

Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin Tübingen
Abteilung für Kinderkardiologie, Pulmologie,
Intensivmedizin

**„Schwere obere Atemwegsobstruktion nach intraoperativer
transoesophagealer Echokardiographie bei pädiatrisch-
kardiochirurgischen Eingriffen – eine retrospektive Analyse“**

**Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der
Medizin**

der

**Medizinischen Fakultät der Eberhard Karls Universität zu
Tübingen**

Vorgelegt von: Schineis, Christian Hans Wolfgang

Promotionsjahr: 2018

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Prof. Dr. M. Hofbeck

2. Berichterstatter: PD Dr. med. B. Drexler

Tag der Disputation: 15.02.2018

Widmung

Diese Arbeit ist Herrn Prof. Dr. med. Gerhardt Böttger gewidmet. Er faszinierte mich als Mensch, Arzt und Chirurg in so hohem Maße, dass durch ihn bereits im Kindesalter in mir der Wunsch erwuchs selbst Arzt zu werden und diesen Weg einzuschlagen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	III
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	IV
Einleitung	1
Stellenwert des intraoperativen TEE bei kardiochirurgischen Eingriffen	1
Hypothese	2
Ziel	4
Material und Methoden	5
Art der Studie	5
Gruppenzuteilung	5
Ein- und Ausschlusskriterien	6
Erhobene Daten	6
RACHS-1 Score	8
Prä-, peri- und postoperativer Ablauf	8
Präoperativer Ablauf	8
Perioperativer Ablauf	9
Postoperativer Verlauf	10
Statistische Analyse	11
Ergebnisse	12
Statistische Analyse sämtlicher Patienten	12
Statistischer Vergleich von Studien- mit Kontrollgruppe	14
Vergleich erfolgreich extubierter Patienten mit reintubierten Patienten	17
Analyse der Daten der reintubierten Patienten	20
Analyse der Daten von Studien- und Kontrollgruppe	29
Vergleichende Analyse der Daten erfolgreich extubierter im Vergleich zu reintubierten Patienten	33
Diskussion	42
Einschränkungen der Studie und Ausblick	53
Schlussfolgerung	55
Zusammenfassung	57

Literaturverzeichnis	59
Erklärung zum Eigenanteil	62
Veröffentlichung	63
Danksagung	64
Lebenslauf	65

Abkürzungsverzeichnis

TEE	transoesophageale Echokardiographie
TTE	transthorakale Echokardiographie
iTEE	intraoperatives TEE
HLM	Herz-Lungen-Maschine
PDMS	Patientendatenmanagementsystem
RACHS-1-Score	Risk Adjustment for congenital heart surgery Score
CPAP	Continuous Positive Airway Pressure
KI	Konfidenzintervall
OP	Operation
CRP	C-reaktives Protein
WBC	White Blood Count = Leukozytenzahl
AVSD	atrioventrikulärer Septumdefekt
HLHS	hypoplastisches Linksherzsyndrom
VSD	Ventrikel-Septum-Defekt
MST	Mitralklappenstenose
AoST	Aortenklappenstenose
p	Signifikanzwert
n	Anzahl
PiP	positiver inspiratorischer Druck
PEEP	positiver endexpiratorischer Druck
FiO ₂	inspiratorische Sauerstoffkonzentration
PaO ₂	Sauerstoffpartialdruck
RV	rechter Ventrikel

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1	Illustration der Platzierungen der Sonde für die transoesophageale Echokardiographie (schwarz) sowie des Endotrachealtubus (hellblau).	S. 3
Abb. 2	Verteilung RACHS-1 Score aller reintubierter Patienten	S. 25
Abb. 3	Alter zum Zeitpunkt der Operation der reintubierten Patienten	S. 25
Abb. 4	Geschlechterverteilung aller reintubierter Patienten	S. 26
Abb. 5	Anzahl der Trisomie 21 Patienten unter den Reintubierten	S. 26
Abb. 6	Verteilung der Verwendung gecuffter zu ungecufften Endotrachealtuben unter den reintubierten Patienten	S. 27
Abb. 7	Vergleich des Alters der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe ohne intraoperatives TEE	S. 30
Abb. 8	Vergleich des Gewichts der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe Ohne intraoperatives TEE	S. 30
Abb. 9	Vergleich der Beatmungsdauer der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe ohne intraoperatives TEE	S. 31
Abb. 10	Vergleich Vorliegen Trisomie 21 in der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe ohne intraoperatives TEE	S. 31
Abb. 11	Vergleich der Operationsdauer in der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe ohne intraoperatives TEE	S. 32
Abb. 12	Vergleich RACHS-1 Score der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe ohne intraoperatives	S. 32

TEE

- | | | |
|---------|---|-------|
| Abb. 13 | Vergleich der Reintubationsrate der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe ohne intraoperatives TEE | S. 33 |
| Abb. 14 | Vergleich der Geschlechterverteilung der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten | S. 34 |
| Abb. 15 | Vergleich des Alters der Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten | S. 35 |
| Abb. 16 | Vergleich des Gewichts der Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten | S. 35 |
| Abb. 17 | Vergleich der Beatmungsdauer der Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten | S. 36 |
| Abb. 18 | Vergleich Vorliegen Trisomie 21 in der Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten | S. 36 |
| Abb. 19 | Vergleich Dauer der OP der Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten | S. 37 |
| Abb. 20 | Vergleich des RACHS-1 Scores der Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten | S. 37 |
| Abb. 21 | Vergleich der Verwendung gecuffter und ungecuffter Endotrachealtuben unter der Gruppe der erfolgreich Extubierten und der der Reintubierten | S. 38 |

Abb. 22:	Anteil der Patienten mit iTEE und ohne iTEE an der Gruppe der erfolgreich Extubierten und der Reintubierten	S. 41
Tab. 1	Alle untersuchten Patienten	S. 13
Tab. 2	Kontroll- und Studiengruppe im Vergleich	S. 16/17
Tab. 3	Erfolgreich extubierte Patienten mit reintubierten Patienten im Vergleich	S. 19/20
Tab. 4	Überblick über die Daten der reintubierten Patienten der Kontroll- und Studiengruppe	S. 28
Tab. 5	Multiple logistische Regressionsanalyse für die Entwicklung einer schweren oberen Atemwegsobstruktion mit Notwendigkeit einer Reintubation nach kinder-kardiochirurgischer Operationen	S. 36

Einleitung

Herzchirurgische Eingriffe gehören zu den gefährlichsten und komplexesten operativen Eingriffen, die bei einem Menschen durchgeführt werden können. Je nach Grunderkrankung können zwar zwischenzeitlich gewisse Eingriffe interventionell durchgeführt werden, allerdings bedarf es bei komplexen Erkrankungen mit dementsprechend komplizierten Eingriffen des gesamten Arsenal der modernen Medizin.

Stellenwert des intraoperativen TEE bei kardiochirurgischen Eingriffen

Viele Operationen können nur bei Herzstillstand und mit Hilfe der Herz-Lungen-Maschine (HLM) durchgeführt werden. Gerade während der Zeit, in der keine pulsatile Kreislauflage vorliegt und das Herz nicht schlägt, ist die Überwachung des Flüssigkeitshaushaltes und die Feinanpassung der Medikation sehr wichtig. Ebenso ist es bei wiederhergestellter spontaner Kreislauflage immanently den Operationserfolg beziehungsweise die Indikation zur unmittelbaren Revision zu erkennen.

Außerdem muss nach bicavalärer beziehungsweise aortaler Kanülierung vor der Inbetriebnahme der HLM die korrekte Kanülenlage bestätigt werden. Nach Abgang von der HLM muss intravasale beziehungsweise intrakavitäre Luft ausgeschlossen werden. All die beschriebenen Befunde können mittels intraoperativem TEE (iTEE) nachgewiesen werden [1]. Daher ist diese Untersuchung bei kinderherzchirurgischen Operationen kongenitaler Herzfehler inzwischen unabdingbarer Standard [1-3]

Aus diesem Grund wurden bereits diverse Studien über die Zuverlässigkeit und Sicherheit der Platzierung von intraoperativen TEE Sonden im Rahmen kardiochirurgischer Eingriffe durchgeführt [4]. Es wurden statistische Daten über die Inzidenz von postinterventioneller Dysphagie nach stattgehabter TEE-Untersuchung erhoben [5, 6] und es lassen sich leider auch einzelne

Fallberichte über Ösophagusverletzungen und deren Therapie bei pädiatrischen Patienten [7, 8] finden.

Der weitaus größte Teil der Studien belegt allerdings die Vorteile dieses Diagnostikums.

Generell ist diese Untersuchung einer transthorakalen Untersuchung an Aussagekraft deutlich überlegen [9]. Ganz abgesehen davon, dass eine intraoperative transthorakale Untersuchung aus Sterilitätsgründen ohnehin nur sehr eingeschränkt durchgeführt werden kann.

Auch hat die Verbreitung der iTEE die zuvor übliche intraoperative epikardiale Sonographie durch den Chirurgen abgelöst [10].

Viele inzwischen durchgeführte und weithin anerkannte Studien konnten belegen, dass die intraoperativen TEE Befunde in bis zu 15% das weitere operative Vorgehen maßgeblich beeinflussen [2, 11]. Bettex et al. konnten 2003 in einer Studie zeigen, dass auf Grund des TEE Befundes nach Abgang von der HLM die Patienten in 7,3% der Fälle erneut an diese Maschine angeschlossen wurden und die Operation revidiert wurde. Zudem konnte in Studien auch belegt werden, dass durch den breiteren Einsatz des TEEs bei kardiochirurgisch-pädiatrischen Patienten eine weitaus differenziertere Therapie im Vergleich zur Zeit vor der Verfügbarkeit dieser Untersuchung möglich ist [2, 9].

Somit sind die Sinnhaftigkeit, der Nutzen und die Bedeutung dieser Untersuchung hinreichend belegt.

Hypothese

Seit der standardmäßigen Einführung intraoperativer TEE-Untersuchungen im Rahmen kardiochirurgischer Operationen bei kongenitalen Herzfehlern fiel auf der pädiatrischen Intensivstation des Universitätsklinikums Tübingen subjektiv eine erhöhte Reintubationsrate aufgrund schwerer oberer Atemwegsobstruktionen auf. Auch wenn bei derart komplexen Krankheitsbildern und aufwändigen Operationen unterschiedliche Faktoren zu

dieser Symptomatik führen können, wurde ein Zusammenhang zwischen der Durchführung des iTEE und der erhöhten Reintubationsrate vermutet:

Wir nahmen an, dass durch die Einlage einer TEE-Sonde zusätzlich zum Endotrachealtubus ein erhöhter Druck auf die Schleimhäute der oberen Atemwege ausgeübt wird. Da die engste Stelle im kindlichen Larynx nicht wie beim Erwachsenen auf Glottisebene, sondern subglottisch liegt, kann es durch Sondeneinlage jeglicher Art zu einer Kompression der Trachea von außen kommen.

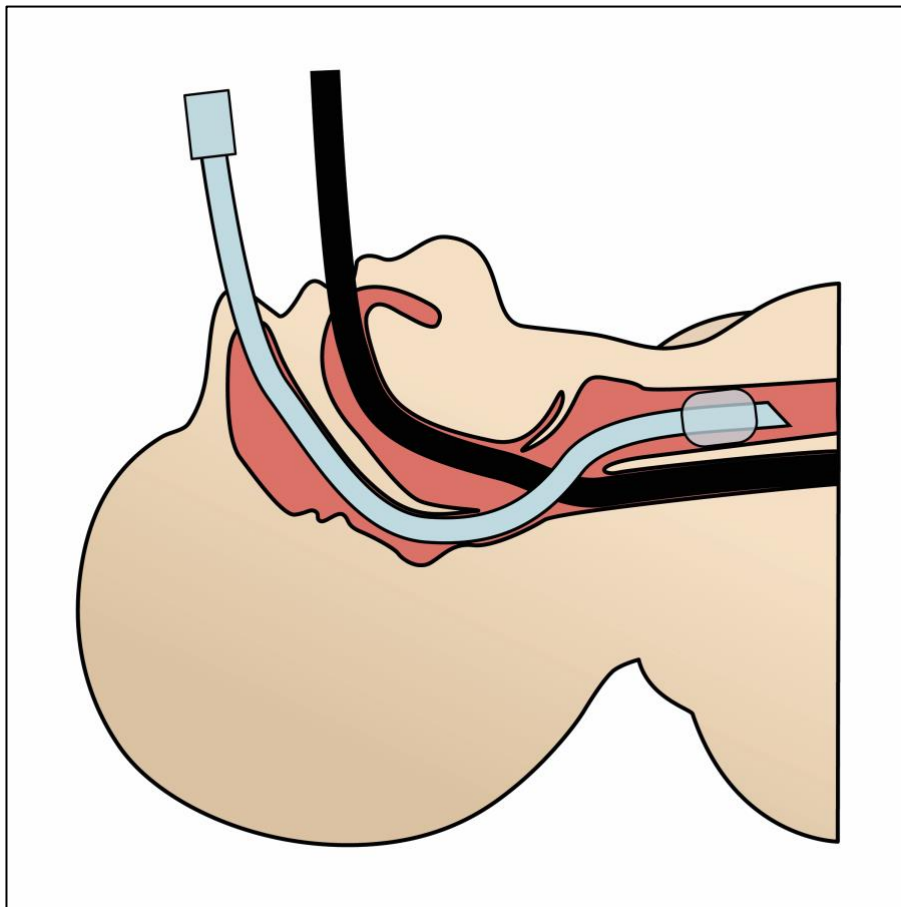


Abb. 1: Illustration der Platzierungen der Sonde für die transoesophageale Echokardiographie (schwarz) sowie des Endotrachealtubus (hellblau).

Wir nahmen an, dass es somit nach Entfernung des Tubus und der Sonde zu einem reaktiven Ödem und eben den Symptomen einer oberen Atemwegsobstruktion kommt.

Ziel

Da bisher keine validen Daten über einen möglichen Zusammenhang zwischen der Durchführung einer iTEE und schweren oberen Atemwegsobstruktionen nach Extubation existieren, führten wir diese Studie durch. Unser Ziel war es herauszufinden, ob die subjektive Beobachtung der Realität entspricht. Sollte sich herausstellen, dass es vermehrt zu Reintubationen gekommen ist, so wollten wir herausfinden, ob es an der iTEE oder an anderen Faktoren liegt und welche Konsequenzen sich daraus ergeben.

Material und Methoden

Art der Studie

Wir führten eine retrospektive Fall-Kontroll-Studie anhand einer Auswertung von elektronischen Patientenakten (PDMS) am Universitätsklinikum Tübingen in der Abteilung Kinderkardiologie, Pulmologie und pädiatrische Intensivmedizin durch. Diese Studie wurde durch die Ethikkommission am Universitätsklinikum Tübingen genehmigt (Ethikkommission Universität Tübingen Nr. 217/2016BO2). Eine nachträgliche Aufklärung der Eltern wurde bei einer retrospektiven Datenanalyse für nicht erforderlich befunden.

Die Daten wurden durch zwei Personen (Dr. med. Jörg Michel und Christian Schineis) erhoben und unabhängig voneinander mittels einer Excel-Tabelle validiert.

Gruppenzuteilung

Um die entsprechenden Patienten entweder der Studien- oder Kontrollgruppe zuordnen zu können, bestimmten wir zwei Zeiträume innerhalb derer die Operation stattgefunden haben musste.

Der Auswertungszeitraum betraf für die Kontrollgruppe die Jahre 2007 - 2009 und für die Studiengruppe die Jahre 2013 - 2015. Entscheidendes Merkmal für die Gruppenzuteilung waren kardiochirurgische Operationen kongenitaler Herzfehler mit HLM.

Bei der Kontrollgruppe wurde kein intraoperatives TEE durchgeführt, wohingegen dies bei der Studiengruppe ab 2013 standardmäßig der Fall war. Der Zeitraum zwischen 2010 und 2012 wurde absichtlich nicht in die Studie eingeschlossen, da in dieser Übergangszeit intraoperative TEEs nur gelegentlich und nicht nach einem standardisierten Vorgehen durchgeführt wurden.

Ein- und Ausschlusskriterien

Eingeschlossen wurden alle Neugeborenen, Säuglinge und Kleinkinder bis zum vollendeten zweiten Lebensjahr, die sich oben beschriebener Operationen unterzogen.

Bei allen Kindern, die innerhalb der ersten zwölf Stunden nach zunächst erfolgreicher Extubation aufgrund einer schweren oberen Atemwegsobstruktion reintubiert werden mussten, wurden die Patientenakten zur Ursachensuche für die aufgetretene Atemwegsobstruktion genauer untersucht.

Als „obere Atemwegsobstruktion“ definierten wir die Dokumentation eines Stridors in der Intensivkurve, der Patientenakte oder dem ärztlichen Entlassbrief.

Als Hinweise auf das Vorliegen eines Stridors werteten wir zudem die inhalative Applikation von Adrenalin beziehungsweise die systemische Gabe von Corticosteroiden postextubationem, die lokale Anwendung von Diprogenta-Salbe® (Betamethason und Gentamycin) postreintubationem, sowie die direkte bronchoskopische Diagnose einer subglottischen Schwellung.

