

**Aus der Klinik für Pädiatrische Kardiologie und Intensivmedizin
der Medizinischen Hochschule Hannover**

Direktor: Univ.-Professor Dr. med. Philipp Beerbaum

**Bewusstsein, Diagnostik und Therapie der
intraabdominellen Hypertonie und des abdominellen
Kompartmentsyndroms auf neonatologischen und
pädiatrischen Intensivstationen - eine multizentrische
Folge-Erhebung**



Kumulative Dissertationsschrift

Zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
in der Medizinischen Hochschule Hannover

vorgelegt von Paul Rolf Wiegandt
aus Göttingen
Hannover 2023

Angenommen vom Senat der Medizinischen Hochschule am 21.05.2024

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Hochschule Hannover

Präsident: Professor Dr. med. Michael P. Manns
Betreuer/in der Arbeit: PD Dr. med. Thomas Jack

1. Referent/in: PD. Dr. med. Alejandro Hofmann
2. Referent/in: PD. Dr. med. Eva-Doreen Pfister

Tag der mündlichen Prüfung: 21.05.2024

Prüfungsausschuss

Vorsitz: Prof. Dr. med. Jens Dingemann
1. Prüfer/in: Prof. Dr. med. Andreas Jokuszies
2. Prüfer/in: Prof. Dr. med. Jens Vogel-Claussen

Gewidmet meiner Frau und unseren drei Kindern.

Inhaltsverzeichnis:

Abkürzungsverzeichnis	I
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	II
1. Einleitung	1
1.1. Relevanz von IAH und AKS	1
1.2. Messung des intraabdominellen Druckes	3
1.3. Therapie der intraabdominellen Hypertonie und des abdominellen Kompartmentsyndroms	4
2. Zielsetzung und Hypothese	5
3. Literaturübersicht	6
4. Methodik	8
5. Publikation im Volltext	9
6. Diskussion	24
6.1. Wahrnehmung von IAH und AKS	24
6.2. Definition und Diagnostik von IAH und AKS	24
6.3. Messung des IAD	25
6.4. Therapeutische Strategien für das Management von AKS-Patienten	26
6.5. Prognose von Kindern mit AKS	27
6.6. Limitationen der Befragung	28
6.7. Schlussfolgerung	28
7. Zusammenfassung	30
8. Literaturverzeichnis	32
9. Anhang	34
9.1. Fragebogen	34
9.2. Lebenslauf	35
9.3. Erklärung nach § 2 Abs.2 Nrn.7 und 8 PromO	36
Danksagung	37

Abkürzungsverzeichnis:

A	Österreich
AKS	Abdominelles Kompartiment-Syndrom
APP	Abdomineller Perfusionsdruck
CH	Schweiz
ZVD	Zentral-venöser Druck
D	Deutschland
DL	Dekompressive Laparotomie
IAH	Intraabdominelle Hypertonie
IAD	Intraabdomineller Druck
ICU	Intensivstation
IPSCC	International Pediatric Sepsis Consensus Conference
MHH	Medizinische Hochschule Hannover
n	Anzahl
NICU	Neonatologische Intensivstation
MAD	Mittlerer arterieller Druck
PICU	Pädiatrische Intensivstation
SIRS	Systemic inflammatory response syndrome
WSACS	Abdominal Compartment Society (ehemals "World Society of ACS")

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1	Gradeinteilung der IAH in Abhängigkeit von der Höhe des IAD bei pädiatrischen Patienten
Tabelle 2	Gegenüberstellung altersabhängiger MAD-Normwerte und zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Gewebe-Perfusion anzustrebender Mindest- APP
Tabelle 3	Überblick über verschiedene IAD-Messmethoden
Tabelle 4	Übersicht über bisher erfolgte Fragebogenerhebungen unter Pädiatern bzw. pädiatrischer Beteiligung
Grafik	Geschätzte Überlebensrate eines AKS nach operativer versus konservativer Therapie

1. Einleitung:

In der vorliegenden kumulativen Dissertationsschrift werden die Ergebnisse einer Folge-Befragung unter den ärztlichen Leiter*Innen pädiatrischer (PICUs) und neonatologischer Intensivstationen (NICUs) in Deutschland, Österreich und der Schweiz (D-A-CH) hinsichtlich des vorhandenen Bewusstseins, der angewandten Diagnostik und durchgeführten Therapie der intraabdominellen Hypertonie (IAH) und des Abdominellen Kompartment-Syndroms (AKS) bei Kindern und Jugendlichen ausgewertet, dargestellt und mit den Ergebnissen einer bereits publizierten Befragung verglichen.

1.1. Relevanz von IAH und AKS:

Auf Kinderintensivstationen ist das AKS eine wenig wahrgenommene Erkrankung, bei der ein anhaltend erhöhter intraabdomineller Druck (IAD) zu einer Organdysfunktion oder sogar zu einem Multiorganversagen führen kann.

Im Jahr 2013 publizierte die Abdominal Compartment Society (WSACS) erstmalig neu geschaffene Definitionen und Leitlinien zur Diagnose und Behandlung von IAH und AKS im Kindes- und Jugendlichenalter (1). Dieser Definition folgend liegt eine IAH vor, wenn der IAD in zwei aufeinanderfolgenden Messungen bei ≥ 10 mmHg liegt. Ein AKS besteht, wenn sich unter einer IAH eine neue oder aggravierende Organdysfunktion manifestiert.

Gesunde, spontan atmende Kinder haben definitionsgemäß einen IAD von 0- 5 mmHg, während beatmete Kinder einen mittleren IAD von ca. 7 mmHg aufweisen (2).

Eine IAH wird abhängig vom vorherrschenden intraabdominellen Druck (IAD) in vier Schweregrade unterteilt (Tab. 1).

Tabelle 4: Gradeinteilung der IAH in Abhängigkeit von der Höhe des IAD bei pädiatrischen Patienten (modifiziert in (3) in Anlehnung an die Empfehlungen der WSACS (1))

Pädiatrische IAH-Schweregrade	IAD [mmHg]
IAH I°	10-12
IAH II°	13-15
IAH III°	16-18
IAH VI°	>18

Abkürzungen: IAH, intraabdominelle Hypertonie; IAD, intraabdomineller Druck; WSACS, The Abdominal Compartment Society; mmHg, Millimeter-Quecksilbersäule

Um die jeweilige Organperfusion der betroffenen intra- oder extraperitoneal liegenden Organe (z.B. die Nieren) aufrecht zu erhalten, ist ein bestimmter Gewebe-Perfusionsdruck notwendig. Dieser abdominelle Perfusionsdruck (APP; synonym:

Einleitung

splanchnischer Perfusionsdruck SPP (1)) ist definiert als $APP = MAD - IAD$ (mit $MAD =$ mittlerer arterieller Druck). Physiologische MAD -Höhen sind bei Kindern und Jugendlichen entsprechend ihrer Anatomie altersabhängig unterschiedlich und sollten zur Verhinderung einer IAH-assoziierten Gewebe-Minderperfusion, nach den Leitlinien von 2013, nicht unterschritten werden (Tab. 2).

Tabelle 5: Gegenüberstellung altersabhängiger MAD-Normwerte und zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Gewebe-Perfusion anzustrebender Mindest- APP (Mindest- APP angelehnt an die Arbeiten von McGuigan (4,5))

Altersstufe	Altersabhängige MAD-Normwerte [mmHg]	Mindest-APP [mmHg]
Säuglinge	40	35
Kleinkinder	50	45
Schulkinder	55	50
Jugendliche	65	60

Abkürzungen: APP, Abdomineller Perfusionsdruck; MAD, Mittlerer arterieller Druck; mmHg, Millimeter-Quecksilbersäule

Eine primäre IAH oder ein primäres AKS liegen vor, wenn es zu einer Druckerhöhung ausgehend von einem Gewebe oder Organ der abdomino-pelvinen Region kommt. Wenn es zu einer IAD-Erhöhung durch eine extra-abdominelle Pathologie kommt, spricht man von einer sekundären IAH bzw. einem sekundärem AKS (1). Ursächlich sind in diesem Fall in der Regel immunologische und/ oder inflammatorische Aktivierungskaskaden, die gehäuft in ein SIRS (systemic inflammatory response syndrome) oder eine Sepsis einmünden können und als Teil ihrer gemeinsamen Endstrecke häufig mit Kapillarlecksyndrom und generalisierter Ödemneigung assoziiert sind.

Das rekurrende (früher tertiäre) AKS beschreibt eine Situation, in der es trotz Ausschöpfung sämtlicher konservativer und invasiver Therapiemaßnahmen zu einer rezidivierenden oder persistierenden Druckerhöhung mit dann oft fataler Prognose kommt.

Risikofaktoren für die Entstehung einer IAH bzw. eines AKS sind:

- 1) Verminderte Bauchwand-Compliance
- 2) Erhöhung des intraluminalen Inhalts in Hohlorganen
- 3) Erhöhung des intraabdominellen Volumens
- 4) SIRS/ Sepsis mit Kapillarleck und Ödemneigung

1.2. Messung des intraabdominellen Drucks

Gemäß den derzeit gültigen Definitionen der WSACS ermöglicht ausschließlich die IAD-Messung die korrekte Diagnosestellung einer IAH bzw. eines AKS (1).

Die klinische Beurteilung des Abdomens zur Quantifizierung des IAD ist nicht geeignet und weist eine Sensitivität von lediglich 50% auf (10).

Ideal wäre bei vorliegendem Risiko eine kontinuierliche und direkte Überwachung der Druckveränderungen im Abdomen in Echtzeit. Diese ist derzeit aber leider weiterhin im klinischen Alltag nicht verfügbar oder etabliert.

Die invasive Messung des IAD über einen peritoneal einliegenden Katheter ermöglicht eine kontinuierliche Überwachung, ist aber komplikationsträchtig. Neben dem Problem der mit der Implantation eines Druckaufnehmers einhergehenden Invasivität beinhalten Risiken insbesondere infektiologische und traumatische Komplikationen (z.B. Peritonitis und Parenchymverletzung abdominalen Organe) (11,12) .

Es gibt verschiedene indirekte Messmethoden, bei denen über Hohlgänge in der Bauchhöhle, im Retroperitoneum oder Becken der über die Wand des jeweiligen Organs transmittierte Druck gemessen und hierüber der intraabdominelle Druck näherungsweise abgeschätzt werden kann (intravesikal, intragastral, intrarektal (Tab. 3)).

Tabelle 6: Überblick über verschiedene IAD- Messmethoden

IAD- Messmethoden	Direkt (intraperitoneal)	Indirekt (über Hohlorgan)
intermittierend	Messung über intraperitoneal eingelegte Drainagen	Blasendruckmessung (Goldstandard) Rektumdruckmessung
kontinuierlich	Messung über intraperitoneal eingelegte Druckaufnehmer	Magendruckmessung

Abkürzungen: IAD, intraabdomineller Druck

Den derzeit von der WSACS empfohlenen Goldstandard der IAD-Messung stellt die intravesikale Druckerhebung dar. Dabei wird über einen transurethral einliegenden Katheter die Harnblase vollständig entleert und unter Einhaltung steriler Kautelen eine

vordefinierte Menge an NaCl 0,9% (1ml/kgKG, minimal 3ml, maximal 25ml) in die Harnblase appliziert (1). Der IAD kann dann entweder über ein Lineal an einer verbundenen Steigleitung abgelesen oder mittels Druckaufnehmer digitalisiert und quantifiziert werden. Bei der Blasendruckmessung handelt es sich um ein indirektes und diskontinuierliches Messverfahren, welches vom oben genannten Ideal abweicht, derzeit aber die verlässlichste, validierte und am weitesten etablierte Methode ist.

Die nasogastrische Druckmessung mittels luftkapselbasierter Magendrucksonde ermöglicht eine kontinuierliche Überwachung des IADs, wodurch pathologische Veränderungen des IADs vorzeitig detektiert werden können.

In einer Validierungsstudie unserer Arbeitsgruppe konnte gezeigt werden, dass die nasogastrische Druckmessung den IAD bei pädiatrischen Patienten ebenfalls präzise widerspiegelt (13). Insofern scheint das intragastrale Messverfahren dem oben genannten Ideal näher zu kommen als die intravesikale Druckerhebung.

1.3. Therapie der IAH und des AKS

Das therapeutische Ziel bei Vorliegen einer IAH ist es, den IAD zu senken und so einen ausreichend hohen abdominellen Perfusionsdruck aufrechtzuerhalten oder wieder herzustellen, um die aus dem Perfusionsdefizit resultierende Organdysfunktion zu vermeiden. Die WSACS empfiehlt mehrere nicht-chirurgische Therapiestrategien, um einen erhöhten IAD zu reduzieren, bevor notfalls eine invasive oder chirurgische Behandlung notwendig wird (1):

- 1) Evakuierung intraluminaler Inhalte aus z.B. Hohlorganen;
- 2) Entfernung von intraabdominellen raumfordernden Läsionen;
- 3) Verbesserung der Bauchdecken-Compliance;
- 4) Optimierung der Flüssigkeitszufuhr
- 5) Optimierung der systemischen und regionalen Perfusion.

