

Diplomarbeit

Tiefe Sedierung im Vergleich zur Intubationsnarkose während interventionellen Herzkatheter Untersuchungen im Kindes- und Jugendalter

eingereicht von

Thomas Gaisch

Geburtsdatum: 31. 01. 1987

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin

unter der Anleitung von

OÄin Dr. Maria Vittinghoff

und

Ao. Univ.-Prof. Dr. Andreas Sandner-Kiesling

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 18. September 2013

Thomas Gaisch

Gleichheitsgrundsatz

Bezugnehmend auf §12 Frauenförderungsplan der Medizinischen Universität Graz („Es sind daher in allen Schriftstücken und mündlichen Äußerungen entweder explizit die weibliche und männliche Form oder geschlechtsneutrale Bezeichnungen zu verwenden.“) werden in dieser Diplomarbeit entweder beide Geschlechter genannt oder geschlechtsneutrale Formulierungen verwendet.

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich während meines Studiums und bei der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt haben und mir mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind.

Danken möchte ich besonders Frau *OÄin Dr. Maria Vittinghoff* und Herrn *ao Univ.-Prof. Dr. Andreas Sandner-Kiesling* für die Betreuung meiner Diplomarbeit. Beide hatten immer ein offenes Ohr für meine Anliegen, nahmen sich gerne Zeit für mich und standen mir mit Fachwissen und Ratschlägen zur Seite.

Ohne meine Familie wären mein Studium und meine vielen Zusatzausbildungen nie in dieser Form möglich gewesen. Ich konnte und kann mich auf jeden einzelnen verlassen und immer auf ihre Unterstützung zählen. Danke dafür!

Ein harter und steiniger Weg wird um ein Vielfaches einfacher, wenn Freunde ihn begleiten. Euch allen danke ich von Herzen für alles, was war, was ist und was noch kommen wird! Danke an Markus, Kim, Christian, Martin, Alex, Toni, Philipp, Flo, Moe, Lisa, Nadja, Jonas, Paul, Ilse, Isabella, Thomas, Laura, Georg und die vielen anderen in meinem Herzen!

Zusammenfassung

Hintergrund: Gezeigt werden soll die Möglichkeit, interventionelle Herzkatheter Untersuchungen im Kindesalter anstatt in Intubationsnarkose in tiefer Sedierung mit erhaltener Spontanatmung durchzuführen. Die durch Spontanatmung erhaltenen intrathorakalen, physiologischen Druckzustände bieten während der Untersuchung im Vergleich zu unphysiologischer Überdruck-Beatmung viele Vorteile. So bleiben beispielsweise Drücke und Volumina in Herzvorhöfen, -kammern und -gefäßen unter Spontanatmung unverändert, während diese bei Überdruck-Beatmung verfälscht sein können.

Weiters soll dargestellt werden, wie oft ein Verfahrenswechsel von tiefer Sedierung auf Intubationsnarkose nötig war.

Untersucht werden sollen auch der Medikamentenverbrauch in verschiedenen Altersgruppen, die häufigsten Hauptdiagnosen, sowie die Verteilung der ASA Klassifikationen in verschiedenen Altersgruppen und die Dauer der einzelnen Verfahren.

Methoden: Für diese retrospektive, monozentrische Studie wurden Narkoseprotokolle von PatientInnen analysiert, die sich von 1. Jänner 2004 bis 31. Dezember 2011 einer interventionellen Herzkatheter Untersuchung an der Kinderkardiologie des LKH-Univ. Klinikum Graz unterziehen mussten.

Ergebnisse: Insgesamt konnten 144 PatientInnen in die Studie eingeschlossen werden. Bis zu einem Alter von maximal 12 Monaten ($n = 35$) entsprach der Anteil an Intubationsnarkosen 94,3% ($n = 33$), ab einem Alter von mehr als 12 Monaten ($n = 109$) entsprach der Anteil an tiefen Sedierungen 83,5% ($n = 91$).

Ein Verfahrenswechsel wurde nur in einem Fall durchgeführt, was 0,7% entspricht.

Conclusio: Tiefe Sedierung kann für eine interventionelle Herzkatheter Untersuchung bei PatientInnen ab einem Alter von einem Jahr sicher durchgeführt werden.

Für PatientInnen, die weniger als ein Jahr alt sind, stellt die Intubationsnarkose weiterhin das sicherste Anästhesieverfahren dar.

Abstract

Background: The aim of this study is to show the possibility of performing interventional cardiac catheterization on children who are administered deep sedation instead of general anesthesia.

Spontaneous breathing under deep sedation prevents pressure and shunt volumes in the atria, ventricles and vessels from being influenced by positive intrathoracic pressure caused by positive pressure ventilation under general anesthesia. Changes from deep sedation to general anesthesia should be pointed out.

Furthermore, the amount of anesthetics used, the most common diagnosis, the ASA classification in various age groups and the duration of the various procedures were investigated.

Methods: For this retrospective monocentric study data of patients were collected, who had to undergo cardiac catheterization at the Division of Pediatric Cardiology, Medical University Graz between Jan. 1, 2004 and Dec. 31, 2011.

Results: 144 patients could be included into the study. 94,3% (n = 33) of all patients up to 12 months of age (n = 35) received general anesthesia. 83,5% (n = 91) of all patients who were more than 12 months old (n = 109) were administered deep sedation.

Deep sedation had to be changed to general anesthesia only in one patient, which marks 0,7% in total.

Conclusion: Deep sedation can be administered safely to children older than one year of age. Children younger than one year should still be intubated and examined under general anesthesia.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen.....	ii
Zusammenfassung	iii
Abstract.....	iv
Inhaltsverzeichnis	v
Glossar und Abkürzungen	vii
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	viii
1 Einleitung.....	1
1.1 Besonderheiten der kindlichen Anatomie und Physiologie	2
1.1.1 Atemwege und Kreislaufsystem.....	2
1.1.2 Medikamentengabe	3
1.1.3 Reaktion des Organismus auf Schmerz	3
1.2 Anästhesie bei Kindern und Jugendlichen	4
1.2.1 Kinderanästhesie früher und heute.....	4
1.2.2 Psychosoziale Komponenten.....	6
1.2.3 ASA Klassifikation.....	6
1.2.4 Analgesie und Sedierung.....	8
1.3 Herzkatheter Untersuchungen bei Kindern und Jugendlichen	13
1.3.1 Die häufigsten Vitien	14
1.3.2 Herzkatheter Untersuchungen in Graz	22
1.3.3 Analgosedierung nach dem Grazer Schema	22
1.3.4 Grazer Standardprotokoll für die Durchführung einer Intubationsnarkose für Herzkatheter Untersuchungen	23
1.3.5 Grazer Standardprotokoll für die Durchführung einer tiefen Sedierung für Herzkatheter Untersuchungen	25
1.4 Hypothesen	27
2 Material und Methoden.....	28
2.1 Datenerhebung.....	28
2.2 Variablen	31
2.3 Begriffsdefinitionen	31
2.4 Statistische Auswertung	32
2.5 Fehlerquellen.....	32
3 Ergebnisse.....	34
3.1 Studienpopulation.....	34

3.2	Verteilung der Anästhesieverfahren	36
3.3	Verfahrenswechsel	39
3.4	Medikamentenverbrauch	40
3.4.1	Prämedikation	40
3.4.2	Einleitung einer tiefen Sedierung	43
3.4.3	Einleitung einer Intubationsnarkose	46
3.5	Verfahrensdauer	49
3.6	Verteilung der ASA Klassen	50
3.7	Hauptdiagnosen	52
4	Diskussion	55
4.1	Ergebnisse	55
4.2	Vergleich mit anderen Publikationen	57
4.3	Limitationen	58
4.4	Zusammenfassung	59
5	Literaturverzeichnis	60

Glossar und Abkürzungen

AIST	Aortenisthmusstenose
Ao. Univ.-Prof.	Außerordentlicher Universitätsprofessor
ASA	American Society of Anesthesiologists
ASD	Atriumseptumdefekt
AST	Aortenstenose
BIS	Bispectral Index
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
Dr.	Doktor
Dr. med. univ.	doctor medicinae universae
EACH	European Association for Children in Hospital
EKG	Elektrokardiogramm
GABA	Gamma Amino Butyric Acid
h	Stunde
i.v.	intravenös
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
LKH	Landeskrankenhaus
max.	maximal
mg	Milligramm
ml	Milliliter
NSAR	Nichtsteroidale Antirheumatika
OÄin	Oberärztin
PDA	Persistierender Ductus Arteriosus
PFO	Persistierendes Foramen Ovale
p.o.	per os
PST	Pulmonalstenose
TGA	Transposition der großen Arterien
Univ. Klinikum	Universitätsklinikum
Vol%	Volumsprozent
VSD	Ventrikelseptumdefekt
z.B.	zum Beispiel
µg	Mikrogramm

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

<i>Diagramm 1</i> Jahresverteilung der Herzkatheter Untersuchungen in Graz	22
<i>Diagramm 2</i> Flussdiagramm zur Darstellung der Studienpopulation	34
<i>Diagramm 3</i> Altersverteilung	35
<i>Diagramm 4</i> Verteilung der Narkoseverfahren	36
<i>Diagramm 5</i> Verteilung der Narkoseverfahren nach Altersgruppen	37
<i>Diagramm 6</i> Verteilung der Narkoseverfahren nach Alter	38
<i>Diagramm 7</i> Dosierung von Midazolam zur Prämedikation	41
<i>Diagramm 8</i> Dosierung von Midazolam zur Prämedikation	42
<i>Diagramm 9</i> Dosierung von Piritramid zur Einleitung einer tiefen Sedierung ..	44
<i>Diagramm 10</i> Dosierung von Propofol zur Einleitung einer tiefen Sedierung ..	45
<i>Diagramm 11</i> Dosierung von Fentanyl zur Einleitung einer Narkose	47
<i>Diagramm 12</i> Dosierung von Propofol zur Einleitung einer Narkose	48
<i>Diagramm 13</i> Verfahrensdauer in Minuten	49
<i>Diagramm 14</i> Verteilung der ASA Klassifikationen	50
<i>Diagramm 15</i> Verteilung der ASA Klassen	51
<i>Tabelle 1</i> Original ASA-PS Klassifikation	7
<i>Tabelle 2</i> ASA Definition verschiedener Sedierungsformen	8
<i>Tabelle 3</i> Definitionen der verschiedenen Altersgruppen	31
<i>Tabelle 4</i> Definitionen der Verfahrenszeiten	32
<i>Tabelle 5</i> Verteilung der Narkoseverfahren	37
<i>Tabelle 6</i> Alter der PatientInnen	38
<i>Tabelle 7</i> Verteilung der Hauptdiagnosen anhand aller PatientInnen	52
<i>Tabelle 8</i> Verteilung der Hauptdiagnosen bei Intubationsnarkosen.....	53
<i>Tabelle 9</i> Verteilung der Hauptdiagnosen bei tiefen Sedierungen	54

1 Einleitung

„Kinder sind keine kleinen Erwachsenen!“

Die Arbeit mit Kindern und Jugendlichen stellt für den behandelnden Arzt und die behandelnde Ärztin in vielerlei Hinsicht eine besondere Herausforderung dar. Ein breites Spektrum an Alters- und damit auch Entwicklungsstufen setzt eine genaue Kenntnis von anatomischen und physiologischen Besonderheiten voraus.

Kinder stellen nicht nur die PatientInnengruppe mit der geringsten Fehlertoleranz, sondern auch jene mit dem höchsten Risiko an Komplikationen dar. (1)

In dieser Arbeit soll die Möglichkeit dargestellt werden, interventionelle Herzkatheter Untersuchungen an Kindern und Jugendlichen in tiefer Sedierung mit erhaltener Spontanatmung anstatt in Intubationsnarkose durchzuführen. Eine Sedierung setzt viel Erfahrung der behandelnden AnästhesistInnen voraus, bietet allerdings auch viele Vorteile. Die für die Diagnose und Therapie angeborener Herzerkrankungen wesentlichen intrakardialen Drücke und Shuntvolumina werden durch die positive Druckbeatmung, wie sie eine Intubationsnarkose erforderlich macht, wesentlich beeinflusst. (2) Während einer tiefen Sedierung mit erhaltener Spontanatmung bleiben diese Parameter jedoch weitgehend unverändert und ermöglichen den behandelnden KardiologInnen eine genauere Untersuchung sowie Befunderhebung und damit auch eine effektivere Therapie.

Auf einige Besonderheiten in Bezug auf kindliche Anatomie und Physiologie soll nun eingegangen werden, da diese den Grundstein für eine effektive und sichere Arbeit mit den jungen PatientInnen darstellen.

1.1 Besonderheiten der kindlichen Anatomie und Physiologie

Der Bereich der Kinderanästhesie befasst sich mit Früh- und Neugeborenen, Säuglingen, Kleinkindern sowie Schulkindern und Jugendlichen bis zum Erreichen des 18. Lebensjahres. Während der gesamten Kindheit unterliegt der Körper ständigen Veränderungen, die eine sorgfältige Auswahl des verwendeten Anästhesieverfahrens und viel Erfahrung bei der Arbeit mit Kindern voraussetzen.

1.1.1 Atemwege und Kreislaufsystem

Folgende Eigenschaften stellen Besonderheiten der kindlichen Atemwege dar (3-5):

- Kleinere, engere Nasenlöcher
- Große Zunge
- Kurzer Hals
- Kurze Trachea
- Großer Kopf
- Große, U-förmige Epiglottis
- Nasenatmung
- Hohe Atemfrequenz
- Geringe funktionelle Residualkapazität
- Geringe Compliance
- Höher stehender Kehlkopf
- Engstelle Unterhalb des Kehlkopfes
- Periodische Atmung

All diese Eigenschaften erfordern einen besonderen Umgang mit den jungen PatientInnen, um ein effektives und sicheres Arbeiten zu ermöglichen.

1.1.2 Medikamentengabe

Metabolismus und Kreislaufzeiten sind bei Kindern und Jugendlichen im Vergleich zu Erwachsenen verändert, weshalb Medikamente nicht immer in derselben pro kg Dosierung verabreicht werden können, wie es bei erwachsenen PatientInnen mit ähnlicher Grunderkrankung durchgeführt werden würde. Wachstum und Entwicklung nehmen starken Einfluss auf Pharmakodynamik sowie auf Pharmakokinetik.

Nur wenige Medikamente sind für die Verwendung bei Kindern ausreichend klinisch getestet und zugelassen. Weiters werden in klinischen Studien, die zur Freigabe von Medikamenten dienen, häufig gesunde PatientInnen untersucht und Interaktionen mit anderen Pharmaka außer Acht gelassen. (6)

All diese Faktoren setzen eine genaue Kenntnis der verwendeten Medikamente, deren Wirkeintritt sowie Wirkdauer, aber auch deren Nebenwirkungen und Kontraindikationen voraus. (6,7)

1.1.3 Reaktion des Organismus auf Schmerz

Schmerzen haben neben ihrer psychischen Komponente auch einen erheblichen Einfluss auf den kindlichen Organismus.

Ein einzelner Schmerzreiz während einer Narkose oder Sedierung kann bei nicht ausreichender Analgesie schwerwiegende Folgen haben. Broncho- und Laryngospasmus sind gefürchtete Komplikationen, die ein schnelles Handeln erfordern, da sie ansonsten rasch zu erschwerter bis unmöglicher Beatmung und damit zu Hypoxie führen können. Zu lang andauernde Hypoxie kann im schlimmsten Fall zur Asphyxie mit konsekutivem Herz-Kreislauf-Stillstand und Tod führen. (8)

Schmerzen erhöhen den Sauerstoffverbrauch des Organismus massiv. Kinder weisen bereits in Ruhe einen bis zu 3fach höheren Sauerstoffverbrauch auf als Erwachsene (5). Vor allem der myokardiale Sauerstoffverbrauch steigt durch Stimulation des sympathikoadrenergen Systems bei Schmerzen noch zusätzlich an (9), was gerade bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern schwerwiegende Folgen haben kann.

Werden Schmerzen perioperativ nicht ausreichend behandelt, kann dies auch zu verzögerten Heilungsverläufen sowie zu erhöhter Morbidität und Mortalität führen. (10)

Eine ausreichende Analgesie ist für potentiell schmerzhafte Eingriffe an Kindern und Jugendlichen unerlässlich. Je nach Verfahren muss die Balance zwischen ausreichender Analgesie und möglichst geringen Nebenwirkungen, wie z.B. Atemdepression durch Opioidanalgetika, gefunden werden wenn eine Spontanatmung erwünscht ist.

1.2 Anästhesie bei Kindern und Jugendlichen

„We have not yet learned how to monitor consciousness, and how to measure pain or fear. When we do and succeed, when we not only keep children „pink“ and alive, but also keep them smiling, we shall then have achieved something important.“

1975, Robert M. Smith, MD

1.2.1 Kinderanästhesie früher und heute

Das erste dokumentierte Anästhesieverfahren bei einem Kind war eine Äthernarkose, die am 3. Juli 1842 von Crawford Long, einem Hausarzt aus Jefferson, USA, an einem 8 Jahre alten Knaben durchgeführt wurde. (11)

Der erste dokumentierte Tod durch Anästhesie bedingte Komplikationen trat bereits 1848 während einer mittels Chloroform herbeigeführten Anästhesie auf. Der Patient war gerade 15 Jahre alt und somit fällt der erste beschriebene schwere Zwischenfall aufgrund von Anästhesiekomplikationen in den Bereich der Kinderanästhesie. (11)

Die meisten Entwicklungen im Bereich der Kinderanästhesie von früher bis heute betreffen vor allem die Bereiche PatientInnensicherheit und Risk Management.

