

RELEVANZ DES BLUTDRUCKES

HYPOTENSION IN DER KINDERANÄSTHESIE



Diplomarbeit zur diplomierten Expertin Anästhesie NDS HF

Saskia Zust

Elfenastrasse 10

6005 Luzern

saskiazust@hotmail.com

August 2016

Mentor: Sven Von Niederhäusern

Luzerner Kantonsspital Luzern

Klasse:14_15_AN

Inhaltsverzeichnis

1	<i>Einleitung</i>	1
1.1	Themenwahl und Motivation	1
1.2	Zentrale Fragestellung	1
1.3	Ziele	1
1.4	Ein-/ Ausgrenzung	2
2	<i>Relevanz des Blutdruckes in der Kinderanästhesie</i>	3
2.1	Physiologische Grundlagen des Kindes – Hämodynamische Unterschiede	3
2.1.1	Blutdruck	3
2.1.2	Herzfrequenz (HF).....	4
2.1.3	Herzzeitvolumen (HZV).....	5
2.1.4	Sauerstoffverbrauch (VO ₂)	6
2.1.5	Blutvolumen	6
2.1.6	Autoregulation der Hirndurchblutung.....	7
2.2	Blutdruck – anästhesiebedingte / intraoperative Hypotension	8
2.2.1	Minimal tolerierbarer Blutdruck in Anästhesie	8
2.2.2	Häufigkeit und Zeitpunkt der anästhesiebedingten Hypotension	8
2.2.3	Zerebrale Perfusion und Oxygenierung.....	9
2.2.4	Folgen der anästhesiebedingten Hypotension (bei Säuglingen).....	11
3	<i>Diskussion der Resultate und Erkenntnisse</i>	12
4	<i>Schlussfolgerungen und Empfehlungen</i>	16
4.1	Beantwortung der Fragestellungen/ Erreichen der Ziele	16
4.2	Ausblick	16
5	<i>Reflexion</i>	17
6	<i>Danksagung</i>	17
7	<i>Abkürzungen</i>	
8	<i>Quellennachweis</i>	
8.1	Literaturverzeichnis	
8.1.1	Studien und Bücher	
8.1.2	Internetquellen.....	
8.2	Abbildungsverzeichnis	
8.3	Tabellenverzeichnis	
9	<i>Anhang</i>	
9.1	Tabellenübersicht	
9.2	Deklaration/ Selbständigkeitserklärung und Copyright	
9.3	Einwilligung zur Aufnahme in die Bibliothek	

1 Einleitung

1.1 Themenwahl und Motivation

In dieser Diplomarbeit wird auf die Relevanz des Blutdruckes in der Kinderanästhesie mit besonderem Augenmerk auf die Hypotension eingegangen. Bei allen Kindern wird heute während der Anästhesie der Blutdruck gemessen. Jedoch unterscheidet sich der Zeitpunkt der ersten Blutdruckmessung bei Kindern und Erwachsenen während der Einleitung im Luzerner Kantonsspital beträchtlich. Ich persönlich bin unsicher betreffend Blutdruckgrenzen während einer Kinderanästhesie. Im Verlauf meines Praktikums im Kinderspital konnte ich Erfahrungen diesbezüglich sammeln.

Ein tiefer Blutdruck, die Hypotension, ist das Risiko einer Anästhesie (Jöhr, 2016). Auf Nachfragen bezüglich des Blutdruckes bei anästhesierten Kindern bei Mitarbeitenden der Anästhesie aus dem pflegerischen und ärztlichen Team, sagten viele, dass früher kaum auf den intraoperativen Blutdruck bei gesunden Kindern geachtet wurde. Seit wenigen Jahren findet in diesem Gebiet eine Wandlung statt. Diese sieht vor, dass wie bei Erwachsenen auch bei Kindern in Narkose ein ausreichend hoher Blutdruck anzustreben ist. Dennoch erlebe ich bei Kindernarkosen, dass im Fachbereich der Anästhesie bezüglich eines stabilen Blutdruckes bei Kindern viel diskutiert wird. Die Frage nach den untersten Blutdruckgrenzen adaptiert am Lebensalter besteht weiterhin. Diese stellt mich in meiner täglichen Arbeit unter Druck. Was genau ein stabiler Blutdruck bei anästhesierten Kindern bedeutet, möchte ich in dieser Diplomarbeit herausfinden.

Als weiterer Grund, dieses Thema genauer zu untersuchen, besteht darin, dass in der Literatur die festgelegten Blutdruckgrenzen bei Kindern der verschiedenen Altersklassen sehr unterschiedlich und mit grosser Diskrepanz definiert werden (Jöhr, 2013; Striebel, 2012; Larsen, 2013). Weiter kenne ich die grob eingeteilten Grenzen des mittleren-arteriellen Druckes (MAP) des Luzerner Kantonsspitals Kinderanästhesie, welche in Säuglings-, Vorschul- und Schulalter eingeteilt werden (Jöhr, 2016). Für mich beinhalten diese Definitionen eine grosse Spannbreite: beispielsweise wird ein zwei jähriges Kind mit einem Kindergartenkind von sechs Jahren verglichen. Beide sollten gemäss Definition den gleichen MAP in Narkose haben, obwohl die Kinder vier Jahre Altersunterschied haben.

1.2 Zentrale Fragestellung

Aus den genannten Gründen möchte ich folgende Fragestellung in dieser Diplomarbeit beantworten:

Welche Bedeutung hat der Blutdruck in der Kinderanästhesie?

1.3 Ziele

Die vorliegende Diplomarbeit soll das Fachpersonal der Anästhesie auf die Wichtigkeit eines stabilen Blutdruckes und dessen Messung bei Kindern sensibilisieren. Sie soll die Definitionen einer anästhesiebedingten Hypotension bei Kindern verschiedenen Alters aufzeigen und als Hilfestellung dienen.

1.4 Ein-/ Ausgrenzung

Da bei dieser Arbeit der Blutdruck im Zentrum steht, wird nur auf die physiologischen Grundlagen des Herz-Kreislauf-Systems bei Kindern im Detail eingegangen. Andere anatomische und physiologische Themen wie das Atmungssystem, das Blut, die Temperaturregulation, der Energiestoffwechsel, das Flüssigkeitsgleichgewicht oder der Säure-Basen-Haushalt, sowie pharmakologische Besonderheiten von Kindern wird teilweise geschildert oder gänzlich weggelassen. Obwohl die genannten Themen von grosser Bedeutung in der Kinderanästhesie sind. Weiter lasse ich die Methoden und Fehlerquellen der Blutdruckmessung (oszillometrisch, nicht-invasiv, invasiv, Manschettengrösse usw.) bewusst weg und verwende grösstenteils Studien mit oszillometrischer Messung. Ich beziehe mich auf gesunde Kinder (ASA 1 & ASA 2) von null bis 17 Jahren. Ausgegrenzt werden kranke Kinder (ASA über 3) und Frühgeborene. Ebenfalls behandelt diese Diplomarbeit nicht die Therapie einer Hypotension.

2 Relevanz des Blutdruckes in der Kinderanästhesie

2.1 Physiologische Grundlagen des Kindes – Hämodynamische Unterschiede

Die auffälligsten Unterschiede zwischen Kinder und Erwachsenen sind die Körpergrösse und das Gewicht. Dennoch sind Kinder nicht etwa kleine Erwachsene und dürfen auch nicht als solche behandelt werden. Vorhanden sind bedeutsame anatomische, physiologische, psychologische und biochemische Unterschiede und je kleiner und jünger ein Kind ist, desto grösser sind die Abweichungen (Larsen, 2013b).

2.1.1 Blutdruck

Der Blutdruck macht Aussagen über den arteriellen Gefässdruck. Zwischen dem diastolischen und systolischen Blutdruck liegt der mittlere arterielle Druck (MAP), welcher einen Anhaltspunkt über die Organperfusion geben kann (Larsen, 2013). Durch das Herzzeitvolumen (HZV) und dem total peripheren Widerstand (TPR) ergibt sich den arteriellen Mitteldruck (MAP):

$$\text{MAP} = \text{HZV} \times \text{TPR}$$

Das Herzzeitvolumen setzt sich aus dem Schlagvolumen und der Herzfrequenz zusammen. Die arterielle Blutdruckmessung zeigt mit dieser Formel deutliche Grenzen auf, denn der MAP macht nur indirekt Aussagen über den wirklichen systemischen Blutfluss in den Organen (Klinke, 2010). Wenn beispielsweise der total periphere Widerstand zunimmt und gleichzeitig das Herzzeitvolumen abnimmt, so kann der arterielle Blutdruck normal sein, doch die Organe werden effektiv schlechter perfundiert. Daher sollte der MAP als ungenauer Hinweis für die Organperfusion gesehen werden. Hinzu kommt, dass Organe, wie das Herz oder das Gehirn, die Fähigkeit haben durch Änderung des Gefässwiderstandes die Perfusionsdruckschwankungen auszugleichen und dadurch ihre Durchblutung in einem weiten Bereich konstant zu halten. Diese Funktion wird Autoregulation genannt (Larsen, 2013a) (siehe Kap. 2.1.1.6).