Wenn die konservative Therapie eines AKS versagt, ist die Indikation zur Dekompressiven Laparotomie (DL) gegeben. Bleibt ein AKS unbehandelt, führt dies zu einer Mortalität von bis zu 100% (14).

2. Zielsetzung und Hypothese:

Zielsetzung dieser Arbeit war die Planung, Durchführung und Auswertung einer Folge-Erhebung unter neonatologischen und pädiatrischen Intensivmediziner*Innen zur Bedeutung des intraabdominellen Drucks bei Kindern und Jugendlichen im deutschsprachigen Raum.

Dabei wurde eruiert, ob sich die Wahrnehmung von intraabdomineller Hypertonie (IAH) und Abdominellem Kompartmentsyndrom (AKS) sowie deren Diagnostik und Therapie seit der 2010 durchgeführten und 2012 publizierten Primär-Befragung verändert haben könnten (3).

Die Fragebogenerhebung von 2010 offenbarte eine nicht einheitliche Anwendung von Definitionen und Leitlinien zur Diagnose und Therapie von IAH und AKS.

Auszüge aus den Ergebnissen der Fragebogenerhebungen von 2010 wurden in Annals of Intensive Care 2012 publiziert (beschränkt auf deutsche, also ohne österreichische und schweizerische Resultate) (3).

2013 erfolgte die Veröffentlichung der aktualisierten WSACS-Leitlinien für pädiatrische Patienten (1). Um den Einfluss dieser zu erfassen, wurde 2016 der dieser vorliegenden Arbeit zugrunde liegende Fragebogen entwickelt und an die Leiter*Innen von deutschsprachigen NICUs und PICUs im deutschsprachigen Raum versandt.

Als Hypothese gingen wir davon aus, dass durch die Veröffentlichung der neuen Leitlinien das Bewusstsein für IAH und AKS bei Behandlern von neonatologischen und pädiatrischen Intensivpatienten, gestiegen ist und sich einheitliche Messverfahren, sowie leitlinienbasierte Therapiekonzepte zunehmend durchsetzen.

3. Literaturüberblick:

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über bislang publizierte Fragebogenerhebungen in Zusammenhang mit IAH und AKS unter Pädiater*Innen oder zumindest mit einem gewissen Anteil unter den Antwortenden (Tab. 3).

Dabei fällt auf, dass die Awareness (Bewusstsein) und die Zahl der IAD-Messenden unter Nicht-Pädiater*Innen höher zu sein scheint und die Thematik verbreiteter und vertrauter zu sein scheint als unter Pädiater*Innen bzw. Kinderkrankenpfleger*Innen. Seit Veröffentlichung der aktualisierten WSACS-Leitlinien für Kinder und Jugendliche im Jahr 2013 wurde – abgesehen von der vorliegenden Arbeit – nur eine andere Umfrage unter Kinderärzt*Innen bezüglich IAH und AKS veröffentlicht (6).

Die vorliegenden Ergebnisse wurden hinsichtlich des Bewusstseins für IAH und AKS, sowie deren Diagnostik und Therapie mit anderen Umfragen aus dem pädiatrischen Gesundheitssektor verglichen. Einerseits mit denen von Rezeni et al, die eine Umfrage aller Ärzt*Innen auf PICUs in Saudi- Arabien in 2022 publizierten und andererseits mit denen von Newcombe et al., die ihre Follow-up-Umfrage unter Kinderkrankenpfleger*Innen im Jahr 2012 veröffentlichten, bevor die WSACS ihre aktualisierten Leitlinien herausgab (6,7).

Aufgrund der geringen Anzahl ausschließlich pädiatrischer Erhebungen verglichen wir unsere Ergebnisse außerdem mit großen, internationalen Fragebogenerhebungen, bei denen zumindest ein Teil der Befragten Kinderärzt*Innen waren, sich die Mehrzahl der Antwortenden jedoch aus Chirurg*Innen zusammensetzte (8,9).

Literaturüberblick

Tabelle 4: Übersicht über bisher erfolgte Fragebogenerhebungen unter Pädiatern bzw. pädiatrischer Beteiligung (mit * gekennzeichnet)

Autor (Jahr)	Methodik	Awareness IAH/AKS:	Fälle von IAH:	Fälle von AKS:	Kenntnis päd. Definition IAH:	Kenntnis päd. Definition AKS:	Anzahl IAD-Messenger:	Therapie von AKS (via DL):
Kimball* (2006) (16)	Intensivisten der SCCM	75%	-	-	0%	0%	Gesamt: 76%	
Ejike (2010) (17)	Kongress- Teilnehmer PCCN 2006 + WCPCC 2007	69%	-	-	-	47%	75%	-
Newcombe (2012) (7)	Kongress- Teilnehmer PCCN 2010 (Vergleich mit PCCN 2006)	87,8%; Bekanntheitsgrad von AKS positiv beeinflusst durch Berufserfahrung	-	-			75%	-
Kaussen (2012) (3)	Befragung von NICUs + PICUs in D (2010)	44%	0 Fälle: 65% 1- 10 Fälle: 30% >10 Fälle: 5%	0 Fälle: 75% 1- 5 Fälle: 23% >5 Fälle: 1%	4%	18%	20%	19%
2013: WSACS veröffentlicht aktualisierte Definitionen und Richtlinien für IAH und AKS im Kindes- und Jugendlichenalter								
Wise* (2015) (8)	WSACS-Mitgliedern + WSACS-Kongress Teilnehmern (2006-2008), 6% Pädiater	86% IAH, 99% AKS; <i>Diagnosehäufigkeit von AKS-Fällen korreliert mit Bekanntheitsgrad der Definitionen</i>		> 1 Fall: 100%	18%	28%; 13% der Pädiater kennen die IAH-/ AKS-Empfehlungen und Definitionen	92%	66%; <i>Pädiater bezüglich DL am meisten zurückhaltend</i>
Wise* (2019) (9)	Befragung von WSACS Mitgliedern und WSACS Kongress Teilnehmern (2017), 1,8% Pädiater	Gesamt: 96% IAH, 96% AKS; <i>77% der Pädiater kennen die WSACS; 61% der Pädiater kennen die aktualisierten WSACS Richt- und Leitlinien</i>		> 1 Fall: 93%	53%	44%	92%	64%
Rezeni (2021) (6)	Befragung aller Ärzte auf PICUs in Saudi- Arabien	90% IAH, 94% AKS			35%	10%	68%	-
Wiegandt (2023)	Follow- Up Befragung von NICUs und PICUs in D-A-CH (2016)	55%	0 Fälle: 63% 1- 10 Fälle: 35% >10 Fälle: 3%	0 Fälle: 65% 1- 5 Fälle: 33% >5 Fälle: 3%	6%	58%	43%	36%

Abkürzungen: A, Österreich; AKS, Abdominelles Kompartiment Syndrom; CH, Schweiz; D, Deutschland; DL, Dekompressive Laparotomie; IAH, intra-abdominelle Hypertonie; IAD, intra-abdomineller Druck; ICU, Intensivstation; NICU, Neonatologische Intensivstation; PCCN, Pediatric Critical Care Nursing; PCCM, Pädiatrische Intensivmediziner; PICU, Pädiatrische Intensivstation; SCCM, Society of Critical Care Medicine. **Anmerkung:** Im Falle der multidisziplinären Erhebungen (mit *gekennzeichnet) werden die Gesamtergebnisse dargestellt. Besonderheiten im Antwortverhalten in Bezug auf Pädiater sind in kursiv dargestellt.

4. Methodik:

Im Mai 2016 wurden 473 Fragebögen an 328 Leiter*Innen von neonatologischen und pädiatrischen Intensivstationen (NICU und/ oder PICU) in Deutschland, Österreich und der Schweiz (D-A-CH) versandt.

Der Aufbau und Inhalt des Fragebogens orientierte sich an demjenigen der primären Datenerhebung 2010 und ermöglicht dadurch eine direkte Vergleichbarkeit der Antworten (Fragebogen siehe Anhang).

Die theoretische Grundlage des Fragebogens bildeten die von der WSACS im Jahr 2013 veröffentlichten Definitionen und Therapieoptionen.

Die Fragebögen wurden mit der Bitte um Rückversand innerhalb von 8 Wochen persönlich an die Leiter*Innen der Kinderintensivstationen adressiert. Nach 4 Wochen wurde eine „Erinnerungsmail“ verschickt.

Der Fragebogen umfasste 4 Fragen zur Deskription der Abteilung bzw. Klinik und 6 Fragenkomplexe zu IAH/ AKS, die entweder per Multiple- Choice oder Freitext beantwortet werden sollten.

Unvollständig ausgefüllte Fragebögen wurden in die Ergebnisse miteinbezogen.

Inhaltlich wurden gegenüber 2010 folgende Fragestellungen ergänzt:

- 1) „Haben Sie an der Erhebung von 2010 teilgenommen?“
- 2) „Wie lautet der Versorgungsauftrag Ihrer Klinik?“
- 3) „Wie oft war 2015 postoperativ ein vorübergehendes Offenlassen des Bauches notwendig?“

Um Unterschiede im Antwortverhalten der Teilnehmer*Innen zu detektieren, wurden diese unter anderem gefragt, zu welchen Anteilen eher neonatologische oder pädiatrische Patienten betreut werden.

Die gemeldeten Daten wurden ausgewertet und mit den Ergebnissen der Fragebogenerhebung von 2010 verglichen, sowie in Abhängigkeit von der Ausrichtung der jeweiligen Intensivstationen analysiert (NICU vs. PICU).

Die Ergebnisse der Umfrage wurden mithilfe von Office Excel 2016 für Mac (Microsoft®, Redmond, Washington, USA) in eine eigens konzipierte Datenbank eingetragen, deskriptiv analysiert und gerundet in absoluten Zahlen oder Prozentwerten angegeben. Der Chi- Quadrat- Test für unabhängige Stichproben wurde genutzt, um Unterschiede von 2010 zu 2016 statistisch darzustellen. Zur Analyse der gewonnen Daten wurde PSPP- Version 1.0.1. für Mac (Free Software Foundation; GNU-Projekt, Boston, USA) benutzt.

5. Publikation:

Awareness and diagnosis for intra-abdominal hypertension (IAH) and abdominal compartment syndrome (ACS) in neonatal (NICU) and pediatric intensive careunits (PICU) – a follow-up multicenter survey

Paul Wiegandt*, Thomas Jack*, Alexander von Gise, Kathrin Seidemann, Martin Boehne, Harald Koeditz, Philipp Beerbaum, Michael Sasse und Torsten Kaussen

Erläuterungen der Beitragsanteile der einzelnen Autoren an dieser Publikation:

Paul Wiegandt: Auswertung der retournierten Fragebögen und statistische Analyse (mit Torsten Kaussen), Erstellung aller Abbildungen und Tabellen (mit Torsten Kaussen und Thomas Jack), Literaturrecherche, Manuskripterstellung.

Torsten Kaussen: Planung und Konzeptionierung der Folge- Befragung, Erstellung des Fragebogens, Erstellung des Ethikantrags, Überprüfen und Validierung der erhobenen Daten, Korrektur des Manuskripts

Thomas Jack: Erstellung der Abbildungen, Korrektur des Manuskripts

Alexander von Gise: kritische Durchsicht des Manuskripts und Zustimmung zur endgültigen Version

Kathrin Seidemann: kritische Durchsicht des Manuskripts und Zustimmung zur endgültigen Version

Martin Böhne: kritische Durchsicht des Manuskripts und Zustimmung zur endgültigen Version

Harald Köditz: kritische Durchsicht des Manuskripts und Zustimmung zur endgültigen Version

Philipp Beerbaum: kritische Durchsicht des Manuskripts und Zustimmung zur endgültigen Version

Michael Sasse: kritische Durchsicht des Manuskripts und Zustimmung zur endgültigen Version

*Geteilte Erstautorenschaft

RESEARCH

Open Access



Awareness and diagnosis for intra-abdominal hypertension (IAH) and abdominal compartment syndrome (ACS) in neonatal (NICU) and pediatric intensive care units (PICU) – a follow-up multicenter survey

Paul Wiegandt[†], Thomas Jack[†], Alexander von Gise, Kathrin Seidemann, Martin Boehne, Harald Koeditz, Philipp Beerbaum, Michael Sasse and Torsten Kaussen*

Abstract

Background Constantly elevated intra-abdominal pressure (IAH) can lead to abdominal compartment syndrome (ACS), which is associated with organ dysfunction and even multiorgan failure. Our 2010 survey revealed an inconsistent acceptance of definitions and guidelines among pediatric intensivists regarding the diagnosis and treatment of IAH and ACS in Germany. This is the first survey to assess the impact of the updated guidelines on neonatal/pediatric intensive care units (NICU/PICU) in German-speaking countries after WSACS published those in 2013.

