Morphin ähnlichen Potenz. Pharmakokinetische Untersuchungen für das Kindesalter legen nahe, dass Neugeborene verglichen mit Säuglingen, Kindern und Erwachsenen hohe initiale Wirkspiegel und eine deutliche Verlangsamung der Eliminationshalbwertszeit zeigen, weshalb die initiale Dosis bei Neonaten reduziert und die Repetitionsintervalle verlängert werden sollten. Säuglinge und Kleinkinder zeigen dagegen eine erhöhte Ausscheidung mit der Konsequenz, die Applikationsintervalle verglichen mit den Erwachsenen zu verkürzen (Müller et al. 2006). Piritramid soll sich im Vergleich zu Morphin durch ein geringeres hämodynamisches und emetisches Nebenwirkungsprofil, eine geringere Atemdepression und geringere Inzidenz von Juckreiz auszeichnen.

Pharmakodynamische Untersuchungen für das Kindesalter gibt es kaum, wenngleich die gute Wirksamkeit und das günstige Nebenwirkungsprofil dadurch belegt sein sollte, dass Piritramid das mit Abstand am häufigsten eingesetzte Opioid zur postoperativen Analgesie bei Kindern in Deutschland ist. Untersuchungen zum präventiven Einsatz bei unangenehmen und schmerzhaften Maßnahmen im Kindesalter liegen nicht vor. Es sollte daher weniger für die Intervention selbst, als vielmehr in Analogie zum postoperativen Einsatz für die postinterventionelle Phase als Bolus eingesetzt werden (Petrat et al. 1997). Dabei ist zu beachten, dass die Wirkung erst nach 4-6 min eintritt und Repetitionsdosen nicht zu früh verabreicht werden sollten. Bei Neugeborenen sollte man mit Boli von 0,025-(0,05) mg/kg KG, in den höheren Altersstufen mit 0,05-0,1 mg/kg KG beginnen und dann nach Wirkung titrieren. Die Wirkungszeit beträgt zwischen 4 und 6 h. Aufgrund der langen kontextsensitiven Halbwertszeit sollte Piritramid nicht kontinuierlich verabreicht werden.

Remifentanil

Remifentanilhydrochlorid ist ein ultrakurz wirkender µ-Rezeptoragonist, welcher organunabhängig durch unspezifische Gewebs- und Plasmaesterasen rasch zu Metaboliten mit äußerst niedriger Opioidwirkung abgebaut wird. Selbst im frühen Säuglingsalter resultiert daraus eine Wirkdauer von nur 10-35 Minuten. Aufgrund der fehlenden Akkumulation beträgt die kontextsensitive Halbwertszeit jenseits des Säuglingsalters nur 3-5 Minuten. Die analgetische Wirkung ist ebenso wie die Hauptnebenwirkung Atemdepression dosisabhängig. Die Substanz lässt sich somit gut titrieren (Davis und Cladis 2005). Bezüglich der atemdepressiven Wirkungen von Remifentanil gibt es bei Kindern eine große Variabilität: 0,05-0,3 $\mu g \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ werden ohne Atemdepression vertragen (Ansermino et al. 2005), wobei jüngere Kinder höhere Dosen tolerieren als ältere. Remifentanil hat sich daher als sehr effektives Medikament für kurze sehr schmerzhafte Verfahren im Kindesalter etabliert. Als Nebenwirkungen sind Bradykardie und Thoraxrigidität bekannt und müssen therapiert werden können. Zudem lässt die analgetische Wirkung wenige Minuten nach Infusionsende nach. Ist eine weitere Analgesie notwendig, so muss diese frühzeitig, z.B. mit Piritramid eingeleitet werden.

Es muss mit einer höheren Rate an Atemdepression gerechnet werden und der Atemweg zu jeder Zeit gesichert werden können. Die Inzidenz einer Atemdepression unter Remifentanil-Kombinationssedierungen ist sowohl eine Dosis-Frage, als auch abhängig vom Medikament zur Hypnose. Propofol scheint ein gut steuerbarer Sedierungspartner für Remifentanil zur tiefen Sedierung unter einer assistierten Spontanatmung zu sein. Hier sei darauf hingewiesen, dass der Übergang zur Allgemeinanästhesie fließend ist.

Opioide sind indiziert bei schmerzhaften Prozeduren. Typische Nebenwirkungen, v.a. Atemdepression müssen in Betracht gezogen werden. Kurzwirksame Opioide (Remifentanil, Alfentanil) erscheinen wegen ihrer besseren Steuerbarkeit günstiger als langwirksame Opioide (Piritramid, Morphin, Fentanyl).