Im Neugeborenenalter sind die Presso- und Chemorezeptorenreflexe bereits vollständig ausgebildet. Jedoch ist in diesem Alter die Fähigkeit den TPR durch Vasokonstriktion herzustellen deutlich schwächer, als die Fähigkeit die Herzfrequenz zu steigern. Aufgrund von Gefässendothelveränderungen nimmt mit zunehmendem Alter der TPR zu und der arterielle Blutdruck steigt an. Im Schulalter ist die Fähigkeit der Vasokonstriktion komplett ausgebildet. Im Laufe der Adoleszenz stellen sich die Blutdruckwerte langsam den erwachsenen Werten gleich (Klinke et al., 2010b). Die Altersabhängigkeit von systolischem (SBP), diastolischem (DBP) Blutdruck und dem arteriellen Mitteldruck (MAP) wird in Abb. 1 dargestellt.

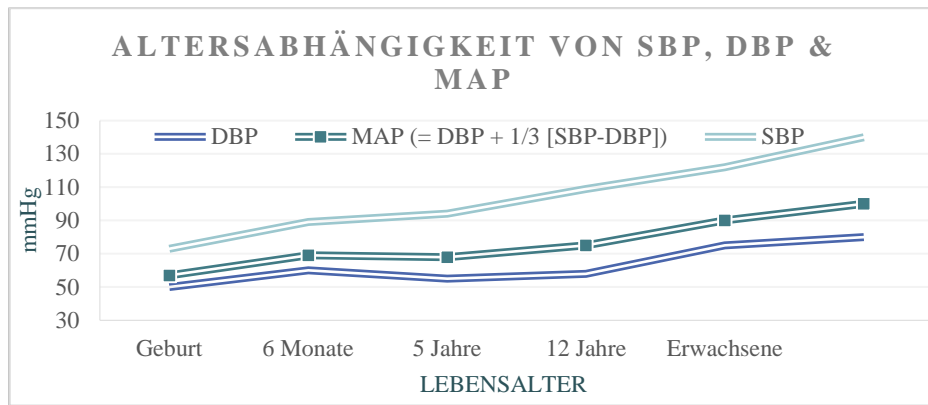


Abbildung 1 Altersabhängigkeit von systolischem & diastolischem Blutdruck und MAP (Saskia Zust aus Jöhr, 2013, S.29; Klinke et al., 2010, S. 220).

Eine Abnahme des Blutdruckes, Hypotension, beziehungsweise des MAP, führt zu einer Minderperfusion der Organe und somit zu einer Minderversorgung von Sauerstoff der Organe. Durch diese Hypoxie entsteht eine Gefäßkonstriktion, was die Perfusion der lebenswichtigen Organe weiter verschlechtert (Larsen, 2013b). Jöhr (2013) definiert den untersten SBP in Abhängigkeit des Lebensalters anhand der Tabelle 1.

Tabelle 1 Unterste Grenze (5. Perzentile) des systolischen Blutdruckes beim wachen Kind (Saskia Zust aus Jöhr, 2013, S. 27).

Unterste Grenze des SBP beim wachen Kind	
Termingeborenes	60 mmHg
Säugling 1-12 Monate	70 mmHg
1-10 Jahre	$70 + (2 \times \text{Alter in Jahren})$
über 10 Jahre	90 mmHg

2.1.2 Herzfrequenz (HF)

Kinder weisen eine deutlich höhere HF auf als Erwachsene. Bekannt ist, dass Kleinkinder ihr Herzzeitvolumen hauptsächlich nur durch die Erhöhung der HF aufrechterhalten oder steigern können. Es gilt die Regel: je älter das Kind, desto tiefer ist die HF und umgekehrt (Larsen, 2013b). Laut Jöhr (2013) sind die Definitionen einer Bradykardie und einer Tachykardie nicht prägnant bestimmt. Es finden sich verschiedene altersabhängige Grenzen der HF in der Literatur (Jöhr, 2013; Striebel, 2012; Larsen, 2013b).

Eine Bradykardie ist vor allem beim Kleinkind sehr gefährlich und muss rasch behandelt werden. Wenn ein Kind bradykard wird, muss immer zuerst von einer Hypoxie ausgegangen werden. Erst wenn eine Hypoxie, zum Beispiel durch Fehllage des Endotrachealtubus, ausgeschlossen ist, kann nach weiteren Ursachen gesucht und diese behandelt respektive unterbrochen werden. Auch kann es evtl. durch vagale Stimulation zu einer Bradykardie kommen (z. B durch Laryngoskop-Einführung oder durch bestimmte Operationsreize wie beispielsweise Zug am Augapfel). In solchen Situationen kann eine Bradykardie durch Atropin behoben werden und es entsteht in den meisten Fällen eine kurzzeitige Tachykardie (Larsen, 2013b).

Eine Tachykardie ist bei den Kindern viel lieber zu sehen als eine Bradykardie. Gerade bei Kleinkinder und Neugeborenen, welche tachykard werden, geht bis zu einer Herzfrequenz von etwa 210/min keine Abnahme des Herzzeitvolumens einher. Bei Erwachsenen würde in diesem Fall eine Abnahme des SV resultieren. Natürlich müssen mögliche Ursachen wie Schmerzen, Hypovolämie, Hyperkapnie oder eine volle Blase behandelt werden (Larsen, 2013b).

2.1.3 Herzzeitvolumen (HZV)

Das HZV (l/min) setzt sich aus der HF und dem Schlagvolumen (SV) zusammen:

$$\text{HZV} = \text{SV} \times \text{HF}$$

Gemeint ist die Pumpleistung des Herzens, welche in einer gewissen Zeit ein Volumen aus dem linken Herzen auswirft. Die Höhe des HZV ist abhängig von der Körpergrösse, der Körperoberfläche, dem Körpergewicht und somit auch vom Lebensalter. Die Kraft, welche das Herz benötigt, um ein gewisses Schlagvolumen aus dem linken Herzen zu pressen, kann durch den Frank-Starling-Mechanismus und des Sympathikotonus erhöht werden. Der Frank-Starling-Mechanismus bezeichnet die Erhöhung der entstehenden Muskelspannung durch Steigerung der Vordehnung des Myokards. Damit sich das Myokard gut ausdehnen kann, benötigt der Ventrikel gesteigerte Vorlast, was somit den Frank-Starling-Mechanismus und dem zu Folge das HZV erhöht. Der Sympathikotonus wird durch sympathische Überträgerstoffe (z.B. Adrenalin) aktiviert und wirkt positiv inotrop und positiv chronotrop. Bei der positiv inotropen Wirkung wird die Muskelkontraktilität des Myokards gesteigert und gleichzeitig wird die maximale Entspannungsphase des Myokards schneller erreicht, was unterstützend für die Aktivität des Herzens ist. Die positiv chronotrope Wirkung erhöht durch gleichbleibendes SV das HZV. Somit sind vier Faktoren für die Höhe des HZV verantwortlich: Die Vorlast (Preload), die Nachlast (Afterload), die HF (Chronotropie) und die Inotropie (Klinke et al., 2010a).

Eine gesunde adulte Person kann somit bei starker körperlicher Belastung sein HVZ durch Erhöhung des SV und durch Steigerung der HF um bis zum viel- bis fünffachen erhöhen (maximal 25l/min) (Klinke et al., 2010a). Ein Säugling hingegen hat aus anatomischen Gründen grösstenteils nur die Möglichkeit sein HZV zu steigern, indem es die HF erhöht. Die Steigerung des SV ist aufgrund der 30% geringeren Elastizität des Herzens nicht im gleichen Ausmass möglich wie bei Erwachsenen. Daraus folgt, dass das Neugeborene durch die verminderte Dehnbarkeit (Compliance) der Ventrikel nur begrenzt das SV steigern kann (Jöhr, 2013). Jöhr (2013) zeigt in einem Diagramm die Abhängigkeit des HZV vom Lebensalter auf (siehe Abb. 2). Daraus ist zu lesen, dass ein Säugling ein HZV von 200-250ml/kg/min und ein Erwachsener ein deutlich kleineres HZV von ungefähr 80ml/kg/min hat. Es lässt sich daraus schliessen, dass das Blutvolumen des Säuglings rund drei Mal pro Minute im Körper zirkuliert, bei Erwachsenen in Ruhe hingegen nur gerade einmal (Jöhr, 2013).

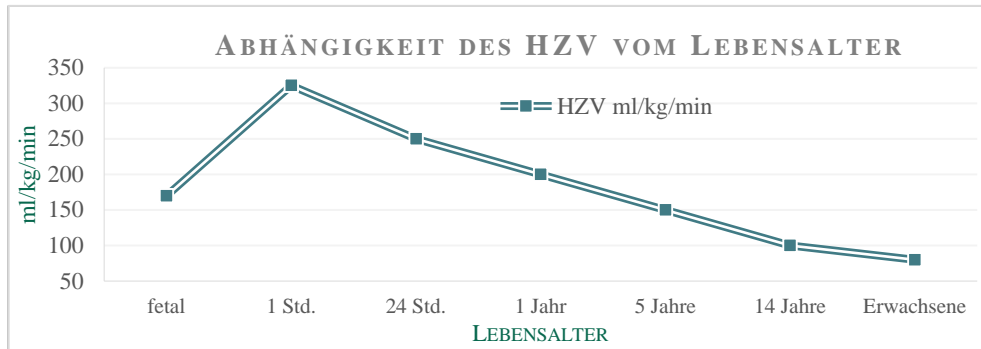


Abbildung 2 Abhängigkeit des Herzzeitvolumens vom Lebensalter (Saskia Zust aus Jöhr, 2013, S. 30).