Ausgeschlossen wurden alle Neugeborenen, Säuglinge und Kleinkinder in entsprechendem Zeitraum, die einer herzchirurgischen Operation mit Anschluss an die HLM unterzogen wurden und binnen der ersten zwölf Stunden postextubationem aus anderen Gründen, wie zum Beispiel eines kardiogenen Schocks, eines Lungenödems, einer Hypopnoe, Atelektasen, einer respiratorischen Erschöpfung oder einer muskulären Hypotonie reintubiert werden mussten.

Erhobene Daten

Bei den eingeschlossenen Fällen erfassten wir zunächst generelle Daten. Hierzu zählen Alter, Geschlecht, Gewicht und Größe.

An medizinischen Daten erhoben wir die Diagnose, das etwaige Vorliegen einer Trisomie 21 sowie die durchgeführte Operation mit entsprechend zugeordnetem RACHS-1 (Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery 1) Score [12].

Operations- und narkosebezogene Daten, die erhoben wurden, waren das OP-Datum, die OP-Dauer (Zeit von Beginn bis Ende der chirurgischen Maßnahmen), die verwendete Tubusgröße, die verwendeten Endotrachealtuben (gecufft oder ungecufft), die Tiefe des Tubus nach Intubation sowie die medikamentöse Therapie vor Intubation, während der Beatmung und nach der Extubation. Als Beatmungszeit wurde die Zeit zwischen Ankunft auf der pädiatrischen Intensivstation und Extubation definiert.

Bei den reintubierten Patienten analysierten wir überdies die Höhe des präoperativen CRPs und die Leukozytenzahl, den Zeitpunkt und die Indikation der Reintubation, Beatmungsparameter (positiver inspiratorischer Druck (PiP), positiver endexpiratorischer Druck (PEEP) und inspiratorische Sauerstoffkonzentration (FiO₂)) und den Sauerstoffpartialdruck (PaO₂), die exakte medikamentöse Therapie, das Aufnahme- und Entlassdatum beziehungsweise das Ableben des Kindes und sonstige Komplikationen während des stationären Aufenthaltes.

Im Zeitraum der Studiengruppe waren gecuffte Endotrachealtuben bereits verfügbar und wurden regelmäßig verwendet. Für die Patienten der Studiengruppe, die auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion reintubiert werden mussten, lag eine genaue Dokumentation der verwendeten Endotrachealtuben vor.

Im Zeitraum der Kontrollgruppe wurden im Universitätsklinikum Tübingen für kleine Kinder und Säuglinge nur ungecuffte Endotrachealtuben verwendet.

Postoperativ analysierten wir für sämtliche Patienten die jeweilige Beatmungszeit.

Sämtliche Daten, die in dieser Studie erhoben wurden und in die statistische Auswertung einfließen, konnten aus der digitalen Patientendokumentation (PDMS) ausgelesen werden.

RACHS-1 Score

Der RACHS-1 (**R**isk **A**djusted classification for **C**ongenital **H**eart **S**urgery) Score ist ein Maß, um die in-hospital Mortalität bei Operation kongenitaler Herzfehler präoperativ abschätzen zu können. Ursprünglich wurden sämtliche Operationen kongenitaler Herzfehler in Bezug auf die in-hospital Mortalität von einem Gremium aus Kinderkardiologen und Kinderherzchirurgen analysiert. Hieraus ergab sich eine 6-stufige Skala, bei der jeder Stufe definierte Eingriffe auf Grund der Wahrscheinlichkeit der Mortalität während des Krankenhausaufenthaltes zugeteilt wurden. Hierbei entspricht ein RACHS-1 Score von „1“ einem Eingriff niedrigen Risikos und ein Eingriff mit einem Wert von „6“ einem Eingriff mit extrem hohem Sterberisiko.

Beispielsweise wird einer Operation bei einem Vorhof-Septum-Defekt ein RACHS-1 Score von „1“ zugeordnet und einer Norwood-Operation ein RACHS-1 Score von „6“ [12, 13].

Prä-, peri- und postoperativer Ablauf

Alle Patienten durchliefen einen nahezu identischen Ablauf bezüglich Aufnahme, Operation und postoperativer Behandlung.

Präoperativer Ablauf

Die Patienten wurden zumeist einen Tag vor der geplanten Operation aufgenommen. Im Rahmen der Aufnahme wurden die Infektparameter bestimmt, ein Röntgenbild des Thorax, ein Elektrokardiogramm angefertigt und anamnestisch die Infektfreiheit konstatiert. Zudem musste zur Operation ein aktuelles Echokardiogramm (nicht älter als 4 Wochen) und abhängig vom Krankheitsbild und der geplanten Operation eventuell ein aktueller Herzkatheterbefund vorliegen.

Am Operationstag wurden die kleinen Patienten durch die Anästhesieabteilung des Hauses auf die Operation vorbereitet. Sie erhielten alle einen arteriellen Zugang zur invasiven Blutdruckmessung und zur Bestimmung der arteriellen

Blutgase. Zudem wurde ein zentraler venöser Zugang, meist in der V. jugularis interna sinistra oder dextra gelegt. Überdies erhielten sie einen Blasenkatheter zur Bilanzierung und zur Temperaturmessung. Nach Narkoseeinleitung wurden die Patienten – in unserer Studien- und Kontrollgruppe meist nasal – intubiert. Der Cuffdruck bei entsprechenden Endotrachealtuben wurde unmittelbar postintubationem gemessen und wurde auf < 15 cmH₂O adjustiert. Der Studiengruppe wurde vor Beginn der Operation zusätzlich noch die TEE-Sonde eingeführt. Standardmäßig wurde diese Sonde bereits vor der Desinfektion und dem sterilen Abdecken eingelegt, da der Zugang zum Kind während der Operation nur sehr erschwert möglich ist. Obwohl die Fall- und die Kontrollgruppe vom Beginn bis zum Ende des Beobachtungszeitraums knapp acht Jahre auseinanderliegen, hat sich der anästhesiologische Ablauf über die Zeit nicht verändert. Die Narkose wurde mit Midazolam oder Propofol, einem Opioid und einem nicht-depolarisierenden Muskelrelaxans eingeleitet und mit Sevofluran aufrechterhalten.

Perioperativer Ablauf

Dieser Vorbereitung schloss sich die Operation an. Die Patienten wurden alle sternotomiert, kanüliert und an die HLM angeschlossen. Anschließend wurde die Korrekturoperation durchgeführt.

Vor Einführung der iTEE-Untersuchung in die perioperative Routinediagnostik wurden die Patienten nach dem Eingriff dekanüliert und der Thorax verschlossen. Auf der Intensivstation wurde dann eine transthorakale Echokardiographie zur Erfolgskontrolle durchgeführt.

Nach Einführung der iTEE-Untersuchung wurden die Patienten nach Beendigung der chirurgischen Maßnahmen von der HLM genommen. Bevor die Patienten dekanüliert wurden, führte ein pädiatrischer Kardiologe ein TEE bei schlagendem Herzen durch. Zeigten sich hierbei Hinweise auf eine Insuffizienz oder Stenose oder eine sonstige Indikation zu einer sofortigen Revision, so wurden die kleinen Patienten erneut an die HLM genommen und chirurgisch

revidiert. Ergab sich ein zufriedenstellender TEE-Befund, so erfolgten die Dekanülierung und der schrittweise Wundverschluss.

Das Regime der Narkoseführung wurde, wie oben bereits beschrieben, im Untersuchungszeitraum nicht geändert.

Postoperativer Verlauf

Die Patienten wurden postoperativ intubiert beatmet auf die interdisziplinäre pädiatrische Intensivstation übernommen.

Die postoperative Therapie auf der Intensivstation wurde gemäß dem abteilungsinternen Behandlungsstandard durchgeführt. Unmittelbar postoperativ, sechs Stunden nach der Operation sowie vor der Extubation wurde bei den kleinen Patienten ein Röntgen-Thorax durchgeführt. Zudem wurde mindestens einmal täglich eine Ultraschalluntersuchung beider Pleurae vorgenommen, um eventuelle Ergüsse detektieren zu können. Der Cuffdruck wurde bei Verwendung entsprechender Endotrachealtuben zweimal pro Schicht gemessen und auf $< 15 \text{ cmH}_2\text{O}$ adjustiert.

Die Patienten wurden dann in Abhängigkeit des Krankheitsbildes, etwaiger Komplikationen wie zum Beispiel beeinträchtigender Herzrhythmusstörungen, Ergüssen oder Nachblutungen extubiert. Die Indikation zur Extubation, die Vorbereitung und die Durchführung selbiger erfolgten ebenfalls nach einem internen Standard. Prednisolon wurde praeextubationem nicht routinemäßig appliziert. Die Entscheidung war dem zuständigen Pädiater überlassen. Individuell wurde Prednisolon zum Beispiel bei berichteter erschwerter Intubation gegeben, um einer Schwellung der Atemwege entgegenzuwirken. Nach erfolgreicher Extubation erhielten die kleinen Patienten nach Bedarf Sauerstoff über eine Nasenbrille. Reichte dies nicht aus oder war mit einer respiratorischen Insuffizienz unter Spontanatmung zu rechnen, so wurden sie mittels nasaler CPAP-Atemhilfe (**C**ontinuous **P**ositive **A**irway **P**ressure) unterstützt.

Statistische Analyse

Die statistische Analyse sowie die Anfertigung der Graphiken und Tabellen wurden mit Hilfe von SigmaPlot 12.5 (Systat Software, Inc., San Jose, CA, USA) durchgeführt. Zur Datenanalyse wurden der Mann-Whitney U Test und zum Vergleich von Verhältnissen der Exakte Fisher-Test angewendet. Eine Wahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wurde als statistisch signifikant definiert. In der grafischen Auswertung sind entweder der Durchschnitt mit Fehlerbalken mit 95%igem-Konfidenzintervall, Boxplots mit dem Median und der 10., 25., 75. und 90. Perzentile oder Balkendiagramme zum Vergleich von Absolutzahlen aufgezeichnet.

Ergebnisse

Statistische Analyse sämtlicher Patienten

In unserer Studie untersuchten wir insgesamt 424 Patienten. Davon waren 238 (56,1%) männlich und 186 (43,9%) weiblich. Das mediane Alter lag bei 3,90 Monaten (Streuung 0,00 - 23,70 Monate) und das Durchschnittsalter bei 5,42 Monaten (95%-iges Konfidenzintervall (KI) 4,89 - 5,95 Monate). Das mediane Gewicht der Patienten dieser Gruppe betrug 4,80 Kilogramm (2,30 - 12,00 Kilogramm) und das durchschnittliche Gewicht 5,27 Kilogramm (5,06 - 5,49 Kilogramm). Die mediane Beatmungsdauer betrug 96,60 Stunden (2,00 - 3659,00 Stunden) und die durchschnittliche Beatmungsdauer 208,94 Stunden (95%-KI 171,95 – 245,93 Stunden).

Die OP-Dauer betrug im Median 4,20 Stunden (2,07 – 11,87 Stunden). Die durchschnittliche OP-Dauer lag bei 4,74 Stunden (95%-KI 4,57 - 4,92 Stunden).

Der Median des RACHS-1 Score lag bei 2 (1 - 6) und der Durchschnitt bei 2,62 (95%-KI 2,52 - 2,73).

179 Patienten wurden mit einem gecufften Endotrachealtubus intubiert. Dies entspricht 42,2% aller Patienten. Allerdings beinhaltet das Gesamtkollektiv natürlich auch die Kontrollgruppe bei der kein Kind mit einem gecufften Endotrachealtubus intubiert worden war.

Von den untersuchten Patienten im Gesamtkollektiv wiesen 44 (10,4%) eine Trisomie 21 auf. 12 Patienten (2,8%) mussten auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion innerhalb der ersten 12 Stunden nach erfolgreicher Extubation reintubiert werden. (Tab. 1)

Alle untersuchten Patienten	
Anzahl	424
Geschlecht m (%) / w (%)	238 (56,1) / 186 (43,9)
Medianes Alter (Monate)	3,90 (0,00 - 23,70)
Altersdurchschnitt mit 95%-KI (Monate)	5,42 (4,89 - 5,95)
Medianes Gewicht (kg)	4,80 (2,30 - 12,00)
Durchschnittliches Gewicht mit 95%-KI (kg)	5,27 (5,06 - 5,49)
Mediane Beatmungszeit (h)	96,60 (2,00 - 3659,00)
Durchschnittliche Beatmungszeit 95%-KI (h)	208,94 (171,95 – 245,93)
Mediane Dauer der OP (h)	4,20 (2,07 – 11,87)
Durchschnittliche OP-Dauer mit 95%-KI (h)	4,74 (4,57 - 4,92)
Median des RACHS-1 Score	2 (1 - 6)
Durchschnittlicher RACHS-1-Score mit 95%-KI	2,62 (2,52 - 2,73)
Patienten mit gecufften Endotrachealtuben (%)	179 (42,2)
Patienten mit Trisomie 21 (%)	44 (10,4)
Reintubation innerhalb der ersten 12 Stunden nach Extubation auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion (%)	12 (2,8)

Tab. 1 Alle untersuchten Patienten

Angegeben sind Median und Streuung (in Klammern) sowie Durchschnittswert und 95%-iges Konfidenzintervall (KI). kg: Kilogramm, h: Stunden, m: männlich, w: weiblich, RACHS-1: Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery 1, OP: Operation, p-Wert: Signifikanzwert

Statistischer Vergleich von Studien- mit Kontrollgruppe

Von den insgesamt 424 Patienten entfielen 217 (51,1 %) auf die Kontrollgruppe (ohne TEE) und 207 (48,9 %) auf die Studiengruppe (mit TEE).

Die Gruppe ohne TEE beinhaltete 122 männliche (56,2 %) und 95 weibliche (43,8%) Patienten. Das mediane Alter lag bei 3,80 Monaten (Streuung 0,00 - 23,70 Monate) und der Altersdurchschnitt bei 5,52 Monaten (95%-KI 4,84 - 6,33 Monate). Das mediane Gewicht der Patienten dieser Gruppe betrug 4,80 Kilogramm (2,59 – 12,0 Kilogramm) und das durchschnittliche Gewicht 5,21 Kilogramm (95%-KI 4,91 – 5,51 Kilogramm). Die mediane Beatmungsdauer betrug 95,50 Stunden (2,00 - 2329,50 Stunden) und der Durchschnitt der Beatmungsdauer 195,56 Stunden (95%-KI 149,78 - 241,34 Stunden).

Die OP-Dauer betrug im Median 4,02 Stunden (2,07 – 10,58 Stunden). Die durchschnittliche OP-Dauer lag bei 4,45 Stunden (95%-KI 4,23 - 4,67 Stunden).

Der RACHS-1 Score lag im Median bei 2 (1 - 6) und der Durchschnitt bei 2,46 (95%-KI 2,32 - 2,95).

Von den untersuchten Patienten in dieser Gruppe wiesen 23 (10,6%) eine Trisomie 21 auf.

Alle Patienten dieser Gruppe wurden mit einem ungecufften Endotrachealtubus intubiert.

Zwei Patienten dieser Gruppe (0,9%) mussten innerhalb der ersten 12 Stunden auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion reintubiert werden. (Tab. 2)

Die Gruppe mit TEE beinhaltete 116 männliche (56,0 %) und 91 weibliche (44%) Patienten. Das mediane Alter lag bei 4,1 Monaten (0,00 - 23,40 Monate) und der Altersdurchschnitt bei 5,32 Monaten (95%-KI 4,56 - 6,09 Monate). Das mediane Gewicht der Patienten dieser Gruppe betrug 4,80 Kilogramm (2,30 - 12,00 Kilogramm) und das durchschnittliche Gewicht 5,34 Kilogramm (95%-KI 5,02 - 5,66 Kilogramm). Die mediane Beatmungsdauer betrug 97,20 Stunden

(2,60 - 3659,00 Stunden) und die durchschnittliche Beatmungsdauer 222,98 Stunden (95%-KI 164,00 - 281,95 Stunden).

Die OP-Dauer betrug im Median 4,53 Stunden (2,2 – 11,87 Stunden). Die durchschnittliche OP-Dauer lag bei 5,1 Stunden (4,8 - 5,3 Stunden).

Der RACHS-1 Score lag im Median bei 2 (1 - 6) und der Durchschnitt bei 2,8 (95%-KI 2,63 - 2,97).

179 Patienten dieser Gruppe wurden mit einem gecufften Endotrachealtubus intubiert. Dies entspricht 86,5%.

Von den untersuchten Patienten in dieser Gruppe wiesen 21 (10,1%) eine Trisomie 21 auf.