Methods We conducted a follow-up survey and sent 473 questionnaires to all 328 German-speaking pediatric hospitals. We compared our findings regarding awareness, diagnostics and therapy of IAH and ACS with the results of our 2010 survey.

Results The response rate was 48% ($n = 156$). The majority of respondents was from Germany (86%) and working in PICUs with mostly neonatal patients (53%).

The number of participants who stated that IAH and ACS play a role in their clinical practice rose from 44% in 2010 to 56% in 2016. Similar to the 2010 investigations, only a few neonatal/pediatric intensivists knew the correct WSACS definition of an IAH (4% vs 6%). Different from the previous study, the number of participants who correctly defined an ACS increased from 18 to 58% ($p < 0,001$). The number of respondents measuring intra-abdominal pressure (IAP) increased from 20 to 43% ($p < 0,001$). Decompressive laparotomies (DLs) were performed more frequently than in 2010 (36% vs. 19%, $p < 0,001$), and the reported survival rate was higher when a DL was used ($85\% \pm 17\%$ vs. $40 \pm 34\%$).

Conclusions Our follow-up survey of neonatal/pediatric intensivists showed an improvement in the awareness and knowledge of valid definitions of ACS. Moreover, there has been an increase in the number of physicians measuring IAP in patients. However, a significant number has still never diagnosed IAH/ACS, and more than half of the

[†]Paul Wiegandt and Thomas Jack contributed equally to this work.

*Correspondence:
Torsten Kaussen
kaussen.torsten@mh-hannover.de

Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2023. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

respondents have never measured IAP. This reinforces the suspicion that IAH and ACS are only slowly coming into the focus of neonatal/pediatric intensivists in German-speaking pediatric hospitals. The goal should be to raise awareness of IAH and ACS through education and training and to establish diagnostic algorithms, especially for pediatric patients.

The increased survival rate after conducting a prompt DL consolidates the impression that the probability of survival can be increased by timely surgical decompression in the case of full-blown ACS.

Keywords Intraabdominal hypertension, Abdominal compartment syndrome, Survey, Newborn, Children, Neonatal intensive care, Paediatric intensive care

Contributor's statement page

All above mentioned authors meet the following criteria:

- 1) Substantial contributions to conception and design, acquisition of data, analysis and interpretation of data.
- 2) Drafting the article or revising it critically for important intellectual content; and
- 3) Final approval of the version to be published.

Background

In neonatal (NICU) and pediatric intensive care units (PICUs), abdominal compartment syndrome (ACS) is a poorly recognized condition where prolonged elevated intra-abdominal pressure (IAP) can lead to multiorgan dysfunction or even progress to multiorgan failure [1].

Our 2010 survey revealed an inconsistent acceptance of definitions and guidelines regarding the diagnosis and treatment of intra-abdominal hypertension (IAH) and ACS among neonatal/pediatric intensive care physicians [2].

In the meantime (2013), the Abdominal Compartment Society (WSACS) has published updated definitions and guidelines regarding the diagnosis and treatment of intra-abdominal hypertension (IAH) and ACS in children and adolescents [3]. IAH exists when the IAP is ≥ 10 mmHg in 2 consecutive measurements. One speaks of an ACS when new or aggravated organ dysfunctions manifest themselves under IAH.

To assess the impact of the updated WSACS guidelines, we sent a new questionnaire to all German-speaking NICU/PICU directors in 2016. This paper aims to show an overview of the situation in D-A-CH (Germany, Austria, Switzerland) regarding the awareness and treatment of IAH and ACS in PICUs.

We assumed that there has been an increase in awareness of IAH and ACS in pediatric patients as well as an uptake of unified measurement and guideline-based therapy concepts since 2010.

Methods

In May 2016, 473 questionnaires were sent to all 328 heads of neonatal and pediatric intensive care units (NICU or PICU) in Germany, Austria, and Switzerland (D-A-CH). For this purpose, hospital and department lists of the respective national specialist societies were analyzed and all heads of the respective department or intensive care unit were contacted directly. In order to detect possible differences in response behaviour, the participants were asked whether their intensive care units (ICU) tended to care for premature and newborn babies (= "NICU"; responsible up to the age of 28 days), or rather older children from infancy to adolescence (= "PICU"; responsible for babies and children beyond the age of 28 days). The vast majority of German-speaking ICUs in pediatric hospitals represent mixed forms with a predominant "NICU" share (see Table 2 + Suppl. II). Questionnaires were personally addressed to ICU directors with a request for return within 8 weeks. After 4 weeks, a "reminder e-mail" was sent.

The questionnaire included 4 questions on department/clinic description and 6 sets on IAH/ACS to be answered either by multiple-choice or text (see Appendix 1 for the questionnaire).

Inclusion criteria: Answer sheets should be returned within 8 weeks via post, fax or mail. Questionnaires were pseudonymized and digitally coded upon return. Completed questionnaires were compared with incomplete questionnaires.

No exclusion criteria beyond the opposite of the inclusion criteria were defined.

Extracts from the 2010 questionnaire survey results were published in *Annals of Intensive Care* 2012 (excluding the Austrian and Swiss results). In order to be able to directly compare the dynamics of the development of awareness and diagnosis with the results of the 2010 survey, the questionnaire was left virtually unchanged and only the following questions were added:

- "Did you participate in the 2010 survey?"- "In 2015, how many times did your hospital have to leave the abdomen temporarily open postoperatively?"

For this reason, the reliability and validity of the questionnaire was not re-examined. The theoretical basis of the questionnaire made use of the definitions and therapeutic options published by WSACS in 2013. The questionnaire can be found in the supplement of this article (translated into English).

The survey administration and analysis were self-funded by the authors.

Results were entered into a custom-designed database using Office Excel 2016 for Mac (Microsoft®, Redmond, Washington, USA), analyzed descriptively, and reported in rounded absolute numbers or percentages. The chi-square test for independent samples was used to statistically represent differences between the 2010 and 2016

results. The PSPP version 1.0.1. for Mac (GNU Project, Boston, USA) was used to analyze the data.

Results

Four hundred seventy-three questionnaires were sent to 328 heads of NICU's and/or PICU's in Germany, Austria, and Switzerland (D-A-CH). The majority of respondents came from Germany (Table 1).

Large hospitals with multiple neonatal and/or pediatric intensive care units returned one sheet (representative of all ICUs). In total, the response rate was 48% (156/328). Table 2 shows the structure and specialization of the participating PICUs: In comparison to the 2010 survey, the distribution of the hospitals responding has remained about the same (Table 2).

Table 1 Respondent demographics. Table compares the demographics of respondents in 2010 and 2016

Country	2010 n = 155	2016 n = 156
Germany (D)	82% (127)	86% (134)
Austria (A)	11% (17)	5% (8)
Switzerland (CH)	7% (11)	9% (14)

Awareness of IAH und ACS

The majority of all ICUs stated that IAH and ACS are present in everyday clinical practice.

Compared to the 2010 survey, more physicians (44% vs. 55%) reported that IAH and ACS play a role in clinical practice (Fig. 1; B.1 of Table 3), and 13% of respondents reported even a more frequent diagnosis of IAH and ACS since 2010 (B.2 of Table 3). The diagnosis of IAH was

Table 2 Descriptive statistics concerning the structure of answering clinics. Table compares descriptive statistics of hospitals responding in 2010 and 2016

Factor	Structure and orientation of ICU	2010	2016
Participation in the 2010 survey			n = 152 97%
Medical focus of the ICU		n = 155	n = 156
	Exclusive NICU	17%	26%
	NICU rather than PICU	53%	56%
	PICU rather than NICU	12%	8%
	Exclusive PICU	4%	5%
	Not specified	14%	5%
Age distribution of patients treated		n = 155	n = 156
	Neonatologic	70%	73%
	Pediatric	30%	27%
Level of medical care at participating NICU's		n = 148	n = 156
	High level	53%	72%
	Intermediate level	17%	13%
	Low level	12%	15%
	Not specified	18%	
Size of ICU/ Number of cases in 2009/2015		n = 155	n = 156
	< 351 patients/year	30%	35%
	351 to 700 patients/year	33%	32%
	> 700 patients/year	23%	19%
Part of university hospitals		n = 155	n = 156
		30%	31%

ICU Intensive care unit; NICU neonatal intensive care unit (for premature and newborn infants (up to 28 days of life)); PICU pediatric intensive care unit (for older children from infancy to adolescence (beyond the 28th day of life))

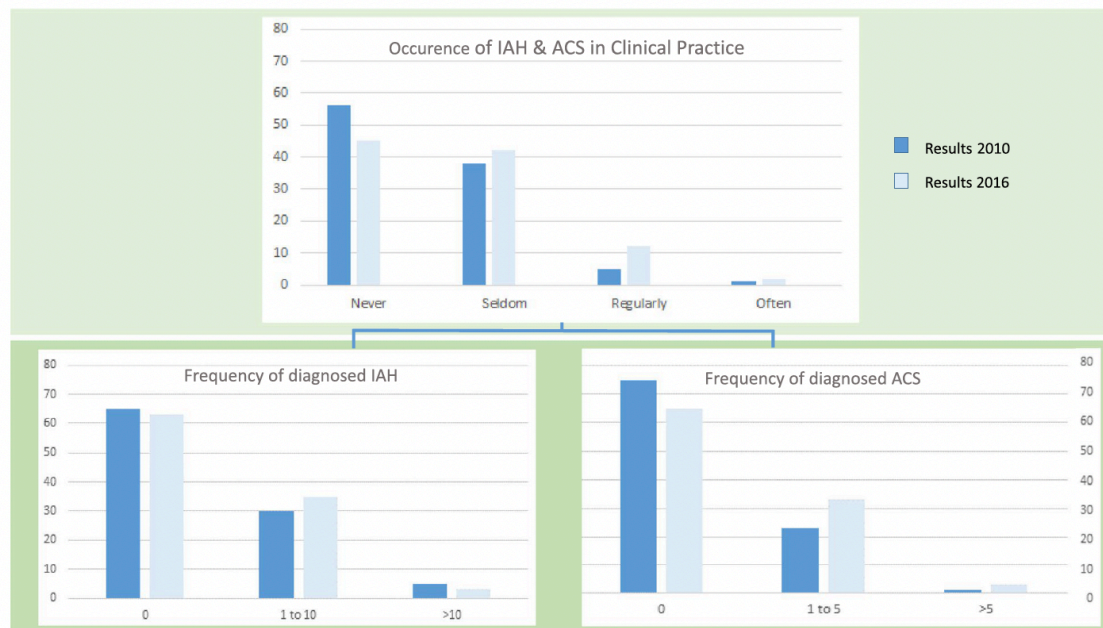


Fig. 1 Occurrence of IAH and ACS in clinical practice

made as often by respondents in 2010 as in 2016, whereas ICUs diagnosing at least one case of ACS increased from 25 to 35% (B.3 of Table 3).

Survey participants were asked whether IAH and ACS play a role in their daily clinical practice. The results were compared with the preliminary findings from the 2010 survey.

Definition and diagnosis of IAH and ACS

The knowledge of the correct definition of IAH remains low among all physicians who responded. Only 4% in 2010 and 6% in 2016 chose the correct answer. In contrast, the number of ICUs that knew how to define an ACS in accordance with the updated WSACS guidelines increased from 18% in 2010 to 58% in 2016 ($p < 0,001$, B.4 in Table 3).

However, in 2016, a large proportion of clinics responding still diagnosed IAH (50%, 49/97) and ACS (40%, 40/99) exclusively by using clinical symptoms. In contrast, our results could show that the diagnosis and perception of ACS increases when the valid definitions are known and the IAP is measured (Fig. 2).

Respondents were asked to indicate how many cases of ACS had been diagnosed in the previous year. We analyzed the results considering the knowledge of the valid WSACS definitions and regular IAP measurements. The results were compared with the primary survey from

2010. The p -value refers to the aggregation of all three response options.

When subjects were asked about clinical symptoms in pediatric patients associated with elevated IAP, clinical abdominal symptoms emerged as the most common symptom in both 2010 (29%) and 2016 (29%) (B.4 in Table 3). An overview of organ dysfunctions associated with elevated IAP in children is shown in Fig. 3.