2.1.4 Sauerstoffverbrauch (VO₂)

Der VO₂ ist bei Kindern, je kleiner diese sind, umso grösser. Wie aus der Abb. 3 zu entnehmen ist, verbraucht ein Termingeborenes mit 7 ml/kg/min doppelt so viel Sauerstoff, wie eine erwachsene Person (3,5 ml/kg/min) (Striebel, 2012; Jöhr, 2013). Das hohe HZV bei Kindern dient als Grundlage des erhöhten VO₂ (Jöhr, 2016). «Der Sauerstoffverbrauch und die Kohlendioxidproduktion sind bei Neugeborenen aufgrund einer gesteigerten Stoffwechselrate ca. doppelt so hoch wie bei Erwachsenen» (zitiert aus Stiebel, 2012, S. 9).

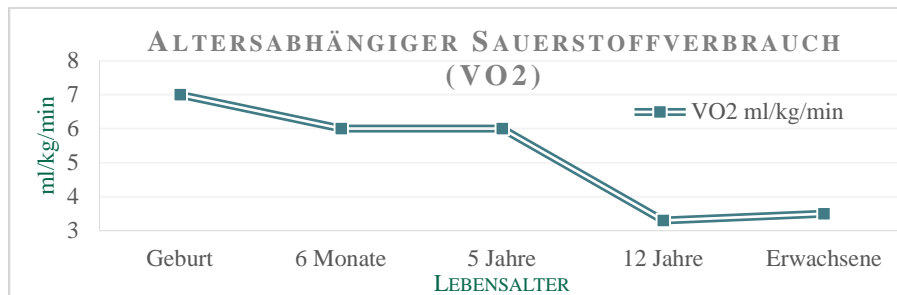


Abbildung 3 Altersabhängiger Sauerstoffverbrauch (Saskia Zust aus Jöhr, 2013, S. 29; Stiebel, 2012, S.10).

2.1.5 Blutvolumen

Mit zunehmendem Körpergewicht nehmen das Volumen des Blutes und das gesamte extrazelluläre Flüssigkeitsvolumen in Relation ab (Klinke et al., 2010b). Ein Neugeborenes hat ein Blutvolumen von 80-90 ml/kg (Jöhr, 2013, S.33: 85ml/kg; Striebel, 2012, S. 15: 90ml/kg), was bei einem Gewicht von 3 kg ein intravasales Volumen von 240-270ml entspricht. Dies hat zur Folge, dass bereits geringste Blutungen in kürzester Zeit zu einem Volumendefizit, einer Anämie (Erythrozyten-Mangel) oder/und einer Hypotension führen kann. Bei einem grösseren Flüssigkeitsverlust können jüngere Säuglinge durch starke Vasokonstriktion den Blutdruck nur für eine kurze Zeit aufrechterhalten (Striebel, 2012).

2.1.6 Autoregulation der Hirndurchblutung

Die Durchblutung des Gehirnes (CBF, cerebral blood flow) wird hauptsächlich beeinflusst durch den zerebralen Gefässwiderstand (CVR, cerebral vascular resistance) und den zerebralen Perfusionsdruck (CPP, cerebral perfusion pressure). Letzteres ergibt sich aus dem MAP abzüglich des intrakraniellen Druckes (ICP, intracranial pressure) (Larsen, 2013c):

$$\text{MAP} - \text{ICP} = \text{CPP}$$

Unter physiologischen Bedingungen dilatieren die Hirnarterien bei einem tieferen MAP (mind. 50 mmHg). Umgekehrt funktioniert die Autoregulation bei einem höheren MAP (max. 150 mmHg) indem sich die Hirnarterien kontrahieren (Larsen, 2013c) (siehe Abb. 4).

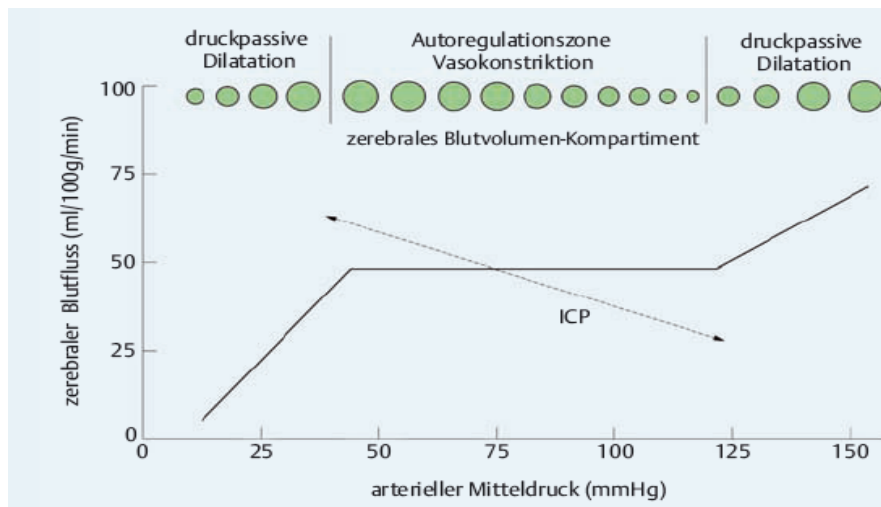


Abbildung 4 Physiologisches Modell der intakten Autoregulation (Rosenthal, Wolf, Weber-Carstens & Salih, 2012, S. 31).

Mit Hilfe dieser Autoregulation der Hirngefäße ist zwischen 50 bis 150 mmHg MAP eine konstante Hirndurchblutung gewährleistet und weitgehend unabhängig von MAP, HZV und CPP (Larsen, 2013c). "Innerhalb eines weiten Bereiches ist die Hirndurchblutung durch Anpassung des Gefäßdurchmessers konstant. Unter- und oberhalb der Autoregulationsgrenzen reagieren die Blutgefäße druckpassiv" (zitiert aus Rosenthal, Wolf, Weber-Carstens & Salih, 2012). Eine Unter- bzw. Überschreitung der bestimmten Grenzwerte führt zu einer exponentiellen und rasanten Hypo- bzw. Hyperperfusion. Ausserhalb der Autoregulationsgrenzen erfolgt die Hirnperfusion passiv in Abhängigkeit des MAP (Larsen, 2013c). Massgebend ist der stabile ICP, welcher bei Säuglingen mit offenen Fontanellen fast immer vorhanden ist (McCann & Schouten, 2014a). Laut Williams und Lee (2014) sind bei Säuglingen und Kindern die Blutdruckgrenzen der Autoregulation noch unklar. Zudem sind besonders Kleinkinder anfälliger auf eine Dysregulation des CBF (Williams & Lee, 2014).

2.2 Blutdruck – anästhesiebedingte / intraoperative Hypotension

2.2.1 Minimal tolerierbarer Blutdruck in Anästhesie

Die Datenanalyse von Nafiu et al. (2009b) zeigt die unterschiedlichen Definitionen einer intraoperativen Hypotension bei Neugeborenen, Säuglingen und Kindern. Anhand eines Fragebogens wurden rund 500 Mitglieder der Society of Pediatric Anesthesia (SPA) aus den Vereinigten Staaten von Amerika, sowie der Association of Paediatric Anaesthetists (APA) aus Grossbritannien und Irland, befragt. Aus der Erhebung resultiert, dass zwischen den beiden Gesellschaften eine grosse Diskrepanz im Umgang mit dem minimal-akzeptierten Blutdruckwerten als auch der Behandlung einer intraoperativen Hypotension (IOH) besteht. Die Mitglieder der SPA tolerierten deutlich steilere Blutdruckabfälle als diejenigen der APA. Rund 76% der Befragten gaben eine Reduktion von 20-30% des systolischen Ausgangswertes («baseline SBP») als signifikante Hypotension bei Kindern unter Anästhesie an. 18% hatten den präoperativen Blutdruckwert als nebensächlich deklariert. Um eine IHO zu definieren hält sich der Grossteil (87,7%) an die Grenzen des MAP und 72% des SBP. Die Mehrheit der befragten Befürworter des präoperativen Blutdruckwertes (76%) nannten eine Reduktion von 20-30% des systolischen Ausgangswertes (Wachzustand) als Definition einer signifikanten Hypotension. Durch diese Zusammenführung aller Grenzwerte des Anästhesie-Fachpersonals entstand die erste internationale altersabhängige Definition der IOH (Nafiu et al., 2009b).

Tabelle 2 Untere systolische Blutdruckgrenzwerte bei Kindern in Anästhesie (Saskia Zust aus Nafiu, 2009b, S. 1051).