10 Patienten dieser Gruppe (4,8%) mussten innerhalb der ersten 12 Stunden auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion reintubiert werden. Damit ist der Anteil an Patienten, die aufgrund einer schweren Atemwegsobstruktion reintubiert werden mussten, in der TEE-Gruppe statistisch signifikant und fünffach höher als in der Kontrollgruppe. (Tab. 2)

Patienten (n=424)	Ohne TEE	Mit TEE
Anzahl n (%)	217 (51,1)	207 (48,9)
Geschlecht m (%) / w (%)	122 (56,2) / 95 (43,8)	116 (56) / 91 (44)
p-Wert	p = 1,0	
Medianes Alter (Monate)	3,80 (0,00 - 23,70)	4,10 (0,00 - 23,40)
Altersdurchschnitt mit 95%-KI (Monate)	5,52 (4,84 - 6,33)	5,32 (4,56 - 6,09)
p-Wert	p = 0,87	
Medianes Gewicht (kg)	4,80 (2,59 - 12,00)	4,80 (2,30 - 12,00)
Durchschnittliches Gewicht mit 95%-KI (kg)	5,21 (4,91 - 5,51)	5,34 (5,02 - 5,66)
p-Wert	p = 0,61	
Mediane Beatmungszeit (h)	95,50 (2,00 - 2329,50)	97,20 (2,60 - 3659,00)
Durchschnittliche Beatmungszeit mit 95%-KI (h)	195,56 (149,78 - 241,34)	222,98 (164,00 - 281,95)
p-Wert	p = 0,30	
Mediane Dauer der OP (h)	4,02 (2,07 - 10,58)	4,53 (2,2 - 11,87)
Durchschnittliche OP Dauer mit 95%-KI (h)	4,45 (4,23 - 4,67)	5,1 (4,8 - 5,3)
p-Wert	p = 0,001	
Medianer RACHS-1 Score	2 (1 - 6)	2 (1 - 6)
Durchschnittlicher RACHS-1-Score mit 95%-KI	2,46 (2,32 - 2,95)	2,80 (2,63 - 2,97)
p-Wert	p = 0,006	
Patienten mit gecufften Endotrachealtuben (%)	0 (0)	179 (86,5)
p-Wert	p < 0,001	

Patienten mit Trisomie 21 (%)	23 (10,6)	21 (10,1)
p-Wert	p = 1,0	
Reintubation innerhalb der ersten 12 Stunden nach Extubation auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion (%)	2 (0,9)	10 (4,8)
p-Wert	p = 0,018	

Tab. 2: Kontroll- und Studiengruppe im Vergleich

Angegeben sind Median und Streuung (in Klammern) sowie Durchschnittswert und 95%-iges Konfidenzintervall (KI), kg: Kilogramm, h: Stunden, m: männlich, w: weiblich, RACHS-1: Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery 1, OP: Operation, p-Wert: Signifikanzwert

Vergleich erfolgreich extubierter Patienten mit reintubierten Patienten

Insgesamt konnten 412 (97,2%) der Patienten erfolgreich extubiert werden. In dieser Gruppe befanden sich 228 männliche (55,3%) und 184 weibliche (44,6%) Patienten.

Das mediane Alter lag bei 3,88 Monaten (0,00 - 23,73 Monate) und der Altersdurchschnitt bei 5,36 Monaten (95%-KI 4,83 - 5,90 Monate). Das mediane Gewicht der Patienten dieser Gruppe betrug 4,87 Kilogramm (2,30 - 12,00 Kilogramm) und das durchschnittliche Gewicht 5,37 Kilogramm (95%-KI 5,15 - 5,59 Kilogramm). Die mediane Beatmungsdauer betrug 96,9 Stunden (2,00 - 3659,02 Stunden) und die durchschnittliche Beatmungsdauer 211,83 Stunden (95%-KI 173,81 - 249,86 Stunden).

Die mediane OP-Dauer betrug 4,22 Stunden (95%-KI 2,07 – 11,87 Stunden). Die durchschnittliche OP Dauer lag bei 4,74 Stunden (95%-KI 4,57 – 4,92 Stunden)

Der RACHS-1 Score lag im Median bei 2 (1 - 6) und der Durchschnitt bei 2,6 (95%-KI 2,53 - 2,75).

In dieser Kohorte wurden 173 Patienten, was 42,0% entspricht, mit einem gecufften Endotrachealtubus intubiert.

Von den untersuchten Patienten in dieser Gruppe wiesen 41 (9,9 %) eine Trisomie 21 auf.

12 Patienten mussten nach erfolgter Extubation auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion reintubiert werden. In dieser Gruppe befanden sich 10 männliche (83,35%) und 2 (16,65%) weibliche Patienten.

Das mediane Alter lag bei 4,73 Monaten (3,65 - 22,03 Monate) und der Altersdurchschnitt bei 7,36 Monaten (95%-KI 3,27 - 11,44 Monate). Das mediane Gewicht der Patienten dieser Gruppe betrug 5,24 Kilogramm (4,20 – 8,80 Kilogramm) und das durchschnittliche Gewicht 5,67 Kilogramm (95%-KI 4,80 - 6,54 Kilogramm). Die mediane Beatmungsdauer betrug 95,11 Stunden (62,65 - 278,42 Stunden) und die durchschnittliche Beatmungsdauer 109,75 Stunden (95%-KI 72,05 - 147,45 Stunden).

Die OP-Dauer betrug im Median 4,17 Stunden (3,57 - 7,57 Stunden). Die durchschnittliche OP-Dauer lag bei 4,89 Stunden (95%-KI 3,97 - 5,79 Stunden).

Der mediane RACHS-1 Score lag bei 2 (2 - 3) und der Durchschnitt bei 2,33 (95%-KI 2,02 - 2,65).

6 Patienten dieser Kohorte wurden mit einem gecufften Endotrachealtubus intubiert, was 50% dieser Patienten entspricht.

Unter den Patienten in dieser Gruppe lag bei 3 (25%) eine Trisomie 21 vor. (Tab. 3)

Patienten (n=424)	Erfolgreiche Extubation	Reintubation auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion
Anzahl n (%)	412 (97,2 %)	12 (2,8 %)
Durchführung einer iTEE (%)	197 (47,8 %)	10 (83,3 %)
p-Wert	p = 0,02	
Geschlecht m (%) / w (%)	228 (55,3) / 184 (44,6)	10 (83,3) / 2 (16,6)
p-Wert	p = 0,07	
Medianes Alter (Monate)	3,88 (0,00 - 23,73)	4,73 (3,65 - 22,03)
Durchschnittsalter mit 95%-KI (Monate)	5,36 (4,83 - 5,90)	7,36 (3,27 - 11,44)
p-Wert	p = 0.09	
Medianes Gewicht (kg)	4,87 (2,30 - 12,00)	5,24 (4,20 - 8,80)
Durchschnittliches Gewicht mit 95%-KI (kg)	5,37 (5,15 - 5,59)	5,67 (4,80 - 6,54)
p-Wert	p = 0,26	
Mediane Beatmungszeit (h)	96,90 (2,00 - 3659,02)	95,11 (62,65 - 278,42)
Durchschnittliche Beatmungszeit mit 95%-KI (h)	211,83 (173,81 - 249,86)	109,75 (72,05 - 147,45)
p-Wert	p = 0,81	
Mediane Dauer der OP (h)	4,22 (2,07 - 11,87)	4,17 (3,57 - 7,57)
Durchschnittliche OP Dauer Median mit 95%-KI (h)	4,74 (4,57 - 4,92)	4,89 (3,97 - 5,79)
p-Wert	p = 0,51	
Medianer RACHS-1 Score	2 (1 - 6)	2 (2 - 3)
Durchschnittlicher RACHS-	2,64 (2,53 - 2,75)	2,33 (2,02 - 2,65)

1-Score mit 95%-KI		
p-Wert	p = 0,53	
Patienten mit gecufften Endotrachealtuben (%)	173 (42,0)	6 (50)
p-Wert	p = 0,77	
Patienten mit Trisomie 21 (%)	41 (9,9)	3 (25,0)
p-Wert	p = 0,12	

Tab. 3 Erfolgreich extubierte Patienten mit reintubierten Patienten im Vergleich

Angegeben sind Median und Streuung (in Klammern) sowie Durchschnittswert und 95%-iges Konfidenzintervall (KI), kg: Kilogramm, h: Stunden, m: männlich, w: weiblich, RACHS-1: Risk Adjustment for Congenital Heart Surgery 1, OP: Operation, p-Wert: Signifikanzwert

Analyse der Daten der reintubierten Patienten

In der Gruppe der 12 reintubierten Patienten wiesen alle Patienten präoperativ unauffällige Entzündungswerte bezüglich CRP und Leukozyten auf und präsentierten präoperativ klinisch keine Anzeichen für eine Infektion.

Die beiden Patienten in der Kontrollgruppe, die reintubiert werden mussten, waren männlichen Geschlechts. Bei dem jüngeren der beiden Patienten (3 Monate) (Pat. 1) lag neben einer Trisomie 21 ein atrioventrikulärer Septumdefekt (AVSD) vor, der durch Patchverschluss korrigiert wurde. Der ältere Patient (5 Monate) (Pat. 2) hatte ein hypoplastisches Linksherzsyndrom (HLHS) als Grunderkrankung und erhielt eine Revision eines Sano-Shunts. Der Operation des ersten Patienten ist ein RACHS-1 Score von 2, der Operation des zweiten Patienten ein RACHS-1 Score von 3 zugeordnet. In beiden Fällen wurde ein ungecuffter Endotrachealtubus zur Intubation verwendet. Beide Patienten erhielten vor der Entscheidung zur Reintubation Suprarenin inhalativ und Prednisolon systemisch.

Der jüngere Patient musste auf Grund einer starken Schwellung der oberen Atemwege 3 Stunden und 12 Minuten nach erfolgter Extubation reintubiert werden.

Der ältere Patient entwickelte nach erfolgter Extubation einen ausgeprägten in- und expiratorischen Stridor und musste nach knapp 10 Stunden reintubiert werden.

In der TEE-Gruppe fanden sich zwei weibliche und acht männliche Patienten, die aufgrund einer oberen Atemwegsobstruktion reintubiert werden mussten. Das eine der beiden Mädchen wurde im Alter von 4 (Pat. 3), das andere im Alter von 6 Monaten (Pat. 6) operiert. Bei beiden Patientinnen lag ein VSD vor, der verschlossen wurde. Somit wurden beide Patientinnen einer Operation mit einem RACHS-1 Score von 2 unterzogen. In beiden Fällen wurde ein gecuffter Endotrachealtubus verwendet. Beide Patientinnen wiesen kein Vorliegen einer genetischen Aberration auf. Das ältere der beiden Mädchen erhielt postextubationem Prednisolon systemisch. Das jüngere nicht.

Das jüngere Mädchen fiel postextubationem klinisch mit einem Stridor und Belastungsdysponoe auf, so dass sie 6 Stunden und 54 Minuten nach erfolgter Extubation reintubiert werden musste.

Das ältere Mädchen präsentierte einen inspiratorischen Stridor durch geschwollene Atemwege und musste schließlich 42 Minuten nach erfolgter Extubation reintubiert werden. Postreintubationem wurde zudem Diprogenta-Salbe® (Gentamicin, Betamethason) topisch appliziert.

Bei dem ersten männlichen Patient (Pat. 4) der TEE-Gruppe wurde in einem Alter von 3 Monaten eine Fallot'schen Tetralogie operativ korrigiert. Dieser Operation ist ebenfalls ein RACHS-1 Score von 2 zugeordnet. Er wurde mit einem ungecufften Endotrachealtubus intubiert. Dieser Patient wies keine Trisomie 21 auf. Er konnte erfolgreich extubiert werden und erhielt postextubationem Prednisolon systemisch. Im weiteren Verlauf entwickelte dieser Patient einen inspiratorischen Stridor mit Nasenflügeln und musste trotz sechsmaliger inhalativer Applikation von Suprarenin 6 Stunden nach erfolgter Extubation reintubiert werden.

Der nächste Patient (Pat. 5) in unserer Auswertung wurde im Alter von 19 Monaten einer Korrekturoperation bei einer supraavalvulären Aortenstenose unterzogen. Dieser Operation ist ein RACHS-1 Score von 3 zugeordnet. Bei

diesem Patienten lag ebenfalls keine Trisomie 21 vor. In diesem Fall wurde ein gecuffter Endotrachealtubus zur Intubation verwendet. Der Patient erhielt präextubationem Prednisolon systemisch. Im weiteren Verlauf entwickelte er einen Stridor sowie Ruhedyspnoe. Aus diesem Grund musste er 1 Stunde und 45 Minuten nach erfolgter Extubation reintubiert werden. Bronchoskopisch zeigte sich eine Tracheitis.

Der nächste Patient (Pat. 7) erhielt im Alter von 22 Monaten eine Mitralklappenrekonstruktion. Dieser Operation ist ein RACHS-1 Score von 3 zugeordnet. Die Intubation erfolgte mittels gecufftem Endotrachealtubus. Der Patient wies eine Trisomie 21 auf. Er erhielt präextubationem Prednisolon systemisch. Im weiteren Verlauf entwickelte er einen Stridor, der zunächst mittels zweimaliger Suprarenininhalation konservativ zu therapieren versucht worden war. Schließlich musste der Patient bei persistierender Symptomatik dennoch eine Stunde nach erfolgter Extubation reintubiert werden.

Der nächste Patient (Pat. 8) wurde im Alter von 4 Monaten einer Korrekturoperation bei Fallot'scher Tetralogie unterzogen. Dieser Operation ist ein RACHS-1 Score von 2 zugeordnet. Bei ihm lag keine Chromosomenaberration vor. In diesem Fall wurde ein ungecuffter Endotrachealtubus bei der initialen Operation verwendet. Der Patient erhielt präextubationem systemisch Prednisolon sowie unmittelbar postextubationem Suprarenin inhalativ. Er entwickelte dennoch im Verlauf einen ausgeprägten Stridor aufgrund einer ödematösen Verschwellung der Epiglottis, sowie der Aryknorpel und Stimmbänder. Dieser Patient musste 40 Minuten nach erfolgter Extubation reintubiert werden.

Der nächste Patient (Pat. 9) wies ein univentrikuläres Herz auf. Aus diesem Grund wurde er im Alter von 3 Monaten einer Operation mit Patcherweiterung der Aorta unterzogen. Dieser Operation ist ein RACHS-1 Score von 3 zugeordnet. Auch bei diesem Patienten wurde ein ungecuffter Endotrachealtubus zur initialen Intubation verwendet. Er wies keine Chromosomenaberration auf. Dieser Patient erhielt weder prä- noch postextubationem Prednisolon oder Suprarenin. Auch präreintubationem erhielt

der Patient keine Corticosteroide oder Katecholamine. Aus der Dokumentation geht jedoch hervor, dass er einen ausgeprägten Stridor mit CO₂-Retention entwickelte, woraufhin er 53 Minuten nach erfolgter Extubation reintubiert werden musste.

Patient 10 erhielt im Alter von 6 Monaten eine bidirektionale cavopulmonale Anastomose (bidirektionale Glenn-Anastomose) als zweiten Teilschritt der univentrikulären Palliation eines hypoplastischen Linksherzsyndroms (HLHS). Dieser Prozedur ist ein RACHS-1 Score von 2 zugeordnet. Bei ihm wurde ein gecuffter Endotrachealtubus zur initialen Intubation verwendet. Der Patient wies keine Trisomie 21 auf. Dieser Patient erhielt präextubationem kein Prednisolon, jedoch Suprarenin inhalativ unmittelbar nach der Extubation. Im Verlauf entwickelte dieser Säugling eine ausgeprägte Tachydyspnoe mit inspiratorischem Stridor, woraufhin zunächst repetitiven Gaben inhalativen Adrenalins appliziert wurden und schließlich nach frustraner konservativer Therapie 9 Stunden und 10 Minuten nach erfolgter Extubation die Reintubation erfolgen musste.

Bei dem nächsten Patient (Pat. 11) wurde im Alter von 4 Monaten ein Ventrikelseptumdefekt durch Patchverschluss korrigiert. Dieser Operation ist ein RACHS-1 Score von 2 zugeordnet. Die initiale Intubation erfolgte mit einem ungecufften Endotrachealtubus. Dieser Patient wies eine Trisomie 21 auf. Er erhielt präextubationem Prednisolon systemisch sowie Suprarenin inhalativ postextubationem. Dieser Patient entwickelte nach der Extubation einen deutlichen Stridor mit einer konsekutiven hypoxischen Bradykardie. Aus diesem Grund musste der Patient über 3 Minuten reanimiert werden. Er konnte nur erschwert mit Hilfe des kleinsten Bronchoskops reintubiert werden. Dies war 2 Stunden und 9 Minuten nach erfolgter Extubation.

Der letzte Patient (Pat. 12) präsentierte ein hypoplastisches Linksherzsyndrom (HLHS). Nach neonataler Palliation wurde im Alter von 4 Monaten eine bidirektionale Glenn-Anastomose angelegt. Dieser Operation entspricht ein RACHS-1 Score von 2. Auch hier kam zur initialen Intubation ein gecuffter Endotrachealtubus zu Anwendung. Dieser Patient wies keine Trisomie 21 auf.

Er erhielt präextubationem kein Prednisolon. Postextubationem wurde Adrenalin inhalativ appliziert. Dennoch entwickelte der kleine Patient im Verlauf einen inspiratorischen Stridor, weswegen er 2 Stunden und 27 Minuten nach erfolgter Extubation reintubiert werden musste.

Im Falle der Patienten, bei denen nach Reintubation eine Laryngotracheobronchoskopie durchgeführt wurde, zeigte sich jeweils eine starke Schwellung der Glottis sowie des subglottischen Bereichs.

Alle reintubierten Patienten wurden mechanisch beatmet und nach spätestens drei Tagen nach erfolgreichem Weaningprozess erneut extubiert. Dieser zweiter Extubationsversuch war nun bei allen Patienten erfolgreich. Keiner der Patienten verstarb im Rahmen des Krankenhausaufenthaltes.