Endotracheale Intubation und Muskelrelaxierung um eine Aspiration zu vermeiden, direkte Laryngoskopie anstatt digital geführter Intubation, kontinuierliche Blutdruckmessung, Aufzeichnung von Herzfrequenz und –rhythmus mittels EKG Ableitungen, pulsoxymetrische Messung der Sauerstoffkonzentration des Blutes sowie die Messung des endexpiratorischen Kohlendioxidwertes stellen wesentliche Fortschritte im Bereich der PatientInnensicherheit dar.

Inzwischen kann der arterielle Blutdruck mittels invasiver Blutdruckmessung direkt im arteriellen Gefäßsystem gemessen werden, Pulsoximeter können Methämoglobin und Kohlenmonoxid messen und invasive Techniken, wie etwa Punktionen von Arterien, haben durch die Verwendung von Ultraschallgeräten eine deutlich erhöhte Trefferquote. (12)

Die wohl bekannteste Figur aus dem Bereich der Kinderanästhesie dürfte Virginia Apgar (07.06.1909 – 07.08.1974) sein, die nicht nur dazu beitrug, Neonatologie als eigene Spezialdisziplin zu etablieren, sondern auch bereits 1952 den heute zur Beurteilung des klinischen Zustandes von Neugeborenen verwendeten APGAR Score einführte. (13)

Zwei für den Bereich der Kinderanästhesie wesentliche Pioniere stellen Merel Harmel und Austin Lamont dar. Sie führten Anästhesie an herzkranken Kindern durch, was es dem Herzchirurgen Alfred Blalock und der Kardiologin Helen Taussig 1944 erstmals möglich machte, den Blalock-Taussig Shunt als palliative Maßnahme bei Kindern mit Fallot Tetralogie anzulegen. (11,14)

Kinderanästhesie unterliegt ständigen Veränderungen und Neuerungen. Neuromonitoring Techniken, wie etwa das BIS Verfahren (Bispectral Index), befinden sich bei Kindern aufgrund der physiologisch unterschiedlichen EEGs noch in Erprobung (15) und werden noch nicht standardmäßig eingesetzt. Das BIS Verfahren könnte jedoch vielleicht in Zukunft eine Möglichkeit der Überwachung der Sedierungstiefe von Kindern darstellen. (16,17)

1.2.2 Psychosoziale Komponenten

Neben medizinischer Betreuung von Kindern und Jugendlichen stellt auch die psychosoziale Betreuung der PatientInnen und deren Familien eine wichtige Komponente im Bereich der Kinderanästhesie dar.

Kinder werden durch fremde Umgebungen leicht verunsichert, können irrationale Ängste haben und reagieren empfindlich auf die Trennung von den Eltern. (18)

Auch die Anforderungen der Eltern an die behandelnden Ärzte und Ärztinnen sind hoch. Eltern verlangen nahezu eine Garantie für die Sicherheit ihrer Kinder während der Eingriffe und wünschen sich verständlicherweise hoch qualifiziertes Personal, welches ihre Kinder betreut. (19)

Die European Association for Children in Hospital (EACH) fordert in ihrer Charta in zehn Artikeln den sorgfältigen Umgang mit Kindern und ihren Familien.

Hier sei vor allem Artikel 8 erwähnt: „Children shall be cared for by staff whose training and skills enable them to respond to the physical, emotional and developmental needs of children and families.“(20)

1.2.3 ASA Klassifikation

Die ASA Klassifikation stammt von der American Society of Anesthesiologists (ASA) und dient der Einschätzung des klinischen Zustandes von PatientInnen. Durch die Einteilung in verschiedene ASA Gruppen soll weiters auch eine bessere Vergleichbarkeit der PatientInnen in Studien gegeben sein.

Aufgrund der subjektiven Einschätzung der PatientInnen wird immer wieder kritisiert, dass unterschiedliche AnästhesistInnen auch unterschiedliche ASA Klassifikationen für dieselben PatientInnen vergeben könnten. Im Bereich der Kinderanästhesie scheint aber relativ große Übereinstimmung bei der Vergabe von ASA Klassifikationen zu herrschen. (21)

Kinder, die einer ASA Klasse von 3 oder höher angehören, haben vor allem bei einem Alter von weniger als zwei Jahren ein hohes und bei einem Alter von weniger als einem Jahr ein sehr hohes Risiko für schwerwiegende Komplikationen, wie z.B.: Herzkreislaufstillstand oder irreversible Hirnschäden, während anästhesiologischer Verfahren. (22,23)

ASA Physical Status	Definition
1	A normal healthy patient
2	A patient with mild systemic disease
3	A patient with severe systemic disease
4	A patient with severe systemic disease that is a constant threat to life
5	A moribund patient who is not expected to survive the operation
6	A declared brain-dead patient whose organs are being removed for donor purposes

Tabelle 1 Original ASA-PS Klassifikation

1.2.4 Analgesie und Sedierung

Die Ziele einer Sedierung umfassen neben Schmerz- und Angstfreiheit auch das Minimieren bzw. Ausbleiben von Spontanbewegungen der PatientInnen, um medizinische Eingriffe sicher durchführen zu können. (24,25)

Je höher der Spiegel an Medikamenten ansteigt, desto wahrscheinlicher treten allerdings auch kardiorespiratorische Nebenwirkungen auf. (26)

Anhand der Definition der ASA werden folgende Grade von Sedierungen unterschieden: (27)

	<i>Minimale Sedierung</i>	<i>Moderate Sedierung</i>	<i>Tiefe Sedierung</i>
Reaktion	Normal	Gezielte Reaktion auf verbale Stimulation	<i>Gezielt auf wiederholte oder schmerzhafte Reize</i>
Atemweg	Nicht betroffen	Keine Intervention	<i>Intervention eventuell nötig</i>
Atmung	Nicht betroffen	Adäquat	<i>Eventuell inadäquat</i>
Kreislauf Funktion	Nicht betroffen	In der Regel erhalten	<i>In der Regel erhalten</i>

Tabelle 2 ASA Definition verschiedener Sedierungsformen

Als tiefe Sedierung definiert die ASA eine Arzneimittel-induzierte Depression des Bewusstseins, während welcher die PatientInnen nicht leicht erweckbar sind, auf wiederholte oder schmerzhafte Stimulation jedoch gezielt reagieren.

Die Fähigkeit, eine Spontanatmung selbstständig aufrecht zu erhalten, kann beeinträchtigt sein. Eventuell benötigen die PatientInnen eine Atemunterstützung. Die Herz-Kreislauf-Funktion ist in der Regel nicht betroffen und bleibt erhalten. (27)

Nachfolgend soll kurz auf die in Graz häufig zur Sedierung während Herzkatheter Untersuchungen verwendeten Medikamente eingegangen werden.

1.2.4.1 Midazolam

Midazolam wird im Rahmen der Herzkatheter Untersuchungen als perorale oder rektale Prämedikation in einer Dosierung von 0,5 – 0,8 mg / kg (max. 15 mg) verwendet. Der große Vorteil dieser Applikationswege liegt in der schmerzlosen Durchführbarkeit. (28)

Die Wirkung setzt bei rektaler Verabreichung bereits nach ca. 10 Minuten ein und dauert bis zu 30 Minuten. (28)

Midazolam zählt zur Gruppe der Benzodiazepine. Sein Wirkmechanismus besteht in der Bindung an α -Untereinheiten des GABA Rezeptors, was eine verlängerte Öffnung des Chlorid Kanals und damit eine verstärkte Wirkung des Transmitters GABA zur Folge hat. (29)

In ansteigender Dosierung hat Midazolam anxiolytische, sedierende, muskelrelaxierende, antikonvulsive und schließlich narkotische Wirkungen.

Midazolam kann den Atemantrieb senken und vor allem bei Kindern zu einer paradoxen Reaktion im Sinne von Erregungszuständen führen.

Bei der Verwendung von Midazolam zur Prämedikation müssen die PatientInnen entsprechend beobachtet werden, da die PatientInnen unterschiedlich empfindlich auf das Arzneimittel reagieren. Besondere Vorsicht wird bei der Verwendung an Kindern und Jugendlichen, speziell jenen mit Kreislaufschwäche, empfohlen. (30)

1.2.4.2 Fentanyl

Fentanyl wird im Rahmen von Herzkatheter Untersuchungen zur Einleitung einer Intubationsnarkose in Kombination mit Propofol intravenös in einer Dosierung von 1 – 2 µg / kg KG verabreicht.

Fentanyl zählt zur Gruppe der kurzwirksamen Opiode.

Als Agonist entfaltet Fentanyl durch die Bindung an µ-Rezeptoren eine stark analgetische Wirkung. Die analgetische Potenz von Fentanyl beträgt etwa das 125fache von Morphin.

Zusätzlich besitzt Fentanyl auch sedierende Eigenschaften.

Fentanyl wirkt bereits nach ein bis zwei Minuten. Die durchschnittliche Wirkdauer liegt bei ca. 30 bis 60 Minuten.

Durch eine zentrale Hemmung der Atemregulation in Pons und Medulla entsteht eine verminderte Empfindlichkeit auf das Ansteigen des Partialdrucks von Kohlendioxid im Blut, was eine Atemdepression zur Folge hat. (31)

Speziell bei Kindern unter einem Jahr darf Fentanyl nur mit besonderer Vorsicht angewandt werden. (32)

1.2.4.3 Propofol

Propofol wird im Rahmen von interventionellen Herzkatheter Untersuchungen als Hypnotikum zur Einleitung einer Intubationsnarkose in einer Dosierung von 3 – 5 mg / kg KG in Kombination mit Fentanyl intravenös verabreicht.

Zur Einleitung einer tiefen Sedierung wird Propofol in einer Dosierung von 0,5 – 3 mg / kg KG in Kombination mit Piritramid intravenös verabreicht.

Der Wirkungseintritt von Propofol erfolgt bereits wenige Sekunden nach intravenöser Applikation und dauert nach Einmalgabe bis zu 10 Minuten an. (33)

Propofol wird auch bei Kindern aufgrund seines schnellen Wirkungseintritts und der kurzen Nachschlafphase bevorzugt für Sedierungen angewandt. (34)

Zu den unerwünschten Nebenwirkungen zählen Blutdruckabfall, erhöhter Hirndruck, Atemdepression sowie in seltenen Fällen das Propofol Infusions Syndrom (PRIS). Hierbei entsteht eine Störung der mitochondrialen Atmungskette, welche zu Laktatazidose, Hypotonie, Bradykardie, Leber- und Nierenfunktionsstörungen sowie Hyperkaliämie führen kann. Gerade bei Kindern tritt dies gehäuft auf, weshalb die Anwendung von Propofol bei Kindern nur unter größter Vorsicht stattfinden sollte. (35)

Der Hersteller empfiehlt Propofol für Kinder generell nur sehr eingeschränkt und erst ab einem Lebensalter von mehr als einem Monat. Aufgrund der fehlenden klinischen Erfahrung bei Kindern der Risikogruppen ASA III und ASA IV werden für diese PatientInnen niedrigere Dosierungen von Propofol empfohlen.(36)

Der Einsatz von Propofol während Herzkatheter Untersuchungen ist durch seinen kardiodepressiven Effekt eingeschränkt. Eine Kombination mit Ketamin kann allerdings die kardiodepressive Wirkung von Propofol deutlich vermindern. (37)

1.2.4.4 Esketamin

Esketamin wird im Rahmen von Herzkatheter Untersuchungen vor allem zum Umbetten der PatientInnen, aber auch als Rescue Medication bei Schmerzreaktionen in einer Dosierung von 0,5 – 1 mg / kg KG intravenös verabreicht.

Esketamin wirkt als Antagonist an den N-Methyl-D-Aspartat Rezeptoren und besitzt eine sehr gute analgetische sowie auch narkotische Wirkung. Es erzeugt in höheren Dosen eine dissoziative Anästhesie.

Die Wirkung tritt bereits 30 bis 60 Sekunden nach Applikation ein und bleibt für etwa 10 Minuten bestehen. (33)

Ein großer Vorteil von Esketamin besteht darin, dass die Spontanatmung durch das Medikament nur bei sehr schneller intravenöser Injektion oder durch sehr hohe Dosierungen beeinträchtigt wird. (38)

Weiters wirkt sich Ketamin in Kombination mit Propofol positiv auf die hämodynamische Stabilität der PatientInnen aus (39), welche durch die alleinige Gabe von Propofol negativ beeinflusst werden kann.

Als Nebenwirkungen treten ein Anstieg von Blutdruck und Herzfrequenz sowie eine Zunahme des Skelettmuskeltonus auf.

Bei diagnostischen und therapeutischen Eingriffen mit Manipulation im Bereich der oberen Atemwege muss insbesondere bei Kindern mit Hyperreflexie und Laryngospasmus gerechnet werden. (38)

1.2.4.5 Piritramid

Piritramid wird im Rahmen von Herzkatheter Untersuchungen zur Einleitung einer tiefen Sedierung in Kombination mit Propofol intravenös in einer Dosierung von 0,1 mg / kg / KG verabreicht.

Piritramid gehört der Gruppe der synthetischen Opiode an und besitzt eine gute analgetische Wirkung. Die analgetische Potenz liegt mit dem 0,7fachen etwas unter der des Morphin.

Zusätzlich wirkt Piritramid stärker sedierend als Morphin.

Die Wirkung beginnt bereits nach wenigen Minuten und die Wirkdauer beträgt ca. 6-8 Stunden. (33)

Als Nebenwirkungen können Atemdepression, Übelkeit, Erbrechen, Bradykardie oder Bronchospasmus auftreten.

Die Gesamt-Clearance von Piritramid beträgt 9,8 ml / kg / min bei Säuglingen zwischen 2 und 4 Monaten und 25 ml / kg / min zwischen 4 Monaten und 4 Jahren. Die erhöhte Elimination kann eine Anpassung der Dosis erfordern. (40)

1.3 Herzkatheter Untersuchungen bei Kindern und Jugendlichen

Inzwischen leiden bis zu 9 von 1000 Neugeborenen pro Jahr weltweit an einer angeborenen Herzfehlbildung, was rund 1,35 Millionen Neugeborenen pro Jahr entspricht.

Durch sich ständig verbessernde diagnostische und therapeutische Möglichkeiten erreichen heute allerdings immer mehr PatientInnen mit angeborenem Herzfehler das Erwachsenenalter. (41)

In Österreich wurden im Jahr 2010 laut Austrian National CathLab Registry 2428 Herzkathetereingriffe pro Million EinwohnerInnen durchgeführt. (42)

Herzkatheter Untersuchungen an Kindern bringen einige potentielle Komplikationen mit sich weshalb die Sedierung während des Eingriffs nur von erfahrenen KinderanästhesistInnen durchgeführt werden sollte (25):

- Katheter-assoziierte Komplikationen
- Kontrastmittelreaktionen
- Änderung des pulmonalen bzw. systemischen vaskulären Widerstands
- Veränderung von Shunt Verhältnissen
- Herzrhythmusstörungen
- Relevante Blutverluste
- Low Output Reanimation

Kinder mit angeborenen Herzfehlern gelten als besonders gefährdet für einen Herzkreislaufstillstand während eines anästhesiologischen Verfahrens. (43)

1.3.1 Die häufigsten Vitien

Angeborene Herzfehler erhöhen das Risiko von Entwicklungsstörungen und -verzögerungen deutlich, weshalb frühe Diagnostik und Therapie für die Entwicklung der jungen PatientInnen unerlässlich sind. (44)

Nachfolgend soll auf die häufigsten angeborenen Herzfehler, die möglichen Komplikationen sowie die Therapie der verschiedenen Vitien kurz eingegangen werden.

1.3.1.1 Ventrikelseptumdefekt (VSD)

Ventrikelseptumdefekte machen ca. 40% aller angeborenen Herzfehler aus und stellen damit die häufigsten kongenitalen Vitien dar. Ventrikelseptumdefekte treten häufig in Kombination mit anderen Vitien auf. (45)

Bei einem Ventrikelseptumdefekt liegt eine pathologische Verbindung zwischen linkem und rechtem Ventrikel vor. Dies führt zu Links-Rechts Shunts, wodurch ein erhöhter Gefäßwiderstand in der Lungenstrombahn entstehen kann. Die Lungenarteriolen reagieren auf den ständig erhöhten Gefäßwiderstand mit einer Proliferation von Intima und Gefäßmuskulatur. Dadurch kommt es im schlimmsten Fall zu einem höheren Gefäßwiderstand in der pulmonalen Strombahn, als er im systemischen Kreislauf herrscht. Eine sogenannte Eisenmenger Reaktion, also eine Shunt Umkehr mit konsekutivem Rechts-Links Shunt und Zyanose, ist die Folge. (46)

Es werden verschiedene Formen unterschieden:

- **Perimembranöse Form** (ca. 70%)

Diese Art des VSD betrifft das membranöse Septum. Da diese Defekte häufig über das Septum hinausreichen, werden sie als perimembranös bezeichnet.

- **Muskuläre Form**

Muskuläre VSDs liegen im trabekulären Anteil des muskulären Septums und treten häufig multipel auf. Häufig verschließen diese sich spontan.

- **Infundibuläre Form** (ca. 5-8%)

Hier besteht ein Defekt im Auslasseptum unterhalb der Aorten- und Pulmonalklappe.