Respondents were asked to name three clinical symptoms associated with increased intra-abdominal pressure (multiple answers possible). The symptoms were sorted based on the Pediatric Organ Dysfunction Information Update Mandate (PODIUM) [4]. A chi-square test for independent samples was used to statistically represent differences from 2010 to 2016.

Measurement of IAP

The number of clinics measuring IAP almost doubled in 2016 compared to 2010 (20% vs. 43%, $p < 0,001$).

However, the majority of those measuring IAP stated that they seldom measured IAP (29%). Only 3% of respondents measured IAP regularly (B.5 in Table 3).

Therapeutical strategies concerning the management of IAH/ ACS patients

The share of respondents using decompressive laparotomies (DLs) to reduce IAP increased from 19 to 36%

Table 3 Distribution of responses. Table shows the responses given by the pediatric intensive care units surveyed regarding awareness, diagnosis, and treatment of IAH and ACS between 2010 and 2016 (subjective, semi-quantitative assessment). A chi-square test for independent samples was used to statistically represent differences between 2010 and 2016

Question	Stated question and choices	2010 Answers % (number)	2016 Answers % (number)	p-value
B.1	Occurrence and relevance of IAH/ACS in clinical practice			0.088
	• Never	56 (83/149)	45 (69/155)	
	• Seldom	38 (57/149)	42 (65/155)	
	• Regularly	5 (8/149)	12 (18/155)	
	• Often	1 (1/149)	2 (3/155)	
B.2	Increase in diagnosis of IAH and ACS since 2010		13 (21/156)	
B.3	Frequency of IAH diagnosed at ICU's responding (during the entire year before)			0.366
	• 0 times IAH	65 (96/148)	63 (94/150)	0.130
	• 1 to 10 times IAH	30 (44/148)	35 (52/150)	
	• > 10 times IAH	5 (8/148)	3 (4/150)	
	Frequency of ACS diagnosed at ICU's responding (during the entire year before)			
	• 0 times ACS	75 (112/149)	65 (95/147)	
	• 1 to 5 times ACS	23 (35/149)	33 (48/147)	
	• > 5 times ACS	1 (2/149)	3 (4/147)	
B.4	Awareness and use of current WSACS definitions (tested by multiple choice)			0.457
	• IAH definition correctly chosen (increased IAP)	4 (6/147)	6 (6/97)	0.457
	• ACS definition correctly chosen (IAH + new organ dysfunction)	18 (27/147)	58 (58/99)	< 0.001
	Clinical symptoms stated to be associated with increased IAP in children (Fig. 3)			
	Respiratory-organ-systems:			
	Respiratory insufficiency	13 (25/195)	9 (25/283)	
	Radiologic findings with diaphragmatic protrusion	8 (16/195)	13 (38/283)	
	Cardiovascular-organ-systems:			
	Perfusion deficit	8 (16/195)	6 (16/283)	
	Cardio-circulatory insufficiency	4 (8/195)	7 (21/283)	
	Impaired venous reflux, increased CVP	4 (7/195)	7 (19/283)	
	Lactic acidosis	1 (1/195)	1 (3/283)	
	Shock and capillary leak syndrome	1 (1/195)	1 (2/283)	
	Renal-organ-system:			
	Oliguria to anuria	21 (40/195)	21 (60/283)	
	Gastrointestinal-organ-system:			
	Clinical abdominal symptoms, pain	29 (57/195)	29 (83/283)	
	Gastrointestinal motility dysfunction	5 (10/195)	4 (10/283)	
	Hepatic-organ-system:			
	Liver insufficiency and ascites	2 (4/195)	1 (4/283)	
	Others:			
	No further differentiated organ dysfunction	5 (9/195)	1 (2/283)	
	Anamnesis	1 (1/195)	n/a	
B.5	Share of respondents who measured IAP			< 0.001
	• Yes	20 (30/151)	43 (65/152)	< 0.001
	○ Seldom		29 (44/152)	
	○ Regularly	20 (30/151)	11 (17/152)	
	○ Often		3 (4/152)	
	• No	80 (121/151)	57 (87/152)	
B.6	Share of respondents having performed at least one decompressive laparotomy	19 (29/149)	36 (55/153)	< 0.001
	Stated survival rate of ACS patients			0.84
	• Surgically treated children	83 ± 32 (n = 23)	85 ± 17 (n = 48)	
	• Non- surgically treated children	65 ± 44 (n = 10)	40 ± 34 (n = 33)	
	Share of respondents who needed to leave the abdomen open postoperatively (only 2016)		95 (39/41)	

Abbrev.: ACS Abdominal compartment syndrome, CVP Central venous pressure, IAH Intra-abdominal hypertension, IAP Intra-abdominal pressure, ICU Intensive care unit

The p values are taken from the analysis using the chi square test



Fig. 2 Reported cases of ACS dependent on knowledge of valid WSACS definitions and performance of IAP measurements

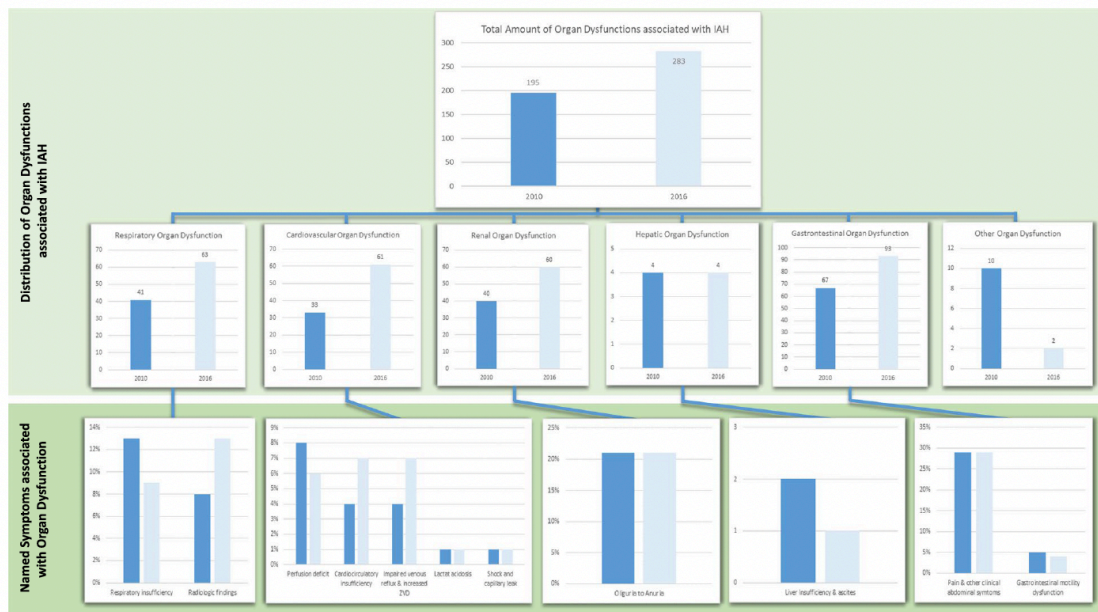


Fig. 3 Clinical symptoms stated as associated with increased IAP in children

($p < 0,001$, B.6 in Table 3). When asked about the survival rate of ACS in both 2010 and 2016, they stated that it was higher if the patient was treated surgically. 39 of 41 (95%) respondents reported having left the abdomen open postoperatively after a DL.

Discussion

Our results came from the first nationwide survey of neonatal/pediatric intensive care units in German-speaking countries (D-A-CH) after the updated WSACS guidelines for pediatric patients were published in 2013. We compared our findings regarding awareness, diagnostics, and therapy of IAH and ACS with the results of our survey from 2010.

Literature overview

No more than one other survey among pediatric health care providers has been published since the WSACS guidelines were issued in 2013. We compared our findings regarding awareness and intra-abdominal pressure measurement with those of Rezeni et al., who conducted a survey among all physicians in PICUs in Saudi Arabia in 2022 and with those of Newcombe et al., who published their follow up survey of pediatric nurses in 2012, before WSACS released its updated guidelines [1, 5].

Due to the small number of exclusively pediatric surveys, we additionally compared our results with large,

international surveys where at least some of the respondents were pediatricians [6, 7].

Awareness of IAH and ACS

In our survey, there was an improvement in awareness of IAH and ACS between 2010 and 2016. Consistent with our findings, Newcombe also showed an increase in their survey of pediatric nurses regarding awareness of ACS; however, theirs was in a much higher percent range (69% vs. 88%) [1].

The number of responding ICUs who never experienced an ACS in their clinical practice (2016: 45%) and those who never diagnosed ACS (2016: 65%) confirms the suspicion that the valid definitions provided by WSACS regarding correct diagnosis and IAP monitoring had not yet reached all pediatric hospitals in 2016.

Definition and diagnosis of IAH and ACS

During the 6-year follow-up period, the proportion of ICUs correctly defining an ACS rose to 58%. In contrast both, the Newcombe survey, where the percentage of participants who knew the correct ACS definition decreased (19.5 to 13.2%) and the Rezeni survey, where only 10% of participants knew the correct definition of an ACS our survey shows a positive trend regarding the correct diagnosis of ACS in German-speaking countries [1, 5].

Unfortunately, the present survey results give the impression that many cases of IAH and ACS are being missed because respondents ignore the valid definitions or even do not know them. Commensurate to our results, Wise et al. proved that participants aware of the WSACS definition also identified more cases of ACS [7]. Critically, in 2016, those with knowledge of the valid WSACS definition did not diagnose significantly more cases of ACS. The definitions and basic knowledge supporting these procedures in an evidence-based manner must reach a certain level of penetration before new methods find their way into everyday clinical practice. Fittingly, there was a greater increase in respondents who knew the valid WSACS definition (+40%) than in those who measured IAP (+23%).

Measurement of IAP

In both the 2010 and 2016 surveys, more than half of the respondents said they did not measure IAP. In Newcombe's survey, only one quarter of respondents said they did not measure IAP, while in Rezeni's survey only one third did not measure the IAP [1, 5].

Measuring IAP is the only reliable method of detecting intrabdominal pressure and is essential for further treatment planning. The high number of respondents diagnosing ACS based solely on clinical symptoms (40%) suggests that even in 2016 many intensivists incorrectly rely on clinical examination to assess IAP. This is consistent with the survey results of Wise et al., where 18% of respondents never measured IAP, only relying on clinical examination [6]. Rezeni's survey results also showed, that 45% incorrectly relied on clinical examination [5].

Several research groups have demonstrated that clinical assessment of the abdomen is not adequate to quantify IAP and is only associated with about 50% sensitivity [8, 9].

In the 2010 survey, we showed that most participants would measure IAP if measurement methods were easier to integrate into everyday clinical practice. The validation study of our research group could show that intragastric pressure measurement reflects IAP well and requires significantly less measurement effort [10].

Therapeutical strategies concerning the management of IAH/ ACS patients

The therapeutical goal for IAH is to prevent a progression to ACS. Several non-surgical therapeutic strategies are recommended by WSACS to reduce elevated IAP before surgical treatment is necessary [3]:

- 1) Evacuation of intraluminal contents;
- 2) Evacuation of intraabdominal space occupying lesions;
- 3) Improvement of abdominal wall compliance;
- 4) Optimization of fluid administration; and.
- 5) Optimization of systemic and regional perfusion.

Jacobs et al. demonstrated in their review the importance of considering fluid balance in the management of IAH and ACS [11]. Rezeni provided an overview of the knowledge and prevalence of the use of conservative non-invasive treatment options [5].

When conservative therapy for ACS fails, the indication for a DL is given. If an ACS is left untreated, this results in a mortality rate of up to 100% [12]. Recently a pediatric study of di Natale et al. demonstrated the limitation of DLs in children with ACS: Although correctly diagnosed and treated, ACS had a high mortality rate of 57% [13]. This again underlines the importance of measuring IAP in critically ill children and performing a DL immediately if an ACS is detected.

Known as a therapeutic maximum treatment option in fulminant ACS, a DL was used almost twice as often in 2016 as in 2010. In 2019, Wise et al. showed that a DL is the most commonly used therapeutic option in the management of IAH and ACS. However, pediatricians or pediatric surgeons were the least likely to use this therapeutic option compared with other disciplines [7]. Thus, it would be reasonable to assume that the inhibition threshold to DL seems to be higher in pediatric patients with ACS than in adults.

Consistent with the results of Strang et al., both 2010 and 2016 surveys showed a significantly higher likelihood of survival when a DL was performed (B.6 of Table 3) [14].

Prognosis of children suffering from ACS

In both surveys, we were able to show that the probability of survival can be increased by timely surgical decompression in the case of a full-blown ACS. In his retrospective work, DeWaele was able to show that there seems to be an average of 18 hours between diagnosis of ACS and a DL in adults [15].