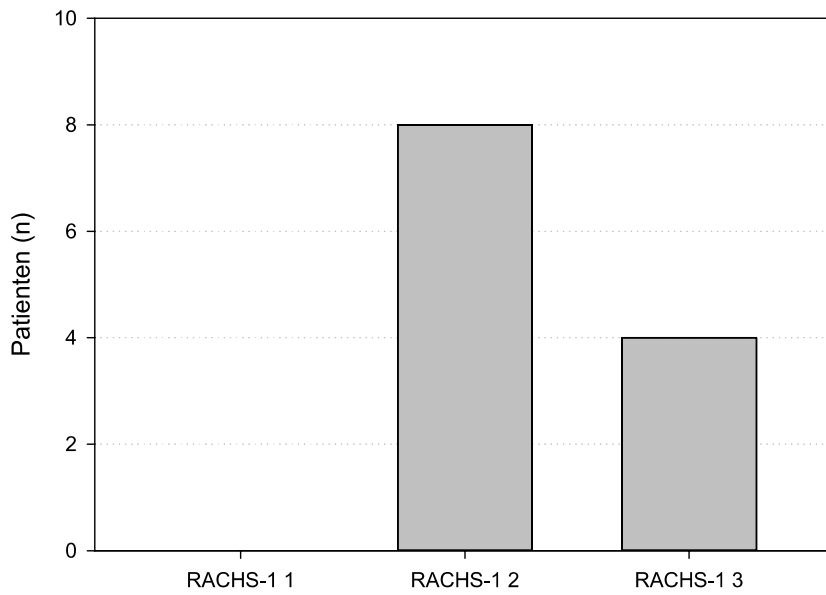


Abb. 2: Verteilung RACHS-1 Score aller reintubierter Patienten

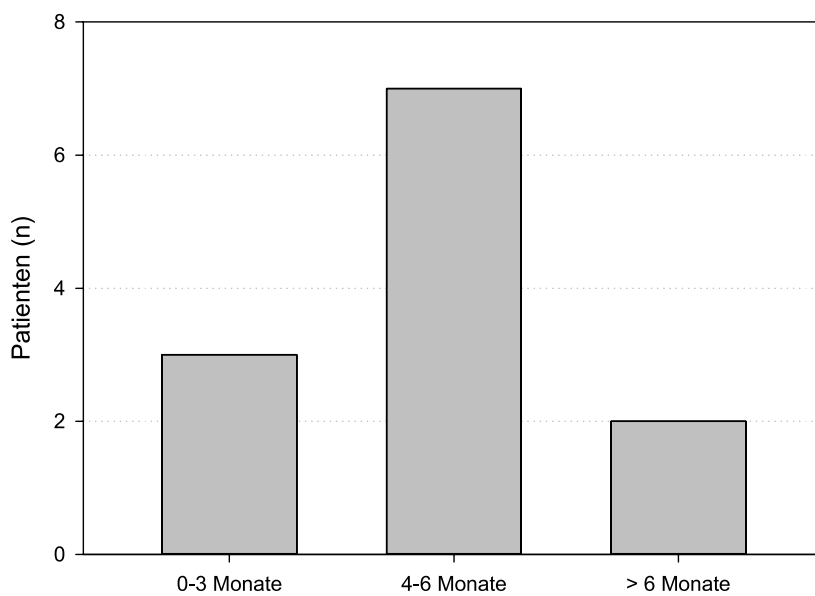


Abb. 3: Alter zum Zeitpunkt der Operation der reintubierten Patienten

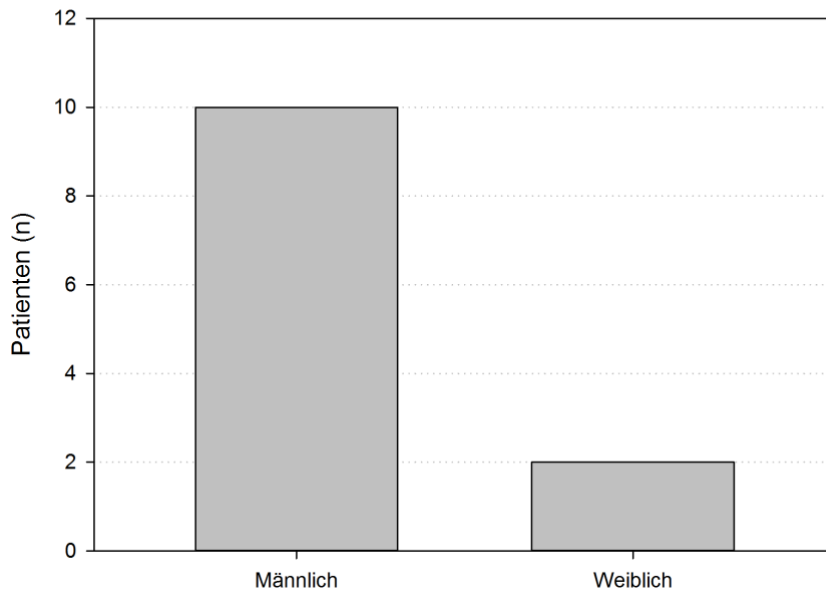


Abb. 4: Geschlechterverteilung aller reintubierter Patienten

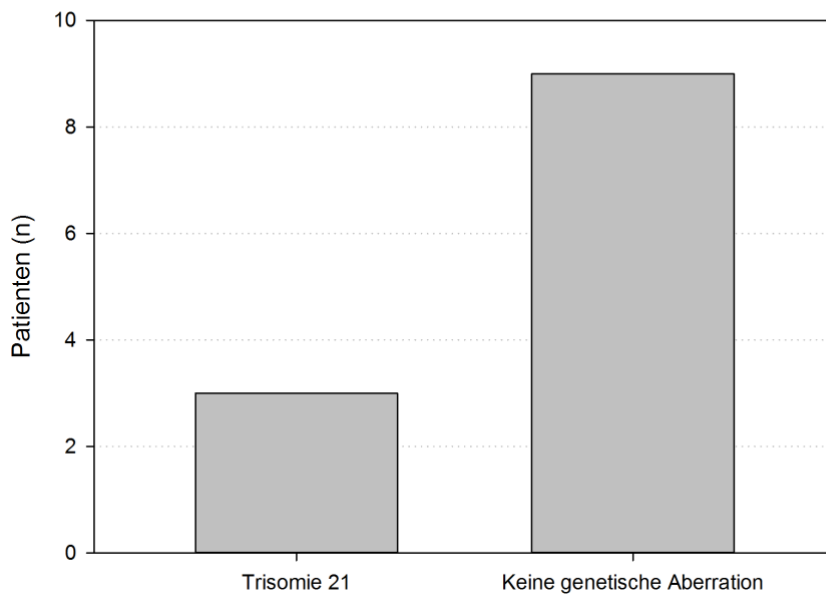


Abb. 5: Anzahl der Trisomie 21 Patienten unter den Reintubierten



Abb. 6: Verteilung der Verwendung gecuffter zu ungecufften Endotrachealtuben unter den reintubierten Patienten

#	Alter (Mon.)	Geschlecht	Gewicht (kg)	RACHS-1	Cuff	T21	OP-Dauer (h)	iTEE	Beatmungsdauer (h)	Reintubation (h)	Steroide	CRP/WBC	Operation
1	3	M	4.9	2	nein	ja	03:15	nein	33:50	3:12	ja	negativ	VSD-Verschluss
2	5	W	4.5	3	nein	nein	05:23	nein	25:47	9:57	ja	negativ	HLHS, Revision Sano-Shunt
3	4	W	4.9	2	ja	nein	03:18	ja	174:40	6:54	nein	negativ	VSD Verschluss
4	3	M	5.4	2	nein	nein	03:05	ja	29:30	6:00	ja	negativ	Fallot Korrektur
5	19	M	9.6	3	ja	nein	03:02	ja	24:30	1:45	ja	negativ	Korrektur Supravalvuläre Aortenstenose
6	6	W	4.6	2	ja	nein	03:00	ja	27:53	0:42	ja	negativ	VSD-Verschluss
7	22	M	8.8	3	ja	ja	04:54	ja	12:33	1:00	ja	negativ	Mitralklappenrekonstruktion
8	4	M	5.6	2	nein	nein	05:32	ja	34:30	0:40	ja	negativ	Fallot Korrektur
9	3	M	6.8	3	nein	nein	06:08	ja	27:45	0:53	nein	negativ	HLHS, Patcherweiterung Aorta
10	6	M	5.8	2	ja	nein	03:27	ja	12:09	9:10	ja	negativ	Glenn-Operation
11	4	M	4.2	2	nein	ja	03:17	ja	123:31	2:09	ja	negativ	VSD-Verschluss
12	4	M	6.6	2	ja	nein	07:06	ja	12:29	2:27	nein	negativ	Glenn-Operation

Tab. 4: Überblick über die Daten der reintubierten Patienten der Kontroll- und Studiengruppe, Mon.: Monate, kg: Kilogramm, h: Stunden

Analyse der Daten von Studien- und Kontrollgruppe

Vergleicht man nun die Gruppe der Patienten ohne intraoperatives TEE mit der Gruppe, die ein intraoperatives TEE erhalten hat, miteinander (Tab. 2), so zeigt sich eine homogene Aufteilung der Fälle in 51,1% (Kontrollgruppe) und 48,9% (Studiengruppe). Mit einem p-Wert von $p=1,0$ ist die Geschlechterverteilung in beiden Gruppen gleich. Auch das mediane Alter mit einem Signifikanzwert von $p=0,87$ unterscheidet sich in beiden Gruppen nicht (Abb. 7). Ebenso verhält es sich mit dem medianen Gewicht ($p=0,61$) und der medianen Dauer der mechanischen Beatmung ($p=0,30$) (Abb. 8 und 9). Auch die Verteilung von Patienten mit einer Trisomie 21 ist in beiden Gruppen gleich ($p = 1,0$) (Abb. 10).

Statistisch signifikant unterscheiden sich die beiden Gruppen in Bezug auf die Dauer der Operation ($p=0,001$) und den erhobenen RACHS-1 Score ($p=0,006$) (Abb. 11 und 12): Patienten, die ein intraoperatives TEE erhalten hatten, wiesen eine längere OP-Dauer und einen durchschnittlich höheren RACHS-1 Score auf.

In der TEE-Gruppe war die Reintubationsrate statistisch signifikant ($p=0,018$) um ein Fünffaches höher als in der Kontrollgruppe (Abb. 13). Die Auswertung stützt diesbezüglich die subjektive Beobachtung, dass seit der Einführung einer iTEE die Reintubationsrate aufgrund einer schweren Atemwegsobstruktion angestiegen ist.

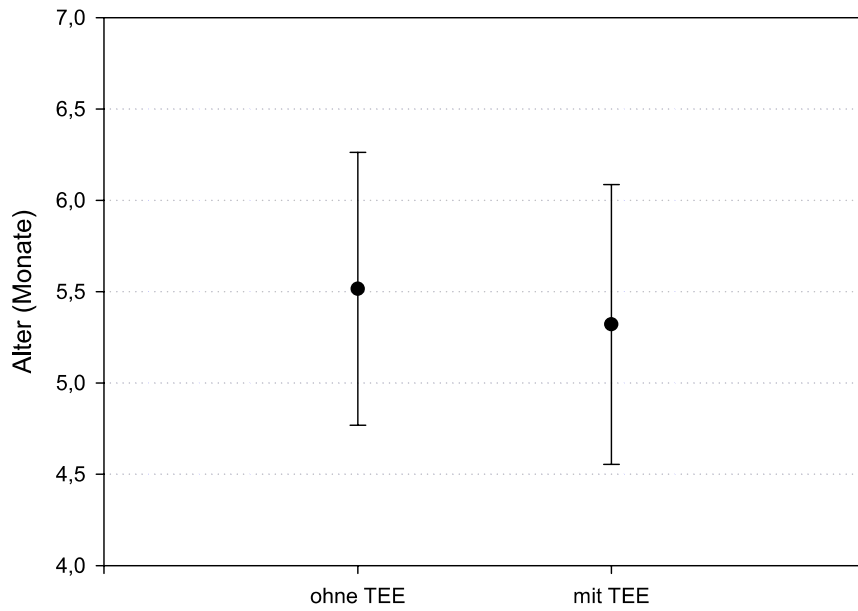


Abb. 7: Vergleich des Alters der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe ohne intraoperatives TEE

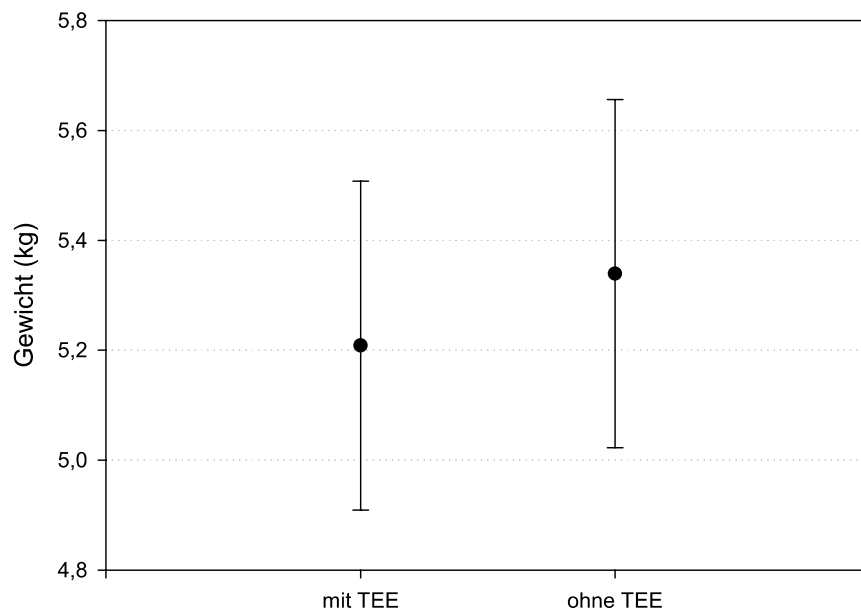


Abb. 8: Vergleich des Gewichts der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe ohne intraoperatives TEE

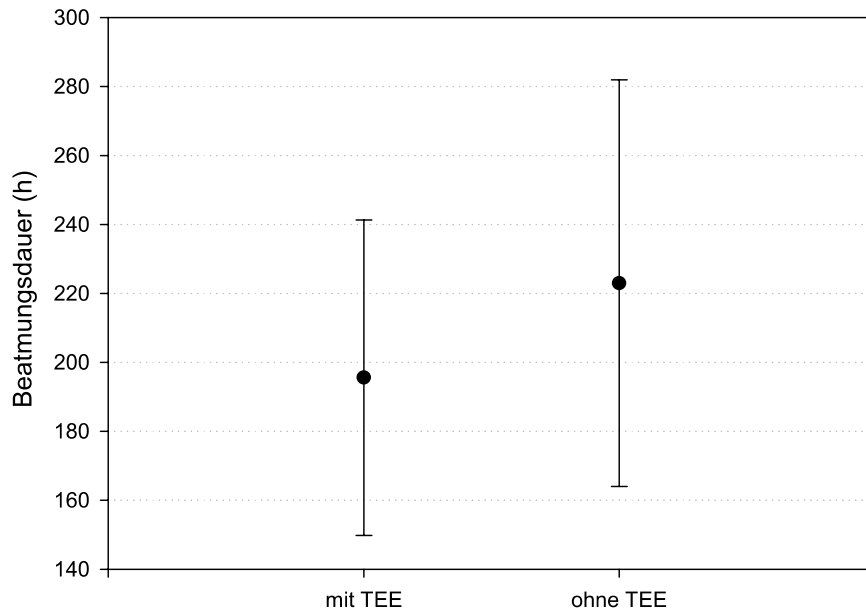


Abb. 9: Vergleich der Beatmungsdauer der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe ohne intraoperatives TEE

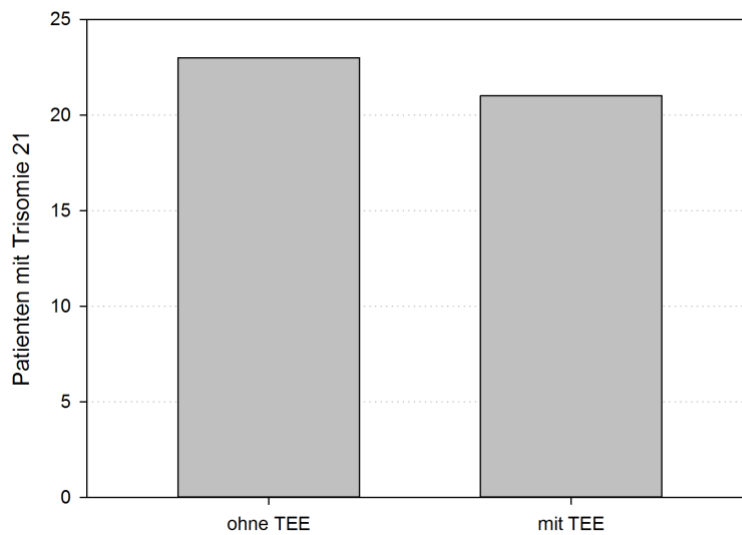


Abb. 10: Vergleich Vorliegen Trisomie 21 in der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe ohne intraoperatives TEE