9.2.3 Lachgas

Seit 2008 ist eine Mischung aus Lachgas und Sauerstoff in einem Verhältnis 50 %:50 % erhältlich. Diese fixe Mischung führt zu keinen schweren Nebenwirkungen (Atemwegverlegung, Hypoxie). Die analgetische Potenz von 50% Lachgas reicht für Prozeduren mit mittlerer Schmerzstärke, wie Knochenmarkpunktionen oder Zahnextraktionen nicht aus. So muss zwangsweise auf die zusätzliche Anwendung und Kombination verschiedener Medikamente zurückgegriffen werden, die die oben beschriebenen Gefahren in sich bergen. Die Wirkdauer ist aufgrund der schnellen Abatmung sehr kurz. Eine Überwachung der Sättigung ist unerlässlich. DGAI und BDA haben eine Stellungnahme zur Verwendung von Lachgas/Sauerstoff LIVOPAN® veröffentlicht, auf die hier verwiesen wird. (Stellungnahme von BDA und DGAI zur Einführung von LIVOPAN® in Deutschland).

10. Empfehlungen und Risiken einzelner Prozeduren

10.1 Nicht-schmerzhafte Prozeduren

Radiologische Untersuchungen (MRT, CT, Bestrahlungen etc.)

Radiologische Arbeitsplätze sind meist weit entfernt von anderen anästhesiologischen Arbeitsplätzen im OP. Daher gilt hier eine besondere Sorgfalt bei der Ausstattung und Planung der Versorgung. Es muss Facharztstandard vorgehalten werden.

Die meisten radiologischen Untersuchungen können prinzipiell in Sedierung und Spontanatmung durchgeführt werden. Ein intravenöser Zugang und Monitoring wie oben beschrieben sind Voraussetzung. Für eine tiefe Sedierung eignet sich Propofol besonders gut: schnelles Einschlafen, rasches Erwachen und wenig Bewegungsartefakte während der Untersuchung (Dalal et al. 2006). Propofol wird 0,5-2 mg/kg KG-weise intravenös appliziert, ggf. repetitiv, bis das Kind schläft, dann erfolgt ggf. das Verbringen des Kindes in den Untersuchungsraum. In Abhängigkeit von der Dauer der Untersuchung erfolgt zur Aufrechterhaltung die kontinuierliche intravenöse Infusion von Propofol zu Beginn mit 8-10 mg/kg/h (Pershad et al. 2007), die im Verlauf reduziert werden kann. Eine weitere medikamentöse Supplementierung, z.B. durch Opioide oder Ketamin ist bei diesen schmerzlosen Untersuchungen in Spontanatmung in der Regel nicht notwendig. Auf eine korrekte Lagerung des Kindes muss geachtet werden.

Bei manchen Untersuchungen sind Apnoephasen erforderlich, um Bewegungsartefakte durch Atmung oder Beatmung zu verhindern. Je nach radiologischer Anforderung und/oder Komorbidität des Kindes ergibt sich so die Indikation zur kontrollierten Beatmung über einen Endotrachealtubus bzw. einen supraglottischen Atemweg. Für diese Narkoseeinleitung eignet sich Propofol in Kombination mit einem Opioid und ggf. einem Muskelrelaxans. Die Narkoseaufrechterhaltung erfolgt dann am besten mit Propofol (Transport!). Für Untersuchungen mit Apnoephasen kann das Kind mit einem kurzwirksamen Muskelrelaxans relaxiert oder die Narkose mit einem Propofolbolus vertieft werden. Die Anästhesieausleitung erfolgt entweder im radiologischen Bereich oder nach Transport in den zentralen Anästhesiebereich.

Soll das Kind aus anästhesiologischer oder radiologischer Indikation intubiert werden, so ist abzuwägen, ob die Anästhesieeinleitung in einem Bereich mit optimaler Infrastruktur erfolgt und das Kind erst dann zum Ort der Diagnostik transportiert wird. Der Ablauf sollte für alle Szenarien vorab standardisiert und alle notwendigen Geräte für eine Allgemeinanästhesie und Beatmung vorgehalten werden. Durch ungeplante bzw. notfallmäßige Intervention im Untersuchungsraum (z.B. im MRT) kann es zu Unfällen durch das Einbringen ungeeigneter Geräte (z.B. ferromagnetisches Laryngoskop/Narkosegerät) kommen, bzw. durch das verspätete Holen der Geräte im Notfall zu relevanten Zeitverzögerungen kommen.

Besonderheiten im MRT

Die Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT) ist eine diagnostische Technik zur Darstellung von inneren Organen und Gewebestrukturen mit Hilfe von Magnetfeldern und elektromagnetischen Wellen.

Vorteile:

- keine Strahlenbelastung, daher eine häufige Untersuchung bei Kindern
- hohe diagnostische Aussagekraft und hohe Weichteilauflösung durch unterschiedliche Signalintensitäten.