The time latency between IAP elevation, clinical deterioration, time of transition to ACS, and the subsequent decision to perform a DL is crucial for the prognosis. Silveira et al. demonstrated that even a low level of IAH in children can lead to cardiac dysfunction [16].

Furthermore, as shown in Table 2, elevated IAP can also lead to dysfunction of many other organ systems (up to and including multi-organ failure). The research group around Agyeman could show that mortality increases dramatically with an increasing number of organ dysfunctions [17].

Dependence of questionnaire response behaviour on influencing factors

Knowledge and implementation of the definitions of IAH and ACS seemed to be independent of the medical orientation of the respective ICU and the experience or familiarity of the ICU physicians with these two

disease entities (see Suppl. II + III). With regard to all other survey questions, on the other hand, it was found that the relevance of IAH/ACS was assessed more highly in paediatric patients rather than in neonatology patients, that the diagnoses were considered more frequently and had been made more often since 2010, and that decompressive laparotomies were performed more regularly. At the same time, there was a correlation between familiarity with both entities and the completeness of returned questionnaires. These knowledge and application advantages of PICUs over NICUs were already apparent in 2010; although detailed knowledge has increased on average in all ICUs since 2010, PICUs seem to have tended to learn faster and more in recent years (see Suppl. II + III).

Limitation of this survey

Due to the 48% response rate, our survey represents only a part of the pediatric intensive care units in German-speaking countries. Moreover, some questionnaires were only partially completed, thus reducing the validity of the survey. As in every survey, the questionnaires returned reflect the subjective experience of pediatric intensivists regarding IAH and ACS and are not objective data. Despite the limitations mentioned, we would have expected a higher number of diagnosed IAH and ACS cases as well as a larger proportion of pediatricians measuring IAP. The results do not reflect the current status because there was a relevant delay between assessment and the reporting of this dataset, which was solely due to a lack of resources.

Conclusion

This is the first survey of neonatal/pediatric intensivists to assess the impact of the updated guidelines published by WSACS in 2013. Our study showed increasing awareness and a higher number of respondents knowing the correct definition of an ACS. Despite this, a large number of respondents stated that they had never diagnosed IAH/ACS or measured IAP. Future aspects should include regular training and education for pediatric clinicians and nurses to increase awareness of IAH and ACS and, thus, improve knowledge of diagnostics and therapy.

Our data also showed an improvement in the survival rate if a DL is performed in a timely manner.

It is necessary to establish evidence-based therapy algorithms to reduce the inhibition threshold to invasive interventions in the context of timely ACS treatment.

Abbreviations

A	Austria
ACS	Abdominal Compartment Syndrome
CH	Switzerland
CVP	Central venous pressure
D	Germany
DL	Decompressive laparotomy
IAH	Intra-abdominal hypertension
IAP	Intra-abdominal pressure
ICU	Intensive Care Unit
MHH	Hannover Medical School (in German Medizinische Hochschule Hannover)
n	number
NICU	Neonatal intensive Care Unit
PICU	Pediatric Intensive Care Unit
PODIUM	Pediatric Organ Dysfunction Information Update Mandate
WSACS	Abdominal Compartment Society (formerly "World Society of ACS")

Supplementary Information

The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1186/s12887-023-03881-x>.

Additional file 1. Supplement: survey questions.

Additional file 2: Supplement II. Presentation of answers depending on the medical focus of the intensive care units (ICU).

Additional file 3: Supplement III. Presentation of answers depending on complete versus incomplete questionnaires (2016 survey).

Acknowledgements

Special thanks go to the heads and their teams of the neonatal and paediatric intensive care units in Germany, Austria and Switzerland, who thankfully found the leisure to answer our questionnaire despite scarce time and staff resources.

Authors' contributions

T.K. developed the research concept; prepared, sent and recorded the returned questionnaires. T.K., T.J. and P.W. analysed and interpreted the results. P.W., T.J., A.G., K.S., M.B., H.K., P.B., M.S. and T.K. contributed to revising the manuscript and agreed to its final version and publication. All authors reviewed the manuscript. P.W. and T.J. contributed equally.

Authors' information

Not applicable.

Funding

Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL. All costs related to the survey were self-funded by T.K.

Availability of data and materials

Raw data and calculations can be obtained from T.K., P.W. or from the secretariat of the Department of Paediatric Cardiology and Intensive Care Medicine at the University Children's Hospital, Hannover Medical School.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

This study was approved by the local ethics committee of Hannover Medical School ("Ethikkommission der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH)"; OE 9515; Carl-Neuberg-Str. 1, 30625 Hannover, Germany). The present study did NOT involve research on humans, nor was patient data or patient material used or analysed. According to the legislation valid in 2010 and 2015, it would therefore not have been necessary to obtain a positive ethics vote at all (regardless of whether from a German, Austrian or Swiss ethics committee), according to the information provided by the MHH ethics committee. Nevertheless, the authors decided to obtain a positive decision at least from a German ethics committee. The paediatric intensivists contacted in the context of this follow-up survey were explicitly informed that the returned pseudonymised data would be

analysed and published again. By returning their pseudonymised assessments, they implicitly gave their consent to data processing and publication (Accordingly, informed consent was obtained from all participants and subjects). Retrospective identification of persons with sensitive data (patients and/or the attending physicians) was and is not possible. All authors confirm that all methods were performed in accordance with the relevant guidelines and regulations.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare no competing interests.

Author details

¹Department of Pediatric Cardiology and Intensive Care Medicine, Hannover Medical School, Carl-Neuberg-Street 1, 30625 Hannover, Germany.

Received: 13 July 2022 Accepted: 2 February 2023

Published online: 17 February 2023

References

- Newcombe J, Mathur M, Bahjri K, Ejike JC. Pediatric critical care nurses' experience with abdominal compartment syndrome. *Ann Intensive Care*. 2012;2 Suppl 1:S6.
- Kaussen T, Steinau G, Srinivasan PK, Otto J, Sasse M, Staudt F, et al. Recognition and management of abdominal compartment syndrome among German pediatric intensivists: results of a national survey. *Ann Intensive Care*. 2012;2 Suppl 1:S8.
- Kirkpatrick AW, Roberts DJ, De Waele J, Jaeschke R, Malbrain MLNG, De Keulenaer B, et al. Intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome: updated consensus definitions and clinical practice guidelines from the world Society of the Abdominal Compartment Syndrome. *Intensive Care Med*. 2013;39(7):1190–206.
- Bembea MM, Agus M, Akcan-Arikan A, Alexander P, Basu R, Bennett TD, et al. Pediatric organ dysfunction information update mandate (PODIUM) contemporary organ dysfunction criteria: executive summary. *Pediatrics*. 2022;149(1 Suppl 1):S1–S12.
- Rezeni N, Thabet F. Awareness and management of intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome by paediatric intensive care physicians: a national survey. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2022;54(4):315–9.
- Wise R, Rodseth R, Blaser A, Roberts D, De Waele J, Kirkpatrick A, et al. Awareness and knowledge of intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome: results of a repeat, international, cross-sectional survey. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2019;51(3):186–99.
- Wise R, Roberts DJ, Vandervelden S, Debergh D, De Waele JJ, De Laet I, et al. Awareness and knowledge of intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome: results of an international survey. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2015;47(1):14–29.
- Kirkpatrick AW, Brenneman FD, McLean RF, Rapanos T, Boulanger BR. Is clinical examination an accurate indicator of raised intra-abdominal pressure in critically injured patients? *Can J Surg*. 2000;43(3):207–11.
- Sugrue M, Bauman A, Jones F, Bishop G, Flabouris A, Parr M, et al. Clinical examination is an inaccurate predictor of intraabdominal pressure. *World J Surg*. 2002;26(12):1428–31.
- Kaussen T, Gutting M, Lasch F, Boethig D, von Gise A, Dingemann J, et al. Continuous intra-gastral monitoring of intra-abdominal pressure in critically ill children: a validation study. *Intensive Care Med Exp*. 2021;9(1):24–8.
- Jacobs R, Wise RD, Myatchin I, Vanhonacker D, Minini A, Mekeirele M, et al. Fluid management, intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome: a narrative review. *Life (Basel)*. 2022;12(9):1390. <https://doi.org/10.3390/life12091390>.
- Ejike JC, Humbert S, Bahjri K, Mathur M. Outcomes of children with abdominal compartment syndrome. *Acta Clin Belg*. 2007;62(Suppl 1):141–8.
- di Natale A, Moehrlen U, Neeser HR, Zweifel N, Meuli M, Mauracher AA, et al. Abdominal compartment syndrome and decompressive laparotomy in children: a 9-year single-center experience. *Pediatr Surg Int*. 2020;36(4):513–21.
- Strang SG, Van Lieshout EM, Verhoeven RA, Van Waes OJ, Verhofstad MH, IAH-ACS Study Group. Recognition and management of intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome; a survey among Dutch surgeons. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2017;43(1):85–98.
- De Waele JJ, Hoste EA, Malbrain ML. Decompressive laparotomy for abdominal compartment syndrome—a critical analysis. *Crit Care*. 2006;10(2):R51.
- Silveira LGT, Brocca IC, Moraes ES, Brandao MB, Nogueira RJN, de Souza TH. Hemodynamic effects of increased intra-abdominal pressure in critically ill children. *J Pediatr*. 2021;97(5):564–70.
- Agyeman PKA, Schlapbach LJ, Giannoni E, Stocker M, Posfay-Barbe KM, Heininger U, et al. Epidemiology of blood culture-proven bacterial sepsis in children in Switzerland: a population-based cohort study. *Lancet Child Adolesc Health*. 2017;1(2):124–33.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions



Supplement I: Survey Questions

Part A: Description of the clinics

A.1 Did you participate in our first survey in 2010?

- Yes
- No

A.2 Your clinic/department is:

- Only NICU
- Only PICU
- NICU>PICU
- PICU>NICU

If NICU, then

- Level 1
- Level 2
- Level 3

A.3 Size of ICU/ Number of cases in 2015:

- <350
 - 351-700
 - >700
- Including neonatological _____ (%)
- Including pediatric _____ (%)

A.4 The mission of your clinic/department is: (Multiple answers possible)

- Basic and standard care
- Focused care
- Maximum care
- University care

Part B: Intra-abdominal hypertension (IAH) and abdominal compartment syndrome (ACS)

B.1 Do IAH or ACS play a role in your clinical practice?

- Never
- Seldom
- Regularly
- Often

B.2 Have you diagnosed IAH and ACS more frequently since 2010?

- Yes
- No

B.3

How often did you diagnose IAH in 2015?

- 0 times
- 1 to 10 times
- > 10 times

How often did you diagnose ACS in 2015?

- 0 times
- 1 to 5 times
- > 5 times

B.4 How do you diagnose IAH or ACS (mark each with an X).

IAH:

- Solely based on clinical symptoms
- Based on clinical symptoms PLUS intra-abdominal pressure measurement
- Solely based on intra-abdominal pressure measurement

ACS:

- Solely based on clinical symptoms
- Based on clinical symptoms PLUS intra-abdominal pressure measurement.
- Solely based on intra-abdominal pressure measurement

What clinical symptoms are included in your diagnosis?

- (1) _____
- (2) _____
- (3) _____

B.5 Are you measuring intra-abdominal pressure (IAD)?

- No
- Seldom
- Regularly
- Often

B.6 How many times did you perform a decompressive laparotomy for IAH/ ACS at your hospital in 2015? _____

What was the survival rate in your hospital in 2015 after an ACS diagnosis?