Untere systolische Blutdruckgrenzwerte (mmHg)		
Altersgruppen	SPA	APA
Neugeborenes	45.5 ± 8.5	49.6 ± 8.4
Kind bis 2 Jahre	54.8 ± 8.3	59.6 ± 9.1
Kind 2-12 Jahre	66.9 ± 8.9	70.1 ± 6.8
Ab 12 Jahre	78.4 ± 10	84.5 ± 5.3

2.2.2 Häufigkeit und Zeitpunkt der anästhesiebedingten Hypotension

Die anästhesiebedingte oder auch intraoperative Hypotension (IOH) ist ein häufig auftretendes Ereignis bei einer Narkose (Nafiu et al., 2009a). Nafiu et al. (2009a) und seine Kollegen analysierten innerhalb von zwei Jahren rund 22`263 Anästhesien bei Kindern im Alter zwischen einem und 17 Jahren. Im Vordergrund stand die Hypotension nach Einleitung der Narkose («preincision Hypotension») bis zum Operationsstart. 95% waren elektive geplante Eingriffe. Beinahe 80% der Kinder waren gesund (ASA 1) oder litten an einer leichten Allgemeinerkrankung (ASA 2). Nafiu et al. (2009a) setzten mit ihrer Datenanalyse den Fokus auf die «Vor-Schnitt-Periode». Einerseits tritt in dieser Zeit die Hypotension am häufigsten auf und andererseits kann ein intraoperativer Blutverlust oder eine chirurgische Stimulation ausgeschlossen werden. Die Kinder wurden inhalativ, intravenös oder mit «Propofol Co-Induktion» eingeleitet. Letzteres definiert die Zugabe eines Propofol-Boluses bei der inhalativen Einleitung zur Vertiefung der Anästhesie vor der Intubation (Nafiu et al., 2009a). Rund 36% dieser

Kinder hatten eine oder mehrere Episoden einer Hypotension. Als Definition der Hypotension hielten sich Nafiu et al. (2009a) an die Berechnung der Systole (systolisch unter der 5. Perzentile): $Systole = (2 \times \text{Alter}) + 70 \text{ mmHg}$ (Brain Trauma Foundation zitiert aus Nafiu et al., 2009a). Nafiu et al. (2009a) fanden zudem heraus, dass Kinder mit einer ASA-Klasse über 3 mehr gefährdet sind hypotensiv zu werden als Kinder mit ASA 1 oder 2.

Ebenfalls bei Erwachsenen besteht die Gefahr einer IOH. So fanden die Holländer Bijker et al. (2007) durch eine retrospektive systemische Literaturrecherche von 130 Studien mit insgesamt 15`509 erwachsenen Patienten heraus, dass über 100 unterschiedliche Definitionen der IOH respektive des unteren akzeptierten systolischen Blutdruckes in Anästhesie vorhanden sind. Als eine Hypotension definierten Bijker et al. (2007), vom Ausgangswert ausgegangen, einen 20-prozentigen Blutdruckabfall oder einen $SBP < 80 \text{ mmHg}$. Bei 41% der 15`509 Patienten wurde der systolische Blutdruck unter 80 mmHg gemessen. Davon hatten 93% mindestens eine Episode mit einem systolischen Blutdruck, der mindestens 20% unter dem des Ausgangwertes lag (Bijker et al., 2007).

2.2.3 Zerebrale Perfusion und Oxygenierung

In der prospektiven empirischen Studie von Michelet et al. (2015) wurden bei 60 Säuglingen unter drei Monaten intraoperativ die zerebrale Oxymetrie mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) gemessen, was Auskunft über die lokale Sauerstoffversorgung des Gehirns gibt. Das Ziel der Studie war die Ermittlung der maximalen prozentualen Reduktion des intraoperativen systolischen (SBP) und des mittel-arteriellen (MAP) Druckes bezogen auf die Höhe der zerebralen Sauerstoffsättigung. Sie empfehlen, dass bei Säuglingen unter drei Monaten ein Abfall von mehr als 20% vom Ausgangwertes des SBP verhindert werden muss. Eine Reduktion des MAP von 15% sollte ebenfalls nicht überschritten werden. Die Hypotension begünstigt eine Minderperfusion des Gehirnes, was zu einer zerebralen Hypoxie führt (Michelet et al., 2015).

2.2.3.1 Sevofluran-Anästhesie

Rhondali et al. untersuchten in zwei unterschiedlichen Studien den Einfluss von Sevofluran-Anästhesie auf den zerebralen Blutfluss (2013), sowie auf die Gehirnoxxygenierung (2014) bei Kinder unter zwei Jahren. Die maximal zwei Jahre alten Kleinkinder mit ASA 1 oder 2 bekamen für einen geplanten orthopädischen, urologischen oder abdominellen Eingriff eine Allgemeinanästhesie mit Sevofluran. Kinder über dem ersten Lebensjahr wurden zusätzlich 30 Minuten vor der Einleitung oral mit 0.2 mg/kg/KG Midazolam prämediziert. Für das Standard-Monitoring wurde die HF, die SpO_2 und der NIBP (nichtinvasive Blutdruckmessung) installiert. Alle Kinder erhielten unter inhalativer Einleitung mit einem inspiratorischen Sevofluran-Gehalt von 6% einen peripheren Venenkatheter und anschliessend eine orotracheale Intubation oder eine Larynxmaske. Danach wurde die Konzentration des Sevoflurans auf inspiratorisch 3% reduziert. Das Flüssigkeitsmanagement wurde mit 10ml/kg/KG Ringer Lactat gehandhabt. Die Beatmung wurde Druckkontrolliert mit einem Druck von 15 mmHg durchgeführt und die Atemfrequenz am endtidalen CO_2 ($etCO_2$) angepasst ($etCO_2$ -Ziel: 35-40 mmHg/ 4,6-5,3 kPa).

Bei der Untersuchung mit 113 Patienten im 2013 fanden Rhondali et al. mit Hilfe des transkraniellen Doppler-Verfahren (TCD) heraus, dass sich der CBF nach der Einleitung mit Sevofluran bei Kinder unter sechs Monaten drastisch verminderte. Diese Altersgruppe ist anfälliger auf einen Abfall des MAP als ältere Kinder, weil die untere Grenze für die zerebrale Autoregulation bei zu tiefen Blutdruckwerten unterschritten wird. So kann die Autoregulation nicht mehr greifen (siehe Kapitel 2.1.6). Als Referenzwert geben Rhondali et al. (2013) einen minimalen MAP von 38 mmHg an und eine Blutdruckminderung des MAP von 20 %. Bei den Kindern über sechs Lebensmonaten ist der CBF und somit die zerebrale Autoregulation aufrechterhalten, sofern die Senkung des Ausgang-MAP von 40% nicht überschritten wurde (Rhondali et al., 2013).

Die zweite Studie von Rhondali et al. (2014) mit 195 Patienten zeigt den Einfluss auf die Gehirnoxxygenation mit der Untersuchungsmethode der NIRS. Ein zusätzliches Kriterium war ein normaler ICP. Rhondali et al. (2014) zeigen mit ihrer Studie auf, dass bereits 1 MAC von Sevofluran eine signifikante Senkung des MAP und zerebrale Sauerstoffsättigung (rSO_{2c}) zur Folge hat. Weiter fanden sie heraus, dass der Einfluss von Sevofluran-Anästhesien einen grösseren Einfluss auf den MAP und die zerebrale Oxygenierung bei jüngeren Kinder unter 6 Monaten hatten, als bei Kinder über 6 Monate. Je höher die durchschnittlichen MAP-Werte waren und je höher die rSO_{2c} war, desto konstanter hielt sich der zerebrale Sauerstoffverbrauch (CMRO₂). Wenn der MAP unter 39 mmHg sinkt, so hat das negativen Einfluss auf den CBF (siehe Abb.5). Genauer weisen Rhondali et al. (2014) auf diese Grenzwerte des MAP hin:

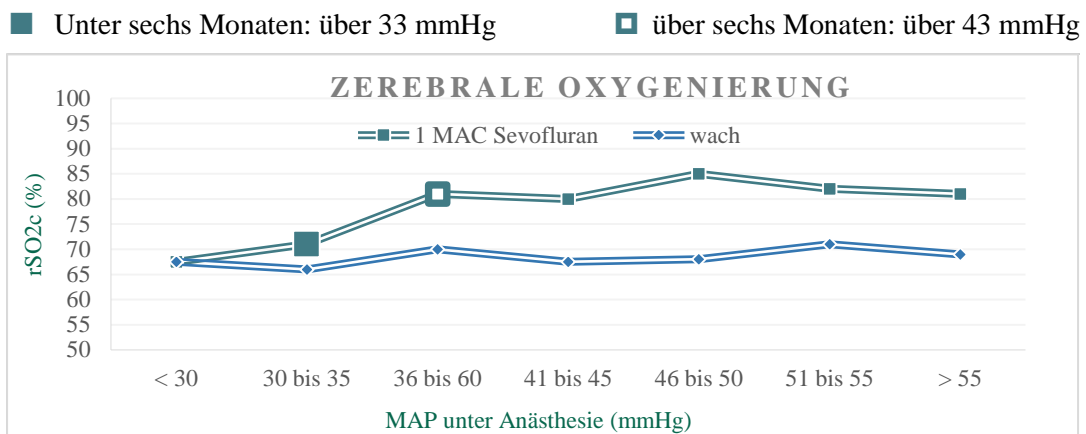


Abbildung 5 Die regionale Sauerstoffsättigung im zerebralen Gewebe (wach und während der Narkose) entsprechend dem MAP-Wert (Saskia Zust aus Rhondali. 2014. S. 737).