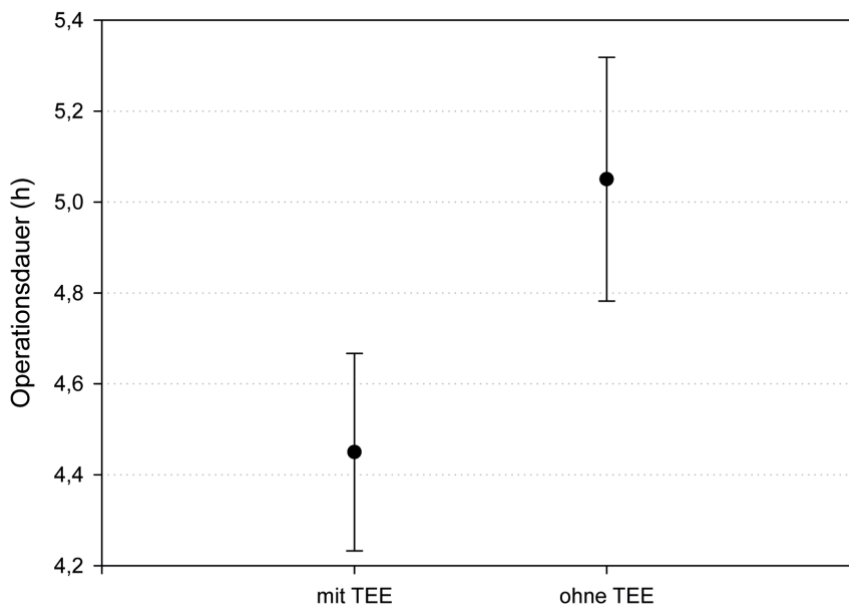


Abb 11: Vergleich der Operationsdauer in der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe ohne intraoperatives TEE

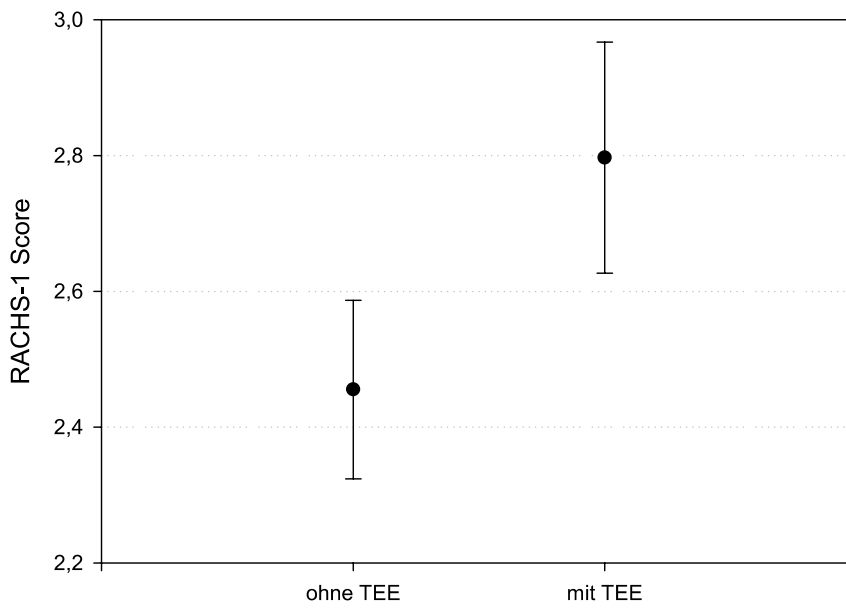


Abb. 12: Vergleich RACHS-1 Score der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe ohne intraoperatives TEE

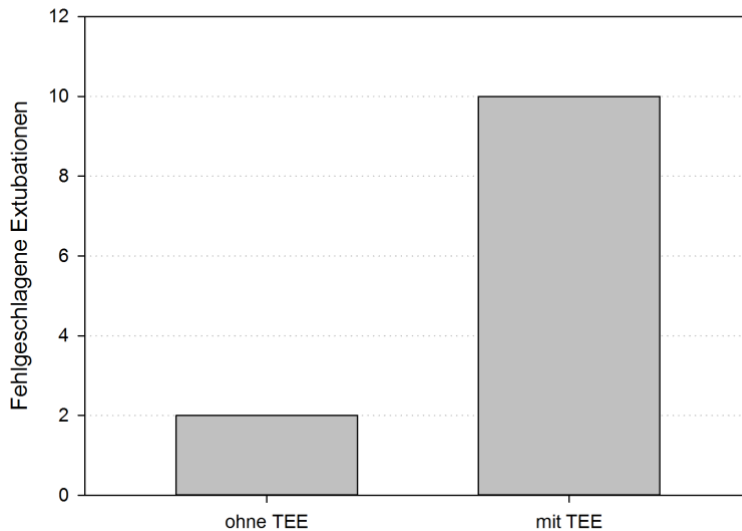


Abb 13: Vergleich der Reintubationsrate der Gruppe mit intraoperativem TEE mit der Gruppe ohne intraoperatives TEE

Vergleichende Analyse der Daten erfolgreich extubierter im Vergleich zu reintubierten Patienten

Vergleicht man nun die Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten mit den Patienten, die reintubiert wurden (Tab. 3), so zeigt sich bezüglich der Geschlechterverteilung ($p=0,07$) keine statistisch signifikante Abweichung der Verteilung. Ebenso lässt sich kein statistischer Unterschied bei Alter ($p=0,09$), Gewicht ($p=0,26$), Dauer der Beatmung ($p=0,81$) und des Vorhandenseins einer Trisomie 21 ($p=0,12$) nachweisen (Abb. 14-18). Obwohl sich TEE-Gruppe und Kontrollgruppe signifikant in der Schwere der Operation (gemessen am RACHS-1 Score) wie auch der Operationsdauer unterscheiden (siehe oben), gab es zwischen den erfolgreich extubierten sowie reintubierten Patienten diesbezüglich keine signifikanten Unterschiede ($p=0,53$, beziehungsweise $p=0,51$) (Abb. 19 und 20).

Betrachtet man die Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten in Hinblick auf die Verwendung gecuffter und ungecuffter Tuben, so zeigt sich, dass unter den

erfolgreich extubierten Patienten mehr mit einem ungecufften Tubus intubiert worden waren. 173 (42 %) der erfolgreich extubierten Patienten waren mit einem gecufften Tubus intubiert. Demgegenüber waren 6 (50 %) der 12 reintubierten Patienten ursprünglich mit einem gecufften Tubus intubiert ($p = 0,77$) (Abb. 21).

Insgesamt wurden 197 Patienten, die ein intraoperatives TEE erhalten hatten, und 215, die keines erhalten hatten, erfolgreich extubiert. Allerdings mussten in der TEE-Gruppe 10 Patienten innerhalb der ersten 12 Stunden nach primär erfolgter Extubation reintubiert werden, wohingegen in der Kontrollgruppe lediglich 2 Patienten reintubiert werden mussten. (Abb. 22).

Zur Bestätigung dieser Ergebnisse und um einen Zusammenhang zwischen der einzelnen Faktoren und einer schweren oberen Atemwegsobstruktion sicher auszuschließen, wurde zusätzlich eine logistische Regressionsanalyse durchgeführt (Tab. 5). Da alle 12 Kinder, die nicht erfolgreich extubiert werden konnten, einen RACHS-1 Score kleiner oder gleich 3 aufwiesen, wurde der Score aus der Analyse ausgeschlossen. Weil das Patientenalter und deren Gewicht stark korrelieren, wurde stellvertretend für beide Parameter nur das Patientengewicht in die Analyse einbezogen.

Die Regressionsanalyse zeigte eine signifikante Korrelation zwischen der Durchführung einer iTEE und fehlgeschlagener Extubation (Odds Ratio (OR) 5,64, 95%-KI 1,18 – 27,05, $p = 0,030$). Ein Zusammenhang zwischen Geschlecht (OR 4,53, 95%-KI 0,93 – 22,05, $p = 0,061$), Gewicht (OR 1,07, 95%-KI 0,82 – 1,40, $p = 0,601$), Operationsdauer (OR 1,04, 95%-KI 0,74 – 1,44, $p = 0,834$), Beatmungsdauer (OR 1,00, 95%-KI 0,99 – 1,00, $p = 0,998$) und Vorhandensein einer Trisomie 21 (OR 3,47, 95%-KI 0,83 – 14,56, $p = 0,089$) wurde nicht nachgewiesen.

Separate Durchführungen von Vorwärtsselektions- und Rückwärtseliminationsanalysen schlossen für diese Patientenkohorte mit Ausnahme der Variable „Durchführung einer iTEE“ alle anderen Parameter als potentielle Kofaktoren für eine schwere obere Atemwegsobstruktion aus.

Somit erscheint die Durchführung einer iTEE ein Faktor zu sein, der nach Extubation zu einer schweren Schwellung der oberen Atemwege beitragen kann (Tab. 5).

Risikofaktor	Regressionskoeffizient	Standardfehler	Differenz für Odds Ratio	95%-KI	p-Wert
Geschlecht (m/w)	1,511	0,81	4,53	0,93 – 22.05	0,061
Gewicht (kg)	0,070	0,14	1,07	0,82 – 1.40	0,601
Operationsdauer (h)	0,035	0,17	1,04	0,74 – 1.44	0,834
Beatmungsdauer (h)	- 0,002	0,003	1,00	0,99 – 1.00	0,998
Trisomie 21	1,244	0,73	3,47	0,83 – 14.56	0,089
Durchführung einer iTEE	1,731	0,80	5,64	1,18 – 27.05	0,030

Tab. 5: Multiple logistische Regressionsanalyse für die Entwicklung einer schweren oberen Atemwegsobstruktion mit Notwendigkeit einer Reintubation nach kinder-kardi-chirurgischer Operationen. kg: Kilogramm, h: Stunden, iTEE: intraoperative transösophageale TEE, KI: Konfidenzintervall

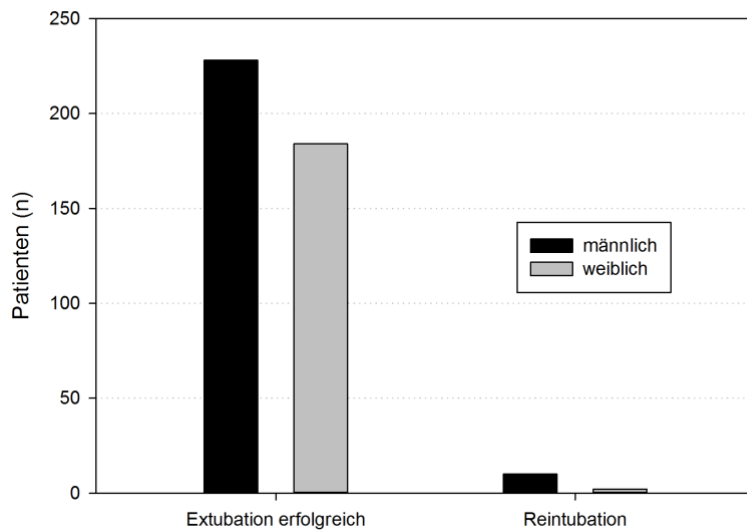


Abb. 14: Vergleich der Geschlechterverteilung der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten

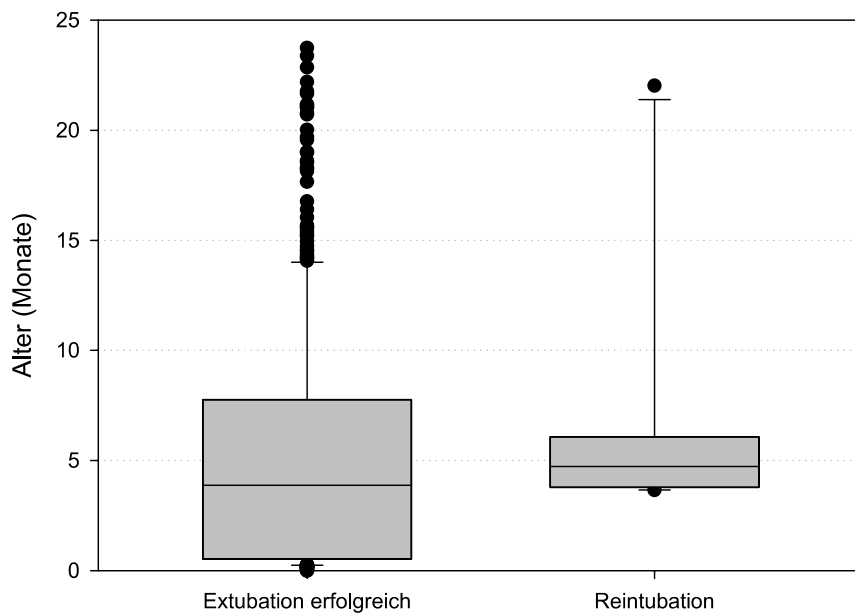


Abb. 15: Vergleich des Alters der Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten

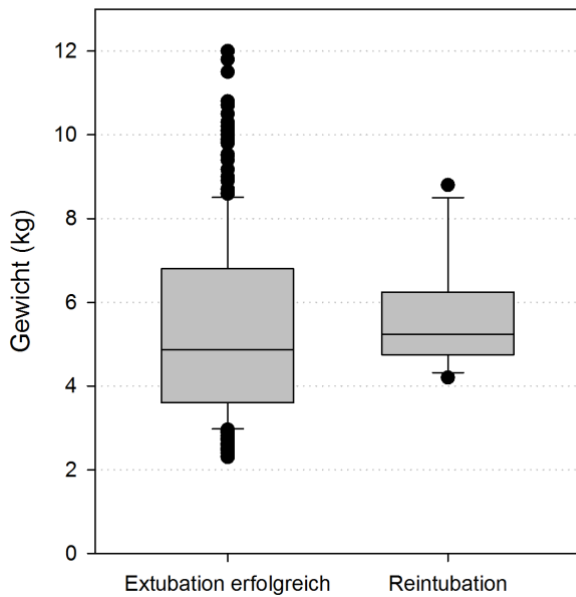


Abb. 16: Vergleich des Gewichts der Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten

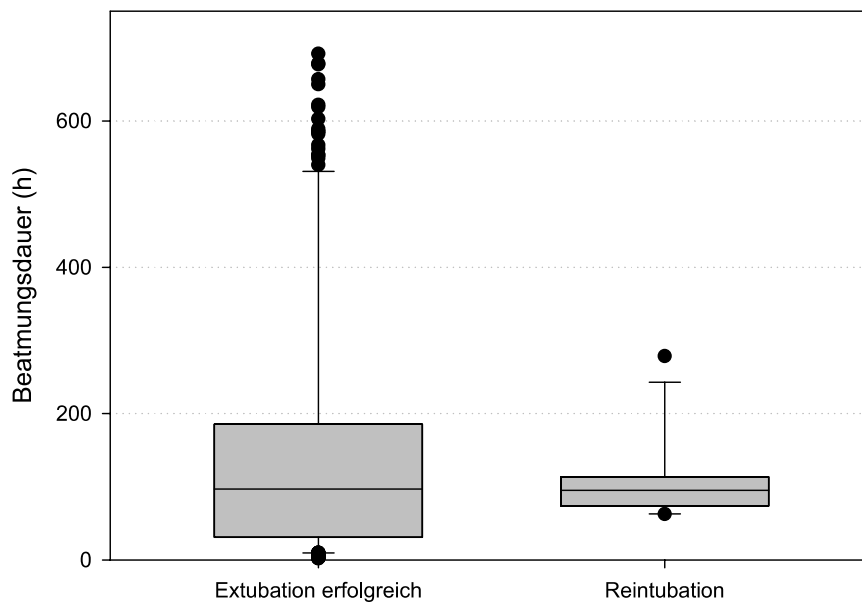


Abb. 17: Vergleich der Beatmungsdauer der Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten

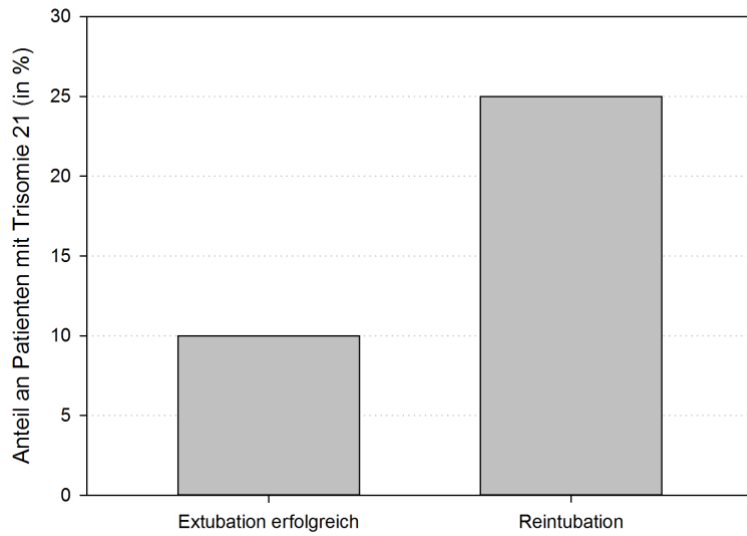


Abb 18: Vergleich der Häufigkeit des Vorliegens einer Trisomie 21 in der Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten

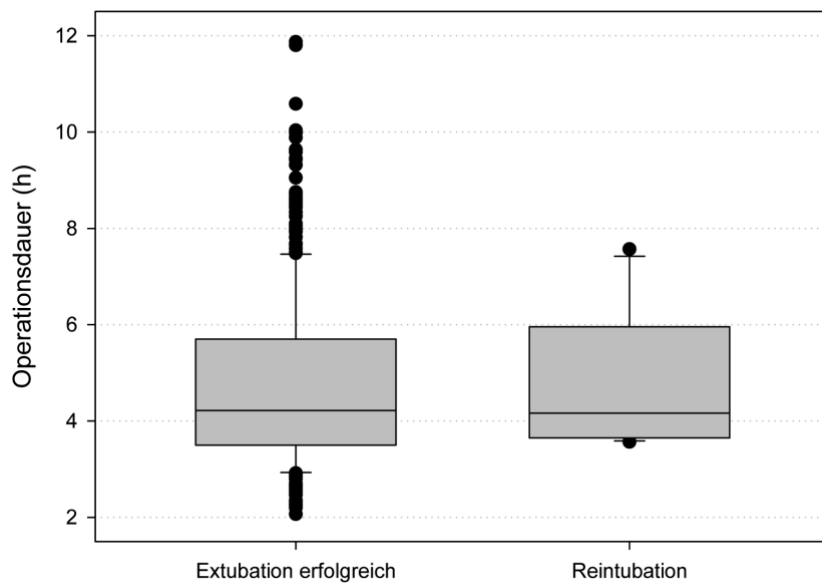


Abb. 19: Vergleich Dauer der OP der Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten

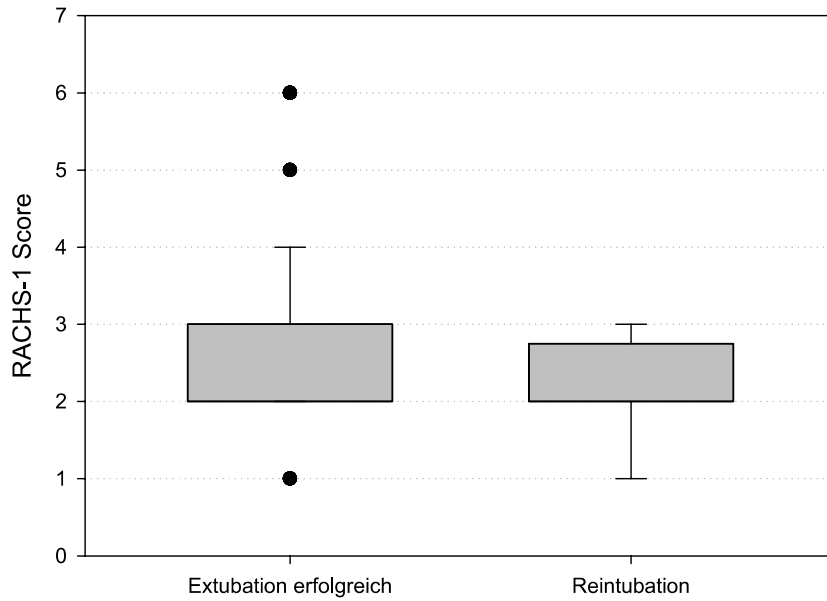


Abb. 20: Vergleich des RACHS-1 Scores der Gruppe der erfolgreich extubierten Patienten mit der Gruppe der reintubierten Patienten

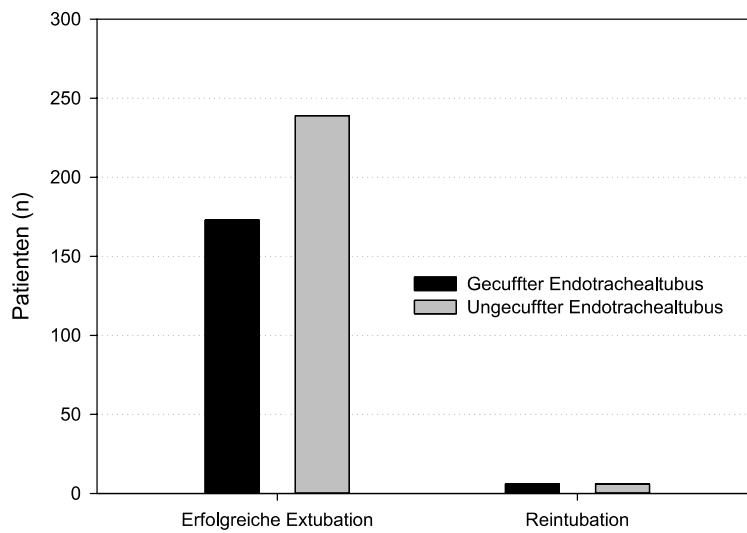


Abb. 21: Vergleich der Verwendung gecuffter und ungecuffter Endotrachealtuben unter der Gruppe der erfolgreich Extubierten und der der Reintubierten

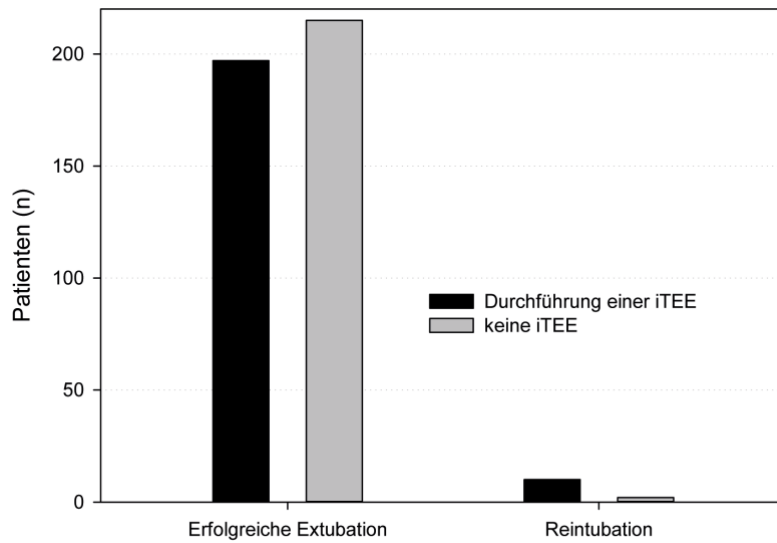


Abb. 22: Anteil der Patienten mit iTEE und ohne iTEE an der Gruppe der erfolgreich Extubierten und der Reintubierten

Diskussion

Werden herzchirurgische Eingriffe bei Kindern, Kleinkindern, Säuglingen oder Neonaten durchgeführt so liegt häufig eine weitaus schwierigere Situation als bei Erwachsenen vor.

Die Neugeborenen, teils auf Grund des angeborenen Herzfehlers auch frühgeboren, bedürfen häufig sehr komplexer rekonstruktiver Herzoperationen. Hier bieten diese Patienten auf Grund ihres Alters, ihres Gewichts, der Unreife und der Schwere der Herzfehler mannigfaltige Schwierigkeiten und Besonderheiten.

Um die kleinen Patienten operieren zu können, benötigen sie umfangreiches, teils invasives Monitoring, diverse Zugänge und natürlich einen Tubus zur Beatmung. Deshalb besteht ein deutlich erhöhtes Risiko auf Komplikationen im Rahmen der Intubationsnarkose und des peri- und postoperativen Verlaufs.

Die Anatomie des Larynx der Kleinen weist zusätzliche Besonderheiten auf, die es zu beachten gilt. Im Gegensatz zum Erwachsenen liegt die engste Stelle im Larynx eines Neugeborenen unterhalb der Glottisebene und nicht wie beim Erwachsenen auf Glottisebene. Somit kann die Einlage von oesophagealen Sonden jeglicher Art zu einer Kompression der Trachea von außen führen. Außerdem ist das Gewebe der kleinen Patienten gegenüber geringsten Manipulationen sehr empfindlich und es kann leicht zu Schwellungen auf Grund von Ödemen oder kleinen Schleimhauteinblutungen nach einer Manipulation kommen. Bei ohnehin sehr beengten Verhältnissen können hier rasch klinisch apparente Symptome vom inspiratorischen Stridor bis hin zu einer kompletten Verlegung der oberen Atemwege auftreten.

Da man bis vor einigen Jahren befürchtete, dass ein gecuffter Tubus eine Schwellung der oberen Atemwege bei den kleinen Patienten verstärken könnte und man davon ausging, dass die Trachea von Neugeborenen und Kleinkindern im Querschnitt rund ist, verwendete man ungeblockte Tuben, um die Trachea bestmöglich bei gleichzeitig geringstmöglichem Gewebetrauma abdichten zu können. Man bestimmte die Größe des Tubus nach der

modifizierten Cole Formel [14]. Im Laufe der Zeit zeigte sich jedoch, dass gerade bei nicht gecufften Tuben einige Probleme auftreten. Da die Tubusgröße anhand einer groben Formel abgeschätzt wird, kommt es immer wieder vor, dass ein zu großer oder zu kleiner Tubus gewählt wird und somit nach initialer Intubation der Patient umintubiert werden muss. Dies führt ganz offensichtlich zu einer erheblichen Manipulation an den oberen Atemwegen, was zu einer Häufung von Komplikationen führt [15]. Eine 2017 von Mastropietro et al. veröffentlichte Studie analysierte in 7 kinderherzchirurgischen Zentren in den USA insgesamt 283 Patienten nach kardiochirurgischen Eingriffen. Hier konnte gezeigt werden, dass die Verwendung von ungecufften Endotrachealtuben ein unabhängiger Risikofaktor für die Reintubation nach zunächst erfolgreicher Extubation ist [16]. Zudem zeigte sich in vielen Fällen, dass bei ungeblockten Tuben ein genaues Monitoring der Narkose- und Frischgase nicht möglich ist, da eine nicht unerhebliche Menge Gases neben dem Tubus ausströmt. Dies liegt zum einen daran, dass die ungecufften Tuben häufig nicht exakt passen, zum anderen aber daran, dass die Trachea von Neugeborenen und Kleinkindern wie bereits erwähnt im Querschnitt eben nicht – wie damals postuliert – rund, sondern oval ist. Khine et al. konnten in einer prospektiv randomisierten Kohortenstudie nachweisen, dass in 37% der Narkosen bei Kindern bis acht Jahren, die mit einem ungeblockten Tubus intubiert wurden, die Lachgasgrenzwerte im OP überschritten wurden [14]. Dies ist ein eindeutiger Parameter, der zeigt, in wie vielen Fällen tatsächlich falsche Tubusgrößen zum Einsatz kamen. Da die Bedenken der behandelnden Anästhesisten oft groß sind, eine Verletzung durch einen zu großen Tubus zu setzen, neigen viele dazu eher einen tendenziell zu kleinen Tubus zu verwenden. Selbst wenn der Tubus optisch die Glottisebene bei der Intubation gut abgedichtet hat, so ließen sich, wie diese Studie zeigte, dennoch erhöhte Lachgaskonzentrationen in der Umgebungsluft im Operationssaal nachweisen.

Daher ging der Trend in den letzten Jahren dahin, routinemäßig auch Neugeborene mit einem gecufften Tubus zu intubieren. Es wurden von Seiten der Industrie vielfältige Modelle entwickelt bis sich überwiegend der sogenannte

Microcuff Pädiatrietubus durchsetzte [17]. Anfänglich bestand noch eine große Skepsis ob gecuffte Tuben nicht zu einer höheren Rate an Reintubationen auf Grund von Postextubationsstridor führen. Hier konnten aber Weiss et al. 2009 in einer großen kontrollierten, prospektiv-randomisierten Multicenterstudie mit 2246 untersuchten Fällen sowie 2012 in einem Review zu diesem Thema keine höhere Rate an Postextubationsstridor nachweisen [15, 18].

Es wurden zur Stratifizierung der Risiken für einen Postextubationsstridor diverse Studien durchgeführt. Hier konnte in einer Studie von Nascimento et al. von 2015, die 136 beatmete Kinder einer Kinderintensivstation mit einem Medianalter von 1,4 Jahren zwischen 2008 und 2011 untersuchte, gezeigt werden, dass in diesem Patientenkollektiv der einzige signifikante Risikofaktor für die Entwicklung eines Stridors nach Extubation die Länge der Beatmungsdauer ist [19].

Einige Studien zeigten einen möglichen positiven Effekt auf die Verhinderung des Auftretens eines Stridors nach Extubation durch Gabe von Dexamethason vor Intubation. Die wenigen Studien, die allerdings zu diesem Thema durchgeführt wurden, beziehen sich immer auf ein recht breites beziehungsweise inhomogenes Patientenkollektiv. Teilweise sind die Ergebnisse dieser Studien daher auch widersprüchlich. Metaanalysen zeigten jedoch einen positiven Effekt auf die Senkung der Reintubationshäufigkeit, aber nicht jedoch explizit auf die Senkung der Inzidenz des Stridors [20].

Green et al. untersuchten in einer 2015 veröffentlichten Studie wie häufig obere Atemwegsproblematiken nach Herzoperationen bei Kindern auftreten und versuchten weitere Risikofaktoren zu finden. Generell traten bei Patienten mit Operationen hohen Risikos häufiger Komplikationen des oberen Atemwegs auf [21]. Die Risikostratifizierung lehnte sich an den RACHS-1 Score [13] an. Zudem zeigte sich in dieser Arbeit, dass die Kombination zweier Medikamente (Dexmedetomidin und Vecuronium) eine höhere Rate an Komplikationen der oberen Atemwege bedingte. Dies führten die Autoren auf intraoperativ wesentlich wachere Patienten zurück, da diese vermehrt Sedierung und Relaxierung benötigten. Während der Zeit der intraoperativen Unruhe

suspizieren die Autoren, käme es zu einem vermehrten Trauma im Bereich der oberen Atemwege durch den Tubus [21]. Ein direktes Risiko, das unmittelbar mit der pharmakologischen Wirkung dieser Medikamentenkombination in Zusammenhang steht, scheint es laut dieser Studie jedoch nicht zu geben.

Zahlreiche Studien mit zum Teil sehr großen Fallzahlen beschäftigen sich mit dem Thema der Frühextubation bei pädiatrisch-kardiologischen beziehungsweise der Extubation im OP bei pädiatrisch-herzchirurgischen Patienten.

Diese Studien zeigen im Großen und Ganzen, dass eine möglichst kurze Beatmungszeit angestrebt werden sollte. Die Reintubationsraten nach Extubation im OP im Rahmen pädiatrisch-herzchirurgischer Operationen unter Beachtung der RACHS-1 Kriterien sind sehr gering. Und selbst bei sehr hohem RACHS-1 Score konnten in einer Studie sehr gute Ergebnisse nach Extubation im Operationssaal erzielt werden. Lediglich Patienten, die eine Norwood-Operationen (RACHS-1 Score von „6“) erhielten, wurden in dieser Studie nie im OP extubiert [22].

Gaies et al. untersuchten in einer retrospektiven Multicenter Kohortenstudie 1478 Patienten aus 9 kardiologischen Kinderintensivstationen in den Vereinigten Staaten, bei denen eine kardiochirurgische Operation durchgeführt worden war [23]. Es zeigte sich eine Reintubationsrate von 5,8% bei diesen Patienten. Der Zeitraum der Frühextubation wurde als 48 Stunden nach Erstintubation definiert. Hier zeigte sich außerdem, dass sich bei Patienten, deren Frühextubation scheiterte und die reintubiert werden mussten, die Dauer der Krankenhausaufenthalte deutlich verlängerte und die in-Hospital Mortalität stieg [23].

In einer 2016 veröffentlichten Studie von Gupta et al. zeigte sich bei gleichem Patientengut wie auch schon bei Gaies beschrieben eine Reintubationsrate von 9% bei einer Fallzahl von 27398 Patienten. Allerdings wurde hier eine gescheiterte Extubation als Reintubation während des gesamten Krankenhausaufenthaltes definiert [24].

Masterpietro et al. fanden in einer 2017 veröffentlichten Studie, die das Extubationsversagen an 283 Neugeborenen nach kindercardiochirurgischen Eingriffen untersuchte, eine Reintubationsrate von 8% bis 23% [16].

Generell ist bei diesen Studien allerdings zu kritisieren, dass der Zeitpunkt der „Frühextubation“ willkürlich und in jeder Studie anders definiert wurde. Auch sind in diesen Studien die Endpunkte nicht einheitlich definiert. Generell wird selbstverständlich ein Scheitern der Frühextubation als Reintubationspflichtigkeit definiert. Allerdings spielt sich dieser Zeitraum zwischen den ersten 24 Stunden nach der Operation bis hin zur Reintubation im Laufe des gesamten Aufenthaltes ab. Somit sind die Ergebnisse der Reintubationsraten nicht einheitlich. Bei genauer Analyse zeigt sich jedoch, dass ein Großteil der Reintubationen binnen der ersten 24 Stunden nach Extubation stattfindet. Generell liegen die Reintubationsraten zwischen 5,8% [23] und 23% [16]. Eine Reintubation auf Grund oberer Atemwegsprobleme oder von Stridor kommt an sich nur selten vor. Eine Untersuchung von Principi et al. aus dem Jahr 2011, die sich generell mit Reintubationsraten auf pädiatrischen Intensivstationen befasst, zeigt eine Reintubationsrate von 3 % auf Grund von Problemen der oberen Atemwege oder eines inspiratorischen Stridors [25].