Nachteile:

- Ferromagnetische Geräte und Gegenstände aus Eisen, Kobalt, Nickel etc. werden im MRT zu lebensgefährlichen Projektilen und dürfen daher keinesfalls in den Untersuchungsraum gebracht werden. Besonders bei Notfällen besteht die Gefahr, dass unüberlegt ferromagnetische Geräte in den Untersuchungsraum eingebracht werden.
- Hochfrequenzwellen können Gewebe jeder Art erwärmen (Mikrowelleneffekt). Die Impulslänge im MRT wird aus diesem Grund so kurz gehalten, dass es im menschlichen Körper nicht zu relevanter Erwärmung kommt. Aber elektrische Leiter wie EKG- oder andere Messkabel wirken als „Antenne“ für Hochfrequenzwellen, durch schleifen- oder ringförmige Strukturen z.B. Kabel kann es zu Verstärkungseffekten und damit zu Erhitzung mit Verbrennungsschäden kommen.
- Lautstärke: durch schnelles Schalten von Gradientenspulen kommt es zu Geräuschentwicklungen (>100dB). Zur Vermeidung eines Knalltraumas sind Gehörschutzmassnahmen für Patienten und Personal zwingend vorgeschrieben. Meist werden dafür Schutzkopfhörer oder Ohrstöpsel verwendet.

Die durchschnittliche Untersuchungszeit im MRT beträgt 15-30 Minuten. Bewegungsartefakte stören die Qualität der Bilder empfindlich, ein Stillliegen des Kindes ist daher obligatorische Voraussetzung. Dies ist in der Regel bei Kindern bis ins Schulalter nur mit einer Sedierung zu erreichen.

Besondere Voraussetzungen für eine Anästhesie im MRT (u.a. Feldmann und Kalli 2006, Schmitz B et al. 2003, ASA Task Force 2009):

- MRT-kompatible Anästhesieausstattung
- Verlängerungen von Kabeln, Beatmungsschlauchsystemen etc. häufig notwendig
- Ggf. Übertragung der Messwerte vom Monitor im Untersuchungsraum auf einen weiteren, außerhalb des Untersuchungsraums gelegenen Monitor
- EKG fakultativ trotz moderater Sedierung bei Kindern mit ASA I und II, da viele Artefakte und Gefahr der thermischen Verletzung nicht ausgeschlossen sind.

Besonderheiten im CT

Eine einfache CT-Untersuchung dauert mit modernen Geräten nur wenige Minuten. Zumeist reicht eine titrierte Injektion bis zu 2 mg/kg KG Propofol für die Sedierung aus. Sind längere Untersuchungen geplant, kann eine kontinuierliche Propofolgabe erfolgen (s.o.). Zudem werden häufig CT gesteuerte

Punktionen von Zysten/Abzessen etc. in Rücken- oder Bauchlage notwendig. Dies sollte zur optimalen Sicherung des Atemwegs in tiefer Hypnose und Analgesie in Allgemeinanästhesie (z.B. ITN oder Larynxmaske) erfolgen.

Besonderheiten bei Bestrahlungen, Szintigraphien, SPECT- und PET-Untersuchungen

Je nach Dauer und Anforderung sind Bestrahlungen (Dauer wenige Minuten) nach Bolusgabe von Propofol in Sedierung mit Spontanatmung möglich. Bestrahlungen werden über einen Zeitraum von 10-14 Tagen oft täglich durchgeführt. Hier ist die Verwendung von kurzwirksamen Substanzen zur schnellen Erholung vorteilhaft. Prolongierte Nüchternzeiten sollen vermieden werden, der wiederholte Hinweis auf das Einhalten liberaler Nüchternzeiten (bis 2h vor Anästhesieeinleitung klare Flüssigkeiten) erscheint angebracht.

SPECT (Single Photon Emission Computered Tomography), PET (Positronen Emissions Tomographie) und Szintigraphie - Untersuchungen dauern meist >als 30 min und sollten in kontinuierlicher Propofolsedierung (s.o.) durchgeführt werden.

Herzkatheteruntersuchungen

Bei Herzkatheteruntersuchungen ist den Vorerkrankungen des Kindes (i.d.R. kongenitales Herzvitium, ggf. Komorbidität) Rechnung zu tragen: präinterventionelle Evaluierung, Anpassung des Monitorings (z.B. 2. Sättigung, 5-Pol-EKG, IBP) etc.

Die Sedierung zur Untersuchung oder Intervention kann z.B. mit Ketamin und Midazolam in Spontanatmung durchgeführt werden. Auf die Mischung mehrerer Sedativa/Hypnotika sollte in jedem Fall verzichtet werden. Bei Sedierung durch Nicht-Anästhesisten ist es wiederholt zu schwerwiegenden Zwischenfällen durch Fehldosierung, inadäquate Überwachung und insuffizientes Management bei Komplikationen gekommen.

Es wird daher auch im Herzkatheterlabor empfohlen, tiefe Sedierungen oder Allgemeinanästhesien durch Anästhesisten durchführen zu lassen (Bein und Renner 2007).

Bei einer Herzkatheteruntersuchung mit schmerzhafter Intervention oder notwendiger Immobilisation empfehlen die Autoren aufgrund folgender Vorteile eine Allgemeinanästhesie:

- stets suffiziente Ventilation und Oxygenierung, sicherer Atemweg
- sichere Beatmung bei relativ engen räumlichen Verhältnissen
- Möglichkeit des Einsatzes einer TEE-Sonde
- Möglichkeit einer Apnoe
- Möglichkeit einer Analgesie.