- **Inlet VSD** (ca. 5-8%)

Hier liegt der Defekt im Bereich des Einlasseptums. Es besteht zusätzlich häufig ein AV Septum Defekt.

- **Malalignment VSD**

Hierbei reitet eine Semilunarklappe über dem VSD, der durch eine Verlagerung des Ausflusstracktseptums entsteht. Diese Art kommt niemals alleine, sondern immer in Kombination mit anderen Vitien vor.

Je nach Ausprägung des Vitiums kann ein VSD absolut asymptomatisch bleiben, aber auch zu schwerwiegenden Komplikationen, wie Herzinsuffizienz oder pulmonalem Hypertonus, führen. Auch Endokarditiden aufgrund von Jetläsionen sind möglich.

Therapeutisch eignen sich je nach Größe und Art des Defekts sowohl interventionelle Verschlussysteme als auch operative Verfahren.

1.3.1.2 Atriumseptumdefekt (ASD)

Atriumseptumdefekte machen ca. 10 Prozent aller angeborenen Herzfehler aus, Frauen sind häufiger betroffen. (45)

Bei Atriumseptumdefekten besteht eine pathologische Verbindung zwischen den Vorhöfen des Herzens. Es entsteht ein so genannter Links - Rechts Shunt auf Vorhofebene. Der Defekt kann an verschiedenen Stellen auftreten.

Folgende Formen des ASD werden unterschieden:

- **ASD vom Sekundumtyp** (ca. 70% der ASD)

Der Defekt liegt hierbei zentral im Bereich des Foramen ovale.

Selten kann ein ASD vom Sekundumtyp mit einer partiellen Lungenvenenfehlöffnung assoziiert sein.

- **ASD vom Primumtyp** (ca. 20% der ASD)
Hier liegt der Defekt im unteren Teil des Vorhofs in der Nähe der AV Klappen und ist immer mit AV Klappen Defekten verbunden.
- **Sinus-venosus-Defekt** (ca. 10% der ASD)
Hier liegt der Defekt im Bereich der Einmündung der Hohlvenen in den rechten Vorhof.
- **Sinus-coronarius-Defekt** (seltenste Form der ASD)
Hierbei öffnet sich der Sinus coronarius nicht nur in den rechten Vorhof, sondern auch in den linken.
- **Persistierendes Foramen ovale** (PFO)
Eine ausgebliebene oder unvollständige Verschmelzung von Ostium primum und Ostium secundum führt zur Entstehung dieses Vitiums, welches bei bis zu einem Drittel aller Menschen nachgewiesen werden kann. (45)
Durch ein PFO können Thromben vom venösen in den arteriellen Kreislauf übertreten und so zu paradoxen Embolien führen.

Je nach Shuntgröße und –entwicklung kann es durch einen ASD zu Herzinsuffizienz und zu Herzrhythmusstörungen kommen. Pulmonaler Hypertonus und paradoxe Embolien stellen ebenfalls mögliche Komplikationen dar.

Vor allem bei ASD vom secundum Typ sind Spontanverschlüsse nicht selten. Als definitive Therapie bieten sich der katheterinterventionelle Verschluss mittels Schirmsystemen und die operative Versorgung an.

1.3.1.3 Persistierender Ductus arteriosus Botalli (PDA)

PDA's machen etwa 10% aller angeborenen Herzfehler aus. Mädchen sind häufiger betroffen. (45)

Als PDA bezeichnet man eine pathologisch bestehen gebliebene Verbindung zwischen Pulmonalarterie und Aorta descendens. Diese Verbindung ist pränatal

physiologisch, verschließt sich aber im Normalfall in den ersten Stunden nach der Geburt bereits funktionell.

Es existieren verschiedene Formen des PDA:

- **Stiller PDA**

Ein stiller PDA entspricht einem Zufallsbefund. Die PatientInnen haben kein Herzgeräusch und es bestehen keine hämodynamischen Auswirkungen.

- **Hämodynamisch nicht relevanter PDA**

Die PatientInnen weisen ein typisches Herzgeräusch auf, es bestehen jedoch keine relevanten hämodynamischen Auswirkungen.

- **Hämodynamisch relevanter PDA**

Diese Art von PDA verursacht aufgrund von Shunts eine linksventrikuläre und pulmonale Volumenbelastung.

Je nach Größe des Defekts können die PatientInnen völlig asymptomatisch sein. Bei größeren Shunts treten jedoch pulmonale Hypertonie sowie eine Volumenbelastung des linken Ventrikels auf.

Therapeutisch kann bei Früh- und Neugeborenen eine konservative Versorgung mittels Prostaglandinsynthesehemmern versucht werden.

Therapie der Wahl stellt die katheterinterventionelle Versorgung mittels Schirmchen- oder Coilsystemen dar.

Operative Verfahren stellen ebenfalls eine Therapieoption dar.

1.3.1.4 Aortenisthmusstenose (AIST)

Die Aortenisthmusstenose macht etwa 10% aller angeborenen Herzfehler aus. Jungen sind häufiger betroffen.(45)

Hierbei handelt es sich um eine pathologische Einengung der Aorta im Bereich des Übergangs zwischen distalem Aortenbogen und Aorta descendens.

Häufig ist eine Aortenisthmusstenose mit anderen Vitien verbunden. Oftmals tritt z.B. eine bikuspidale Aortenklappe als Begleiterscheinung auf.

Als Komplikationen treten Minderdurchblutung der unteren Körperhälfte sowie bei schweren Verlaufsformen auch Herzinsuffizienzen und Schockzustände auf.

Therapeutisch bieten sich katheterinterventionell die Möglichkeiten einer Dilatation und/oder einer Stent Implantation an. Auch operative Verfahren stellen eine Behandlungsoption dar.

1.3.1.5 **Aortenstenose** (AST)

Aortenstenosen machen rund 3-5% aller angeborenen Herzfehler aus. Jungen sind wesentlich häufiger betroffen. (45)

Es handelt sich hierbei um eine Obstruktion im Bereich der Aortenklappe. Entsprechend der Lage der Stenose werden verschiedene Typen unterschieden:

- **Valvuläre AST**
- **Subvalvuläre AST**
- **Supravalvuläre AST**

Zu den schwerwiegenden Komplikationen einer klinisch relevanten Aortenstenose zählen Herzinsuffizienz, reduzierte Belastbarkeit sowie Herzrhythmusstörungen.

Konservativ werden vor allem die Symptome der Herzinsuffizienz behandelt, während eine definitive Versorgung nur interventionell mittels Ballonvalvuloplastie oder operativ erfolgen kann.

1.3.1.6 Fallot Tetralogie

Die Fallot Tetralogie stellt mit ca. 10% aller angeborenen Herzfehler den häufigsten zyanotischen Herzfehler dar. Jungen sind etwas häufiger betroffen. (45)

Bei der Fallot Tetralogie liegen folgende Fehlbildungen in Kombination vor:

- **Großer VSD**
- **Über dem VSD reitende Aorta**
- **Pulmonalstenose**
- **Rechtsventrikuläre Hypertrophie**

Entsprechend dem Grad der rechtsventrikulären Obstruktion unterscheidet man zwei verschiedene Formen:

- **Pink Fallot**

Die PatientInnen sind nicht zyanotisch, da die Obstruktion des rechtsventrikulären Ausflusstraktes relativ gering ist.

- **Blue Fallot**

Hierbei entstehen durch die Obstruktion eine relevant verminderte Lungenperfusion sowie ein Rechts Links Shunt, weshalb die PatientInnen zyanotisch sind.

Vor allem hypoxämische Anfälle stellen eine wesentliche Komplikation dar. Diese treten gehäuft nach dem Aufwachen oder bei Belastung auf.

Als definitive Versorgung einer Fallot Tetralogie eignet sich nur die Korrekturoperation. Konservative und interventionelle Verfahren dienen nur einer Überbrückung bis zur definitiven operativen Versorgung der PatientInnen.

1.3.1.7 Transposition der großen Arterien (TGA)

Eine TGA macht ca. 5% aller angeborenen Herzfehler aus, Jungen sind häufiger betroffen. (45)

Die beiden großen Gefäße, Aorta und Truncus pulmonalis, sind vertauscht. Die Aorta entspringt also aus dem rechten Ventrikel und die Pulmonalarterie aus dem linken Ventrikel. Großer und kleiner Kreislauf sind damit anstatt in Serie parallel geschaltet. Sauerstoffarmes Blut wird vom rechten Ventrikel wieder über die Aorta in den Körperkreislauf gepumpt. Dies führt zu schwerwiegender Hypoxämie, sofern keine Durchmischung mit oxygeniertem Blut, z.B.: über ein offenes Foramen ovale, stattfindet.

Die TGA wird nach begleitenden Vitien in zwei Formen eingeteilt:

- **Einfache TGA**

Hier bestehen außer einem PFO und einem PDA keine zusätzlichen Vitien.

- **Komplexe TGA**

Bei dieser Form liegen zusätzliche Fehlbildungen wie VSDs oder Koronaranomalien vor.

Neben schwerer Hypoxämie zählt auch die Herzinsuffizienz zu den schwerwiegenden Komplikationen einer TGA.

Therapeutisch wird sofort nach Diagnosestellung versucht, den Ductus arteriosus konservativ offen zu halten.

Inversionell bietet sich eine Ballon-Atrioseptostomie an.

Operativ bestehen je nach Form der TGA mehrere Möglichkeiten. Liegen keine anderen Anomalien vor und sind die Kinder unter 4 Wochen alt, stellt die Arterielle-Switch-Operation das Verfahren der Wahl dar. (45)

1.3.1.8 Pulmonalstenose (PST)

Die Pulmonalstenose zählt mit etwa 10% der angeborenen Herzfehler zu den häufigen Vitien. Es wird eine familiäre Häufung beschrieben. (45)

Durch eine Pulmonalstenose entsteht eine Obstruktion des rechtsventrikulären Ausflusstrakts.

Je nach Lage der Stenose werden mehrere Formen unterschieden:

- **Valvuläre Form**

Hier liegt die Stenose direkt im Bereich der Pulmonalklappe.

- **Subvalvuläre Form**

Hier führt eine verdickte oder hyperkontraktile Muskulatur zur Obstruktion des rechtsventrikulären Ausflusstrakts.

- **Supravalvuläre Form**

Diese Form betrifft den Pulmonalarterienstamm oder die Pulmonalarterienäste.

An Komplikationen treten je nach Schweregrad der Obstruktion verminderte Belastbarkeit, thorakale Schmerzen sowie Herzinsuffizienz auf.

Konservativ kann bei Neugeborenen mit kritischer Stenose der Ductus arteriosus medikamentös offen gehalten werden.

Interventionell besteht die Möglichkeit einer Ballonvalvuloplastie bzw. einer Ballonangioplastie. Stent Implantationen sind ebenfalls möglich.

Eine operative Korrektur ist bei Versagen der interventionellen Therapie bzw. bei komplexeren Vitien ebenfalls möglich.

1.3.2 Herzkatheter Untersuchungen in Graz

Während des Studienzeitraums vom 1. 1. 2004 bis 31. 12. 2011 wurden an der Grazer Kinderklinik insgesamt 1094 Herzkatheter Untersuchungen durchgeführt. Dies entspricht im Mittel 137 Herzkatheter Untersuchungen pro Jahr.

Das PatientInnenkollektiv umfasst nicht nur Kinder, sondern auch Erwachsene jeglichen Alters z.B. im Rahmen eines Verschlusses eines persistierenden Foramen ovale (PFO). Inzwischen kann die Grazer Klinik auf ein beträchtliches Maß an Erfahrung zurückgreifen.

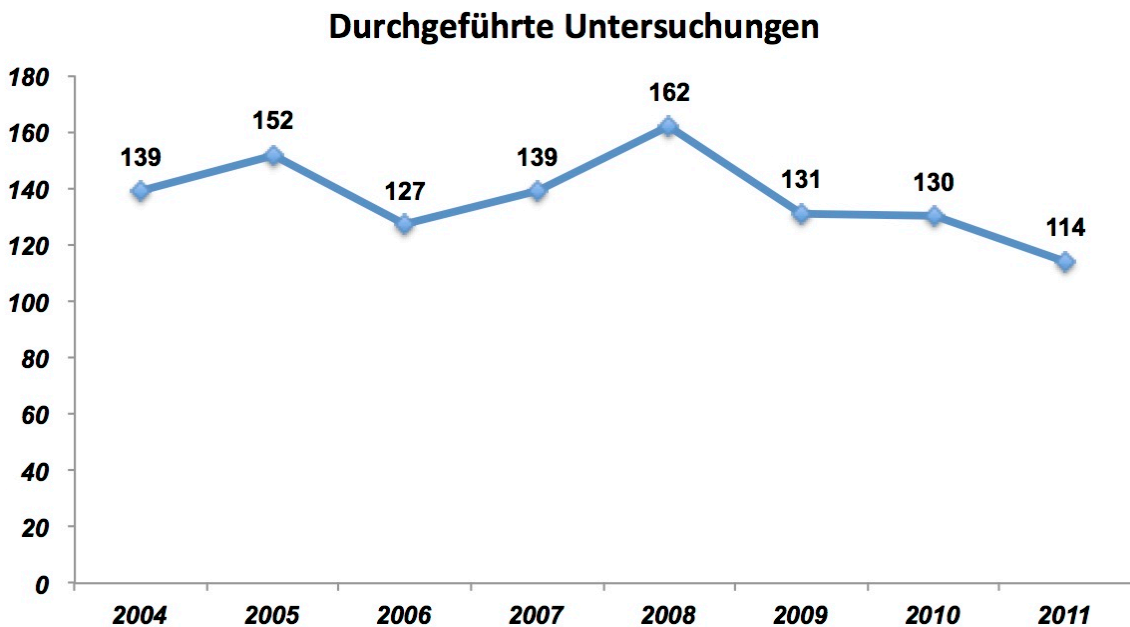


Diagramm 1 Jahresverteilung der Herzkatheter Untersuchungen in Graz von 2004 bis 2011 (n = 1094)

1.3.3 Analgosedierung nach dem Grazer Schema

Die meisten Herzkatheter Untersuchungen werden nach heutigen Standards in tiefer Sedierung durchgeführt. (24,47)

In bestimmten Fällen ist jedoch nach wie vor eine Intubationsnarkose notwendig.

Die in Graz durchgeführten Intubationsnarkosen sowie Sedierungen werden nach speziellen Standardprotokollen durchgeführt, auf die nun genauer eingegangen werden soll.

1.3.4 Grazer Standardprotokoll für die Durchführung einer Intubationsnarkose für Herzkatheter Untersuchungen

1. Einwilligungen spätestens am Tag vor dem Eingriff:

- Aufklärungsgespräch und Einwilligung für die Durchführung einer Allgemeinanästhesie

2. Venenzugang am Tag vor dem Eingriff

3. Nüchternzeiten:

- 6 Stunden – feste Nahrung, Flaschenmilch
- 4 Stunden – Muttermilch
- 2 Stunden – klare Flüssigkeit
- Bei komplexen Herzfehlern wird aus kardiologischer Indikation die Nüchternzeit mit einer Infusion überbrückt.

4. Prämedikation:

- Midazolam 0,5 – 0,8 mg/kg p.o / rectal (max. 15 mg)
- Pulsoximeter nach Verabreichung der Prämedikation

5. Umbetten

- Midazolam 0,05 – 0,1 mg/kg i.v. (max. 5 mg)
- S-Ketamin 1 mg/kg i.v. (je nach Notwendigkeit, abhängig vom Sedierungsgrad durch die Prämedikation)

6. Narkoseeinleitung:

- Verwendung eines Standardmonitorings (EKG, Pulsoximetrie, nicht invasive Druckmessung, Kapnometrie)
- Propofol 3 – 5 mg/kg i.v.
- Fentanyl 1 – 2 µg/kg i.v.
- Rocuronium 0,5 – 1 mg/kg i.v. (wenn zur Intubation notwendig)

- Zur Einleitung der postinterventionellen Schmerztherapie wird die Erstdosis eines Nichtsteroidalen Antirheumatikums verabreicht
 - Ibuprofen 10 mg/kg rectal oder
 - Diclofenac 1 mg/kg rectal (\geq 6. Lebensjahr) oder
 - Diclofenac plus Orphenadrin (Neodolpasse®) 3 ml/kg i.v. (max. 250 ml, \geq 14. Lebensjahr)
- Flüssigkeitsmanagement:
 - Erstinfusion: Hydroxyethylstärke 10 ml/kg
 - Zweitinfusion: Erhaltungsbedarf mit isotoner Vollelektrolytlösung (plus 1% Glucose bei Säuglingen bis zu einem Jahr)

7. Narkoseaufrechterhaltung

- Sevofluran (1 – 3 Vol%)
- Weitere Analgetika je nach Eingriff:
 - Intermittierend Fentanyl 1 – 2 μ g/kg i.v.
 - Piritramid 0,1 – 0,15 mg/kg i.v.
 - S-Ketamin 1 – 2 mg/kg i.v. oder
 - S-Ketamin Perfusor 1 mg/kg/h (Anfangsdosis)
- Mit Ziehen der Punktionschleuse wird die Narkose beendet

1.3.5 Grazer Standardprotokoll für die Durchführung einer tiefen Sedierung für Herzkatheter Untersuchungen

1. Einwilligungen spätestens am Tag vor dem Eingriff:

- Aufklärungsgespräch und Einwilligung für die Durchführung einer tiefen Sedierung sowie einer Allgemeinanästhesie (falls Verfahrenswechsel notwendig)

2. Venenzugang am Tag vor dem Eingriff

3. Nüchternzeiten:

- 6 Stunden – feste Nahrung, Flaschenmilch
- 4 Stunden – Muttermilch
- 2 Stunden klare Flüssigkeit
- Bei komplexen Herzfehlern wird aus kardiologischer Indikation die Nüchternzeit mit einer Infusion überbrückt.