Wie anfangs bereits erwähnt bedarf es bei herzchirurgischen Operationen eines aufwändigen Monitorings. Neben der Einfuhr und der Ausfuhr muss der Blutdruck invasiv gemessen werden. Die Narkosegase, die Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxidkonzentration in Ein- und Ausatemluft müssen bestimmt werden und die Blutgase müssen kontrolliert werden. Das unterscheidet sich bisher noch nicht von einer nicht-herzchirurgischen Operation. Allerdings kommt in der Herzchirurgie nun seit einigen Jahren vermehrt ein weiteres Diagnostikum hinzu. Das intraoperative transthorakale Echokardiogramm (TEE). Es ist unabdingbar zur Darstellung der Bedingungen vor Beginn der HLM-Zeit, nach Beendigung der HLM-Zeit und zur Kontrolle des Operationserfolges. Die Bedeutung dieser Untersuchung in der Kinderherzchirurgie steht daher außer Frage [1-3]. Zudem ist das Risiko für andere Komplikationen im Rahmen der Anwendung der iTEE neben der oberen

Atemwegsobstruktion sehr gering. Dennoch kann es einzelne, wenn sie dann auftreten allerdings auch schwerwiegende Komplikationen geben. Eine der am meisten gefürchteten ist die Oesophagusperforation. In unserem Studienkollektiv kam es bei einem Neugeborenen zu einer Oesophaguperforation im Rahmen einer TEE Untersuchung mit konsekutiver Mediastinitis und daraus folgender Langzeitbeatmung. Es existieren in der Literatur einzelne Fallbeschreibungen zu dieser Komplikation und ihrer möglichen operativen und konservativen Therapie [7, 8]. Studien mit größeren Fallzahlen zu dieser seltenen Komplikation im pädiatrischen Patientenkollektiv existieren nicht. 2016 wurde von Purza et al. eine Studie publiziert, die sich mit Komplikationen des TEE bei kardiochirurgischen Operationen bei Erwachsenen beschäftigt. Hier zeigt sich eine generell sehr geringe Rate an Komplikationen. Mallory-Weiß-Läsionen beziehungsweise Oesophagusrupturen hatten in dieser Studie einen Anteil von 0,05 Prozent an allen Komplikationen, die untersucht wurden. Untersucht wurden hier 7954 Fälle, bei denen ein TEE durchgeführt wurde. [26].

Nach Korrektur angeborener Herzfehler wird im pädiatrischen Krankengut der Verlauf der Operation und die chirurgische Entscheidungsfindung in 7-15% der Fälle unmittelbar durch die Befunde des intraoperativen TEEs beeinflusst [11]. Zudem können Wandbewegungsstörungen, Klappenstenosen oder Insuffizienzen, Volumenstatus und die korrekte Lage von Kanülen und Kathetern dargestellt werden, die mit dem sonstigen Monitoring gar nicht abgebildet werden könnten [11].

Lange Zeit war der limitierende Faktor, der die breite Anwendung verhinderte, ein technischer. Die Verfügbarkeit zuverlässiger Schallköpfe ist erst in den letzten Jahren gegeben. Besonders Neugeborene und Säuglinge unter 5 Kilogramm konnten intraoperativ deshalb nur epikardial durch den Chirurgen untersucht werden. Die Aussagekraft und Praktikabilität der epikardialen Untersuchung ist jedoch einer transoesophagealen Ultraschalluntersuchung des Herzens deutlich unterlegen [10]. Im Verlauf der letzten beiden Jahrzehnte wurden die transösophagealen Echokardiographiesonden immer besser in der Auflösung und der Kontrastierung und vor allem aber auch kleiner. Durch

Einführung von multiplanaren Sonden mit Mikroschallköpfen konnten nun Patienten ab 2,5 Kilogramm zuverlässig und sicher untersucht werden [27, 28]. Anfänglich zeigten sich noch Probleme die Schwere etwaiger Stenosen der ventrikulären Ausflusstraktes differenziert darzustellen und zu quantifizieren [29]. Allerdings sind die Studien hierzu Ende der Neunzigerjahre des letzten Jahrhunderts durchgeführt worden. Die verfügbare Technik hat sich seither deutlich verbessert, so dass die Aussagekraft in den Händen erfahrener Sonographeure heute sehr zuverlässig ist. Auf Grund der Komplexität der kindlichen Herzfehler, deren präoperativer Diagnostik und der sich anschließenden operativen Therapie ist ohnehin ein hoher Grad an Erfahrung der Untersuchenden notwendig [11].

Neuere vergleichende Untersuchungen konnten sowohl einen deutlichen Vorteil von TEE im Vergleich zu TTE sowie eine Senkung der Mortalität und eine Verbesserung des Outcomes nachweisen. Die Autoren führten die Mortalitätsenkung vor allem auf eine gezieltere Therapie, die aus den Befunden des TEE resultierte, zurück [2, 9]. Nichtsdestotrotz ist bisher noch nicht untersucht worden, ob durch die vermehrte Anwendung von intraoperativer TEE die Inzidenz des postoperativen Stridors mit konsekutiver Reintubation erhöht ist.

Wir konnten in unserem Patientenkollektiv eine statistisch signifikante Erhöhung der Reintubationsrate auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion nach operativer Versorgung eines kongenitalen Herzfehlers und intraoperativem TEE feststellen. Es zeigte sich in unserem Kollektiv eine fünffache Erhöhung des Risikos.

Bei der Analyse der Patienten in der Studiengruppe und in der Kontrollgruppe fanden wir einen signifikant höheren RACHS-1 Score in der Studiengruppe (s. Tab 2). Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass Prozeduren zur neonatalen Palliation univentrikulärer Herzen, die mit hohen RACHS-1 Scores bewertet sind, zwischenzeitlich an Häufigkeit zugenommen haben. Derartige neonatale Prozeduren waren jedoch in unserem Kollektiv nicht für Reintubationen verantwortlich.

Dies zeigt sich auch wenn man die Gruppe aller auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion reintubierter Kinder mit allen erfolgreich extubierten Kindern vergleicht: Hier zeigt sich keine statistische Signifikanz bezüglich der Verteilung des RACHS-1 Scores. Ganz im Gegenteil, alle Reintubierten wiesen einen RACHS-1 Score von 2 oder 3 auf (s. Tab. 3). Somit können wir in unserem Kollektiv im Gegensatz zu anderen Studien [21, 24] keinen direkten Zusammenhang zwischen der Höhe des RACHS-1 Scores und der Wahrscheinlichkeit einer schweren oberen Atemwegsobstruktion herstellen.

In der Gruppe der Patienten mit iTEE fällt weiterhin eine statistische Signifikanz bezüglich der OP-Dauer auf: Diese war signifikant länger als die der Kontrollgruppe (s. Tab 2).

Die Verlängerung der OP-Zeit kann an der Durchführung der TEE selbst liegen, da durch dieses Diagnostikum in vielen Fällen bereits intraoperativ die Indikation zur sofortigen Revision gestellt wird und sich hierdurch die Operationsdauer verlängert [1-3, 9-11, 27-29, 34]. Zudem bedarf die korrekte und gewissenhafte Durchführung des TEEs an sich einer gewissen Zeit.

Vergleicht man auch hier die Gruppe aller erfolgreich extubierten Patienten mit allen Patienten, die auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion reintubiert werden mussten, so zeigt sich im Vergleich dieser beiden Gruppen bezüglich der OP-Dauer kein signifikanter Zusammenhang (s. Tab. 3).

In vielen Studien konnte – wie bereits oben beschrieben – ein klarer Zusammenhang zwischen der Dauer der mechanischen Beatmung und der Reintubationswahrscheinlichkeit auf Grund einer schweren oberen Atemwegsobstruktion nachgewiesen werden [19, 21, 23, 25]. In unserem Kollektiv ließ sich ein solcher Zusammenhang nicht nachweisen. Allerdings erfassten wir per definitionem nur die Patienten, die innerhalb der ersten 12 Stunden nach erfolgreicher Extubation auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion reintubiert werden mussten. Kinder, die aus anderen Gründen reintubiert werden mussten, wurden in unserer Datenerhebung ausgeschlossen. Des Weiteren erfassten wir nur Patienten mit schwerer Atemwegsobstruktion, die zur Reintubation führte. Patienten mit mildem Stridor

oder nur gering ausgeprägter Atemwegsobstruktion, die konservativ behandelt werden konnte, wurden ebenfalls nicht erfasst.

Bei der Analyse der verwendeten Endotrachealtuben weisen die beiden von uns untersuchten Gruppen einen wesentlichen Unterschied auf. In der Kontrollgruppe wurden alle Patienten mit ungecufften Endotrachealtuben intubiert. Dies liegt daran, dass in der Universitätsklinik Tübingen vor 2009 für Kinder nur diese Art der Tuben verwendet wurden. Da in den letzten Jahren ein Umdenken bezüglich der Verwendung von ungecufften und gecufften Tuben stattgefunden hat, werden seit 2009 größtenteils gecuffte Tuben verwendet. In der Studiengruppe wurden 86,5% der Patienten mit einem gecufften Endotrachealtubus intubiert. Bei den Patienten, die auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion reintubiert werden mussten, waren 50% mit gecufftem und entsprechend 50% mit ungecufftem Endotrachealtubus intubiert.

In unseren Daten ergibt sich im Vergleich der Patienten, die erfolgreich extubiert werden konnten, mit den Patienten, die reintubiert werden mussten, bezüglich der Verwendung von gecufften Tuben kein statistischer Zusammenhang. Daher nehmen wir an, dass die Verwendung gecuffter Tuben keinen Einfluss auf eine Entwicklung einer oberen Atemwegsobstruktion und einer vermehrten Reintubationshäufigkeit in unserem Studienkollektiv hatte.

Viele Studien konnten zeigen, dass die Verwendung gecuffter Tuben sicher ist und die Reintubationsrate derjenigen von ungecufften Tuben entspricht. In einigen Studien zeigt sich sogar eine geringere Reintubationsrate [14-18, 31-33, 35]. Dies wird darauf zurückgeführt, dass es mit gecufften Tuben seltener zu mehrfachen Intubationsversuchen auf Grund falsch gewählter Tubusgrößen kommt. Bei ungecufften Tuben muss immer ein möglichst großer Tubus gewählt werden, um eine Abdichtung der oberen Atemwege zu gewährleisten. Ist der Tubus zu klein gewählt, so kommt es zu einer Leckage. Gas kann neben dem Tubus ausströmen, die Konzentration des Narkosegases ist daher schwierig zu dosieren und die Beatmung somit nicht suffizient. Wählt man hingegen einen zu großen Tubus, so passt dieser nicht in die Trachea und es kommt zu einer mukosalen Verletzung der oberen Atemwege. Näherungsweise

existieren Formeln, mit denen der Innendurchmesser der zu verwendenden Tuben abgeschätzt werden kann. Lange ging man zudem davon aus, dass die kindliche Trachea einen runden Durchmesser aufweist und somit ein runder Tubus diese Stelle optimal blockiert. Allerdings ist die Trachea leicht oval, so dass ein aufblasbarer Cuff diesen Bereich deutlich besser abdichtet. Außerdem besteht bei gecufften Tuben der Vorteil, dass ein kleinerer Tubusdurchmesser gewählt werden kann und die Inkongruenz durch den Cuff ausgeglichen werden kann. Eine konsequente Cuffdruck-Messung ist selbstverständlich die Voraussetzung um hier keine Druckschäden zu verursachen.

Masterpietro et al. konnten in einer 2017 veröffentlichten prospektiven Multicenterstudie zeigen, dass die Verwendung ungecuffter Endotrachealtuben im Rahmen kinder-kardiochirurgischer Eingriffe sogar ein unabhängiger Risikofaktor für ein Extubationsversagen ist [16].

In unseren Daten fällt weiterhin auf, dass unter den reintubierten Patienten ein großer Anteil auf männliche Kinder und auf Kinder mit Trisomie 21 entfällt. Wir konnten keine statistische Signifikanz diesbezüglich nachweisen, müssen jedoch festhalten, dass 10 von 12 reintubierten Patienten männlich waren. Zudem wiesen 3 der Reintubierten eine Trisomie 21 auf, was immerhin 25% aller betroffenen Patienten repräsentiert. Wir gehen davon aus, dass mit einer größeren Fallzahl hier ein Zusammenhang statistisch signifikant werden könnte.

In einer Studie von Mittnacht et al., die Risikofaktoren für die Reintubation nach Operation kongenitaler Herzfehler untersucht, zeigt sich das männliche Geschlecht als ein unabhängiger Prediktor [36].

Abschließend gilt es noch zu erwähnen, dass in unserer Studie explizit nach eventuellen Infektionen der oberen Atemwege, einer etwaigen Leukozytose oder einer Erhöhung des CRP gefahndet wurde. Alle reintubierten Kinder wiesen weder Anzeichen einer generalisierten oder pulmonalen Infektion, noch Anzeichen einer Infektion der oberen Atemwege auf.

Somit können wir zusammenfassend sagen, dass die Implementierung der intraoperativen transoesophagealen Echokardiographie ein wichtiges und unersetzliches additives Diagnostikum im Rahmen kongenitaler Herzoperationen bei Säuglingen und Kindern darstellt. Dennoch ist die schwere obere Atemwegsobstruktion mit der Notwendigkeit der Reintubation nach zunächst erfolgreicher Extubation ein seltenes Problem, das signifikant häufiger auftritt bei Kindern, die intraoperativ ein TEE erhalten haben, als bei Kindern, die ohne diese zusätzliche Maßnahme operiert wurden.

Auf Grund der räumlichen Enge im kindlichen Larynx scheint es durch die Einlage des Tubus und der TEE-Sonde zu einer Kompromittierung der mukosalen Durchblutung für die Zeit der Operation (Abb. 1) zu kommen. Nach Entfernen der TEE-Sonde und des Tubus kommt es in der Folge sehr wahrscheinlich zu einer Vasodilatation der mukosalen Kapillaren und zu einer Ödembildung. Diese kann dann derart ausgeprägt sein, dass sie zu klinisch apparenten Symptomen in Form eines Stridors bis hin zur Verlegung der oberen Atemwege führt.

Dies möchten wir besonders herausheben, da zwei der Kinder, die reintubiert werden mussten, eine derart ausgeprägte Schleimhautschwellung aufwiesen, dass es im Rahmen der schwierigen Reintubation zu einer Hypoxie und zu einer reanimationspflichtigen Bradykardie kam. Einer dieser beiden Patienten konnte auf Grund der Schwellung nur mit Hilfe des kleinsten Bronchoskops reintubiert werden.

Einschränkungen der Studie und Ausblick

Bei dieser Studie handelt es sich um eine retrospektive Datenanalyse. Hier bestehen entsprechend der Art der Untersuchung gewisse natürliche Limitationen [37].

Die Basisdaten beziehungsweise deren Interpretation könnten bereits fehlerhaft sein. Allerdings unterliegen in unserer Studie die Daten, die wir erhoben haben, keiner wirklichen Interpretationsbreite. Es handelt sich um objektivierbare Messwerte, industrielle Standards, Score-Tabellen und Zeitabschnitte.

Eine weitere Limitation nach Gilbert et al. kann ein hochselektiertes Patientengut mit einer daraus resultierenden eingeschränkten Aussagekraft darstellen. Diesem Punkt müssen wir uns stellen, da auf Grund der sehr speziellen Erkrankungen eine Fallzahl von 424 Patienten bei einer Unicenter-Analyse sicherlich gut, jedoch einer Multicenter-Studie mit deutlich höheren Fallzahlen unterlegen ist. Eine prospektive randomisierte Studie, in der im Vornherein sämtliche zu erhebenden Daten festgelegt werden, hätte erhebliche untersuchungstechnische und statistische Vorteile. Allerdings ist eine derartige Studie ethisch nicht vertretbar, da die Studienlage und die klinische Erfahrung einen eindeutigen Vorteil der Verwendung einer intraoperative TEE zeigen und man diese Untersuchung daher keinem Kind mit komplexem Herzfehler vorenthalten kann.

Eine weitere mögliche Limitation, die Gilbert et al. beim Erstellen retrospektiver Studien sehen, besteht in der Möglichkeit Daten bei der Übertragung vom Original in die Auswertungstabellen zu verfälschen. In unserer Studie wurden die Daten aus einem digitalen Dokumentationssystem (PDMS) elektronisch ausgelesen. Anschließend wurden die Daten in eine Excel-Tabelle übertragen und von zwei Personen (Dr. med Jörg Michel und Christian Schineis) unabhängig voneinander validiert.

Zudem sind einschränkend die zwei unterschiedlichen Untersuchungszeiträume mit dem dazwischenliegenden Interval von 2010 bis 2012 zu nennen, das nicht in diese Untersuchung mit einbezogen werden konnte, da es in diesen Jahren

kein konsistentes Vorgehen gab, bei welchen Fällen eine TEE durchgeführt wird. Jedoch unterschieden sich zwischen den beiden Untersuchungszeiträume weder die Operationsmethoden noch die Narkoseführung.

Um die Aussage der vorliegenden monozentrischen Studie zu untermauern, empfehlen wir eine Multicenter-Studie zu dieser Fragestellung zu initiieren. Da eine Kontrollgruppe ohne iTEE kaum umzusetzen ist, könnte über andere Variablen versucht werden die Beziehung zwischen iTEE und möglicher Reintubation weiter zu erforschen. Derartige Variablen könnten die Größe der verwendeten TEE-Sonde im Verhältnis zum Patienten und die Dauer der Positionierung der TEE-Sonde im Ösophagus darstellen. Wichtig in einer Multizenterstudie wäre allerdings auch, daß die beteiligten Zentren ein vergleichbares Krankengut aufweisen.