Die Anästhesie kann mittels Sevofluran oder niedrigdosierten Propofols jeweils in Kombination mit Remifentanil durchgeführt werden. Propofol und Sevofluran können in höheren Dosen den systemischen Gefäßwiderstand senken und damit das Verhältnis zwischen pulmonalem und systemischem Blutfluss ungünstig verändern. Sevofluran verzögert die Konduktivität des Reizleitungssystems bei elektrophysiologischen Herzkatheteruntersuchungen. Hier kann Propofol vorteilhaft sein.

Mit folgenden Komplikationen ist im Herzkatheterlabor zu rechnen:

- Katheter-assoziierte Komplikationen
- Kontrastmittelreaktion
- Änderung des PVR und SVR
- Veränderung von Shuntverhältnissen
- Herzrhythmusstörungen
- Low output und Reanimation
- Akute Hämorrhagie.

Bei Komplikationen können die durch die Kardiologen gelegten Zugänge genutzt werden.

10.2 Schmerzhafte Prozeduren

Die Durchführung schmerzhafter Prozeduren im Kindesalter ist heutzutage nur in einem Setting mit Analgesie, Anxiolyse, evtl. kombiniert mit Sedierung und Bewegungskontrolle vertretbar. Ein Idealverfahren für das weite Spektrum solcher Maßnahmen gibt es nicht.

Knochenmarkpunktion (KMP)

Die KMP – eine häufige nur wenige Minuten dauernde Maßnahme bei hämatologisch/onkologisch erkrankten Kindern - ist eine sehr schmerzhafte und angstbesetzte Prozedur, welche einer effektiven Analgesie bedarf. Dafür werden mit gutem Erfolg Ketamin (2 mg/kg) oder S(+)-Ketamin (1 mg/kg) titriert eingesetzt (Evans et al. 2005). Auch mit einer tiefen Analgosedierung oder einer Narkose unter der Verwendung von Opioiden und Hypnotika lassen sich KMP schmerzfrei, effektiv und problemlos durchführen (Antmen et al. 2005). Bei Verwendung von Opioiden muss mit einer Atemdepression gerechnet werden.

Empfohlene Kombinationen:

- Propofol/Ketamin
  Bolusapplikation 0,5-1 mg/kg KG Propofol. Wenn das Kind die Augen schließt und nicht mehr durch Zuruf erweckbar ist, dann S(+)-Ketamin 0,5 mg/kg KG i.v.. Nachinjektionen, wenn Kind sich spontan oder auf Schmerzreiz bewegt.
- Midazolam/Ketamin
  Bolusapplikation 0,05-0,1 mg/kg KG i.v. Midazolam. Nach Wirkeintritt S(+)-Ketamin 0,5 mg/kg KG i.v. Nachinjektion von Ketamin, wenn Kind sich spontan oder auf Schmerzreiz bewegt.

Eine zusätzliche Lokalanästhesie sollte immer durchgeführt werden.

Lumbalpunktion (LP)

Eine Lumbalpunktion ist eine psychisch belastende und vielfach auch sehr schmerzhafte Maßnahme, bei der eine Ruhigstellung der Patienten für eine problemlose Durchführung von Bedeutung ist. Neonaten zeigen bei der LP deutliche Schmerzreaktionen, die durch oben beschriebene nicht-medikamentöse Maßnahmen reduziert werden können (Cignacco et al. 2007). Eine schmerzfreie Punktion kann mittels Oberflächenanästhesie (Pflaster, siehe oben) gelegentlich in Kombination mit Midazolam p.o. oder i.v. (minimale Sedierung) oder zusätzlicher Lokalanästhesie gewährleistet werden. Weitere Möglichkeiten bestehen in einer Analgosedierung mit Ketamin-Propofol oder in einer TIVA als Kurznarkose (Holdsworth et al. 2003, Evans et al. 2005).

Empfohlene Kombination:

- Propofol/Ketamin
  Bolusapplikation 0,5-1 mg/kg KG Propofol. Wenn das Kind die Augen schließt und nicht mehr durch Zuruf

erweckbar ist, dann S(+)-Ketamin-S 0,5 mg/kg KG i.v.. Nachinjektionen, wenn Kind sich spontan bewegt.
Auf Ketamin kann verzichtet werden, wenn die Analgesie der Haut durch ein lokalanästhetikahaltiges Pflaster sichergestellt wird.

Gelenkpunktion (GP)

In der angloamerikanischen Literatur findet man häufig die Empfehlung, zur Schmerz- und Stressminderung bei dieser Indikation auf Lachgas zurückzugreifen (u.a. Uziel 2008). Vielfach wird eine fixe Lachgas/Sauerstoff-Mischung in Kombination mit Lokalanästhetika oder systemisch wirkenden Analgetika verwendet. Dabei dürfen die Probleme, die sich bei der Anwendung von Lachgas durch die Raumluftkontamination ergeben, nicht außer Acht gelassen werden. Bislang hat sich dieses Verfahren in Deutschland noch nicht etabliert. Deshalb sollten Gelenkpunktionen in intravenöser Analgosedierung durchgeführt werden.