- With decompression: _____ (%)
- Without decompression: _____ (%)

In 2015, how many times did your hospital have to leave the abdomen temporarily open postoperatively? _____

ICU, Intensive care unit; NICU, Neonatological intensive care unit; PICU, pediatric intensive care unit

Supplement II: Presentation of answers depending on the medical focus of the intensive care units (ICU)

A) 2010 Survey

	Question	Exclusive NICU (%)	NICU rather than PICU (%)	PICU rather than NICU (%)	Exclusive PICU (%)	p- value
B.1	Occurrence and relevance of IAH/ACS in clinical practice <ul style="list-style-type: none"> • Never • Seldom • Regularly • Often 	67 (18/27) 33 (9/27) 0 0	55 (45/82) 39 (32/82) 6 (5/82) 0	44 (8/18) 44 (8/18) 12 (2/18) 0	0 72 (5/7) 14 (1/7) 14 (1/7)	0,002
B.2	not applicable (question was only asked in 2016)					.
B.3	Frequency of diagnosed IAH at answering ICU's (during the entire year before) <ul style="list-style-type: none"> • 0 times IAH • to 10 times IAH • 10 times IAH Frequency of diagnosed ACS at answering ICU's (during the entire year before) <ul style="list-style-type: none"> • 0 times ACS • 1 to 5 times ACS • > 5 times ACS 	81 (22/27) 19 (5/27) 0 85 (23/27) 15 (4/27) 0	64 (52/82) 30 (25/82) 6 (5/82) 72 (59/82) 27 (22/82) 1 (1/82)	50 (9/18) 44 (8/18) 6 (1/18) 67 (12/18) 33 (6/18) 0	17 (1/6) 50 (3/6) 33 (2/6) 57 (4/7) 29 (2/7) 14 (1/7)	0,020 0.137
B.4	Awareness and use of current WSACS definitions (multiple choice) <ul style="list-style-type: none"> • IAH definition correctly chosen (increased IAP) • ACS definition correctly chosen (IAH + new organ dysfunction) 	0 15 (4/27)	5 (4/82) 17 (14/82)	6 (1/18) 28 (5/18)	14 (1/7) 43 (3/7)	0.538 0.319
	Clinical symptoms stated to be associated with increased IAP in children <ul style="list-style-type: none"> • Respiratory symptoms • Cardiovascular symptoms • Renal symptoms • Gastrointestinal symptoms • Hepatobiliary symptoms 	21 (7/33) 18 (6/33) 15 (5/33) 39 (13/33) 0	23 (23/102) 18 (18/102) 22 (22/102) 33 (34/102) 1 (1/102)	27 (8/30) 16 (5/30) 23 (7/30) 27 (8/30) 7 (2/30)	12 (2/18) 23 (4/18) 17 (3/18) 34 (6/18) 6 (1/18)	
B.5	Share of respondents measuring the IAP regularly	11 (3/27)	20 (16/82)	33 (6/18)	43 (3/7)	0.180
B.6	Share of respondents having performed decompressive laparotomy <ul style="list-style-type: none"> • Stated survival rate of ACS patients <ul style="list-style-type: none"> • Surgically treated children • Non- surgically treated children 	4(1/27) 50 no specified	23 (19/81) 94 74	22 (4/18) 70 63	67 (4/6) 67 59	0.009 0.178 0.484

Abb.: ACS, Abdominal compartment syndrome; IAH, intra-abdominal hypertension; IAP, intra-abdominal pressure; ICU, intensive care unit; NICU, neonatal intensive care unit (for premature and newborn infants (up to 28 days of life)); PICU, pediatric intensive care unit (for older children from infancy to adolescence (beyond the 28th day of life))

B) 2016 Survey

	Question	Exclusive NICU (%)	NICU rather than PICU (%)	PICU rather than NICU (%)	Exclusive PICU (%)	p- value
B.1	Occurrence and relevance of IAH/ACS in clinical practice <ul style="list-style-type: none"> • Never • Seldom • Regularly • Often 	60 (24/40)	42 (36/86)	8 (1/13)	12 (1/8)	<0.001
B.2	Increase in diagnosis of IAH and ACS since 2010 (requested exclusively in 2016)	5 (2/39)	12 (10/86)	46 (6/13)	37 (3/8)	<0.001
B.3	Frequency of diagnosed IAH at answering ICU's (during the entire year before) <ul style="list-style-type: none"> • 0 times IAH • to 10 times IAH • 10 times IAH Frequency of diagnosed ACS at answering ICU's (during the entire year before) <ul style="list-style-type: none"> • 0 times ACS • 1 to 5 times ACS • > 5 times ACS 	72 (28/39)	64 (54/84)	25 (3/12)	29 (2/7)	<0,001
		28 (11/39)	34 (29/84)	50 (6/12)	71 (5/7)	
		0	2 (1/84)	25 (3/12)	0	<0.001
		74 (28/38)	70 (58/83)	18 (2/11)	13 (1/8)	
		26 (10/38)	28 (23/83)	64 (7/11)	87 (7/8)	
		0	2 (2/83)	18 (2/11)	0	
B.4	Awareness and use of current WSACS definitions (tested by multiple choice) <ul style="list-style-type: none"> • IAH definition correctly chosen (increased IAP) • ACS definition correctly chosen (IAH + new organ dysfunction) 	0	5 (3/61)	18 (2/11)	14 (1/7)	0.190
		42 (8/19)	59 (34/59)	85 (11/13)	71 (5/7)	0.990
	Clinical symptoms stated to be associated with increased IAP in children <ul style="list-style-type: none"> • Respiratory symptoms • Cardiovascular symptoms • Renal symptoms • Gastrointestinal symptoms • Hepatic symptoms 	23 (12/52)	20 (34/169)	32 (12/38)	18 (4/22)	
		27 (14/52)	22 (38/169)	13 (5/38)	9 (2/22)	
		21 (11/52)	20 (33/169)	21 (8/38)	27 (6/22)	
		29 (15/52)	35 (59/169)	29 (11/38)	36 (8/22)	
		0	1 (2/169)	0	9 (2/22)	
B.5	Share of respondents measuring the IAP	26 (10/38)	42 (36/85)	92 (12/13)	88 (7/8)	<0.001
B.6	Share of respondents having performed decompressive laparotomy	20 (8/39)	35 (30/85)	70 (9/13)	88 (7/8)	<0.001
	Stated survival rate of ACS patients <ul style="list-style-type: none"> • Surgically treated children • Non- surgically treated children 	86	82	85	82	0.572
		24	36	59	22	0.405
	Share of respondents who needed to leave the abdomen open postoperatively (only 2016)	23 (9/40)	36 (31/86)	85 (11/13)	63 (5/8)	<0.001

ACS, Abdominal compartment syndrome; IAH, intra-abdominal hypertension; IAP, intra-abdominal pressure; ICU, intensive care unit; NICU, neonatal intensive care unit (for premature and newborn infants (up to 28 days of life)); PICU, pediatric intensive care unit (for older children from infancy to adolescence (beyond the 28th day of life))

Supplement III: Presentation of answers depending on complete versus incomplete questionnaires (2016 survey)

	Question	Complete questionnaires 53% (82/156)	Incomplete questionnaires 47% (74/156)	p- value
B.1	Occurrence and relevance of IAH/ACS in clinical practice <ul style="list-style-type: none"> • Never • Seldom • Regularly • Often 	18 (15/82) 60 (49/82) 20 (16/82) 2 (2/82)	74 (54/73) 22 (16/73) 3 (2/73) 1 (1/73)	<0,001
B.2	Increase in diagnosis of IAH and ACS since 2010 (requested exclusively in 2016)	21 (17/82)	6 (4/72)	0,006
B.3	Frequency of diagnosed IAH at answering ICU's (during the entire year before) <ul style="list-style-type: none"> • 0 times IAH • to 10 times IAH • 10 times IAH Frequency of diagnosed ACS at answering ICU's (during the entire year before) <ul style="list-style-type: none"> • 0 times ACS • 1 to 5 times ACS • > 5 times ACS 	42 (34/82) 54 (44/82) 4 (3/82) 48 (39/82) 48 (39/82) 4 (4/82)	87 (60/69) 12 (8/69) 1 (1/69) 86 (56/65) 14 (9/65) 0	<0,001 <0,001
B.4	Awareness and use of current WSACS definitions (tested by multiple choice) <ul style="list-style-type: none"> • IAH definition correctly chosen (increased IAP) • ACS definition correctly chosen (increased IAP + new organ dysfunction) 	7 (6/82) 61 (50/82)	0 47 (8/17)	0,261 0,289
	Clinical symptoms stated to be associated with increased IAP in children <ul style="list-style-type: none"> • Respiratory symptoms • Cardiovascular symptoms • Renal symptoms • Gastrointestinal symptoms • Hepatic symptoms 	21 (49/228) 21 (47/228) 22 (51/228) 34 (78/228) 1 (3/228)	25 (14/55) 27 (15/55) 16 (9/55) 27 (15/55) 2 (1/55)	
B.5	Share of respondents measuring the IAP	41 (34/82)	14 (10/70)	<0,001
B.6	Share of respondents having performed one decompressive laparotomy Stated survival rate of ACS patients <ul style="list-style-type: none"> • Surgically treated children • Non- surgically treated children Share of respondents who need to leave the abdomen open postoperatively (only 2016)	56 (45/82) 84 38 55 (45/82)	14 (10/72) 88 47 16 (12/73)	<0,001 0.680 0.152 <0,001

ACS, Abdominal compartment syndrome; IAH, intra-abdominal hypertension; IAP, intra-abdominal pressure; ICU, intensive care unit; NICU, neonatal intensive care unit (for premature and newborn infants (up to 28 days of life)); PICU, pediatric intensive care unit (for older children from infancy to adolescence (beyond the 28th day of life))

6. Diskussion

Die publizierten Ergebnisse entstammen der ersten bundesweiten Befragung von neonatalen und/ oder pädiatrischen Intensivstationen im deutschsprachigen Raum (D-A-CH) nach Veröffentlichung der aktualisierten WSACS-Leitlinien für pädiatrische Patienten im Jahre 2013.

6.1. Wahrnehmung von IAH und AKS

In der vorliegenden Umfrage zeigte sich ein Anstieg hinsichtlich der Awareness für IAH und AKS auf neonatologischen und pädiatrischen Intensivstationen. Newcombe et al. konnten in ihrer Umfrage unter Kinderkrankenpfleger*Innen ebenfalls einen Anstieg des Bewusstseins für AKS darstellen, allerdings in einem deutlich höheren Prozentbereich (von 69% auf 88% versus 44% auf 55%) (7). Die Zahl der antwortenden Intensivstationen, die angaben, dass IAH und AKS keine Rolle im klinischen Alltag spielen (2016: 45 %) und derjenigen, die nie ein AKS diagnostiziert haben (2016: 65 %), erhärten den Verdacht, dass die gültigen Definitionen der WSACS bezüglich der korrekten Diagnose und der IAD-Überwachung auch 2016 noch nicht in allen pädiatrischen Krankenhäusern und im Bewusstsein aller Behandler*Innen angekommen sind.

6.2. Definition und Diagnostik von IAH und AKS

In der Folgerhebung nach 6 Jahren stieg der Anteil der NICUs und PICUs, die ein AKS korrekt definierten, von 18% auf 58 % an. Im Gegensatz dazu sank in der Newcombe-Umfrage der Anteil der Teilnehmer*Innen, welche die korrekte AKS-Definition kannten von 19,5 % auf 13,2 % (7). Auch im Vergleich zur Umfrage von Rezeni et al., bei der nur 10% die korrekte AKS- Definition kannten, konnte die vorliegende Umfrage einen positiven Trend hinsichtlich der korrekten Diagnose von AKS im deutschsprachigen Raum zeigen (6).

Leider erweckten sowohl die Umfrage aus 2010, als auch die 2016er-Befragung den Eindruck, dass viele Fälle von IAH und AKS übersehen wurden bzw. werden, weil die Befragten die gültigen Definitionen nicht zu kennen und/ oder nicht anzuwenden scheinen. In Übereinstimmung mit den vorliegenden Ergebnissen zeigten auch die Erhebung von Wise et al., dass Teilnehmer*Innen, die die WSACS-Definition kannten, signifikant häufiger Fälle von AKS identifizierten und behandelten (8).

Kritisch anzumerken ist, dass im Jahr 2016 diejenigen, die die gültige WSACS-Definition kannten, nicht signifikant mehr Fälle von AKS diagnostizierten. Die Definitionen und das Basiswissen, das diese Verfahren evidenzbasiert unterstützt, müssen einen gewissen Durchdringungsgrad erreichen, bevor neue Methoden ihren Weg in den klinischen Alltag finden. Unterstützend für diese Annahmen der verzögerten Umsetzung neuer Methoden war 2016 der prozentuale Anstieg des Anteils derjenigen Befragten, die die gültige WSACS-Definition kannten mit +40% größer als die Zunahme des Anteils von Antwortenden, die den IAD regelmäßig zu messen vorgaben (+23 %).

6.3. Messung des IAD

In der Umfrage von 2010 gaben 80% der Befragten an, den IAD nicht zu messen. In der Folgebefragung von 2016 sank deren Anteil auf 57%. In der Umfrage von Newcombe et al. gab nur ein Viertel der Befragten an, den IAD nicht zu messen, während in der Befragung von Rezeni nur ein Drittel den IAD nicht quantifizierte (6,7)

Die Messung des IAD ist definitionsgemäß und evidenzbasiert die einzig zuverlässige Methode zur Abschätzung und klinischen Einordnung des intraabdominellen Drucks und ist für die weitere Behandlungsplanung unerlässlich (1). Die weiterhin hohe Zahl der Befragten, die ein AKS ausschließlich aufgrund klinischer Symptome diagnostizierten (2010: 76% versus 2016: 40 %), deutet darauf hin, dass sich auch 2016 viele Intensivmediziner*Innen bei der Beurteilung des IADs fälschlicherweise auf die klinische Untersuchung verlassen. Dies deckt sich mit den Umfrageergebnissen von Wise et al., in der 18 % der Befragten angaben, den IAD noch nie gemessen zu haben und sich somit rein auf die klinische Untersuchung zu verlassen scheinen (9). Die Umfrageergebnisse von Rezeni zeigten ebenfalls, dass sich 45 % fälschlicherweise auf die klinische Untersuchung verlassen (6).