4. Prämedikation:

- Midazolam 0,5 – 0,8 mg/kg p.o / rectal (max. 15 mg)
- Pulsoximeter nach Verabreichung der Prämedikation

5. Umbetten

- Midazolam 0,05 – 0,1 mg/kg i.v. (max. 5 mg)
- S-Ketamin 1 mg/kg i.v. (je nach Notwendigkeit, abhängig vom Sedierungsgrad durch die Prämedikation)

6. Sedierungseinleitung

- Verwendung eines Standardmonitorings (EKG, Pulsoximetrie, nicht invasive Druckmessung, Kapnometrie über spezielle Sonde)
- O₂ – Maske
- Piritramid 0,1 mg/kg i.v.
- Propofol 1% titrieren (0,5 – 3 mg/kg i.v.)
- Sedierungsziel: tiefe Sedierung (keine Reaktion auf Schmerzreiz)

- Zur Einleitung der postinterventionellen Schmerztherapie wird die Erstdosis eines Nichtsteroidalen Antirheumatikums verabreicht
 - Ibuprofen 10 mg/kg rectal oder
 - Diclofenac 1 mg/kg rectal (≥ 6. Lebensjahr) oder
 - Diclofenac plus Orphenadrin (Neodolpasse®) 3 ml/kg i.v. (max. 250 ml, ≥ 14. Lebensjahr)
- Flüssigkeitsmanagement:
 - Erstinfusion: Hydroxyethylstärke 10ml/kg
 - Zweitinfusion: Erhaltungsbedarf mit isotoner Vollelektrolytlösung (plus 1% Glucose bei Säuglingen bis zu einem Jahr)

7. Sicherung des Luftweges bei spontan atmenden PatientInnen

- Oropharyngealer Tubus
- TEE – Sonde (wenn diese für die Untersuchung notwendig ist)

8. Sedierungsaufrechterhaltung bei spontan atmenden PatientInnen

- Propofol 1% oder 2% (4 – 6 mg/kg/h)
- bei Bewegung oder Schmerzreaktion:
Propofol Bolus 0,5 – 1 mg/kg i.v. plus
- Anpassung der Propofolinfusion (Steigerung in Schritten von 0,5 – 1 mg/kg/h)
- Piritramid 0,05 – 0,1 mg/kg i.v. (abhängig vom Eingriff)
- S-Ketamin 0,5 – 1 mg/kg i.v. (als Rescue Medikation bei Schmerzreaktion)
- Mit Ziehen der Punktionsschleuse wird die Sedierung beendet

1.4 Hypothesen

Folgende Hypothesen wurden für die Erstellung dieser Arbeit angenommen:

- Tiefe Sedierung kann ab einem Alter von einem Jahr während interventionellen Herzkatheter Untersuchungen sicher durchgeführt werden.
- Bei einem Alter von unter einem Jahr sowie schwerwiegender Grunderkrankung wird nach wie vor häufiger eine Intubationsnarkose durchgeführt.
- Der Bedarf an Narkosemedikamenten pro kg KG zur Einleitung einer tiefen Sedierung bzw. zur Einleitung einer Intubationsnarkose fällt mit steigendem Alter der PatientInnen ab.

2 Material und Methoden

2.1 Datenerhebung

Zur Gewinnung von Daten wurde eine retrospektive, monozentrische Studie an PatientInnen, die sich in einem Zeitraum von 1. 1. 2004 bis einschließlich 31. 12. 2011 einer interventionellen Herzkatheter Untersuchung an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde des LKH-Univ. Klinikum Graz unterziehen mussten, durchgeführt.

Insgesamt wurden während des Studienzeitraums 1094 Herzkatheter Untersuchungen durchgeführt.

Einschlusskriterien:

- Interventionelle Herzkatheter Untersuchung
- Alter \leq 18 Jahre
- Zeitraum: 1. 1. 2004 bis einschließlich 31. 12. 2011

Ausschlusskriterien:

- Diagnostische Herzkatheter Untersuchung
- Alter $>$ 18 Jahre
- Fehlende oder unvollständige Daten

Analysiert wurden Daten aus handschriftlichen Standardnarkoseprotokollen der Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin des LKH-Univ. Klinikum Graz, welche aus dem Archiv der Kinderanästhesie der klinischen Abteilung für Anästhesie für Herz- und Gefäßchirurgie und Intensivmedizin entnommen wurden.

Die vorliegenden Daten wurden mittels Microsoft Office Excel in Tabellen eingetragen und anschließend ausgewertet.

Folgende Tabellen wurden erstellt:

- ***Intubationsnarkosen***
- ***Sedierungen***

Die Tabelle ***Intubationsnarkosen*** enthält folgende Daten:

- Geburtsdatum
- Eingriffsdatum
- ASA Klassifikation
- Gewicht in kg
- Narkosedauer
- Eingriffsdauer
- Hauptdiagnose
- Verfahrenswechsel ja/nein

- Prämedikation
 - Midazolam in mg

- Narkoseeinleitung
 - Midazolam in mg
 - S-Ketamin in mg
 - Fentanyl in mg
 - Piritramid in mg
 - Propofol in mg

Die Tabelle **Sedierungen** enthält folgende Daten:

- Geburtsdatum
- Eingriffsdatum
- ASA Klassifikation
- Gewicht in kg
- Sedierungsdauer
- Eingriffsdauer
- Dauer der Propofolinfusion
- Hauptdiagnose
- Verfahrenswechsel ja/nein

- Prämedikation
 - Midazolam in mg

- Sedierungseinleitung
 - Midazolam in mg
 - S-Ketamin in mg
 - Piritramid in mg
 - Propofol in mg

Wurde ein Verfahrenswechsel durchgeführt, so wurde dies in den Feldern Verfahrenswechsel kenntlich gemacht. Da nur ein Wechsel von Sedierung auf Intubationsnarkose sinnvoll ist, wurden die Daten bei einem Verfahrenswechsel in die Tabelle Intubationsnarkose eingetragen.

2.2 Variablen

Zur besseren Auswertung der vorliegenden Daten und zum Erstellen einer deskriptiven Statistik wurden die PatientInnen in vier verschiedene Gruppen eingeteilt:

- **Gruppe 1:** 0 bis \leq 3 Monate
- **Gruppe 2:** 3 bis \leq 12 Monate
- **Gruppe 3:** 1 bis \leq 8 Jahre
- **Gruppe 4:** 8 bis \leq 18 Jahre

Für die Untersuchung wurden folgende Primärvariablen definiert:

- **Häufigkeit** der verschiedenen Anästhesieverfahren in unterschiedlichen Altersgruppen
- **Dosierung** der verwendeten Medikamente pro kg Körpergewicht in unterschiedlichen Altersgruppen zur Prämedikation sowie zur Einleitung einer tiefen Sedierung bzw. zur Einleitung einer Intubationsnarkose

Folgende Sekundärvariablen wurden definiert:

- **Dauer** der verschiedenen Anästhesieverfahren
- **Hauptdiagnosen**
- **ASA Klassifikation** der PatientInnen in unterschiedlichen Altersgruppen

2.3 Begriffsdefinitionen

Gruppe	Definition
0 bis \leq 3 Monate	Geburt bis einschließlich drittes Lebensmonat
3 bis \leq 12 Monate	Ende Drittes Lebensmonat bis 1. Geburtstag
1 bis \leq 8 Jahre	Tag nach dem 1. Geburtstag bis 8. Geburtstag
8 bis \leq 18 Jahre	Tag nach 8. Geburtstag bis 18. Geburtstag

Tabelle 3 Definitionen der verschiedenen Altersgruppen

Verfahren	Definition
Sedierungsdauer	Beginn der Sedierungseinleitung bis zum Absetzen der Medikamente
Narkosedauer	Beginn der Narkoseeinleitung bis zum Absetzen der Medikamente
Eingriffsdauer	Beginn der Herzkatheter Untersuchung bis zum Ziehen der Schleuse

Tabelle 4 Definitionen der Verfahrenszeiten

2.4 Statistische Auswertung

Folgende Tests wurden für die Erstellung dieser Diplomarbeit verwendet:

- **T-Test für unabhängige Stichproben**
- **Chi-Quadrat-Test**

Ein $p < 0,05$ wurde als statistisch signifikant gewertet.

2.5 Fehlerquellen

Anhand einer Liste von allen im Studienzeitraum durchgeführten Herzkatheter Untersuchungen wurden Protokolle aus den Archiven der Kinderanästhesie des LKH-Univ. Klinikum Graz entnommen und ausgewertet. Von insgesamt 1094 Protokollen waren 135 nicht auffindbar, was einem Anteil von 12,3% entspricht.

Da die verwendeten Protokolle handschriftlich geführt wurden, konnten manche Daten nicht sicher ausgelesen werden, da die Schrift bereits zu stark verblasst oder extrem unleserlich war.

Weiters fanden sich bei einigen Protokollen fehlerhafte oder fehlende Daten, was eine Auswertung ebenfalls unmöglich machte.

Insgesamt wurden 15 Protokolle aufgrund fehlerhafter, fehlender oder nicht sicher lesbarer Daten nicht eingeschlossen, was einem Anteil von 1,4% entspricht.

Wären im besten Falle alle der 150 nicht eingeschlossenen Protokolle für die Studie verwertbar gewesen, würde dies einem fehlenden Anteil von 51% entsprechen.

3 Ergebnisse

3.1 Studienpopulation

Im Zeitraum von 1. 1. 2004 bis einschließlich 31. 12. 2011 wurden insgesamt 144 PatientInnen, die sich einer interventionellen Herzkatheter Untersuchung unterziehen mussten, in die Studie eingeschlossen.

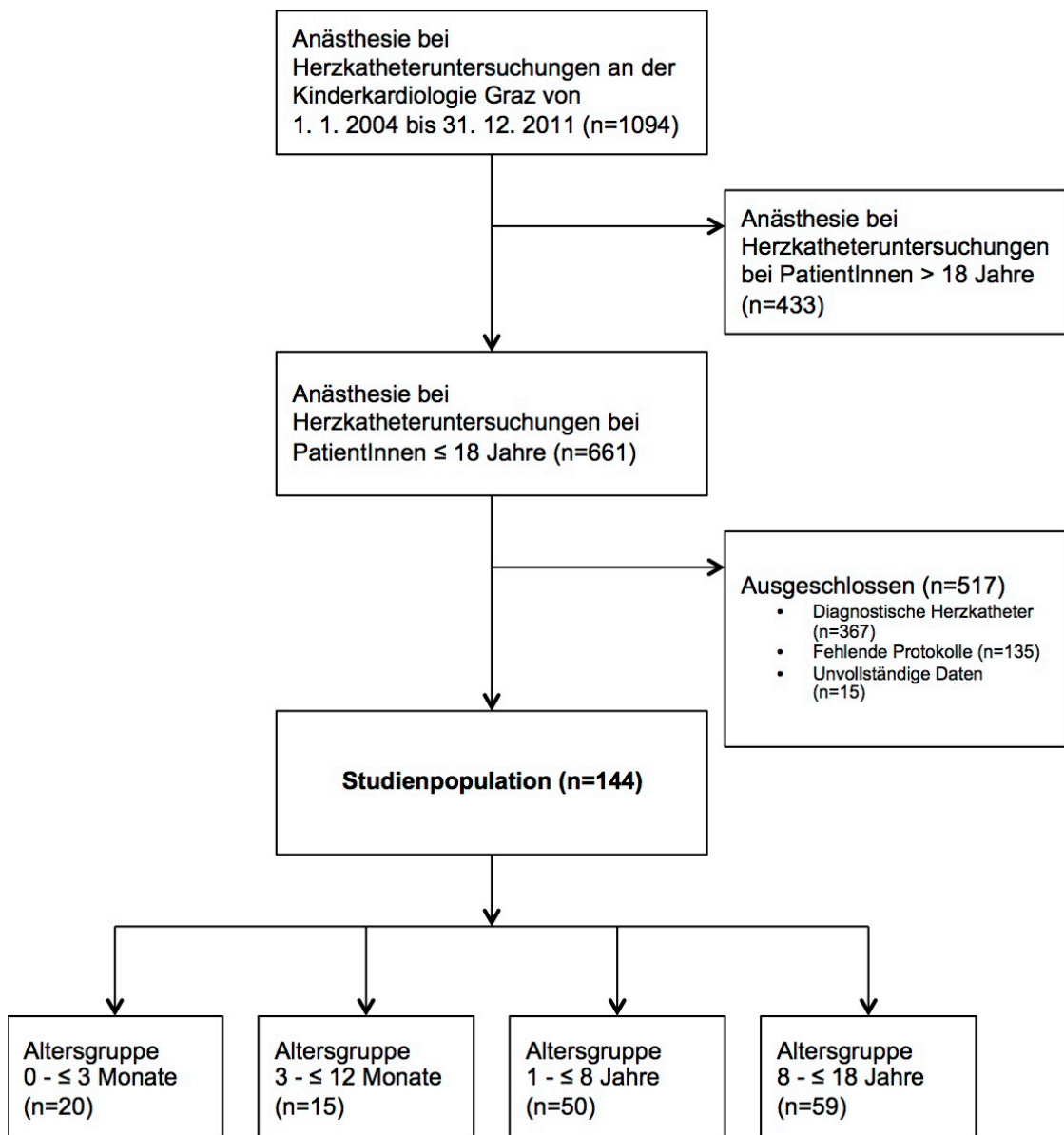


Diagramm 2 Flussdiagramm zur Darstellung der Studienpopulation

Zur besseren Analyse der vorliegenden Daten wurden die PatientInnen in vier Gruppen eingeteilt:

- **Gruppe 1:** 0 bis ≤ 3 Monate
- **Gruppe 2:** 3 bis ≤ 12 Monate
- **Gruppe 3:** 1 bis ≤ 8 Jahre
- **Gruppe 4:** 8 bis ≤ 18 Jahre

Die jüngsten PatientInnen waren einen Tag alt, die ältesten 17 Jahre alt. Das mediane Alter betrug 5 Jahre.

Die größte Gruppe war Gruppe 4 mit 40,9% (n=59), gefolgt von Gruppe 3 mit 34,8% (n=50), in Gruppe 1 befanden sich 13,9% (n=20) der PatientInnen, Gruppe 2 war mit 10,4% (n=15) die kleinste Gruppe.

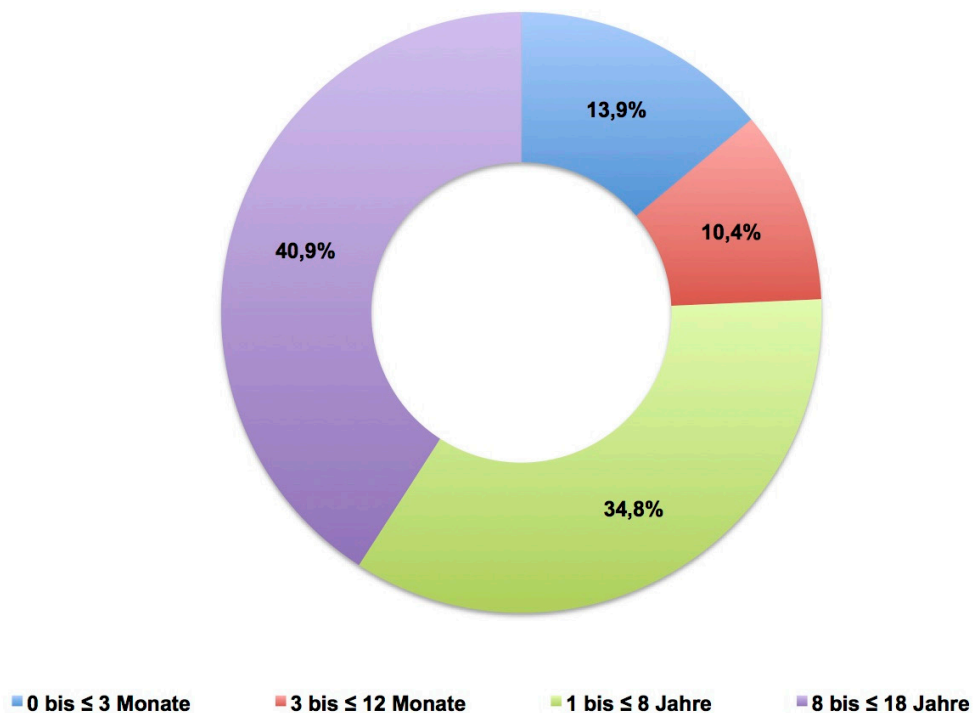


Diagramm 3 Altersverteilung in Prozent (Alle PatientInnen: n = 144, Gruppe 0 bis ≤ 3 Monate: n = 20, Gruppe 3 bis ≤ 12 Monate: n = 15, Gruppe 1 bis ≤ 8 Jahre: n = 50 Gruppe 8 bis ≤ 18 Jahre: n = 59)

Insgesamt mussten sich vom 1. 1. 2004 bis einschließlich 31. 12. 2011 1094 PatientInnen einer Herzkatheter Untersuchung an der Kinderkardiologie der

Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde des LKH-Univ. Klinikum Graz unterziehen. Davon waren 433 PatientInnen zum Zeitpunkt des Eingriffs über 18 Jahre alt.