Empfohlene Kombination:

- Propofol/Ketamin
  Bolusapplikation 0,5-1 mg/kg KG Propofol. Wenn das Kind die Augen schließt und nicht mehr durch Zuruf erweckbar ist, dann S(+)-Ketamin 0,5 mg/kg KG i.v.. Nachinjektionen, wenn Kind sich spontan bewegt oder auf Schmerzreiz reagiert.

Botulinumtoxin-Injektion

Botulinumtoxin-Therapie mittels intramuskulärer Injektionen erfolgt bei Kindern zur Behandlung einer fokalen oder regionalen muskulären Spastik unterschiedlicher Genese. Diese Prozedur ist schmerzhaft und erfordert eine tiefe Analgosedierung/Allgemeinanästhesie. Zudem haben die Kinder häufig relevante Nebenerkrankungen (ASA III) und kommen wiederholt zu dieser Therapie.

Empfohlene Kombination:

- Analgosedierung mit Propofol/Ketamin, wenn i.v. Zugang gut möglich ist
  Bolusapplikation 0,5-1 mg/kg KG mit Propofol. Wenn das Kind die Augen schließt und nicht mehr durch Zuruf erweckbar ist, dann S(+)-Ketamin-S 0,5 mg/kg KG i.v.. Nachinjektionen, wenn Kind sich spontan bewegt.
  Bei schwierigen Venenverhältnissen kann eine Maskeneinleitung mit Sevofluran erfolgen und dann das Verfahren (Maske/Larnyxmaske) und die Medikamente (Hypnotika, Analgetika) nach Umfang und Gegebenheiten angepasst werden.

Zahnbehandlung

Zur Zahnbehandlung bieten sich in Abhängigkeit vom Alter und von der Schmerz- und Angstintensität her verschiedene Möglichkeiten an.

Neben einer medikamentösen Anxiolyse mit Midazolam wird bei älteren Kindern die Kombination von psychologischer Unterstützung und die Applikation topisch aufgebrachter Lokalanästhetika propagiert mit dem Ziel, schmerzarm eine Lokalanästhesie etablieren zu können (u.a. Primosch und Rolland 2001). Meist bei jüngeren Patienten wird vorwiegend in Großbritannien ein sogenanntes „Multidrug-Verfahren" bestehend aus Midazolam und/oder Lachgas/Sauerstoff in unterschiedlichen Konzentrationen und/oder Sevofluran zur Anxiolyse, Sedierung und Analgesie unter erhaltener Spontanatmung bei ungeschützten Luftwegen eingesetzt (u.a. Wilson et al. 2006). In mehreren Metaanalysen konnte keine klare Schlussfolgerung gezogen werden und daher keine Empfehlung zur Anxiolyse und Analgosedierung ausgesprochen werden (Robb ND 2005, Matharu und Ashley 2006).

Empfehlung:

Aus Sicherheitsgründen sollte eine Intubationsnarkose und Allgemeinanästhesie immer dann erfolgen, wenn mit einer oralen Midazolamgabe und psychologischen Maßnahmen keine ausreichende Stressminimierung erreicht werden kann; die Inhalation von Lachgas und/oder volatilen Anästhetika sollte bei ungeschützten Luftwegen nicht angewendet werden. (Stellungnahme von BDA und DGAI zur Einführung von LIVOPAN® in Deutschland)

Bronchoskopie

Es muss zwischen diagnostischen und therapeutischen Eingriffen unterschieden werden, die mit dünnen fiberoptischen oder mit starren Instrumenten durchgeführt werden.

Die Hauptprobleme sind:

- Konkurrenz von Untersucher und Sedierendem um den Atemweg
- Tracheale Hyperreagibilität, Unterdrückung des Hustenreizes
- häufig bestehende respiratorische Insuffizienz

Aus diesen Gründen sind bei Kindern tiefe Sedierungen zur Bronchoskopie nicht unproblematisch. Die Atemwegskontrolle bei Broncho-Laryngoskopien mit rigiden Instrumenten ist in Allgemeinanästhesie sicherer. Für Maßnahmen mit flexiblen Instrumenten können lokale Anästhesien mit Sedierung oder Narkosen durchgeführt werden (Berkenbosch et al. 2004, Reyle-Hahn et al. 2000).

Empfehlung:

Flexible Bronchoskopie: Propofol (titrierende Bolusgabe 0,5-1 mg/kg KG bis das Kind schläft), kontinuierliche Infusion von 6-10 mg/kg/h, zusätzlich Remifentanil 0,05-0,1 µg/kg/min. Topische Anästhesie des Rachens und der Trachea mit Lidocain 1 % (Beeinträchtigung des Schluckaktes möglich). Der Atemweg wird mit Maske (Endoskopiemasken sind erhältlich) oder Larynxmaske gesichert, unterstützende manuelle Ventilation ist häufig erforderlich. Bei hyperreagiblem Atemweg kann der Hustenreflex sehr stark sein und muss durch mehrfache Bolusgaben von Propofol unterdrückt werden: die Sedierung wird zu einer Allgemeinanästhesie.