Die vorliegenden Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass viele Fälle von IAH und AKS im klinischen Alltag übersehen bzw. verpasst werden.

Die Primärbefragung von 2010 ergab, dass die meisten Teilnehmer*Innen den IAD messen würden, wenn die Messmethoden leichter in den klinischen Alltag zu integrieren wären. Dies wäre perspektivisch mit der nasogastralen Druckmessung

möglich, die in einer Validierungsstudie als tauglich beurteilt wurde und dabei deutlich weniger Messaufwand erfordert (13).

In den letzten Monaten wurden alternative oder modifizierte Verfahren zur Erhebung des IADs (gemäß den Validierungskriterien der Abdominal Compartment Society) getestet und publiziert. Dabei stellte sich die transfemorale Venendruckmessung im Vergleich zur intragastralen und intravesikalen Druckerhebung als ungenau heraus und somit nicht geeignet zur Erfassung des IAD bei kritisch kranken Kindern (18). Zudem wurde kürzlich eine Weiterentwicklung der intravesikalen IAD-Messung mittels modifizierten Blasen-Katheter untersucht. Mithilfe des „SERENNO“-Gerätes ist künftig möglicherweise somit eine kontinuierliche, automatisierte Druckerhebung möglich (19).

Schlussendlich sind diese neuartigen bzw. modifizierten Messmethoden bisher nur präklinisch getestet und haben bisher nicht den Einstieg in die Erwachsenenmedizin, geschweige denn der Pädiatrie geschafft.

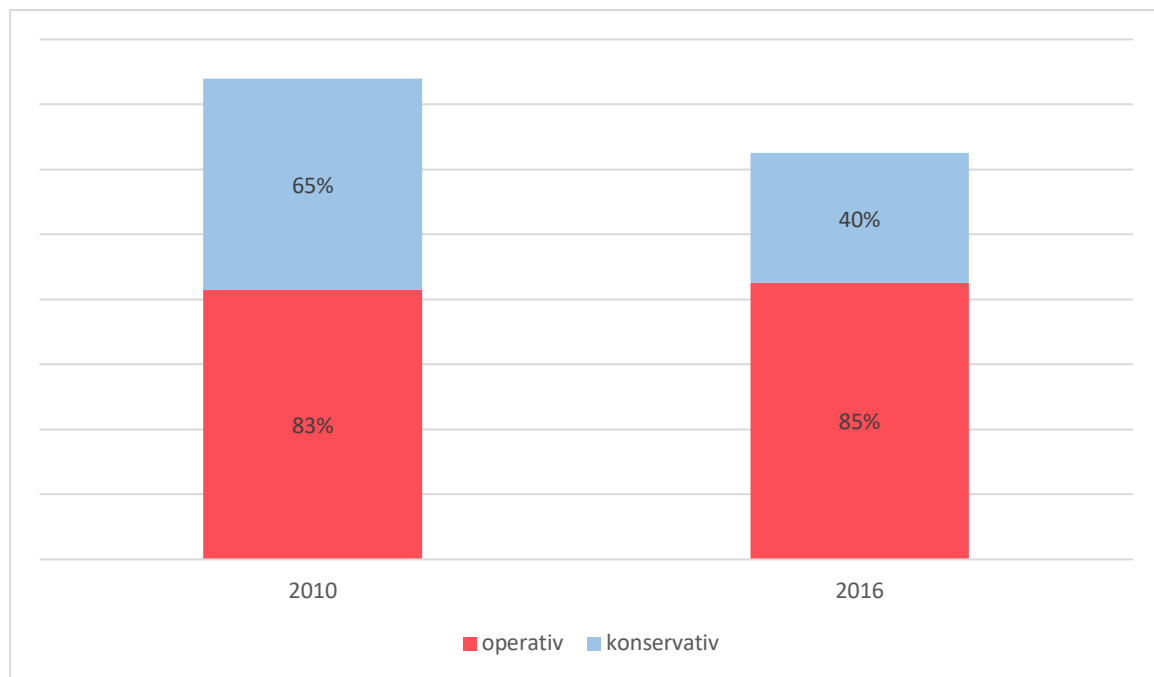
6.4. Therapeutische Strategien für das Management von AKS-Patienten

Wenn konservative Therapiekonzepte zur Senkung des IADs scheitern und sich ein AKS ausgebildet hat, muss möglichst sofort eine Dekompressive Laparotomie (DL) erfolgen. Diese erfolgt meist zu spät und impliziert alleine schon dadurch eine hohe Mortalität - wie die Forschungsgruppe von di Natale zeigte. So lag die Mortalität von notfallmäßig durchgeführten Laparotomien in seiner Arbeit bei 57% (20). Dies unterstreicht erneut, wie wichtig es ist, den IAD bei kritisch kranken Kindern regelmäßig zu messen und dann schnellstmöglich eine DL durchzuführen, sobald ein AKS festgestellt wurde.

Eine DL, als therapeutische Maximaloption bei fulminantem AKS, wurde 2016 fast doppelt so häufig angegeben wie 2010. In der 2019 durchgeführten Folge-Umfrage von Wise et al., gaben die Befragten an, dass die häufigste Therapieoption bei der Behandlung des AKS die DL ist. Kinderärzt*Innen oder Kinderchirurg*Innen gaben an, diese invasive therapeutische Option im Vergleich zu konservativen Therapieoptionen (z.B: forcierte Diurese) seltener zu nutzen (8). Dies erweckt den Anschein, dass die Hemmschwelle für DL bei pädiatrischen Patienten mit AKS höher ist als bei Erwachsenen.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Strang et al. zeigten sowohl die Erhebungen von 2010 als auch die von 2016 eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit, wenn eine DL durchgeführt wurde (2016, 85% versus 40%, siehe Grafik 1) (21).

Grafik 1: Durchschnittlich geschätzte mittlere Überlebensrate eines AKS (operative versus konservative Therapie) nach Angaben der antwortenden NICU- und PICU-Leitungen in D-A-CH



Abkürzungen: AKS, Abdominelles Kompartiment Syndrom

6.5. Prognose von Kindern mit AKS

In beiden Befragungen konnte gezeigt werden, dass die Überlebenswahrscheinlichkeit durch eine rechtzeitige chirurgische Dekompression im Falle eines manifesten AKS erhöht werden kann. DeWaele konnte in seiner retrospektiven Arbeit zeigen, dass zwischen der Diagnose eines AKS und einer DL bei Erwachsenen durchschnittlich 18 Stunden zu liegen scheinen (22).

Dabei ist die Latenzzeit zwischen Erhöhung des IAD, dem Zeitpunkt des Übergangs zum AKS und der anschließenden Entscheidung zur Durchführung einer DL für die Prognose entscheidend. Agyeman et al. konnten unter Anwendung der Organdysfunktionen der Internationalen Pediatric Sepsis Consensus Conference

(IPSCC) zeigen, dass auch im Rahmen der Sepsis, die Anzahl der Organdysfunktionen die Letalität entscheidend beeinflusst (23). Die Haupttodesursache in der Folge des AKS ist nach den Ergebnissen von di Natale die Progression der Organdysfunktion zum Multiorganversagen (20).

6.6. Limitationen der Befragung

Aufgrund der Rücklaufquote von 48% repräsentiert die vorliegende Follow-Up Befragung nur einen Teil pädiatrischer Intensivstationen im deutschsprachigen Raum. Zudem wurden einige Fragebögen nur teilweise ausgefüllt, was die Validität der Umfrage beeinträchtigt. Wie bei jeder Umfrage spiegeln die zurückgesandten Fragebögen die subjektiven Erfahrungen der pädiatrischen Intensivmediziner*Innen in Bezug auf IAH und AKS wider und sind keine objektiven Daten.

Trotz der genannten Einschränkungen hätten wir eine höhere Zahl diagnostizierter IAH- und AKS-Fälle sowie einen größeren Anteil von Kinderärzt*Innen erwartet, die den IAD messen.

Ursächlich hierfür erscheint unter anderem die weiter hohe Anzahl an Teilnehmer*Innen (auch 2016 noch 40%), die sich auf eine rein klinische Untersuchung verlassen und somit Fälle von IAH und AKS verpassen.

6.7. Schlussfolgerung

Die vorliegende Publikation zeigt Ergebnisse der ersten Befragung neonatologischer und/ oder pädiatrischer Intensivmediziner*Innen nach der 2013 von der WSACS veröffentlichten aktualisierten Leitlinien. Dabei konnte gezeigt werden, dass das Bewusstsein für diese Leitlinien gestiegen ist und eine größere Anzahl der Befragten die korrekte Definition eines AKS kennt. Dennoch gab eine große Anzahl der Befragten an, noch nie eine IAH/AKS diagnostiziert oder den IAD gemessen zu haben.

Zukünftig sollten regelmäßige Schulungen und Fortbildungen für Kinderkrankenpfleger*Innen sowie -Ärzt*Innen durchgeführt werden, um das Bewusstsein für IAH und AKS zu schärfen und damit die Kenntnisse über Diagnostik und Therapie zu verbessern.

Außerdem konnte gezeigt werden, dass die Überlebensrate bei fulminantem AKS steigt, wenn zeitnah eine DL durchgeführt wurde.

Somit ist es dringend notwendig, evidenzbasierte Therapiealgorithmen zu entwickeln, um die Hemmschwelle für invasive Eingriffe im Rahmen einer rechtzeitigen AKS-Behandlung zu senken und so das Outcome der betroffenen Patienten in naher Zukunft weiter verbessern zu können.

7. Zusammenfassung

Hintergrund: Ein dauerhaft erhöhter intraabdomineller Druck (IAH) kann zu einem abdominalen Kompartmentsyndrom (AKS) führen, das mit Organdysfunktionen oder sogar einem Multiorganversagen einhergeht.

Die Primärbefragung aus dem Jahr 2010 ergab, dass die Definitionen und Leitlinien für die Diagnose und Behandlung von IAH und AKS in Deutschland von neonatologischen und pädiatrischen Intensivmediziner*Innen nicht einheitlich akzeptiert werden. Dies ist die erste Umfrage, die die Kenntnis und Umsetzung der aktualisierten WSACS- Leitlinien nach deren Veröffentlichung im Jahr 2013 unter neonatologischen und pädiatrischen Intensivstationen (NICU/PICU) im deutschsprachigen Raum erfasst.

Methoden: 2016 erfolgte die Durchführung einer Folge- Befragung. Dafür wurden und 473 Fragebögen an 328 deutschsprachige Kinderkrankenhäuser in D-A-CH versandt. Die Ergebnisse wurden in Bezug auf Awareness, Diagnostik und Therapie von IAH und AKS mit den Ergebnissen der Primärbefragung aus dem Jahr 2010 verglichen und analysiert.

Ergebnisse: Die Rücklaufquote lag bei 48 % (n = 156). Die Mehrheit der Befragten stammte aus Deutschland (86 %) und arbeitete auf Intensivstationen mit überwiegend neonatologischen Patienten (53 %). Die Zahl der Teilnehmer*Innen, die angaben, dass IAH und AKS in ihrer klinischen Praxis eine Rolle spielen, stieg von 44 % im Jahre 2010 auf 56 % im Jahre 2016. Ähnlich wie bei den Untersuchungen von 2010 kannten nur wenige neonatologische und pädiatrische Intensivmediziner*Innen die korrekte WSACS-Definition einer IAH (4 % in 2010 gegenüber 6 % in 2016). Anders als in der vorherigen Studie stieg die Zahl der Teilnehmer*Innen, die ein AKS korrekt definierten, von 18 auf 58 % (p < 0,001). Die Zahl der Befragten, die den intraabdominellen Druck (IAD) maßen, stieg von 20 auf 43 % (p < 0,001) an. Dekompressive Laparotomien (DL) wurden häufiger durchgeführt als 2010 (36 % gegenüber 19 %, p < 0,001), und die angegebene Überlebensrate war höher, wenn eine DL durchgeführt wurde (85 % ± 17 % vs. 40 ± 34 %).