Bei 367 PatientInnen wurde nur eine diagnostische Herzkatheter Untersuchung durchgeführt.

Bei 135 PatientInnen waren die Narkoseprotokolle im Archiv nicht auffindbar und damit nicht auswertbar.

15 Narkoseprotokolle waren unvollständig oder nicht mehr lesbar und konnten deshalb ebenfalls nicht verwendet werden.

Insgesamt wurden 950 PatientInnen nicht in die Studie eingeschlossen.

3.2 Verteilung der Anästhesieverfahren

Von 144 durchgeführten interventionellen Herzkatheter Untersuchungen wurde bei 50 PatientInnen eine Intubationsnarkose, bei 93 PatientInnen eine Sedierung und bei einem Patienten ein Verfahrenswechsel durchgeführt.

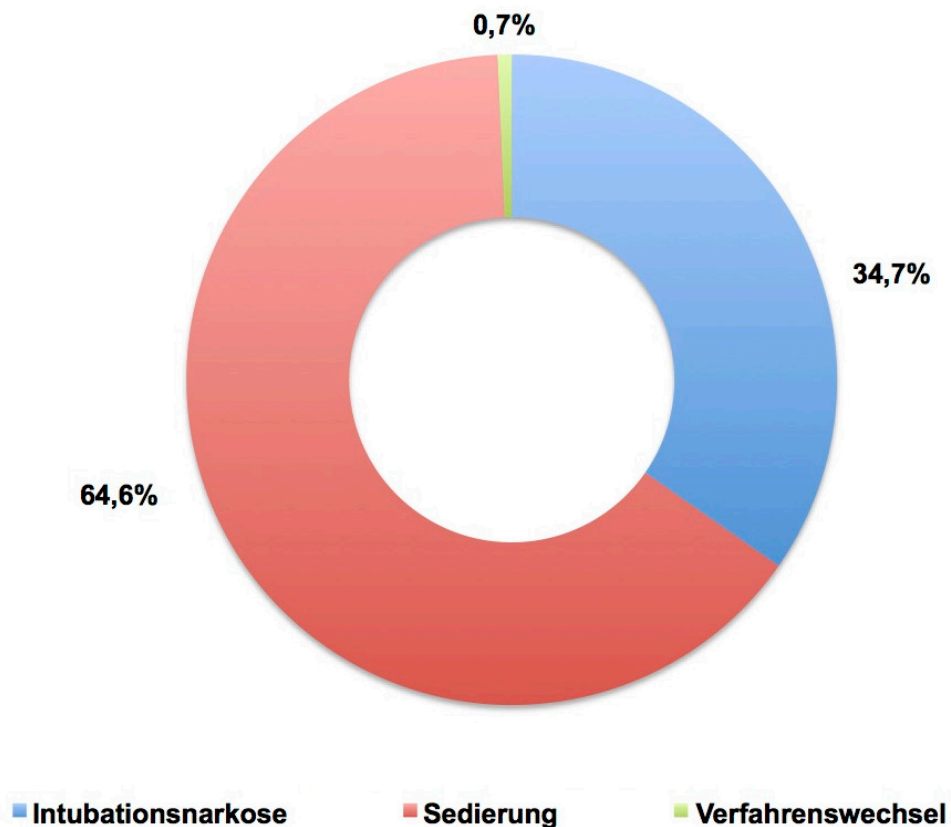


Diagramm 4 Verteilung der Narkoseverfahren in Prozent (Alle PatientInnen: $n = 144$, Intubationsnarkose: $n = 50$, Sedierung: $n = 93$, Verfahrenswechsel: $n = 1$)

	<i>Intubationsnarkose</i>	<i>Sedierung</i>	<i>Verfahrenswechsel</i>
0 bis ≤ 3 Monate	20	0	0
3 bis ≤ 12 Monate	13	2	0
1 bis ≤ 8 Jahre	7	43	0
8 bis ≤ 18 Jahre	10	48	1

Tabelle 5 Verteilung der Narkoseverfahren in Zahlen (n = 144)

Mittels Chi-Quadrat-Test konnte gezeigt werden, dass in den Altersgruppen 1 und 2 die Intubationsnarkose das signifikant am häufigsten verwendete Verfahren war, während in den Gruppen 3 und 4 die tiefe Sedierung das am häufigsten verwendete Anästhesieverfahren darstellte (p < 0,05).

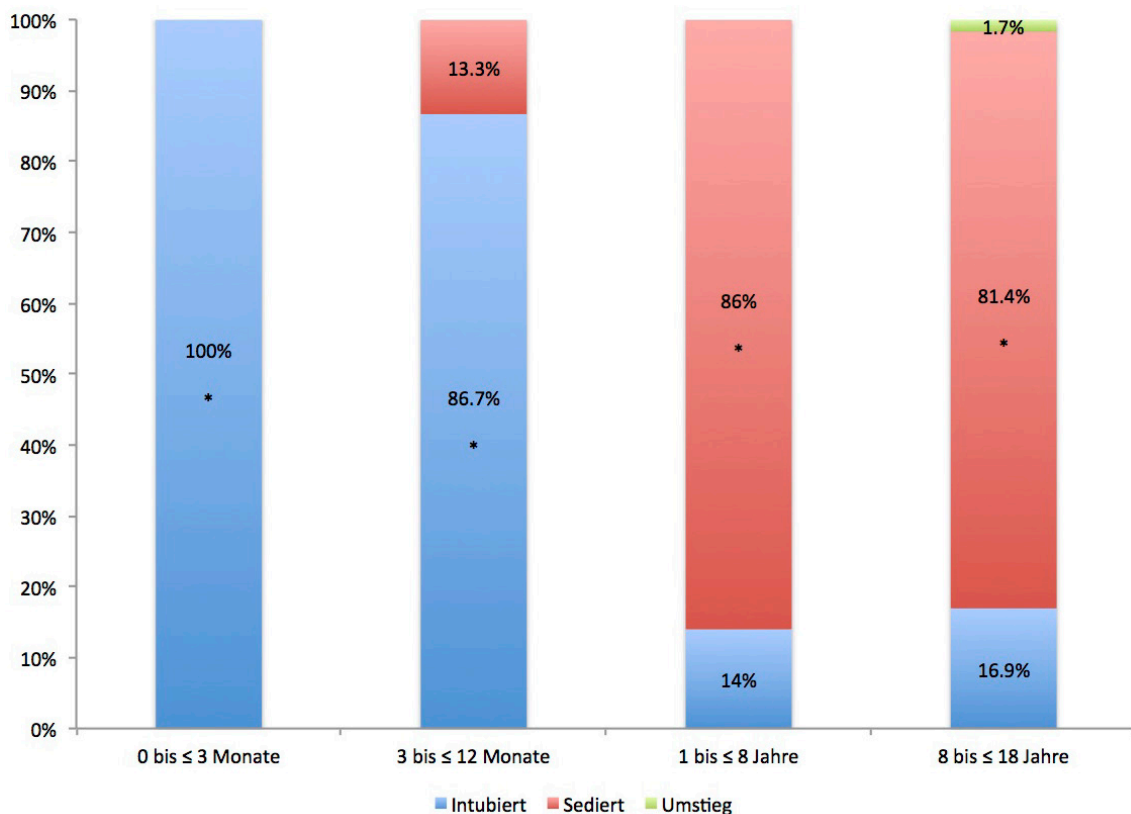


Diagramm 5: Verteilung der Narkoseverfahren in verschiedenen Altersgruppen in Prozent.

(Gruppe 0 bis ≤ 3 Monate: n = 20, Gruppe 3 bis ≤ 12 Monate: n = 15,
Gruppe 1 bis ≤ 8 Jahre: n = 50 Gruppe 8 bis ≤ 18 Jahre: n = 59, * = p < 0,05)

Das nachfolgende Diagramm zeigt deutlich, dass tiefe Sedierungen vorwiegend in den Altersgruppen 3 und 4 durchgeführt werden, während in den Altersgruppen 1 und 2 hauptsächlich Intubationsnarkosen zur Anwendung kommen.

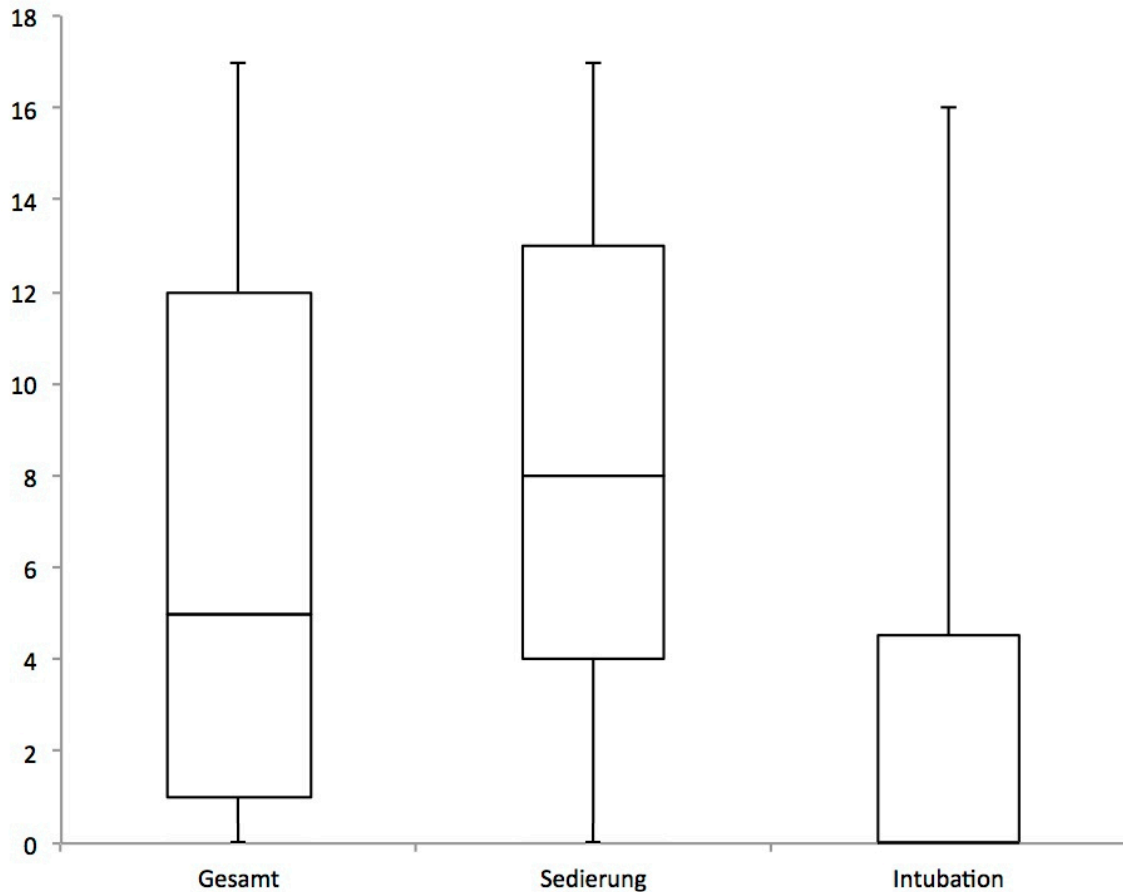


Diagramm 6: Verteilung der Narkoseverfahren nach Alter in Jahren.

(Gesamt: $n = 143$, Sedierung: $n = 93$, Intubation: $n = 50$)

	Gesamt	Sedierung	Intubation
Minimum	0	0	0
Median	5	8	0
Maximum	17	17	16

Tabelle 6 Alter der PatientInnen in Jahren

(Gesamt: $n = 143$, Sedierung: $n = 93$, Intubation: $n = 50$)

3.3 Verfahrenswechsel

Ein wichtiger Punkt war darzustellen, wie oft während der Herzkatheter Untersuchung von einer Sedierung auf eine Intubationsnarkose umgestiegen werden musste.

Bei einer Gesamtanzahl von 144 PatientInnen musste in nur einem Fall ein Verfahrenswechsel durchgeführt werden, was 0,7% entspricht.

Dieser Verfahrenswechsel erfolgte nicht aufgrund einer Komplikation des Anästhesieverfahrens oder der Herzkatheter Untersuchung, sondern aufgrund des Entschlusses des Kardiologen, bei einer bestehenden Aortenisthmusstenose eines 16 Jahre alten Patienten nicht nur eine Dilatation durchzuführen, sondern auch einen Stent zu setzen.

Somit waren die Anästhesieverfahren im Nachhinein betrachtet immer richtig gewählt und damit auch sicher durchführbar.

3.4 Medikamentenverbrauch

3.4.1 Prämedikation

Von insgesamt 93 PatientInnen, die eine tiefe Sedierung erhielten, wurde bei 19 PatientInnen entweder keine Prämedikation durchgeführt oder keine Prämedikation in den Anästhesieprotokollen vermerkt, was einem Anteil von 20,4% entspricht.

Im Median wurden insgesamt 0,5 mg Midazolam pro kg KG verabreicht.

In Altersgruppe 1 wurden keine PatientInnen, in Altersgruppe 2 nur ein Patient prämediziert, weshalb deren Daten nur in Bezug auf das Gesamtkollektiv verwendet wurden.

Mittels T-Test für unabhängige Stichproben konnte gezeigt werden, dass zwischen Altersgruppe 3 (n = 33) und 4 (n = 40) ein signifikanter Abfall des Bedarfs an Prämedikation besteht ($p < 0,05$).

In Altersgruppe 3 wurden im Median 0,59 mg Midazolam pro kg KG verabreicht, während in Altersgruppe 4 im Median 0,15 mg Midazolam pro kg KG verabreicht wurden.

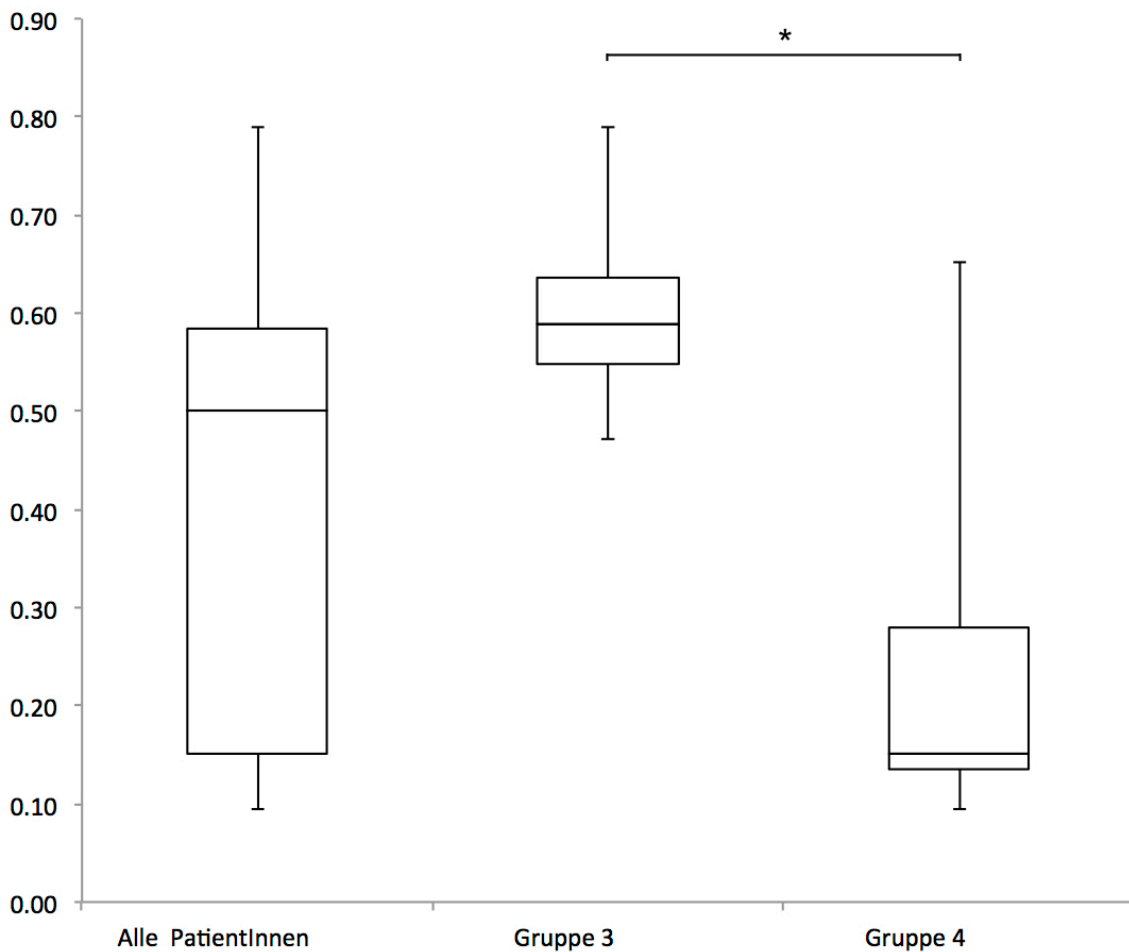


Diagramm 7: Dosierung von Midazolam zur Prämedikation während tiefen Sedierungen in mg pro kg KG (Alle PatientInnen: n = 74, Gruppe 3: n = 33, Gruppe 4: n = 40, * = p < 0,05)

Von insgesamt 50 PatientInnen, bei denen eine Intubationsnarkose durchgeführt wurde, erhielten 23 PatientInnen entweder keine Prämedikation oder es wurde keine Prämedikation in den Anästhesieprotokollen vermerkt, was einem Anteil von 46% entspricht.