Besonders bei grossen und langen Operationen (mit Risiko von grossen Volumenverschiebungen oder grossem Blutverlust) scheint für Säuglinge unter 6 Monaten die kontinuierliche Messung der zerebralen Oxygenierung und rasche Korrektur der Aufrechterhaltung eines guten MAP-Wertes und der zerebralen Sauerstoffsättigung wichtig zu sein, so Rhondali et al. (2014).

Zusammen mit den ausgewerteten Resultaten der beiden Studien (Rhondali et a. 2013 & 2014) unternahmen Rhondali et al. im 2015 eine retrospektive Untersuchung. Dabei wurden die Daten der TCD-, NIRS- sowie der MAP-Werte, welche während der Sevofluran-Anästhesie erfasst wurden, aufgezeichnet und mit Einbezug verschiedenen Statistik-Modellen miteinander verglichen. Von den insgesamt 338 Patienten wurden nur die Säuglinge unter 6 Monaten miteinbezogen (=180 Säuglinge).

Folgende Ergebnisse wurden gewonnen (Rhondali et al., 2015):

- Die zerebrale Blutflussgeschwindigkeit (CBFV) oder die zerebrale Sauerstoffsättigung (rSO_{2c}) spiegelt eine gute Hirnperfusion, wenn der MAP über 45 mmHg ist (siehe Abb. 6: grüner Balken).
- Wenn der MAP 35-45 mmHg ist, sind die CBFV und rSO_{2c} immer noch genug hoch, um einen positiven Saldo zwischen O₂-Verbrauch- (CMRO₂) und -Versorgung zu erlangen (siehe Abb. 6: oranger Balken).
- Wenn der MAP unter 35 mmHg sinkt, wirkt sich das negativ auf die CBFV aus, jedoch bleibt die Sauerstoffsättigung im Gehirn (rSO_{2c}) gleich, da sich der O₂-Verbrauch (CMRO₂) ebenfalls verringert. Bei einer solchen Hypotension ist die zerebrale metabolische Reserve gering und weitere Änderungen der systemischen Bedingungen werden schlecht vom Gehirn toleriert (z.B. ↓ paCO₂, ↓ Hämoglobin usw.) (siehe Abb. 6: roter Balken).

Weil sich der CBF proportional zum zerebralen Perfusionsdruck durch die CBFV und der rSO_{2c} verringert, gibt der MAP ein guter Anhaltspunkt für die zerebrale Perfusion. Zusammenfassend wird erwähnt, dass die Aufrechterhaltung des MAP-Wertes über 35 mmHg während der Sevofluran-Narkose mit 1 MAC wahrscheinlich genügt und sicher ist. So reicht eine nichtinvasive Blutdruckmessung bei gesunden Säuglingen (mit normalem Hämoglobin, normales paCO₂) aus, welche für kurze und kleine Eingriffe anästhesiert werden müssen, solange der MAP nicht unter 35 mmHg sinkt (Rhondali et al., 2015).

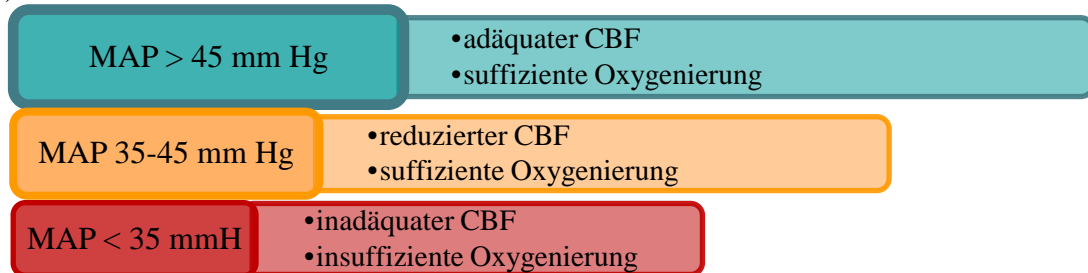


Abbildung 6 CBF versus zerebrale Oxygenierung hinsichtlich des MAP bei Kinder unter sechs Monaten (Saskia Zust aus Rhondali, 2015).

2.2.4 Folgen der anästhesiebedingten Hypotension (bei Säuglingen)

Aktuelle Publikationen weisen darauf hin, dass Hypotensionen mit schlechten neurologischen Folgen im Zusammenhang stehen könnten. Die Zusammenhänge der IOH auf die postoperative Enzephalopathie wurde von McCann et al. (2014b) untersucht. Sie untersuchten sechs Termingeborene (im Alter bis zur 48. Schwangerschaftswoche), welche 25 Stunden postoperativ an einer Enzephalitis mit neuauftretenden Krämpfen erkrankten. Dabei stellten sie fest, dass der Grossteil der gemessenen gemittelten systolischen Blutdruckwerte unter der PALS festgelegten Grenze von 60 mmHg lagen. Zudem wiesen vier der sechs Säuglingen eine prolongierte Periode einer milden Hypokapnie auf (unter 35 mmHg). Fünf der Säuglinge überlebten mit teilweise neurologischen Defiziten und eines verstarb an der Enzephalitis (McCann et al., 2014b). Weitere besonders schwerwiegende Folgen einer IOH entstehen in Kombination einer Hypokapnie, wie McCann & Schouten (2014a) untersuchten.

3 Diskussion der Resultate und Erkenntnisse

«Die früher oft übliche Praxis, bei kürzeren Kindernarkosen auf die Blutdruckmessung zu verzichten, lässt sich nicht mehr mit gutem Gewissen vertreten. (...) Die Orientierung am systolischen Blutdruck und nicht am primär interessierenden Mitteldruck hat historische Gründe: erst in den 80er Jahren wurde die oszillometrische Blutdruckmessung, die den Mitteldruck exakt messen kann, allgemein erhältlich» (zitiert aus Jöhr, 2016, S. 14).

Ab diesem Zeitpunkt konnte eine schnelle, genaue, automatische und zuverlässige Blutdruckmessung durchgeführt werden. Für mich schwer vorstellbar, dass früher bei Kindern der Blutdruck während einer Narkose seltener gemessen wurde. Ich denke, dass sich in diesem Bereich in den letzten Jahren einiges verändert hat. Im Jahre 1988 erschien eine Studie (Claeys et al., 1988), welche den hypotensiven Effekt von Propofol untersuchte. Diese zeigte, dass die negative Wirkung durch die Senkung des TRP, des HVZ und der direkten Myokard-Depression initiiert wird. Vielleicht wurde früher dem Blutdruck in der Kinderanästhesie weniger Gewichtung gegeben, weil damals der Effekt von Sevofluran auf den Kreislauf weitgehend unbekannt war oder man davon ausging, dass das HZV trotz Hypotonie mit Tachykardie aufrecht gehalten werden konnte. Weiter könnte auch sein, dass weniger Propofol-Anästhesien gemacht wurden.

Die Fachleute sind sich heute einig, dass die Blutdruckmessung in der Kinderanästhesie wichtig und unerlässlich ist (Jöhr, 2016; Striebel, 2012; Larsen, 2013; Nafiu et al., 2009; Rhondali et al., 2013). Die adäquate Versorgung eines stabilen Blutdruckes und die Messung des Blutdruckes während der Anästhesie ist bei Kindern ebenso wichtig wie bei Erwachsenen. Sie gehört zum Standard-Monitoring während jedem Eingriff mit der Anästhesie bei Erwachsenen und Kindern (Hoffman, 2008; Nafiu, 2009a & 2009b).

Eine weitere Gemeinsamkeit ist die Uneinigkeit über die Blutdruckgrenzen bei wachen Kindern und Kindern in Anästhesie. Die Normwerte für den Blutdruck bei wachen Kindern sind in der Literatur unterschiedlich definiert (Jöhr, 2013; Larsen, 2013b; Striebel, 2012). Jöhr (2013) definiert beispielsweise den Blutdruck eines ein Jahre alten Kindes auf 95/65 mmHg und verglichen mit Striebel (2012) setzt dieser die Normwerte in diesem Alter bei 90/50 mmHg an. Hieraus ergibt sich eine Spannbreite zwischen den in der Norm liegenden Blutdruckgrenzen. Bestimmt ist es schwierig, solche Grenzwerte zu definieren, insbesondere, weil wir nicht genau wissen, was der Blutdruckwert genau aussagt, da er vom HZV abgeleitet wird und dieses nicht eindeutig gemessen werden kann (siehe Kapitel 2.1.1.3). Dennoch bin ich der Meinung, dass Blutdruckgrenzwerte altersabhängig klar definiert sein müssten.