Schlussfolgerung

Die intraoperative TEE stellt heutzutage ein Standarddiagnostikum bei kardiochirurgischen Operationen dar. Im Bereich der Erwachsenenmedizin stellt die postoperative Dysphagie auf Grund dieser intraoperativen Intervention eine häufige Komplikation dar.

Bei Kindern stellt sich die Situation auf Grund sich unterscheidender anatomischer Gegebenheiten im Larynx sowie der sich stark unterscheidenden kardialen Erkrankungen anders dar.

Auf Grund der Komplexität der Operationen bei kongenitalen Herzfehlern ist es erforderlich, den Erfolg der operativen Maßnahme noch im Operationssaal zu verifizieren und gegebenenfalls eine Revision durchzuführen. Das effektivste und sicherste Diagnostikum ist hierfür die TEE. Problematisch bei dieser Untersuchung ist, dass ein weiterer Fremdkörper neben dem Endotrachealtubus in den Larynx eingeführt wird. Bei Kindern ist die engste Stelle des Larynx nicht wie beim Erwachsenen auf Glottisebene, sondern subglottisch. Somit komprimiert eine in den Ösophagus eingelegte Sonde die Trachea zusätzlich von außen und es kann zu einer Minderperfusion im Bereich der Mukosa während der Zeit der Sondeneinlage kommen. Es erscheint plausibel, daß bei einem Teil der Patienten nach Entfernung der TEE-Sonde und des Tubus eine reaktive Hyperperfusion mit Ausbildung eines Ödems eintritt, was in Form eines inspiratorischen Stridors bis hin zur kompletten Verlegung der oberen Atemwege apparent werden kann.

Wir konnten in unserem Patientenkollektiv von insgesamt 424 Kindern, die alle auf Grund eines kongenitalen Herzfehlers operiert wurden, eine signifikante Häufung von Reintubationen unter den kleinen Patienten feststellen, die eine intraoperative TEE erhalten hatten. Es fiel zudem auf, dass 10 der 12 reintubierten Kinder männlichen Geschlechts waren und 25% der Reintubierten eine Trisomie 21 aufwiesen.

Wir empfehlen immer die kleinstmögliche TEE-Sonde zu verwenden und, wenn es das Setting im Operationssaal zulässt, die Sonde so kurz wie möglich in situ zu belassen. Oftmals ist es auf Grund der sterilen Abdeckung und des beschränkten Platzangebotes im Kopfbereich des Patienten nicht möglich die Sonde erst unmittelbar vor Kanülierung einzulegen. Wir empfehlen daher Risikopatienten mit besonderer Vorsicht zu extubieren. Wir konnten auf Grund unserer Daten Patienten männlichen Geschlechts mit gleichzeitigem Vorliegen einer Trisomie 21, die mittels HLM an einem kongenitalen Herzfehler mit intraoperativer TEE operiert werden, als Risikopatienten identifizieren. Diese Patienten sollten nicht direkt im OP, sondern von einem erfahrenen Team unter stabilen hämodynamischen Voraussetzungen auf der Intensivstation extubiert werden. Die Extubation sollte unter optimalen personalen Ressourcen nach Möglichkeit untertags, nach Gabe von Kortikosteroiden präextubationem und in Reintubationsbereitschaft mit vorbereitetem Bronchoskop erfolgen.

Aufgrund der unumstrittenen Vorteile eines intraoperativen TEEs ist es nicht sinnvoll wegen der geringen Gefahr einer oberen Atemwegsobstruktion auf die Verwendung dieser wichtigen Untersuchung zu verzichten. Kinderanästhesisten und Kinderkardiologen sollten jedoch der Gefahr schwerwiegender Komplikationen gewahr sein.

Zusammenfassung

Die Durchführung einer intraoperativen transoesophagealen Echokardiographie im pädiatrisch-kardiochirurgischen Kollektiv scheint einer der Faktoren zu sein, der das Auftreten schwerer oberer Atemwegsobstruktionen nach erfolgreicher primärer Extubation mit der Notwendigkeit einer erneuten Reintubation erhöhen kann.

Aus diesem Grund führten wir eine retrospektive Fall-Kontroll-Studie an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin Tübingen in der Abteilung für Kinderkardiologie, Pulmologie und Intensivmedizin durch.

Wir analysierten die Daten von 424 pädiatrisch-kardiochirurgischen Patienten, die einer Operation am offenen Herzen mit Anschluss an die HLM auf Grund eines kongenitalen Herzfehlers unterzogen wurden. Wir definierten 2 Untersuchungszeiträume (2007 - 2009 und 2013 - 2015) aus denen wir die Patienten, die unsere Einschlusskriterien erfüllten, analysierten.

Musste auf Grund einer oberen Atemwegsobstruktion innerhalb der ersten 12 Stunden nach erfolgter Extubation eine Reintubation erfolgen, so definierten wir das als Extubationsversagen. In unseren Daten konnten wir ein 5-fach erhöhtes Reintubationsrisiko seit standardmäßiger Einführung der iTEE feststellen.

Zudem zeigen sich in unseren Daten Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen männlichem Geschlecht, Trisomie 21 und einer erhöhten Reintubationsrate.

Der Stellenwert des intraoperativen TEEs im Rahmen kardiochirurgischer Eingriffe ist unbestritten. Dennoch sollten Kinderkardiologen und -anästhesisten der zwar seltenen, jedoch schwerwiegenden Komplikation einer oberen Atemwegsobstruktion mit Reintubationsnotwendigkeit gewahr sein.

Wir empfehlen immer die kleinstmögliche Ultraschallsonde zu verwenden und die Dauer der Einlage so kurz wie möglich zu halten. Außerdem sollten Risikopatienten (männlich, Trisomie 21) erkannt und mit entsprechender Vorsicht behandelt werden. Das behandelnde Team muss bei diesen Patienten

auf das Auftreten einer oberen Atemwegsobstruktion mit Reintubationspflichtigkeit innerhalb der ersten 12 Stunden nach primär erfolgreicher Extubation vorbereitet sein.

Literaturverzeichnis

1. Kamra, K., I. Russell, and W.C. Miller-Hance, *Role of transesophageal echocardiography in the management of pediatric patients with congenital heart disease*. Paediatr Anaesth, 2011. **21**(5): p. 479-93.
2. Bettex, D.A., et al., *Intraoperative transesophageal echocardiography in pediatric congenital cardiac surgery: a two-center observational study*. Anesth Analg, 2003. **97**(5): p. 1275-82.
3. Jijeh, A.M., et al., *Role of intraoperative transesophageal echocardiography in pediatric cardiac surgery*. J Saudi Heart Assoc, 2016. **28**(2): p. 89-94.
4. Wellen, S.L., et al., *Transesophageal echocardiography probe insertion failure in infants undergoing cardiac surgery*. Congenit Heart Dis, 2013. **8**(3): p. 240-5.
5. Kohr, L.M., et al., *The incidence of dysphagia in pediatric patients after open heart procedures with transesophageal echocardiography*. Ann Thorac Surg, 2003. **76**(5): p. 1450-6.
6. Rousou, J.A., et al., *Risk of dysphagia after transesophageal echocardiography during cardiac operations*. Ann Thorac Surg, 2000. **69**(2): p. 486-9; discussion 489-90.
7. Kumar, G., et al., *Esophageal perforation associated with fontan operation: a complication of transesophageal echocardiography*. World J Pediatr Congenit Heart Surg, 2013. **4**(3): p. 293-5.
8. Sasaki, T., G. Culham, and S.K. Gandhi, *Conservative management of iatrogenic esophageal perforation during neonatal cardiac surgery*. World J Pediatr Congenit Heart Surg, 2012. **3**(4): p. 528-30.
9. Ayyildiz, P., et al., *Transesophageal echocardiography experience in the pediatric age group in a tertiary cardiac center*. Turk J Med Sci, 2016. **46**(4): p. 1155-61.
10. Bengur, A.R., et al., *Intraoperative transesophageal echocardiography in congenital heart disease*. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 1998. **10**(4): p. 255-64.
11. Graydon, C., S. Wilmshurst, and C. Best, *Transesophageal echocardiography (TEE) for pediatric cardiac surgery should routinely be performed and interpreted by a pediatric cardiac anesthetist: MODERATOR: Sulpicio Soriano*. Paediatr Anaesth, 2011. **21**(11): p. 1150-8.
12. Larsen, S.H., et al., *The RACHS-1 risk categories reflect mortality and length of stay in a Danish population of children operated for congenital heart disease*. Eur J Cardiothorac Surg, 2005. **28**(6): p. 877-81.
13. Jenkins, K.J., et al., *Consensus-based method for risk adjustment for surgery for congenital heart disease*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2002. **123**(1): p. 110-8.
14. Khine, H.H., et al., *Comparison of cuffed and uncuffed endotracheal tubes in young children during general anesthesia*. Anesthesiology, 1997. **86**(3): p. 627-31; discussion 27A.

15. Weiss, M., et al., *Prospective randomized controlled multi-centre trial of cuffed or uncuffed endotracheal tubes in small children*. Br J Anaesth, 2009. **103**(6): p. 867-73.
16. Mastropietro, C.W., et al., *Extubation Failure after Neonatal Cardiac Surgery: A Multicenter Analysis*. J Pediatr, 2017.
17. Weiss, M., A. Dullenkopf, and A.C. Gerber, [*Microcuff pediatric tracheal tube. A new tracheal tube with a high volume-low pressure cuff for children*]. Anaesthesist, 2004. **53**(1): p. 73-9.
18. Weiss, M. and A.C. Gerber, [*Safe use of cuffed tracheal tubes in children*]. Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther, 2012. **47**(4): p. 232-7.
19. Nascimento, M.S., et al., *Risk factors for post-extubation stridor in children: the role of orotracheal cannula*. Einstein (Sao Paulo), 2015. **13**(2): p. 226-31.
20. Lukkassen, I.M., M.B. Hassing, and D.G. Markhorst, *Dexamethasone reduces reintubation rate due to postextubation stridor in a high-risk paediatric population*. Acta Paediatr, 2006. **95**(1): p. 74-6.
21. Green, J., et al., *Prevalence and risk factors for upper airway obstruction after pediatric cardiac surgery*. J Pediatr, 2015. **166**(2): p. 332-7.
22. Harris, K.C., et al., *Should early extubation be the goal for children after congenital cardiac surgery?* J Thorac Cardiovasc Surg, 2014. **148**(6): p. 2642-7.
23. Gaies, M., et al., *Clinical Epidemiology of Extubation Failure in the Pediatric Cardiac ICU: A Report From the Pediatric Cardiac Critical Care Consortium*. Pediatr Crit Care Med, 2015. **16**(9): p. 837-45.
24. Gupta, P., et al., *Risk factors for mechanical ventilation and reintubation after pediatric heart surgery*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2016. **151**(2): p. 451-8 e3.
25. Principi, T., et al., *Complications of mechanical ventilation in the pediatric population*. Pediatr Pulmonol, 2011. **46**(5): p. 452-7.
26. Purza, R., et al., *Transesophageal Echocardiography Complications in Adult Cardiac Surgery: A Retrospective Cohort Study*. Ann Thorac Surg, 2016. **103**(3): p. 795-802
27. Pavithran, S., et al., *Preliminary evaluation of a microtransesophageal probe in neonates and young infants undergoing surgery for congenital heart disease*. Ann Pediatr Cardiol, 2014. **7**(3): p. 173-9.
28. Zyblewski, S.C., et al., *Initial experience with a miniaturized multiplane transesophageal probe in small infants undergoing cardiac operations*. Ann Thorac Surg, 2010. **89**(6): p. 1990-4.
29. Rosenfeld, H.M., et al., *Utility of intraoperative transesophageal echocardiography in the assessment of residual cardiac defects*. Pediatr Cardiol, 1998. **19**(4): p. 346-51.
30. Khemani, R.G., et al., *Evaluating Risk Factors for Pediatric Post-extubation Upper Airway Obstruction Using a Physiology-based Tool*. Am J Respir Crit Care Med, 2016. **193**(2): p. 198-209.
31. Klucka, J., et al., *Controversies in Pediatric Perioperative Airways*. Biomed Res Int, 2015. **2015**: p. 368761.
32. Weiss, M. and A. Dullenkopf, *Cuffed tracheal tubes in children: past, present and future*. Expert Rev Med Devices, 2007. **4**(1): p. 73-82.

33. Weiss, M. and A.C. Gerber, *Cuffed tracheal tubes in children--things have changed*. Paediatr Anaesth, 2006. **16**(10): p. 1005-7.
34. Stern, K.W., et al., *Intraoperative Echocardiography for Congenital Aortic Valve Repair: Predictors of Early Reoperation*. Ann Thorac Surg, 2015. **100**(2): p. 678-85.
35. DeMichele, J.C., et al., *Cuffed endotracheal tubes in neonates and infants undergoing cardiac surgery are not associated with airway complications*. J Clin Anesth, 2016. **33**: p. 422-7.
36. Mittnacht, A.J., et al., *Extubation in the operating room after congenital heart surgery in children*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2008. **136**(1): p. 88-93.
37. Gilbert, E.H., et al., *Chart reviews in emergency medicine research: Where are the methods?* Ann Emerg Med, 1996. **27**(3): p. 305-8.

Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin Tübingen Abteilung für Kinderkardiologie, Pulmologie, Intensivmedizin unter Betreuung von Herrn Prof. Dr. med. M. Hofbeck durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Beratung durch Dr. med. Gunnar Blumenstock (Stellvertretende Institutionsleitung, Klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie) und nach Anleitung von Dr. med. Jörg Michel durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbstständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Durach, den 15.02.2018

Christian Schineis

Veröffentlichung

Ein Teil der vorliegenden Dissertationsschrift wurde in der folgenden Publikationen veröffentlicht:

Jörg Michel, Michael Hofbeck, **Christian Schineis**, Matthias Kumpf, Ellen Heimberg, Harry Magunia, Eckhard Schmid, Christian Schlensak, Gunnar Blumenstock, Felix Neunhoeffer: “Severe upper airway obstruction after intraoperative transesophageal echocardiography in pediatric cardiac surgery - a retrospective analysis”, *Pediatric Critical Care Medicine*, 2017, Published Ahead-of-Print, doi: 10.1097/PCC.0000000000001252

Danksagung

Zunächst möchte ich mich sehr bei Herrn Prof. Dr. med. M. Hofbeck bedanken, dass er mir die Möglichkeit gab, diese Arbeit unter seiner Anleitung in seiner Abteilung zu verfassen.

Ich möchte mich ganz herzlich für die Arbeit, Mühen, Inspiration und Motivation von und durch meinem Betreuer Dr. med. Jörg Michel bedanken. Diese Arbeit wäre ohne sein Zutun nie zustande gekommen. Für die vielen aufmunternden Emails, Telefonate und Kurznachrichten, die nie versiegenden Ideen Probleme zu lösen und die Bereitschaft 24 Stunden am Tag meine Fragen zu beantworten werde ich mich nie in adäquatem Maße bedanken können. Ich möchte mich dennoch an dieser Stelle für alles oben Genannte und vor allem aber auch für die tiefe Freundschaft bedanken.

Ich möchte mich bei meiner Frau Josephine Schineis bedanken, die oft meine Launen während der Erstellung dieser Arbeit ertragen musste und diese hervorragend zu kompensieren wusste und mir auch nach langen Tagen noch ein Lächeln oder häufig sogar ein herzhaftes Lachen abbringen konnte. Ihre Art Dinge zu sehen halfen auch mir sehr oft einen neuen Blickwinkel zu gewinnen.

Von Herzen möchte ich mich auch bei meiner Schwester Viktoria Seidel bedanken, die trotz völliger Fachfremde sich mehrfach durch diese Arbeit gequält hat um auch noch den letzten Rechtschreibfehler, die letzte holprige Formulierung und das letzte falsch gesetzte oder vergessene Satzzeichen in detektivischer Akribie zu finden.

Ein großer Dank geht auch an meine Eltern Liselotte und Wolfgang Schineis ohne deren stetiges Drängen und viele motivierenden Gespräche ich mich nach mehreren gescheiterten Versuchen an Dissertationsschriften nicht noch ein letztes Mal aufraffen und diese Arbeit hätte erstellen können.

Lebenslauf

Abschlüsse

27.06.2003	Allgemeine Hochschulreife
12.10.2006	1. Abschnitt der ärztlichen Prüfung
25.11.2010	2. Abschnitt der ärztlichen Prüfung
08.12.2010	Approbation als Arzt
02.12.2013	Zusatzbezeichnung Notfallmedizin
20.02.2017	Facharzt für Viszeralchirurgie

Arbeit

01.01.2011	Assistenzarzt am Klinikum Kempten in der Abteilung für
bis 20.02.2017	Allgemein-, Viszeral-, Gefäß- und Thoraxchirurgie mit Department Kinderchirurgie
seit 20.02.2017	Facharzt am Klinikum Kempten in der Abteilung für Allgemein-, Viszeral-, Gefäß- und Thoraxchirurgie mit Department Kinderchirurgie
Seit 2013	ärztlicher Ansprechpartner und Rennarzt bei der Firma MedicalCrew; Betreuung und ärztliche Leitung sportlicher Großevents im Trailrunning- und Mountainbikesport
Seit 2013	aktiver Notarzt
Seit 2014	Weltweite luftgebundene Intensivtransporte für die Firma epitop

Studium

10/2004 – 10/2010	Studium der Humanmedizin, Universität Ulm, Mount Sinai Medical School New York, NY
-------------------	---