Bei 2 PatientInnen wurde kein Körpergewicht angegeben, was die Auswertung unmöglich machte. Dies entspricht einem zusätzlichen Anteil von 4%.

In Altersgruppe 1 wurden nur 4 PatientInnen, in Altersgruppe 3 nur 3 PatientInnen prämediziert, weshalb deren Daten nur in Bezug auf das Gesamtkollektiv verwendet wurden.

Mittels T-Test für unabhängige Stichproben ließ sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen 2 und 4 nachweisen ($p > 0,05$).

In Altersgruppe 2 wurden im Median 0,30 mg Midazolam pro kg KG verabreicht, während in Altersgruppe 4 im Median 0,16 mg Midazolam pro kg KG verabreicht wurden.

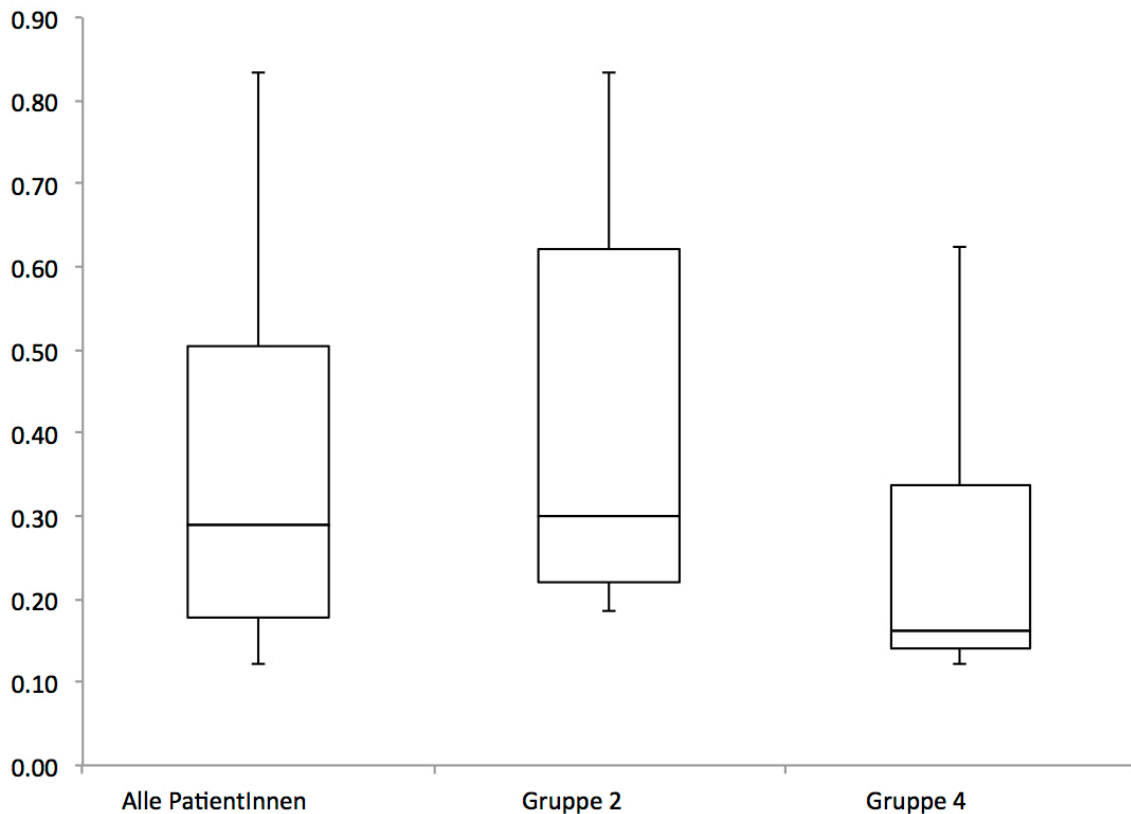


Diagramm 8: Dosierung von Midazolam zur Prämedikation während Intubationsnarkosen in mg pro kg KG (Alle PatientInnen: $n = 25$, Gruppe 2: $n = 8$, Gruppe 4: $n = 10$)

3.4.2 Einleitung einer tiefen Sedierung

Zur Einleitung einer tiefen Sedierung wurden den PatientInnen die Medikamente Piritramid sowie Propofol in Kombination intravenös verabreicht.

Von insgesamt 93 PatientInnen, bei denen eine tiefe Sedierung durchgeführt wurde, erhielten 89 PatientInnen Piritramid, was einem Anteil von 95,7% entspricht. Propofol erhielten alle PatientInnen.

Bei einem Patienten lag keine Gewichtsangabe vor, weshalb die Daten nicht ausgewertet werden konnten.

In Altersgruppe 1 wurde keine und in Altersgruppe 2 wurden nur 2 Sedierungen durchgeführt, weshalb deren Daten aufgrund der geringen PatientInnenzahlen nur in Bezug auf das Gesamtkollektiv berücksichtigt werden konnten.

In Altersgruppe 3 erhielten 39 PatientInnen Piritramid, in Altersgruppe 4 waren es 48 PatientInnen.

Es ließ sich kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die mg pro kg KG Dosierung von Piritramid in den Altersgruppen 3 und 4 darstellen ($p > 0,05$).

Im Median wurden in beiden Altersgruppen 0,12 mg Piritramid pro kg KG zur Einleitung einer tiefen Sedierung verabreicht.

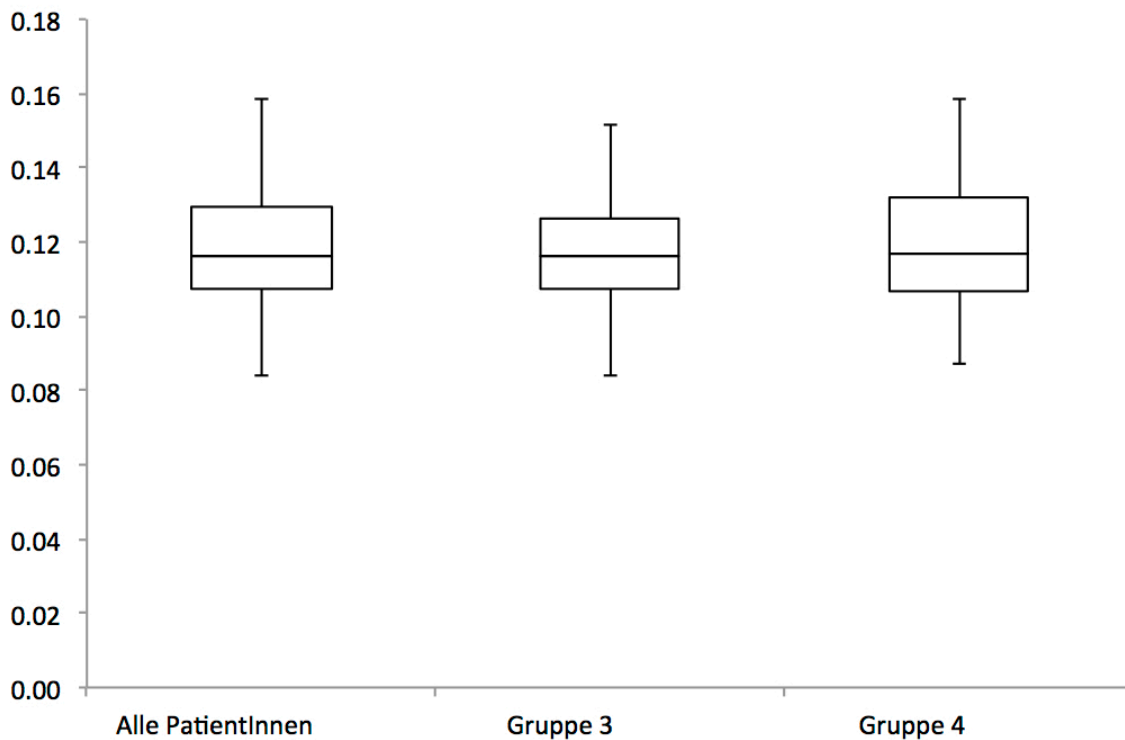


Diagramm 9: Dosierung von Propofol zur Einleitung einer tiefen Sedierung in mg pro kg KG
(Alle PatientInnen: n = 89, Gruppe 3: n = 39, Gruppe 4: n = 48)

In Altersgruppe 3 erhielten 43 PatientInnen Propofol, allerdings lag in einem Fall keine Gewichtsangabe vor, weshalb nur die Daten von 42 PatientInnen berücksichtigt werden konnten.

In Altersgruppe 4 erhielten 48 PatientInnen Propofol.

Mittels T-Test für unabhängige Stichproben ließ sich ein signifikanter Unterschied in Bezug auf die mg pro kg KG Dosierung von Propofol in den verschiedenen Altersgruppen darstellen ($p < 0,05$).

In Altersgruppe 3 wurden im Median 1,8 mg Propofol pro kg KG verabreicht, in Altersgruppe 4 waren es im Median 1,24 mg Propofol pro kg KG.

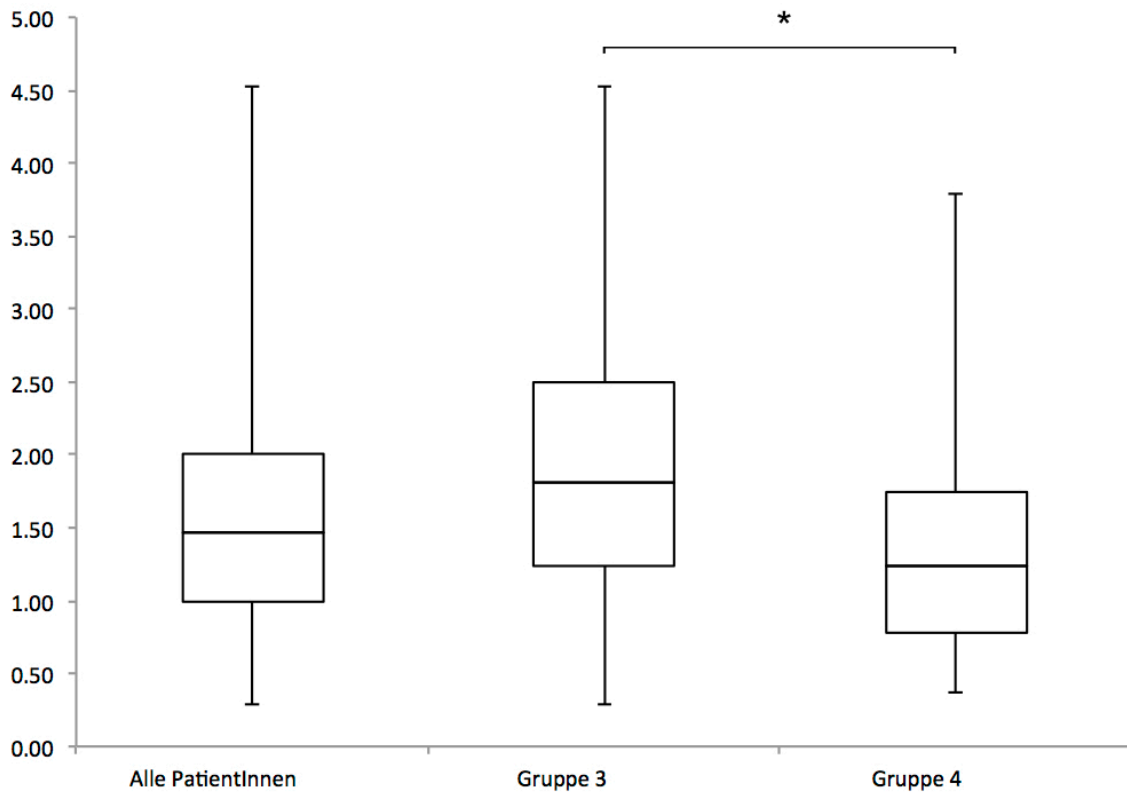


Diagramm 10: Dosierung von Propofol zur Einleitung einer tiefen Sedierung in mg pro kg KG
 (Alle PatientInnen: n = 92, Gruppe 3: n = 42, Gruppe 4: n = 48, * = p < 0,05)

3.4.3 Einleitung einer Intubationsnarkose

Zur Einleitung einer Intubationsnarkose wurden den PatientInnen die Medikamente Fentanyl sowie Propofol in Kombination intravenös verabreicht.

5 PatientInnen waren zum Zeitpunkt des Eingriffs bereits intubiert, weshalb keine Narkose mehr eingeleitet werden musste.

Von insgesamt 50 PatientInnen, bei denen eine Intubationsnarkose durchgeführt wurde, erhielten 23 PatientInnen Fentanyl, was einem Anteil von 46% entspricht.

38 PatientInnen erhielten Propofol, was einem Anteil von 76% entspricht. 3 PatientInnen erhielten Midazolam als Hypnotikum. 1 Patient erhielt ausschließlich Esketamin als Narkotikum.

Bei einem Patienten, der Fentanyl erhielt, sowie bei 3 PatientInnen, die Propofol erhielten, lagen keine Gewichtsangaben vor, weshalb die Daten nicht ausgewertet werden konnten.

In Altersgruppe 1 erhielten 9 PatientInnen Fentanyl. In Altersgruppe 2 erhielten 6 PatientInnen Fentanyl, in Altersgruppe 3 erhielten nur 3 PatientInnen und in Altersgruppe 4 nur 4 PatientInnen Fentanyl als Analgetikum.

Im Median wurden den PatientInnen 1,8 µg Fentanyl pro kg KG zur Einleitung einer Intubationsnarkose verabreicht.

Aufgrund der sehr kleinen Gruppengrößen konnten in diesem Fall keine statistischen Signifikanzen berechnet werden.

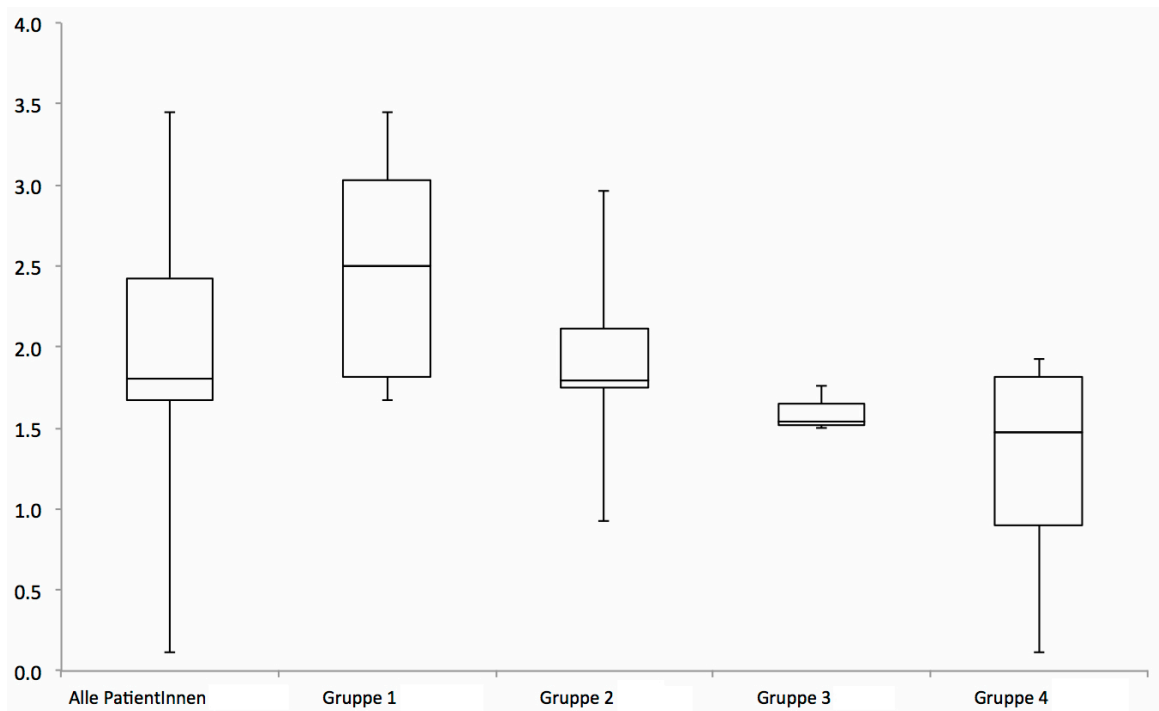


Diagramm 11: Dosierung von Fentanyl zur Einleitung einer Intubationsnarkose in μg pro kg KG (Alle PatientInnen: $n = 22$, Gruppe 1: $n = 9$, Gruppe 2: $n = 6$, Gruppe 3: $n = 3$, Gruppe 4: $n = 4$)

In den Altersgruppen 1 und 2 erhielten jeweils 11 PatientInnen Propofol zur Einleitung einer Intubationsnarkose. In Altersgruppe 3 erhielten nur 7 PatientInnen und in Altersgruppe 4 nur 9 PatientInnen Propofol als Hypnotikum.

Im Median wurden den PatientInnen 3,8 mg Propofol pro kg KG zur Einleitung einer Intubationsnarkose verabreicht.

Aufgrund der sehr kleinen Gruppengrößen konnten in diesem Fall keine statistischen Signifikanzen berechnet werden.