Die Definition der anästhesiebedingten Hypotension – sind sich Fachleute einig – ist eher schlecht definiert, wenig erforscht und somit sind die Blutdruckgrenzwerte grosszügig und unterschiedlich festgelegt (Nafiu et al., 2009b; Rhondali et al., 2013 & 2014; Bijker et al., 2007; Shung, 2010). Zur besseren Übersichtlichkeit habe ich versucht die verwendeten unteren Grenzen des MAP respektive des SBP aus den verwendeten Studien in einer Tabelle darzustellen (siehe Anhang Kapitel 9.1

Tabellenübersicht). Verwirrend finde ich die unterschiedlichen Angaben, da vom MAP und/oder vom SBP als Richtwert ausgegangen wird. Auf der anderen Seite geben einige den prozentigen Abfall des Ausgangsblutdruckes und andere den untersten Richtwert in mmHg an. Auch verwundert mich, dass einige der verwendeten Studien die Grenze des SBP verwenden, und nicht den des MAP. Letzteres gibt mehr Auskunft über die Organperfusion als der SBP, aber der MAP darf natürlich nicht als absolut gesehen werden (Larsen, 2013a; Rhondali et al., 2013 & 2014; Nafiu, 2009b; Jöhr, 2016). Es ist hilfreich, wenn es auch eine einfache Berechnung für den MAP, wie beim SBP (siehe PALS) gäbe.

Beim Betrachten der beiden Studien von Rhondali et al. (2013 & 2014) fallen die hohen endexpiratorischen Sevofluran-Gehalte (etSevo Vol.%) auf. Nach der Einleitung wurde bei allen Kindern den etSevo von 6 Vol.% auf 3 Vol.% für die Narkoseaufrechterhaltung gestellt. In Anbetracht der altersabhängig unterschiedlich benötigten Sevofluran-Konzentrationen (Jöhr, 2013), ist es nicht erstaunlich, dass Kinder teilweise etwas überdosiert wurden und dadurch hypotensive Episoden hatten. Speziell finde ich zudem, dass die Studie nicht von der minimalen alveolären Konzentration (MAC) als Referenzwert ausgeht, was in meinen Augen ein einheitliches Resultat ergäbe. Ein weiterer spannender Punkt an der Studie von Rhondali et al. (2013) ist das Verwenden eines Kaudal-Blockes mit gleichbleibender Sevofluran-Konzentration. Im Kinderspital Luzern machte ich die Erfahrung, dass bei einer gut sitzenden Regionalanästhesie selbst bei Kindern den MAC-Wert bis auf 0,7 reduziert werden konnte. Da diese Kinder mit Regionalanästhesie «nur» schlafen müssen, reicht eine geringere Anästhesiegas-Konzentration aus. Zugleich wird der hypotensiven Wirkung von Sevofluran entgegengesteuert. Laut Rhondali et al. (2015) ist die NIRS eine sichere und einfache Überwachungsart, um die Gehirnoxygenation kontinuierlich darzustellen. Deshalb frage ich mich, weshalb das NIRS im Alltag kaum angewendet wird. Ich vermute es liegt am hohen Preis der Elektrode (über 150 Fr.). Die TCD kann nicht als Absolutwert, sondern nur als Verlaufskontrolle erfolgen (Heck, Fresenius & Busch, 2014).

Michelet et al. (2015) und Rhondali et al. (2014) kamen auf ähnliche Ergebnisse, was die zerebrale Sauerstoffentsättigung bei einem 37prozentigen Abfall des präoperativen Blutdruckwertes angeht. Jedoch unterscheiden sich die beiden Studien in zwei Punkten voneinander: erstens werteten Michelet et al. (2015) die ganze intraoperative Periode und Rhondali et al. (2014) nur die Zeit nach der Einleitung aus. Zweitens wurden bei Rhondali et al. (2014) den meisten Patienten bei der Einleitung Propofol («Propofol-Co-Induktion») verabreicht, was möglicherweise das Auftreten einer Hypotension zusätzlich begünstigt (Claeys et al., 1988). Aufgrund der kleinen Datenlage von 60 Kindern lassen sich aus der Arbeit von Michelet et al. (2015) womöglich nicht ausreichend Schlussfolgerungen ziehen, sondern geben nur Anhaltspunkte über den Zusammenhang der Hypotension auf die Gehirnperfusion. Weiter zeigt die Studie mit den 10-minütigen Messintervallen einige Messlücken auf.

Die Datenanalyse von Nafiu et al. (2009a) wurden durch viele unterschiedliche Fachleute gesammelt, was eine standardisierte Anästhesieeinleitung unmöglich macht. Zudem war es nicht möglich, standardisierte oder einheitliche Blutdruckmanchetten für alle Daten zu verwenden (Nafiu et al., 2009a),

was in meinen Augen das Resultat beträchtlich verändert. Zudem seien die erklärten Risikofaktoren und Zusammenhänge einer IOH der retrospektiven Datenanalysen nur Spekulationen, so Nafiu et al. (2009a). Ethisch gesehen ist eine randomisierte kontrollierte Studie über Hypotension bei Kindern und dessen Folgen nicht erlaubt. Aber eine grosse Datenanalyse, wie Nafiu et al. (2009a), liefert eine vorsichtige Vorlage für zukünftige Studien, welche das Thema der Konsequenz einer Hypotension bei pädiatrischen Patienten weiter untersuchen könnten. Eine aktuelle blind randomisierte Schweizer Studie zeigte den Effekt von Hypotension beziehungsweise Hypokapnie während Sevofluran-Anästhesie auf die Perfusion und den Metabolismus des sich entwickelnden Gehirns von Ferkeln auf (Ringer et al., 2016).

Wie Bijker et al. (2007) erwiesen haben, findet eine relevante IOH auch bei Erwachsenen in Anästhesie häufiger statt. Für diese retrospektive Studie wurden Patienten ab 18 Jahren und mit einer Allgemeinanästhesie berücksichtigt. Auffallend an der Studie ist das grosse und unterschiedliche Patientengut (keine Unterschiede des Alters, der ASA-Klasse usw.), welches für die Studie benutzt wurde. Aus den genannten Gründen, kann ich nicht sagen, wie aussagekräftig diese Studie letzten Endes ist. Bijker (2007) äussert in seiner Studie, dass die Hypotension in der Literatur ungenau definiert sei. Ein weiterer Diskussionspunkt an der Studie von Bijker et al. (2007) ist, wie die Berechnung der Häufigkeit von IOH trotz unterschiedlichsten Blutdruckgrenzen möglich ist. Der Zusammenhang zwischen IOH und Langzeit-Mortalität wird ebenfalls beschrieben, es konnte aber keinen kausalen Zusammenhang aufgezeigt werden (Bijker et al., 2007).

Natürlich gehört auch heute nicht nur der Blutdruck zur intraoperativen Überwachung und sollte niemals isoliert betrachtet werden, da dieser keine direkte Aussage über die wirkliche Organperfusion macht (Larsen, 2013a; Rhondali et al., 2013 & 2014; Nafiu et al., 2009b; Jöhr, 2016). Unter Einbezug von klinischer und apparativer Überwachung kann in Bezug auf die Situation des Kreislaufes, der Organperfusion und des Volumenzustandes des Patienten eine sichere und zuverlässige Anästhesieführung stattfinden. Die Klinik kann beispielsweise mit Hilfe der Rekapillarierungszeit (Jöhr, 2016), des Hautturgors (Schwitzen), der Hautfarbe (Zyanose), der Körpertemperatur (peripher und zentral), des Tastens des peripheren Pulses (A. radialis, A. brachialis, A. femoralis) beziehungsweise dem Verhältnis des Blutdruckes und Pulses (Schockindex; Wikipedia, 2016) erhoben werden. Zu einer adäquaten Überprüfung der Hämodynamik können ein präkortikales (Striebel, 2012) oder transösophageales Stethoskop, die Pulsoxymetrie, die Kapnometrie, die ST-Strecke, der zentrale Venendruck (Jöhr, 2013), die Messung der zentralvenöse Sauerstoffsättigung (ScvO₂) (Wilhelm et al., 2006), die NIRS (Rhondali et al., 2014), TCD (Rhondali et al., 2013), metabolische Parameter (wie Lactat und Basenüberschuss) (Jöhr, 2016; Wilhelm et al., 2006), Diurese (Wilhelm et al., 2006) oder ein BIS beigezogen werden. Laut Wilhelm et al. (2006) sei die ScvO₂ ein besserer Parameter für die indirekte Beurteilung des Sauerstoffangebotes (DO₂) als der MAP und die HF. Zudem sei diese Messung einfach und es seien keine zusätzlichen invasiven Techniken notwendig. Im klinischen Setting sollte jedoch die ScvO₂ in Kombination mit anderen Standard-Vitalparametern gebraucht werden (Wilhelm et

al., 2006). Wilhelm et al. (2006) bezieht sich dabei auf die Parameter MAP, zentralvenösen Druck, Lactates, Base Excess und Diurese, was bei einem Standardeingriff, wie eine Zirkumzision, ziemlich invasiv ist. Fraglich an dieser Studie ist die Projektion der Ergebnisse von Ferkeln auf menschliche Kinder. Es ist klar, dass solche Studien nicht an Menschen getestet werden können.