Schlussfolgerung: Unsere Follow-up-Umfrage unter neonatologischen und pädiatrischen Intensivmediziner*Innen zeigte eine Verbesserung des Bewusstseins und der Kenntnisse über gültige Definitionen von AKS. Außerdem nahm die Zahl der den IAD messenden Ärzt*Innen zu. Allerdings hat eine beträchtliche Anzahl von Ärzt*Innen immer noch nie eine IAH/ AKS diagnostiziert, und mehr als die Hälfte der

Zusammenfassung

Befragten haben noch nie den IAD gemessen. Dies erhärtet den Verdacht, dass IAH und AKS erst langsam in den Fokus der neonatologischen und pädiatrischen Intensivmediziner*Innen in deutschsprachigen Kinderkliniken rücken. Ziel muss es sein, das Bewusstsein für IAH und AKS durch Aus- und Fortbildung zu schärfen und Diagnosealgorithmen insbesondere für pädiatrische Patienten zu etablieren. Die erhöhte Überlebensrate nach Durchführung einer zeitnahen DL festigt den Eindruck, dass die Überlebenschance durch eine rechtzeitige chirurgische Dekompression im Falle eines ausgewachsenen AKS erhöht werden kann.

8. Literaturverzeichnis

- (1) Kirkpatrick AW, Roberts DJ, De Waele J, Jaeschke R, Malbrain MLNG, De Keulenaer B, et al. Intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome: updated consensus definitions and clinical practice guidelines from the World Society of the Abdominal Compartment Syndrome. *Intensive Care Med* 2013 Jul;39(7):1190-1206.
- (2) Ejike JC, Bahjri K, Mathur M. What is the normal intra-abdominal pressure in critically ill children and how should we measure it? *Crit Care Med* 2008 July 01;36(7):2157-2162.
- (3) Kaussen T, Steinau G, Srinivasan PK, Otto J, Sasse M, Staudt F, et al. Recognition and management of abdominal compartment syndrome among German pediatric intensivists: results of a national survey. *Ann Intensive Care* 2012 Jul 05;;2 Suppl 1:S8.
- (4) McGuigan RM, Azarow KS. Is splanchnic perfusion pressure more predictive of outcome than intragastric pressure in neonates with gastroschisis? *Am J Surg* 2004 May 01;187(5):609-611.
- (5) McGuigan RM, Mullenix PS, Vegunta R, Pearl RH, Sawin R, Azarow KS. Splanchnic perfusion pressure: a better predictor of safe primary closure than intraabdominal pressure in neonatal gastroschisis. *J Pediatr Surg* 2006 May 01;41(5):901-904.
- (6) Rezeni N, Thabet F. Awareness and management of intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome by paediatric intensive care physicians: a national survey. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2022;54(4):315-319.
- (7) Newcombe J, Mathur M, Bahjri K, Ejike JC. Pediatric critical care nurses' experience with abdominal compartment syndrome. *Ann Intensive Care* 2012 Jul 05;;2 Suppl 1:S6.
- (8) Wise R, Roberts DJ, Vandervelden S, Debergh D, De Waele JJ, De Laet I, et al. Awareness and knowledge of intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome: results of an international survey. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2015;47(1):14-29.
- (9) Wise R, Rodseth R, Blaser A, Roberts D, De Waele J, Kirkpatrick A, et al. Awareness and knowledge of intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome: results of a repeat, international, cross-sectional survey. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2019;51(3):186-199.
- (10) Sugrue M, Bauman A, Jones F, Bishop G, Flabouris A, Parr M, et al. Clinical examination is an inaccurate predictor of intraabdominal pressure. *World J Surg* 2002 December 01;26(12):1428-1431.

- (11) Suominen PK, Pakarinen MP, Rautiainen P, Mattila I, Sairanen H. Comparison of direct and intravesical measurement of intraabdominal pressure in children. *J Pediatr Surg* 2006 August 01;41(8):1381-1385.
- (12) Abreo K, Sequeira A. Bowel Perforation During Peritoneal Dialysis Catheter Placement. *Am J Kidney Dis* 2016 August 01;68(2):312-315.
- (13) Kaussen T, Gutting M, Lasch F, Boethig D, von Gise A, Dingemann J, et al. Continuous intra-gastral monitoring of intra-abdominal pressure in critically ill children: a validation study. *Intensive Care Med Exp* 2021 May 24;9(1):24-8.
- (14) Ejike JC, Humbert S, Bahjri K, Mathur M. Outcomes of children with abdominal compartment syndrome. *Acta Clin Belg* 2007;62 Suppl 1:141-148.
- (15) Steinau G, Kaussen T, Bolten B, Schachtrupp A, Neumann UP, Conze J, et al. Abdominal compartment syndrome in childhood: diagnostics, therapy and survival rate. *Pediatr Surg Int* 2011 Apr;27(4):399-405.
- (16) Kimball EJ, Rollins MD, Mone MC, Hansen HJ, Baraghoshi GK, Johnston C, et al. Survey of intensive care physicians on the recognition and management of intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome. *Crit Care Med* 2006 September 01;34(9):2340-2348.
- (17) Ejike JC, Newcombe J, Baerg J, Bahjri K, Mathur M. Understanding of Abdominal Compartment Syndrome among Pediatric Healthcare Providers. *Crit Care Res Pract* 2010;2010:876013.
- (18) Gutting M, Klischke L, Kaussen T. Hands off Trans-Femoral Venous Intra-Abdominal Pressure Estimates in Children: Results of a Sobering Single-Center Study. *Life (Basel)* 2023 March 24;13(4):872. doi: 10.3390/life13040872.
- (19) Tayebi S, Wise R, Pourkazemi A, Stiens J, Malbrain MLNG. Pre-Clinical Validation of A Novel Continuous Intra-Abdominal Pressure Measurement Equipment (SERENNO). *Life (Basel)* 2022 July 30;12(8):1161. doi: 10.3390/life12081161.
- (20) di Natale A, Moehrlen U, Neeser HR, Zweifel N, Meuli M, Mauracher AA, et al. Abdominal compartment syndrome and decompressive laparotomy in children: a 9-year single-center experience. *Pediatr Surg Int* 2020 April 01;36(4):513-521.
- (21) Strang SG, Van Lieshout EM, Verhoeven RA, Van Waes OJ, Verhofstad MH, IAH-ACS Study Group. Recognition and management of intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome; a survey among Dutch surgeons. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2017 February 01;43(1):85-98.
- (22) De Waele JJ, Hoste EA, Malbrain ML. Decompressive laparotomy for abdominal compartment syndrome--a critical analysis. *Crit Care* 2006;10(2):R51.
- (23) Agyeman PKA, Schlapbach LJ, Giannoni E, Stocker M, Posfay-Barbe KM, Heininger U, et al. Epidemiology of blood culture-proven bacterial sepsis in children in Switzerland: a population-based cohort study. *Lancet Child Adolesc Health* 2017 October 01;1(2):124-133

9. Anhang:

9.1. Fragebogen

Follow-up-Erhebung 2016
zur Bedeutung des intra-abdominellen Druckes
bei Kindern und Jugendlichen im deutschsprachigen Raum

**Medizinische Hochschule
Hannover**

Teil A: Deskription Ihrer Klinik bzw. Abteilung

- A.1 Haben Sie an unserer ersten Erhebung 2010 teilgenommen?
 ja nein
- A.2 Ihre Klinik/ Abteilung ist
 reine NICU reine PICU
 NICU > PICU PICU > NICU
 Falls neonatologische Abteilung: Level I Level II Level III
- A.3 Fall-/ Patientenzahl auf Ihrer ICU 2015: bis 350 351-700 über 700
 - davon in etwa neonatologisch: _____ [in %]
 - davon in etwa pädiatrisch: _____ [in %]
- A.4 Der Auftrag Ihrer Klinik/ Abteilung besteht in (Mehrfachnennungen möglich)
 Grund- und Regelversorgung Schwerpunktversorgung
 Maximalversorgung Universitäre Versorgung

Teil B: Intraabdominelle Hypertonie (IAH) und Abdominelles Kompartmentsyndrom (ACS)

- B.1 Spielen IAH bzw. ACS in Ihrem klinischen Alltag eine Rolle? Nein
 Ja, selten
 Ja, regelmäßig
 Ja, häufig
- B.2 Haben Sie IAH und ACS seit 2010 häufiger diagnostiziert? Nein
 Ja
- B.3 Wie oft diagnostizierten Sie 2015 eine IAH? nie bis 10x > 10x
 Wie oft diagnostizierten Sie 2015 ein ACS? nie bis 5x > 5x

B.4 Wie stellen Sie die Diagnose IAH oder ACS (bitte jeweils ankreuzen)

	IAH	ACS
<i>Ausschließlich</i> aufgrund klinischer Symptome	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aufgrund klinischer Symptome <i>PLUS</i> intraabdomineller Druckmessung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Ausschliesslich</i> aufgrund intraabdomineller Druckmessung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Welche klinischen Symptome fließen in Ihre Diagnose ein?

(1) _____ (2) _____ (3) _____

- B.5 Messen Sie den intra-abdominellen Druck (IAD)? Nein
 Ja, selten
 Ja, regelmäßig
 Ja, häufig

B.6 Wie oft erfolgte in Ihrer Klinik 2015 eine dekompresive Laparotomie bei IAH/ ACS? _____

Wie hoch war in Ihrer Klinik 2015 nach Diagnosestellung eines „ACS“ die Überlebensrate:

(A) mit Dekompression: _____ [%] (B) ohne Dekompression: _____ [%]

Wie oft war in Ihrer Klinik 2015 postop. ein vorübergehendes Offenlassen des Bauches notwendig (syn.: Open-abdomen, Laparostoma, temporäre Bauchdeckenverweilungsplastik)? _____

Vielen Dank für Ihre freundliche Mithilfe!

Bitte retournieren Sie den ausgefüllten Bogen bis 31.05.2016

per Post: MHH –Kinderklinik - Station 67 – Dr. Kausen - Carl-Neuberg-Str. 1 – 30625 Hannover
 per Fax: +49 – (0)511 – 532 8390
 per Email: kausen.torsten@mh-hannover.de

9.3 Erklärung nach § 2 Abs.2 Nrn.7 und 8 PromO

Ich erkläre, dass ich die an der Medizinischen Hochschule Hannover zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel:

„Bewusstsein, Diagnostik und Therapie der intraabdominellen Hypertonie und des abdominellen Kompartmentsyndroms auf neonatologischen und pädiatrischen Intensivstationen - eine multizentrische Folge-Erhebung“

in der Klinik für Pädiatrische Kardiologie und Intensivmedizin der Medizinischen Hochschule Hannover unter Betreuung von Dr. med. Torsten Kaussen und PD. Dr. med. Thomas Jack ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgezeigten Hilfsmittel benutzt habe.

Die Gelegenheit zum vorliegenden Promotionsverfahren ist mir nicht kommerziell vermittelt worden. Insbesondere habe ich keine Organisation eingeschaltet, die gegen Entgelt Betreuerinnen und Betreuer für die Anfertigung von Dissertationen sucht oder die mir obliegenden Pflichten hinsichtlich der Prüfungsleistungen für mich ganz oder teilweise erledigt.

Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Weiterhin versichere ich, dass ich den beantragten Titel bisher noch nicht erworben habe.

Ergebnisse der Dissertation wurden in folgendem Publikationsorgan veröffentlicht:
BMC Pediatrics

Wiegandt P, Jack T*, von Gise A, Seidemann K, Boehne M, Koeditz H, Beerbaum P, Sasse M, Kaussen T. Awareness and diagnosis for intra-abdominal hypertension (IAH) and abdominal compartment syndrome (ACS) in neonatal (NICU) and pediatric intensive care units (PICU) - a follow-up multicenter survey. BMC Pediatr. 2023 Feb 17;23(1):82. doi: *contributed equally*

Hannover, den _____

(Paul Wiegandt)

Danksagung:

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, die mich bei der Anfertigung der vorliegenden Arbeit unterstützt haben.

Zunächst danke ich Herrn Prof. Dr. med. Philipp Beerbaum, dem Direktor der Klinik für pädiatrische Kardiologie und Intensivmedizin, für seine Unterstützung und kritische Durchsicht des Manuskripts.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. Torsten Kaussen für die Überlassung des spannenden Themas und der ausgezeichneten Betreuung bei der Durchführung der gesamten Promotionsarbeit. Ob Tag oder Nacht, ich konnte mich mit jederzeit melden und bekam immer rasch eine Antwort.

Außerdem möchte ich mich bei Herrn PD Dr. med. Thomas Jack bedanken, der mir bei der Strukturierung der Arbeit und der Anfertigung repräsentativer Grafiken unterstützt hat.

Des Weiteren danke ich den Leiter*Innen der neonatologischen und pädiatrischen Intensivstationen für die gewissenhafte Beantwortung der versandten Fragebögen.

Ein besonders herzliches Dankeschön geht an meine Frau und unsere drei tollen Kinder, die mich immer wieder aufs Neue motiviert haben.

Zuletzt danke ich noch meiner Mutter, die immer an mich geglaubt hat.