Starre Bronchoskopie: TIVA mit Propofol und Remifentanil, Lokalanästhesie des Rachens, der Stimmbänder und der Trachea ist sinnvoll.

Die i.v. Gabe von Lidocain 1-1,5 mg/kg führt zu einer Reflexdämpfung der laryngealen Strukturen und zur Unterdrückung von Husten und wird daher empfohlen. Die Höchstdosierung von Lidocain (4 mg/kg KG), v.a. bei der Kombination von i.v. und topischer Gabe muss beachtet werden.

Endoskopie

In Abhängigkeit des Alters und des Status des Kindes sollte eine Gastro- oder Endo-

skopie entweder in tiefer Sedierung mit Spontanatmung oder in Intubationsnarkose durchgeführt werden. Verschiedene Verfahren sind üblich: TIVA mit Propofol/Remifentanil (Abu Shahwan und Mack 2007), Sedierung mit Propofol/Midazolam für komplizierte Endoskopien des oberen und unteren Magen-Darm-Traktes (Wengrover et al. 2004), Sedierung mit Propofol/Opioid oder Propofol/Ketamin (Tosun et al. 2007). Wegen eventueller Irritabilität der Rachenschleimhaut sowie erhöhter Salivation unter Ketamin ist dieses Medikament weniger geeignet.

Empfehlung:

Bis zum Schulalter sollte eine Gastroskopie in Intubationsnarkose durchgeführt werden. Bei Schulkindern und Jugendlichen kann eine tiefe Sedierung mit Propofol und einem kurzwirksamen Opioid (Remifentanil/Alfentanil) zum Einsatz kommen.

Koloskopien können in Intubationsnarkose oder Sedierung durchgeführt werden. Bei allen Prozeduren sollte ein Anästhesist die Sedierung/Narkose unter den o.g. Bedingungen durchführen.

11. Kernaussagen

- Die Sicherung des Atemweges und Wiederherstellung der Vitalfunktionen muss unbedingt beherrscht werden.
- Prinzipiell sollten bei allen Verfahren kurzwirksame und gut steuerbare Medikamente eingesetzt werden.
- Auf einen Medikamentenmix sollte verzichtet werden, um pharmakologische Interaktionen, verlängerte Wirkzeiten und Komplikationen zu vermeiden.
- Opioide sollten nur bei schmerzhaften Eingriffen verwendet werden. Cave: Atemdepression
- Die Auswahl der Verfahren soll Sicherheit, Ergebnisqualität, Patientenkomfort und Wirtschaftlichkeit berücksichtigen.
- Die Applikation von Sauerstoff kann eine Hypoventilation maskieren, die durch die Messung des endexspiratorischen Kohlendioxids und der Atemfrequenz bemerkt werden kann.
- Sedierungen müssen geplant werden.
- Innerhalb einer Klinik sollten nur wenige Sedierungsverfahren etabliert sein, mit denen alle Beteiligten vertraut sind. Die Beschränkung auf wenige Medikamente ist sinnvoll.
- Im Interesse der Kinder sollten sich Anästhesisten der Sedierung von Kindern zu unangenehmen oder schmerzhaften Interventionen nicht verweigern. Die dafür notwendigen Voraussetzungen müssen ggf. geschaffen werden.