Heutzutage gehört die oszillometrische Blutdruckmessung, das EKG sowie die Pulsoxymetrie zum Standard-Monitoring. Wie die American Society of Anesthesiologists (2013) und die Schweizerische Gesellschaft für Kinderanästhesie (2012) in ihren Guidelines erwähnen, sollte der NIBP regelmässig und bei jeder Kindernarkose (Jöhr, 2016; Nafiu, 2009) gemessen werden. Doch für mich stellt sich auch nach dem Bearbeiten dieses Themas die Frage, was eine «regelmässige» Blutdruckmessung bedeutet. Ich erhoffte mir vor der Recherche, dass ich in der Literatur klare Hinweise zum Zeitpunkt und zur Häufigkeit der Blutdruckmessung erhalte. Leider fand ich nirgends in der Literatur Hinweise darüber. Durch meine Erfahrung am Luzerner Kantonsspital weiss ich, dass ich den Blutdruck bei Erwachsenen im Wachzustand bis zur Einleitung der Narkose fünfminütig, während der Einleitung im Minutentakt und intraoperativ drei- bis fünfminütig messen soll. Im Kinderspital wird hingegen der NIBP erst nach der Einleitung zum ersten Mal gemessen, also dann, wenn das Kind bereits schläft und eine mögliche Hypotension durch die Anästhetika bereits eingetreten ist. Ich kann mir vorstellen, dass zur Begründung für eine spätere Messung bei Kindern die Patientencompliance und der Schmerz, welcher dabei verursacht wird, mitspielt. Mir ist einleuchtend, dass ein zweijähriges Kind nicht versteht, warum der Arm durch die Manschette zusammengedrückt wird und es aufgrund der Messung nebst der ungewohnten Umgebung und unbekanntem Personen womöglich noch mehr Angst bekommt und sich dagegen wehrt. Aber einem Schulkind, finde ich, kann ich die Bedeutung und den Grund für die Messung am Arm altersgerecht und adäquat erklären und ihm die Blutdruckmessung zutrauen, solange es nicht Angst hat, sich wehrt und gut prämediziert ist.

4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Bei der Erarbeitung der Diplomarbeit konnte gezeigt werden, welche Relevanz die Blutdruckmessung in der Anästhesie von Kindern hat. Aufgrund der bearbeiteten Studien empfehle ich den Blutdruck bei Kindern standardmässig vor jeder Narkoseeinleitung, wie bei den Erwachsenen im Wachzustand, mindestens einmal zu messen. Denn ein Ausgangswert des Blutdruckes vereinfacht eine Hypotension aufzudecken, wenn der Blutdruck mehr als 20-30% sinkt. Als unterer Blutdruckwert empfehle ich folgende MAP-Grenzen: Schulkinder > 60 mmHg, Kleinkinder & Vorschulkinder 50 – 55 mmHg und Termingeborene > 40 mmHg & Säuglinge 45 – 50 mmHg. Besonders vorsichtig bezüglich einer Hypotension sollte bei Säuglingen unter sechs Monaten gegeben werden.

4.1 Beantwortung der Fragestellungen/ Erreichen der Ziele

Die zu Anfang gestellten Fragen konnte ich anhand von Studien, der Literatur und der eigenen Erfahrung beantworten. Das Fachwissen konnte ich vertiefen. Ich werde das neu gewonnene Wissen in Zukunft im praktischen Alltag integrieren.

Das Ziel über die Relevanz des Blutdruckes in der Kinderanästhesie wurde erreicht. Ich habe Antworten über die Relevanz des Blutdruckes in der Kinderanästhesie bekommen. Für mich ist die Fragestellung beantwortet und das Ziel erreicht. Ich habe für mich Grenzwerte ausgearbeitet, an denen ich mich in Zukunft während einer Kinderanästhesie halten werde. Jedoch wurde die Frage nach der Regelmässigkeit der Blutdruckmessung nicht genügend beantwortet (siehe Seite 15).

4.2 Ausblick

In Zukunft wird es wichtig sein, eine vereinfachte Überwachung der Gehirnperfusion zu ermöglichen. So kann dem Einfluss auf neurologische Komplikationen bewertet werden, wodurch eine optimale zielgerichtete Therapie einer unzureichenderen Gehirnperfusion entgegenzuwirken ist. Weiter sollte die Einwirkung einer verminderten Gehirnperfusion auf das Gehirn erforscht werden. Vielleicht gibt es in Zukunft andere Möglichkeiten zur nichtinvasiven und günstigeren Überwachung, beispielsweise der kontinuierlichen Messung der Gehirnoxygenation. Unter Umständen wird diese zum Standard-Monitoring hinzugefügt und die NIRS-Elektroden werden viel günstiger. Eine Vereinheitlichung und klare Guidelines bezüglich den Blutdruckgrenzen, adaptiert am Lebensalter, am Körpergewicht und der -grösse, sind bestimmt sinnvoll.

5 Reflexion

Bei der Erarbeitung meiner Diplomarbeit konnte ich mein Wissen vertiefen und lernte den Umgang mit Studien. Anspruchsvoll fand ich das Lesen der vielen englischen Studien. Den im Voraus ausgearbeiteten Zeitplan habe ich nur bedingt eingehalten. Ich habe die Kombination der Diplomarbeit mit den Geräte- und Schulprüfungen deutlich unterschätzt. Zudem habe ich im Frühling ziemlich viel Zeit für die Literaturrecherche benötigt und mangels Druck die Diplomarbeit vor mich hingeschoben. Letzten Endes erstellte ich in den zwei letzten Monaten einen Grossteil der Diplomarbeit. Ich bemerkte, wenn ich intensiv daran arbeite, viel besser im Thema bleibe, als wenn ich länger nicht mehr daran arbeite. Mir fiel das Schreiben dieser Diplomarbeit einfacher, als es bei vorausgegangenen Diplomarbeiten war. Sicher trug die gute Unterstützung von meinem Mentor einen grossen Teil dazu bei. Ich habe sehr viel Zeit und Energie in die Diplomarbeit investiert und bin nun sehr froh diese nun abzuschliessen.

6 Danksagung

Ein sehr grosses Dankeschön geht an Sven von Niederhäusern für seine grosszügige Unterstützung, die vielseitigen Tipps und grosse Geduld als Mentor. Ich möchte mich für die informativen Unterlagen von PD Dr. med. Jaqueline Mauch bedanken. Weiter bin ich sehr dankbar für die Gespräche und Unterlagen von Dr. med. Martin Jöhr. Für die Geduld und Unterstützung aus meinem Bekanntenkreis während der letzten Monaten zeige ich grosse Dankbarkeit.

7 Abkürzungen

Abb.	Abbildung
APA	Society of Pediatric Anesthesia
ASA	Klassifikation des Gesundheitszustandes in der Anästhesie
CBF	Zerebraler Blutfluss
CBFV	CBF velocities = Flussgeschwindigkeit
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CRMO ₂	Zerebrale Sauerstoffverbrauch/-umsatz
et al.	et alii / et aliae / und andere
etCO ₂	endtidales Kohlenstoffdioxid
HZV	Herzzeitvolumen
IOH	Intraoperative Hypotension
kPa	Kilo Pascal
MAC	Minimale alveoläre Konzentration
MAP	Mean Arterial Pressure = arterieller Mitteldruck
mg/kg/KG	Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht
mmHg	Maßeinheit Millimeter Quecksilbersäule
NIBP	Notinvasive bloodpressure = Nichtinvasive Blutdruckmessung
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie
O ₂	Sauerstoff
paCO ₂	Arterieller Kohlendioxidpartialdruck
PALS	Pediatric Advanced Life Support
paO ₂	Arterieller Sauerstoffpartialdruck
rSO _{2c}	Regionale Sauerstoffsättigung im zerebralen Gewebe
SBP	Systolic blood pressure = Systolischer Blutdruck
ScO ₂	Zerebrale Oxygenierung
ScvO ₂	Zentralvenösen Sauerstoffsättigung
SPA	Association of Paediatric Anaesthetists
SV	Schlagvolumen
TCD	Transkranielle Doppelsonographie
TPR	Total peripheral resistance = total peripheren Widerstand
z.B.	Zum Beispiel

8 Quellennachweis

8.1 Literaturverzeichnis

8.1.1 Studien und Bücher

- American Society of Anesthesiologists (2013). Practice Guidelines for Postanesthetic Care. *Anesthesiology*. 118(2), S. 1-17.
- Bijker, J. B. van Klei, W. A. Kappen, T. H. van Wolfswinkel, L. Moons, K. G. M. Kalkman, C. J. (2007). Incidence of Intraoperative Hypotension as a Funktion of the Chosen Definition. *Anesthesiology*, 2007(107), S. 213-220.
- Claeys, M. A., Gepts, E., Camu, F. (1988). Haemodynamic Changes during Anaesthesia induced and maintained with Propofol. *British Journal of Anaesthesia*. 1988(60), S. 3-9.
- Hoffman, G. M. (2008). Outcomes of pediatric anesthesia. *Seminars in Pediatric Surgery*, 2008(17), S. 141-151.
- Jöhr, M. (2013). *Kinderanästhesie. Anatomische und physiologische Besonderheiten*. (8. Auflage). Bern: Elsevier GmbH.
- Jöhr, M. (2016). Grundlagen der Kinderanästhesie. Modul AN 5. Nachdiplomstudiengang HF Anästhesiepflege, Höhere Fachschule Gesundheit Zentralschweiz Luzern (27.04.2016).
- Klinke, R., Pape, H. C., Kurtz, A., Silbernagl, S. (2010a). *Physiologie. Das Herz*. (6. Auflage). Stuttgart: Thieme.
- Klinke, R., Pape, H.-Ch., Kurtz, A., Silbernagl, S. (2010b). *Physiologie. Das Kreislaufsystem*. (6. Auflage). Stuttgart: Thieme.
- Larsen, R. (2013a). *Anästhesie. Arterieller Blutdruck*. (10. Auflage). München: Urban & Fischer/Elsevier GmbH.
- Larsen, R. (2013b). *Anästhesie. Anästhesie bei Kindern*. (10. Auflage). München: Urban & Fischer/Elsevier GmbH.
- Larsen, R. (2013c). *Anästhesie. Autoregulation der Hirndurchblutung*. (10. Auflage). München: Urban & Fischer/Elsevier GmbH.