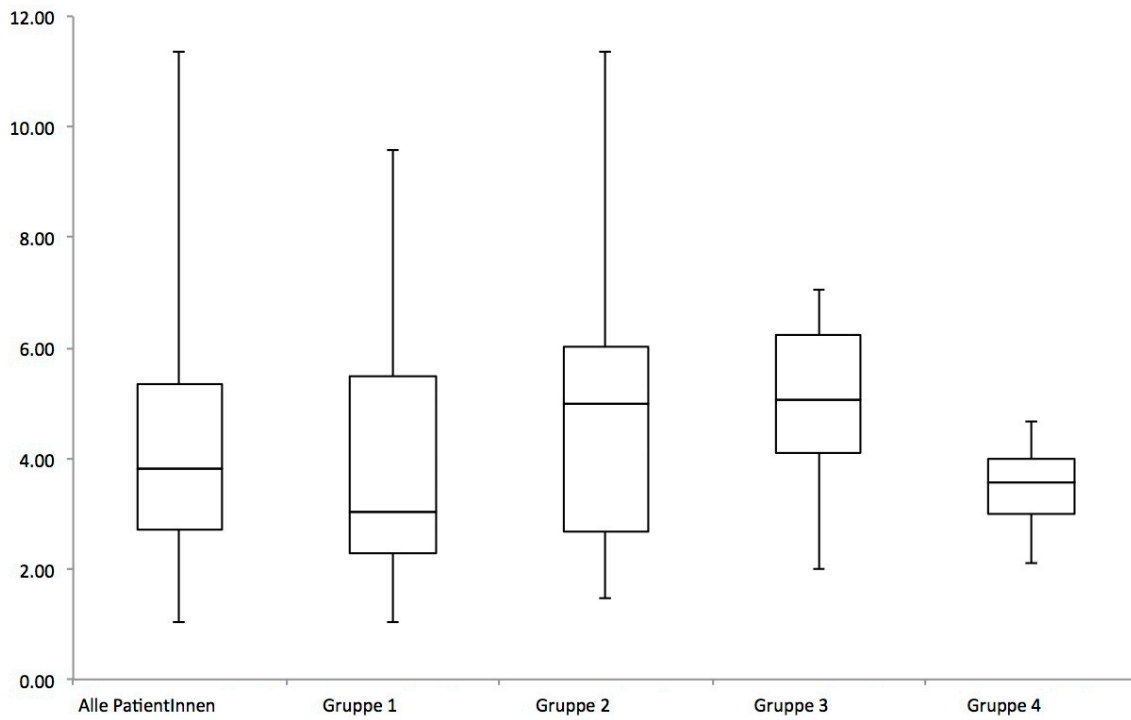


Diagramm 12: Dosierung von Propofol zur Einleitung einer Intubationsnarkose in mg pro kg KG
 (Alle PatientInnen: n = 38, Gruppe 1: n = 11, Gruppe 2: n = 11, Gruppe 3: n = 7, Gruppe 4: n = 9)

3.5 Verfahrensdauer

Die Dauer der verschiedenen Anästhesieverfahren wurde in der vorliegenden Studie ebenfalls berücksichtigt und ausgewertet.

Mittels T-Test konnte gezeigt werden, dass Intubationsnarkosen eine signifikant höhere Verfahrensdauer aufweisen als tiefe Sedierungen ($p < 0,05$).

Die kürzeste Intubationsnarkose dauerte 54 Minuten, die kürzeste Sedierung dauerte 30 Minuten. Die längste Intubationsnarkose dauerte 415 Minuten, die längste Sedierung dauerte 360 Minuten.

Im Median betrug die Dauer der Intubationsnarkosen 157,5 Minuten. Die mediane Dauer der Sedierungen betrug 130 Minuten.

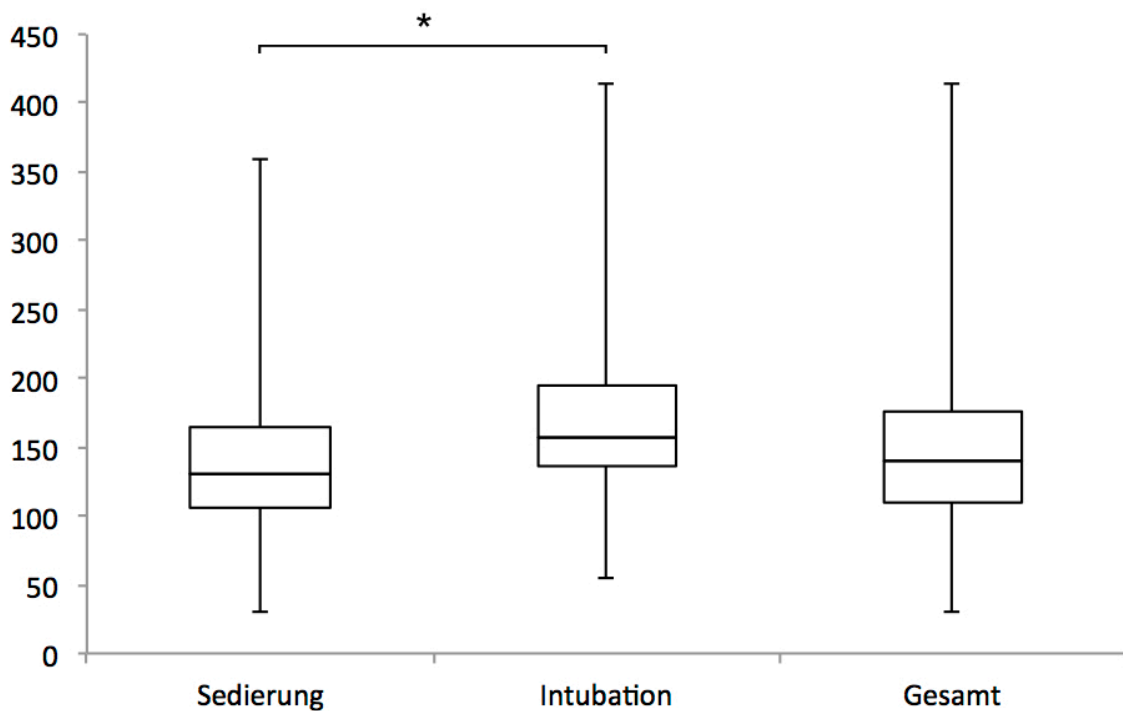


Diagramm 13: Verfahrensdauer in Minuten

(Sedierung: $n = 93$, Intubation: $n = 50$, Gesamt: $n = 143$, $* = p < 0,05$)

3.6 Verteilung der ASA Klassen

Als ASA 2 wurden mit 59% (n = 85) die meisten PatientInnen klassifiziert.

Bei 20 von insgesamt 144 PatientInnen war keine ASA Klassifikation in der Anästhesie Dokumentation angegeben, was einem Anteil 13,9% entspricht.

Als ASA 5 wurden keine PatientInnen klassifiziert.

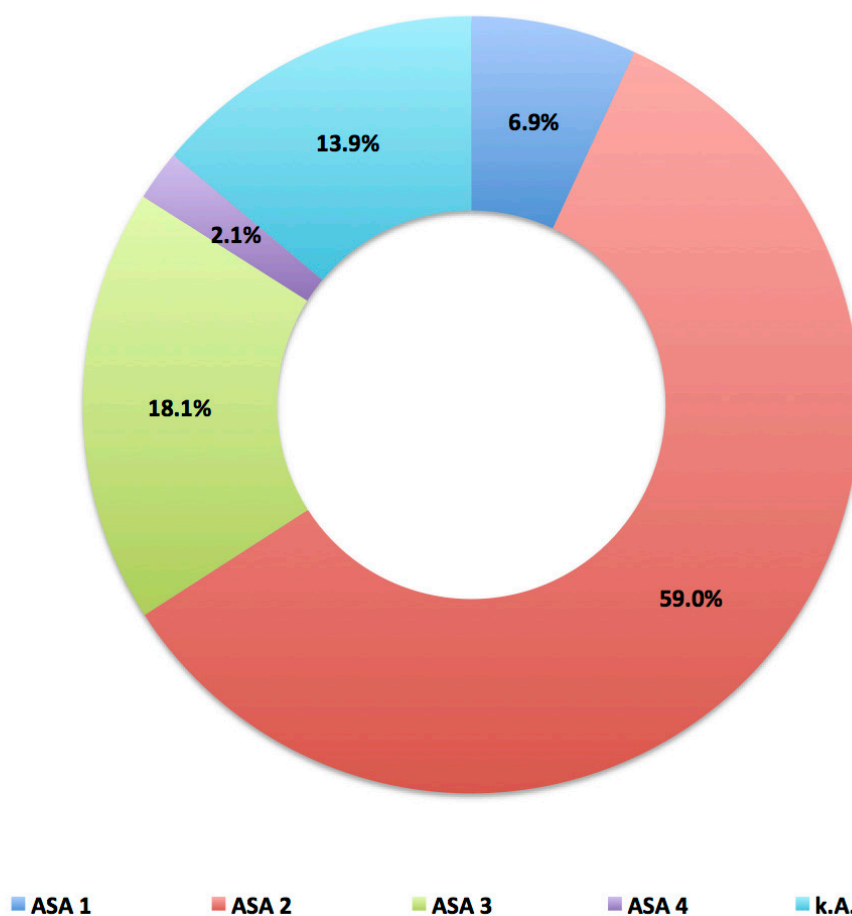


Diagramm 14: Verteilung der ASA Klassifikationen in Prozent.
(ASA 1: n = 10, ASA 2: n = 85, ASA 3: n = 26, ASA 4: n = 3, k.A.: n = 20)

Mittels Chi-Quadrat-Test konnte gezeigt werden, dass der signifikant größte Anteil der PatientInnen, die eine tiefe Sedierung erhielten, mit ASA 2 klassifiziert wurde, was einem Anteil von 68,8% entspricht (n = 64, p < 0,05).

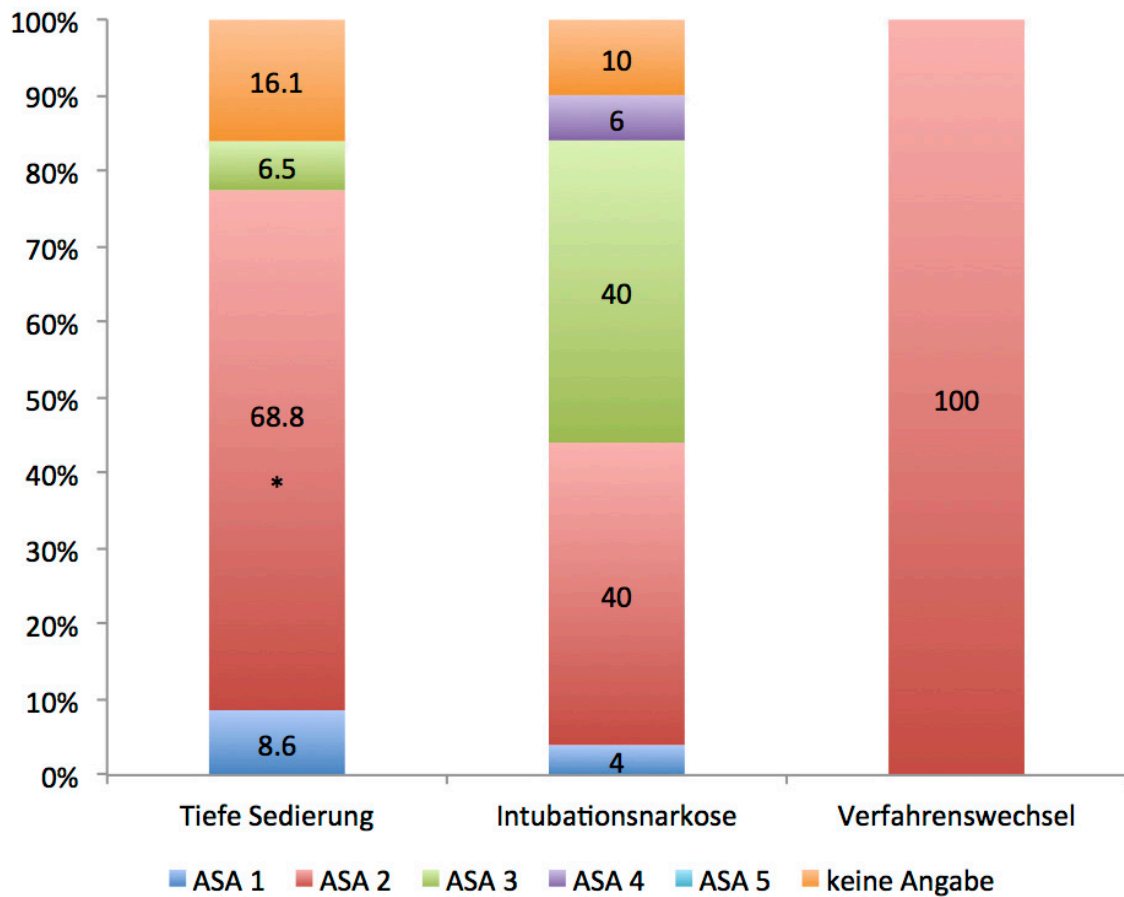


Diagramm 15: Verteilung der ASA Klassen in Prozent

(Tiefe Sedierung: n = 93, Intubation: n = 50, Verfahrenswechsel: n = 1, * = p < 0,05)

3.7 Hauptdiagnosen

Nachfolgend wurden die 10 häufigsten Hauptdiagnosen in Bezug auf das Gesamtkollektiv sowie deren Verteilungen auf die einzelnen Anästhesieverfahren analysiert.

Da die Untergruppe „Verfahrenswechsel“ nur einen Patienten beinhaltet, wurde dieser nur in Bezug auf das Gesamtkollektiv beachtet.

Unter dem Begriff „Andere Diagnosen“ wurden der Übersicht halber weniger häufige Diagnosen zusammengefasst (z.B.: HOCMP, Porth-a-Cath Bergung, st.p. MCI, u.a.).

Im Gesamtkollektiv zeigt sich die Pulmonalstenose mit 19,4% (n = 28) als häufigster Grund für eine interventionelle Herzkatheter Untersuchung. Auch der Atriumseptumdefekt mit 18,1% (n = 26) sowie der Persistierende Ductus arteriosus mit 16,7% (n = 24) waren häufig genannte Hauptdiagnosen.

Hauptdiagnose	Häufigkeit im Gesamtkollektiv
PST	19,4 (28)
ASD	18,1 (26)
PDA	16,7 (24)
AIST	10,4 (15)
AST	7,6 (11)
TGA	4,2 (6)
PFO	4,2 (6)
VSD	2,1 (3)
Fallot-Tetralogie	1,4 (2)
Andere Diagnose	16 (23)

Tabelle 7 Verteilung der Hauptdiagnosen anhand aller PatientInnen in Prozent

(absolute Zahlen in Klammern, n = 144)

Deutliche Unterschiede zeigten sich bei der Verteilung der Hauptdiagnosen bei den verschiedenen Anästhesieverfahren.

Am häufigsten wurden Intubationsnarkosen bei PatientInnen mit Pulmonalstenose durchgeführt (30 %, n = 15).

Hauptdiagnose	Häufigkeit bei Intubationsnarkosen
PST	30 (15)
AST	16 (8)
AIST	8 (4)
TGA	8 (4)
ASD	4 (2)
VSD	4 (2)
Fallot-Tetralogie	4 (2)
PDA	0
PFO	0
Andere Diagnosen	26 (13)

Tabelle 8 Verteilung der Hauptdiagnosen bei Intubationsnarkosen

(absolute Zahlen in Klammern, n = 50)

Tiefe Sedierungen wurden am häufigsten bei PatientInnen mit Atriumseptumdefekt bzw. Persistierendem Ductus arteriosus durchgeführt (jeweils 25,8%, n = 24).

Hauptdiagnose	Häufigkeit bei tiefen Sedierungen
ASD	25,8 (24)
PDA	25,8 (24)
AIST	10,8 (10)
PST	8,6 (8)
PFO	6,5 (6)
AST	4,3 (4)
TGA	2,2 (2)
VSD	2,2 (2)
Fallot-Tetralogie	1,1 (1)
Andere Diagnosen	12,9 (12)

Tabelle 9 Verteilung der Hauptdiagnosen bei tiefen Sedierungen in Prozent

(absolut Zahlen in Klammern, n = 93)

4 Diskussion

4.1 Ergebnisse

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es darzustellen, dass bei Kindern, die sich einer interventionellen Herzkatheter Untersuchung unterziehen mussten, bereits ab dem Alter von einem Jahr eine tiefe Sedierung anstelle einer Intubationsnarkose sicher durchgeführt werden konnte.

Es konnte klar gezeigt werden, dass Kinder, die weniger als ein Jahr alt waren, häufiger eine Intubationsnarkose erhielten, während Kinder, die älter als ein Jahr waren, deutlich häufiger eine tiefe Sedierung erhielten.

In Altersgruppe 1 (0 bis \leq 3 Monate, $n = 20$) wurde in 100% eine Intubationsnarkose durchgeführt, in Altersgruppe 2 (3 bis \leq 12 Monate, $n = 15$) lag der Anteil an Intubationsnarkosen bei insgesamt 86,7% ($n = 13$). Nur in 2 Fällen wurde hier eine tiefe Sedierung durchgeführt, was 13,3% entspricht.

Von allen PatientInnen, die zum Zeitpunkt des Eingriffs maximal 12 Monate alt waren ($n = 35$), erhielten insgesamt 94,3% ($n = 33$) eine Intubationsnarkose. Nur bei 5,7% ($n = 2$) wurde eine tiefe Sedierung durchgeführt. Verfahrenswechsel wurden keine durchgeführt.

Das mediane Alter für Intubationsnarkosen betrug 0 Jahre.