Literatur

1. American Society of Anesthesiologists Task Force on Anesthetic Care for magnetic resonance imaging. Practice advisory on anesthetic care for magnetic resonance imaging. Anesthesiol 2009;110:459-79.
2. Abu-Shakwan I, Mack D. Propofol and remifentanil for deep sedation in children undergoing gastrointestinal endoscopy. Ped Anesth 2007;17:460-463.
3. American Society of Anesthesiologists Task Force on sedation and analgesia by non-anesthessiologists. Practice guidelines for sedation and analgesia by non- anesthesiologists. Anesthesiology 2002;96:1004-17.
4. American Academy of Pediatrics, American Academy of Pediatric Dentistry. Guidelines for monitoring and management of pediatric patients during and after sedation for diagnostic and therapeutic procedures: an update. Pediatrics 2006;118: 2587-2601.
5. Anderson JL, Junkins E, Pribble C, Guenther E. Capnography and depth of sedation during propofol sedation in children. Ann Emerg Med 2007;49:9-13.
6. Ansermino JM, Brooks P, Rosen D, Vandebeek CA, Reichart C. Spontaneous ventilation with remifentanil in children. Pediatr Anesth 2005;15:115-112.
7. Antmen B, Sasmaz I, Birbicer H, Ozbek H, Burgut R, Isik G, Kilinic Y. Safe and effective sedation and analgesic for bone marrow aspiration procedures in children with alfentanil, remifentanil and combination with midazolam. Pediatr Anesth 2005;15:214-219.
8. Bein B, Renner J. Anästhesie bei kongenitalen Herzfehlern. Herzkatheterisierung in der pädiatrischen Kardiologie. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2007;11-12,814-820.
9. Berkenbosch JW, Graff GR, Stark JM, Ner Z, Tobias JD. Use of remifentanil-propofol mixture for pediatric flexible fiberoptic bronchoscopy sedation. Pediatr Anesth 2004;14:941-946.
10. Cignacco E, Hamers JP, Stoffel L, van Lingen RA, Gessler P, McDongall J, Nelle M. The efficacy of non – pharmacological interventions in the management of procedural pain in preterm and term neonates. A systematic literature review. Eur J Pain 2007;11:139-152.
11. Coté CJ, Nottermann DA, Karl HW, Weinberg JA, McCloskey. Adverse sedation events in pediatrics: a critical incidence analysis of contributing factors. Pediatrics 2000;105:805-814.
12. Cravero JP, Blike GT. Pediatric sedation. Curr Opin Anesthesiol 2004;17:247-251.
13. Cravero JP, Beach ML, Blike GT, Gallagher SM, Hertzog JH. The incidence and nature of adverse events during pediatric sedation/anestehsia with propofol for procedures outside the operating room: a report from the pediatric sedation research consortium. Anesth Analg 2009;108:795-804.
14. Dalal PG, Murray D, Cox T, McAllister J, Snider R. Sedation and anesthesia protocols used for magnetic resonance imaging studies in infants: provider and pharmacologic considerations. Anesth Analg 2006;103:863-868.
15. Davis PJ, Killian A, Stiller RL, Ceola DR, Guthrie RD, Scierka AM. Pharmacokinetics of alfentanil in newborn premature infants and older children. Dev Pharmacol Ther 1989;13:21-27.
16. Davis PJ, Cladis FP. The use of ultra-short-acting opioids in pediatric anesthesia: the role of remifentanil. Clin Pharmacol 2005;44:787-796.
17. Evans D, Turnham L, Barbour K, Kobe J, Wilson L, Vandebeek C, Montgomery CJ, Rogers P. Intravenous ketamine sedation for painful oncology procedures. Pediatr Anesth 2005;15:131-138.
18. Feldman JM, Kalli I. Equipment and environmental issues for nonoperating room anesthesia. Curr Opin Anaesthesiol 2006;19:450-452.
19. Fodale V, La Monaca E. Propofol infusion syndrome: an overview of a perplexing disease. Drug Saf 2008;31:293-303.
20. Fong JJ, Sylvia L, Ruthazer R, Schumaker G, Kcomt M, Devlin JW. Predictors of mortality in patients with suspected propofol infusion syndrome. Crit Care Med 2008;36:2281-7.
21. Godambe SA, Elliott V, Matheny D, Pershad J. Comparison of propofol/fentanyl versus ketamin/midazolam for

brief orthopedic procedural sedation in a pediatric emergency department. Pediatrics 2003;112:116-123.
22. Gunter JB. Benefit and risks of local anesthetics in infants and children. Pediatr Drugs 2002;4:649-672.
23. Halperin SA, Smith B, Houston T. Lidocaine – prilocaine patch decreases the pain associated with the subcutaneous administration of measles – mumps – rubella vaccine but does not adversely affect the antibody response J Pediatr 2000;136:789-794.
24. Holdsworth MT, Raisch DW, Winter SS, Frost JD, Moro MA, Doran NH, Philipps J, Pankey JM, Mathew P. Pain and distress from bone marrow and lumbar punctures. Ann Pharmacother 2003;37:17-22.
25. Jöhr M, Berger T. Regional anesthetic techniques for neonatal surgery. Best Pract Res Clin Anesthesiol 2004;18:357-375.
26. Koscielniak – Nielsen Z, Hesselbjerg L, Brushoj J, Jensen MB, Pedersen HJ. EMLAR – patch for spinal puncture. Anaesthesia 1998;53:1218-1222.
27. Leitlinie zur anästhesiologischen Voruntersuchung. DGAI. Anästh Intensivmed 1998;39:204-205.
28. Malviya S. Can we improve the assessment of discharge readiness? Anesthesiology; 2004;100:218-224.
29. Malviya S, Voepel-Lewis T, Tait AR, Watcha MF, Sadhasivam S, Friesen RH. Effect of age and sedative agent on the accuracy of bispectral index in detecting depth of sedation in children. Pediatrics 2007;120:e461-470.
30. Matharu L, Ashley PF. Sedation of anxious children undergoing dental treatment. Cochrane Database Syst Rev 2006;25:CD003877.
31. Meyer S, Aliani S Graf N, Gottschling S. Inter- and intraindividual variability in ketamine dosage in repetitive procedures in children with malignancies. Pediatr Hematol Oncol 2004;21:161-166.
32. Morton NS. Ketamine for procedural sedation and analgesia in pediatric emergency medicine: a UK perspective. Pediatr Anesth 2008;18:25-29.
33. Müller C, Kremer W, Harlfinger S, Doroshyenko O, Jetter A, Hering F, Hünseler C, Roth B, Theisohn M. Pharmacometrics of piritramide in newborns, infants and young children in intensive care units. Eur J Pediatr 2006;165:229-239.
34. Pershad J, Wan J, Anghelescu DL. Comparison of propofol with pentobarbital/midazolam/fentanyl sedation for magnetic resonance imaging of the brain in children. Pediatrics 2007;120:e629-e636.
35. Petrat G, Klein U, Meissner W. On demand analgesia with piritramide in children. A study on dosis specification and safety. Eur J Pediatr Surg 1997;7:38-41.
36. Primosch RE, Rolland-Asensi G. Comparison of topical EMLA 5% oral adhesive to benzocaine 20% on the pain experienced during palatal anesthetic infiltration in children. Pediatr Dent 2001;23:11-14.
37. Reyle – Hahn M, Niggemann B, Max M, Streich R, Rossaint R. Remifentanil and propofol for sedation in children and young adolescents undergoing diagnostic flexible bronchoscopy. Pediatr Anesth 2000;10:59-63.
38. Richardson J, Smith JE, McCall G, Pilkington K. Hypnosis for procedure – related pain and distress in pediatric cancer patients: a systematic review of effectiveness and methodology related to hypnosis interventions. J Pain Symptom Manage 2006;31:70-84.
39. Robb ND. Which is the most effective drug or method of sedation used for anxious children? What are the most effective techniques for the use of conscious sedation behaviour management in pediatric dentistry? Evid Based Dent 2005;6:71.
40. Schmitz B, Nimsky C, Wendel G, Wienerl J, Ganslandt O, Jacobi K, Fahlbusch , Schüttler J. Anesthesia during high-field intraoperative magnetic resonance imaging experience with 80 consecutive cases. J Neurosurg Anesthesiol 2003;15:255-62.
41. Soto RG, Fu ES, Vila H, Miguel RV. Capnography accurately detects apnea during monitored anesthesia care. Anesth Analg 2004;99:379-382.
42. Spies CD, Breuer JP, Gust R, Wichmann M, Adolph M, Senkal M, Kampa U, Weissauer W, Schleppers A, Soreide E, Martin E, Kaisers U, Falke KJ, Haas N, Kox WJ Präoperative Nahrungskarenz. Ein update. Anästhesist 2003;52:1039-45.
43. Stellungnahme der DGAI und des BDA zur Einführung von LIVOPAN® in Deutschland. Link: http://www.dgai.de/aktuelles/Vorlaeufige_Stellungnahme_Livopan_.pdf
44. Stevens B, Yamada J, Ohlsson A. Sucrose for analgesia in newborn infants undergoing painful procedures. Cochrane Database Syst Rev 2001;4:CD 001069.
45. Taddio A, Ohlsson A, Einarson TR, Stevens B; Koren G. A systematic review of lidocaine-prilocaine cream (EMLAR) in the treatment of acute pain in neonates. Pediatrics 1998;101:E1-9.
46. Tosun Z, Akzu R, Guler G, Esmaoglu A, Akin A, Aslan D, Boyaci A. Propofol-ketamine vs propofol-fentanyl for sedation during pediatric upper gastrointestinal endoscopy. Pediatr Anesth 2007;17:983-988.
47. Twite MD, Friesen RH. Pediatric sedation outside the operating room: the year in review. Curr Opin Anesthesiol 2005;18:442-446.
48. Uman LS, Chambers CT, McGrath PJ, Kisely S. Psychological interventions for needle – related procedural pain and distress in children and adolescents. Cochrane Database Syst. Rev 2006;18:CD 005179.
49. Uziel Y, Chapnick G, Rothschild M, Tauber T, Press J, Harel J, Hashkes PJ. Nitrous oxide sedation for intra-articular injection in juvenile idiopathic arthritis. Pediatr Rheumatol Online J 2008;15:1-12.
50. Wengrower D, Gozal D, Gozal Y, Meiri Ch, Cholan I, Granot E, Goldin E. Complicated endoscopic pediatric procedures using deep sedation and general anesthesia are safe in the endoscopic suite. Scan J Gastroenterol 2004;39:283-286.
51. Wilson KE, Goedler NM, Welbury RR. A comparison of oral midazolam and nitrous oxide sedation for dental extractions in children. Anaesthesia 2006;61:1138-1144.
52. Yldzdas D, Yapcoglu H, Ylmaz HL. The value of capnography during sedation or sedation and analgesia in pediatric minor procedures. Ped Emerg Care 2004;20:162-165.

Korrespondenzadresse

PD Dr. med. Claudia Philippi-Höhne

Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und operative Intensivtherapie
Universitätsklinik Leipzig, AöR
Liebigstraße 20a, 04103 Leipzig, Deutschland

Tel.: 0341 9719705
Fax: 0341 9717709

E-Mail: claudia.philippi-hoehne@medizin.uni-leipzig.de