In Altersgruppe 3 (1 bis \leq 8 Jahre, $n = 50$) wurde in 86% ($n = 43$) eine tiefe Sedierung durchgeführt, nur in 14% ($n = 7$) wurde eine Intubationsnarkose durchgeführt.

In Altersgruppe 4 (8 bis \leq 18 Jahre, $n = 59$) wurde in 81,4% ($n = 48$) eine tiefe Sedierung durchgeführt, in 16,9% ($n = 10$) wurde eine Intubationsnarkose durchgeführt und in einem Fall wurde von einer tiefen Sedierung auf eine Intubationsnarkose gewechselt, was einem Anteil von 1,7% entspricht.

Von allen PatientInnen, die zum Zeitpunkt des Eingriffs älter als 12 Monate waren (n = 109), wurde bei 85,3% (n = 91) eine tiefe Sedierung durchgeführt. Nur 15,6% (n = 17) der PatientInnen erhielten eine Intubationsnarkose. In 0,9% (n = 1) wurde ein Verfahrenswechsel durchgeführt.

Das mediane Alter für tiefe Sedierungen betrug 8 Jahre.

Dadurch ließ sich klar darstellen, dass ab einem Lebensalter von einem Jahr eine tiefe Sedierung klar überwogen hat und auch sicher durchgeführt werden konnte.

In nur einem Fall musste von einer tiefen Sedierung auf eine Intubationsnarkose gewechselt werden. Der Grund hierfür war jedoch keine Komplikation des Anästhesieverfahrens, sondern eine intraoperative Entscheidung zu einer zusätzlichen Stent Implantation bei einer bestehenden Aortenisthmusstenose. Dies entspricht einem Prozentsatz von 0,7% an Verfahrenswechseln in Bezug auf das Gesamtkollektiv.

Ein weiteres Ziel war darzustellen, dass der Verbrauch an Narkosemedikamenten mit steigendem Alter der PatientInnen abfällt.

Dies konnte jedoch einerseits aufgrund sehr geringer Fallzahlen und andererseits aufgrund fehlender statistischer Signifikanzen nur sehr bedingt bestätigt werden.

Es konnte ein statistisch signifikant ($p < 0,05$) sinkender Bedarf an Midazolam als Prämedikation zur Einleitung einer tiefen Sedierung zwischen den Altersgruppen 3 und 4 nachgewiesen werden.

In Altersgruppe 3 wurden im Median 0,59 mg Midazolam pro kg KG verabreicht, während in Altersgruppe 4 im Median 0,15 mg Midazolam pro kg KG verabreicht wurden.

Ein statistisch signifikant ($p < 0,05$) sinkender Bedarf an Propofol für die Einleitung einer tiefen Sedierung ließ sich für die Altersgruppen 3 und 4 nachweisen. In Altersgruppe 3 wurden im Median 1,8 mg Propofol pro kg KG verabreicht, in Altersgruppe 4 waren es im Median 1,24 mg Propofol pro kg KG, die verabreicht wurden.

Für alle anderen Medikamente ließen sich keine signifikanten statistischen Unterschiede in den einzelnen Altersgruppen nachweisen.

4.2 Vergleich mit anderen Publikationen

Es konnten keine Arbeiten gefunden werden, die den Vergleich von tiefer Sedierung und Intubationsnarkose während interventionellen Herzkatheter Untersuchungen im Kindesalter anstellten.

In Arbeiten von Vittinghoff (2) und Velik-Salchner et al. (48) wird betont, dass tiefe Sedierung, die von erfahrenen AnästhesistInnen durchgeführt wird, eine sichere Methode während Herzkatheter Untersuchungen darstellt.

Weiters wird die Wichtigkeit der Kooperation von verschiedenen Fachdisziplinen, wie Anästhesie und Kardiologie, gerade beim Auftreten von Komplikationen hervorgehoben.

In dem Lehrbuch Kinderkardiologie von N. Haas und U. Kleideiter (45) wird nur in einem kurzen Abschnitt auf die Sedierung während Herzkatheter Untersuchungen eingegangen. Die Autoren sprechen davon, dass in den meisten Zentren eine deep conscious sedation, also eine tiefe Sedierung durchgeführt wird und eine Intubationsnarkose in den meisten Fällen nicht notwendig ist. Angaben über Sedierungsschemata oder, wann eine Intubationsnarkose und wann eine tiefe Sedierung durchgeführt werden soll, liegen nicht vor.

Nichtsdestotrotz empfehlen die Autoren zur Sicherheit der PatientInnen die gleichen Sicherheitsstandards und qualifiziertes Personal, wie sie während einer Operation verfügbar sein müssten.

Eine Arbeit von Joseph et al. (49) spricht nicht nur von einer Zunahme der Notwendigkeit von Sedierungen im pädiatrischen Bereich, sondern auch von einer Durchführung der Sedierungen durch andere Fachdisziplinen anstelle von AnästhesistInnen. Dies steht in direktem Kontrast zur Arbeit von Vittinghoff (2), die betont, dass nur erfahrene AnästhesistInnen Sedierungen an Kindern durchführen sollten.

Leroy et al. (50) empfehlen spezielle Trainingsprogramme für die Durchführung von pädiatrischen Sedierungen und betonen ebenfalls die Wichtigkeit von guter Ausbildung und ausreichender Erfahrung auf diesem Gebiet.

Eine Arbeit von Lalwani et al. (51) spricht von sicher durchgeführten Sedierungen von Kindern während Elektoretinographien. Die Autoren beschreiben spezielle Sedierungsteams für pädiatrische Sedierungen, die aus einem Kinderanästhesisten bzw. einer Kinderanästhesistin und einer erfahrenen Assistenz bestehen, die nach speziellen Standards arbeiten und in der gesamten Klinik zum Einsatz kommen. So können Komplikationen durch in der Sedierung von Kindern erfahrene Teams verhindert und eine größtmögliche PatientInnensicherheit erreicht werden.

Roach et al. (52) nennen Chloralhydrat als sichere Alternative zur tiefen Sedierung mit Midazolam für Echokardiographie Untersuchungen an Kindern. Unabhängig von den Ergebnissen sprechen die Autoren auch hier davon, dass die Sedierung von Kindern eine besondere Herausforderung an das Team darstellt.

4.3 Limitationen

Da handschriftliche Dokumentationen als Grundlage der Studie dienten, können Schreibfehler durch das dokumentierende Personal nie zur Gänze ausgeschlossen werden.

Weiters war der Prozentsatz an fehlenden Protokollen mit 135 Stück beträchtlich hoch. Zusätzlich enthielten 15 Protokolle fehlerhafte oder fehlende Daten und wurden deshalb nicht in die Studie eingeschlossen.

Wären im besten Fall alle der 150 fehlenden Protokolle verwertbar gewesen, würde dies einem fehlenden Anteil von 51% entsprechen.

4.4 Zusammenfassung

Die Hypothese, dass Kinder in Altersgruppe 1 (0 bis \leq 3 Monate) und in Altersgruppe 2 (3 bis \leq 12 Monate) häufiger eine Intubationsnarkose erhielten, konnte klar bestätigt werden.

Auch die Hypothese, dass Kinder in Altersgruppe 3 und in Altersgruppe 4 häufiger eine tiefe Sedierung erhielten, konnte klar bestätigt werden.

Dennoch erhielten auch in den Altersgruppen 3 (1 bis \leq 8 Jahre) und 4 (8 bis \leq 12 Jahre) wenige PatientInnen eine Intubationsnarkose. Was der Grund hierfür war, konnte anhand dieser Studie nicht eindeutig belegt werden. Vermutlich handelte es sich dabei jedoch um PatientInnen mit sehr schwerwiegender Grunderkrankung.

Die Hypothese, dass der Verbrauch an Medikamenten mit steigendem Alter der PatientInnen abfällt, konnte nur sehr bedingt bestätigt werden.

Einen wichtigen Grund hierfür stellen vermutlich die sehr variablen Zahlen der PatientInnen in den verschiedenen Altersgruppen dar.

Zusammenfassend kann eine tiefe Sedierung für Kinder ab einem Jahr sicher empfohlen werden, vorausgesetzt die PatientInnen leiden an keiner schwerwiegenden Grunderkrankung.

5 Literaturverzeichnis

1. Cravero JP, Blike GT, Beach M, Gallagher SM, Hertzog JH, Havidich JE, et al. Incidence and Nature of Adverse Events During Pediatric Sedation/Anesthesia for Procedures Outside the Operating Room: Report From the Pediatric Sedation Research Consortium. *PEDIATRICS*. 2006 Sep 1;118(3):1087–96.
2. Vittinghoff M. Deep sedation/procedural sedation for cardiac catheterization in children. *Applied Cardiopulmonary Pathophysiology*. 2009 Mar 23;(13):34–40.
3. Frei FJ, Erb T, Jonmarker C, Sümpelmann R, Werner O. *Kinderanästhesie*. Springer Verlag; 2009.
4. Gottschalk TSA. *Duale Reihe - Anästhesie*. Thieme Verlag; 2006.
5. Oczenski W. *Atmen – Atemhilfen*. Thieme Verlag; 2008.
6. Anderson BJ. Developmental pharmacology; filling one knowledge gap in pediatric anesthesiology. *Paediatr Anaesth*. 2011 Mar;21(3):179–82.
7. Godoy M L, Pino A P, Córdova L G, Carrasco O JA, Castillo M A. Sedation and analgesia in children undergoing invasive procedures. *Arch Argent Pediatr*. 2013 Feb;111(1):22–8.
8. Frei FJ, Erb T, Jonmarker C, Sümpelmann R, Werner O. *Kinderanästhesie*. Springer Verlag; 2009.
9. Zernikow B. *Schmerztherapie bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen*. Springer Verlag; 2009
10. Annetzberger P. Grundlagen und Praxis der Schmerztherapie beim kindlichen Notfall. *Notarzt*. 2008 Aug;24(04):117–23.
11. Mai CL, Coté CJ. A history of pediatric anesthesia: a tale of pioneers and equipment. *Pediatric Anesthesia*. 2012 Mar 23;22(6):511–20.
12. Ueda KK, Puangsuvan SS, Hove MAM, Bayman EOE. Ultrasound visual image-guided vs Doppler auditory-assisted radial artery cannulation in infants and small children by non-expert anaesthesiologists: a randomized prospective study. *British Journal of Anaesthesia*. 2013 Jan 31;110(2):281–6.
13. American Academy of Pediatrics, Committee on Fetus and Newborn, American College of Obstetricians and Gynecologists and Committee on Obstetric Practice, The Apgar score. *PEDIATRICS*. 2006 Apr;117(4):1444–7.
14. McKenzie ED, McKenzie ED, Khan MS, Khan MS, Samayoa AX, Samayoa AX, et al. The blalock-taussig shunt revisited: a contemporary experience. *J. Am. Coll. Surg*. 2013 Apr;216(4):699–704.

15. Tirel OO, Wodey EE, Harris RR, Bansard JYJ, Ecoffey CC, Senhadji LL. The impact of age on bispectral index values and EEG bispectrum during anaesthesia with desflurane and halothane in children. *British Journal of Anaesthesia*. 2006 Mar 31;96(4):480–5.
16. Sadhasivam S, Ganesh A, Robison A, Kaye R, Watcha MF. Validation of the bispectral index monitor for measuring the depth of sedation in children. *Anesthesia & Analgesia*. 2006 Jan 31;102(2):383–8.
17. Lamas A, López-Herce J. Monitoring sedation in the critically ill child. *Anaesthesia*. 2010 Feb 17;65(5):516–24.
18. Kochs E, Adams H, Spies C. *Anästhesiologie*. Thieme Verlag; 2013.
19. Brandom BW, Callahan P, Micalizzi DA. What happens when things go wrong? *Pediatric Anesthesia*. 2011 Jan 21;21(7):730–6.
20. each-for-sick-children.org [Internet]. [cited 2013 May 12]. Available from: <http://www.each-for-sick-children.org/each-charter.html>
21. Jacqueline RR, Malviya SS, Burke CC, Reynolds PP. An assessment of interrater reliability of the ASA physical status classification in pediatric surgical patients. *Pediatric Anesthesia*. 2006 Aug 31;16(9):928–31.
22. Paterson N, Paterson N, Waterhouse P, Waterhouse P. Risk in pediatric anesthesia. *Pediatric Anesthesia*. 2010 Aug 17;21(8):848–57.
23. MD LKD, MD LKD, CRNA LJ, CRNA LJ. Sedating the Child with Congenital Heart Disease. *Anesthesiology Clinics*. Elsevier Ltd; 2009 Jun 1;27(2):301–19.
24. Bernard PA, Bernard PA, Ballard H, Ballard H, Schneider D, Schneider D. Current approaches to pediatric heart catheterizations. *Pediatr Rep*. 2011 Jun 30;3(3).
25. Becke K, Becke K, Landsleitner B, Landsleitner B, Reinhold P, Reinhold P, et al. Diagnostic and interventional operations in childhood. *Anaesthesist*. 2010 Oct 6;59(11):1013–20.
26. Krauss B. Sedation and Analgesia for Procedures in Children — NEJM. *New England Journal of Medicine*. 2000.
27. <http://www.asahq.org> [Internet]. [cited 2013 Aug 23]. Available from: <http://www.asahq.org/For-Members/Clinical-Information/Standards-Guidelines-and-Statements.aspx>
28. Striebel HW. *Anästhesie - Intensivmedizin - Notfallmedizin*. Schattauer Verlag; 2012.
29. Karow T, Lang-Roth R. *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie*. 2013.
30. Dormicum 5mg Ampullen Fachinformation, Stand 2012.

31. Freye E. Opioide in Der Medizin. Springer Verlag; 2009.
32. Fentanyl-Janssen 0,5 mg Ampullen Fachinformation, Stand 2013.
33. Burgis E. Intensivkurs Allgemeine und Spezielle Pharmakologie. Elsevier, Urban&Fischer Verlag; 2008.
34. Machata AM, Willschke H, Kabon B, Kettner SC, Marhofer P. Propofol-based sedation regimen for infants and children undergoing ambulatory magnetic resonance imaging. *British Journal of Anaesthesia*. 2008 Jun 5;101(2):239–43.
35. Motsch J, Motsch J, Roggenbach J, Roggenbach J. Propofol infusion syndrome. *Anaesthesist*. 2004 Oct;53(10):1009–24.
36. Propofol Fachinformation, Stand 2010.
37. Akin A, Esmoğlu A, Guler G, Demircioğlu R, Narin N, Boyacı A. Propofol and Propofol–Ketamine in Pediatric Patients Undergoing Cardiac Catheterization. *Pediatr Cardiol*. 2005 Sep 1;26(5):553–7.
38. Esketaminhydrochlorid-Ketanest Fachinformation, Stand 2013.
39. Green SM, Andolfatto G, Krauss B. Ketofol for Procedural Sedation? Pro and Con. *Annals of Emergency Medicine*. 2011 May;57(5):444–8.
40. Dipidolor Fachinformation, Stand 2013.
41. van der Linde D, Konings EEM, Slager MA, Witsenburg M, Helbing WA, Takkenberg JJM, et al. Birth Prevalence of Congenital Heart Disease Worldwide. *JAC*. Elsevier Inc; 2011 Nov 15;58(21):2241–7.
42. Invasive Interventionelle Kardiologie (Österreich) [Internet]. iik.i-med.ac.at. [cited 2013 Aug 22]. Available from: <http://iik.i-med.ac.at/>
43. Morray JP. Cardiac arrest in anesthetized children: recent advances and challenges for the future. *Pediatric Anesthesia*. 2010 Nov 21;21(7):722–9.
44. Marino BS, Lipkin PH, Newburger JW, Peacock G, Gerdes M, Gaynor JW, et al. Neurodevelopmental Outcomes in Children With Congenital Heart Disease: Evaluation and Management: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2012 Aug 27;126(9):1143–72.
45. Haas NA, Kleideiter U. Kinderkardiologie. Thieme Verlag; 2011.
46. Larsen R. Anästhesie und Intensivmedizin in Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie. Springer Verlag; 2009.
47. Ülgey A, Ülgey A, Aksu R, Aksu R, Bicer C, Bicer C, et al. Is the Addition of Dexmedetomidine to a Ketamine–Propofol Combination in Pediatric Cardiac Catheterization Sedation Useful? *Pediatr Cardiol*. 2012 Feb 16;33(5):770–4.

48. Velik-Salchner C, Margreiter J, Wenzel V, Mair P. Anaesthesia for cardiac catheterization in children. *Anaesthesist*. 2006 Dec;55(12):1291–8.
49. Cravero JP, Havidich JE. Pediatric sedation - evolution and revolution. *Pediatric Anesthesia*. 2011 May 18;21(7):800–9.
50. Leroy PLJM, Schipper DM, Knape HJ)TA. Professional Skills and Competence for Safe and Effective Procedural Sedation in Children: Recommendations Based on a Systematic Review of the Literature. *International Journal of Pediatrics*. 2010;2010(4, part 1):1–16.
51. Lalwani K, Tompkins BD, Burnes K, Krahmer MR, Pennesi ME, Weleber RG. The “dark” side of sedation: 12 years of office-based pediatric deep sedation for electroretinography in the dark. *Pediatric Anesthesia*. 2010 Dec 14;21(1):65–71.
52. Roach CL, Husain N, Zabinsky J, Welch E, Garg R. Moderate Sedation for Echocardiography of Preschoolers. *Pediatr Cardiol*. 2010 Jan 3;31(4):469–73.