- Heck, M., Fresenius, M., Busch, C. (2014). *Repetitorium Anästhesiologie*. (7. Auflage). Berlin: Springer.
- McCann, M.E., Schouten, A.N. (2014a). Beyond survival; influences of blood pressure, cerebral perfusion and anaesthesia on neurodevelopment. *Pediatric Anesthesia*. 2013(24), S. 68-73.
- McCann, M.E., Schouten, A.N., Dobija, N., Munoz, C., Stephenson, L., Poussaint, T., Kalkman, C., Hickey, P., De Vries, L., Tasker, R. (2014b). Infantile Postoperative Encephalopathy: Perioperative Factors as a Cause of Concern. *Pediatrics*. 133(3), S. 751-757.
- Michelet, D., Arslan, O., Hilly, J., Mangalsuren, N., Brasher, Ch., Grace, R., Bonnard, A., Malbezin, S., Nivoche, Y., Dahmani, S. (2015). Intraoperative changes in blood pressure associated with cerebral desaturation in infants. *Pediatric Anesthesia*, 2015(25), S. 681-688.
- Nafiu, O. Kheterpal, S. Morris, M. Reynolds, P. I. Malviya, S. Tremper, K. K. (2009a). Incidence and risk factors for preincision hypotension in a noncardiac pediatric surgical population. *Pediatric Anesthesia*, 2009(19), S. 232-239.
- Nafiu, O. O. Voepel-Lewis, T. Morris, M. Chimbira, W. T. Malviya, S. Reynolds, P. I. (2009b). How do pediatric anesthesiologists define intraoperative hypotension?. *Pediatric Anesthesia*, 2009(19), S. 1048-1053.
- Rhondali, O., André, C., Pouyau, A., Mahr, A., Juhel, S., De Queiroz, M., Rhizoual-Berrada, K., Mathews, S., Chassard, D. (2015). Sevoflurane anesthesia and brain perfusion. *Pediatric Anesthesia*. 2015(25), S. 180-185.
- Rhondali, O., Juhel, S., Mathews, S., Cellier, Q., Desgranges, F.D., Mahr, A., De Queiroz, M. Pouyau, A., Rhizoual-Berrada, K., Chassard, D. (2014). Impact of sevoflurane anesthesia on brain oxygenation in children younger than 2 years. *Pediatric Anesthesia*, 2014(24), S. 734-740.
- Rhondali, O., Mahr, A., Simonin-Lansiaux, S., De Queiroz, M., Rhioal-Berrada, K., Combet, S., Cejka, J.C., Chassard, D. (2013). Impact of sevoflurane anesthesia on cerebral blood flow in children younger than 2 years. *Pediatric Anesthesia*, 2013(23), S. 946-951.
- Ringer, S.K., Ohlerth, S., Carrera, I., Mauch, J., Spielmann, N., Bettschart-Wolfensberger, R., Weiss, M. (2016). Effects of hypotension and/or hypocapnie during sevoflurane anesthesia on

perfusion and metabolites in the developing brain of piglets – a blinded randomized study. *Pediatric Anesthesia*. 2016(26), S. 909-918.

Shung, J. (2010). Intra-operative hypotension in children: does it matter?. *Southern African Journal of Anaesthesia and Analgesia*, 16(2), S. 42-44. [Zugriff 18.11.015 auf <http://www.sajaa.co.za/index.php/sajaa/article/view/581>].

Striebel, H. W. (2012). *Anästhesie bei Kindern*. (1. Auflage). Stuttgart: Schattauer GmbH.

Williams, M., Lee, J.K. (2014). Intraoperative blood pressure and cerebral perfusion: strategies to clarify hemodynamic goals. *Pediatric Anesthesia*. 2014(24), S. 657-667.

8.1.2 Internetquellen

Schweizerische Gesellschaft für Kinderanästhesie (2012). Standards und Empfehlungen für Kinderanästhesie der SGKA [Zugriff 22.8.2016 <http://www.sgar-ssar.ch/interessengruppen/sgka/hinweise-empfehlungen/>].

Wikipedia (14.5.2016). Schockindex [Zugriff 29.07.2016 auf https://de.wikipedia.org/wiki/Schockindex#cite_ref-1].

8.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung Titelseite: Blutdruckmessung Kind Titelseite
[Zugriff 3.8.2016 auf <http://www.citypraxen.de/krankheiten/herz-kreislauf-gefuesse/blutdruck-hoch-bei-kindern-und-jugendlichen/>]

Abbildung 1: Altersabhängigkeit von systolischem & diastolischem Blutdruck und MAP 4

Erstellt durch Saskia Zust (2016) aus den Daten von:

Jöhr, M. (2013). *Anatomische und physiologische Besonderheiten. Kinderanästhesie*. 8. Aufl. Bern: Elsevier GmbH. (S. 29).

Klinke, R., Pape, H. C., Kurtz, A., Silbernagl, S. (2010a). *Das Herz. Physiologie*. 6. Aufl. Stuttgart: Thieme. (S. 220).

Abbildung 2: Abhängigkeit des Herzzeitvolumens vom Lebensalter 6

Erstellt durch Saskia Zust (2016) aus den Daten von:

Jöhr, M. (2013). *Anatomische und physiologische Besonderheiten. Kinderanästhesie*. 8. Aufl. Bern: Elsevier GmbH. (S. 30).

Abbildung 3: Altersabhängiger Sauerstoffverbrauch 6

Erstellt durch Saskia Zust (2016) aus den Daten von:

Jöhr, M. (2013). *Anatomische und physiologische Besonderheiten. Kinderanästhesie*. 8. Aufl. Bern: Elsevier GmbH. (S. 29).

Striebel, H. W. (2012a). *Anatomische und physiologische Besonderheiten im Kindesalter. Anästhesie bei Kindern. Sicherheit in der klinischen Praxis*. 1. Aufl. Stuttgart: Schattauer GmbH. (S. 10).

Abbildung 4: Physiologisches Modell der intakten Autoregulation 7

Rosenthal, Ch., Wolf, St., Weber-Carstens, St. Salih, F. (2012). Der erhöhte intrakranielle Druck. *AINS*. 2012/47, S. 31.

Abbildung 5: Die regionale Sauerstoffsättigung im zerebralen Gewebe entsprechend dem MAP-Wert 10

Erstellt durch Saskia Zust (2016) aus den Daten von:

Rhondali, O., Juhel, S., Mathews, S., Cellier, Q., Desgranges, F.D., Mahr, A., De Queiroz, M. Pouyau, A., Rhizoual-Berrada, K., Chassard, D. (2014). *Pediatric Anesthesia*, 2014(24), S. 737.

Abbildung 6: CBF versus zerebrale Oxygenierung hinsichtlich des MAP bei Kinder unter sechs Monaten 11

Erstellt durch Saskia Zust (2016) aus den Daten von:

Rhondali, O., André, C., Pouyau, A., Mahr, A., Juhel, S., De Queiroz, M., Rhizoual-Berrada, K., Mathews, S., Chassard, D. (2015). Sevoflurane anesthesia and brain perfusion. *Pediatric Anesthesia*. 2015/25, S. 180-185.

8.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Unterste Grenze (5. Perzentile) des systolischen Blutdrucks beim wachen Kind..... 4

Erstellt durch Saskia Zust (2016) aus den Daten von:

Jöhr, M. (2013). *Kinderanästhesie. Anatomische und physiologische Besonderheiten*. (8. Auflage).
Bern: Elsevier GmbH, S. 27.

Tabelle 2: Unterste systolische Blutdruckgrenzwerte bei Kindern in Anästhesie..... 8

Erstellt durch Saskia Zust (2016) aus den Daten von:

Nafiu, O. O. Voepel-Lewis, T. Morris, M. Chimbira, W. T. Malviya, S. Reynolds, P. I. (2009b). How
do pediatric anesthesiologists define intraoperative hypotension?. *Pediatric Anesthesia*,
2009(19), S. 1051.

9 Anhang

9.1 Tabellenübersicht

Blutdruckgrenzwerte der in dieser Diplomarbeit verwendeten Literatur (erstellt durch Saskia Zust, 2016):

	Minimaler MAP	Minimaler SBP
Rhondali (2013)	> 38 mmHg, Ausgangswert minus 20%	
Rhondali (2014)	> 43 mmHg	
Rhondali (2015)	> 35 mmHg	
Michelet (2015)	Ausgangswert minus 15%	Ausgangswert minus 20%
Nafiu (2009a),		Ausgangswert minus 20-30%
Jöhr (2013, S. 27)		2 x (Alter + 70 mmHg)
Bijker (2007)		> 80 mmHg, minus 20% (Erwachsene)

9.2 Deklaration/ Selbständigkeitserklärung und Copyright

Die Unterzeichnete erklärt,

- dass sie die vorliegende Diplomarbeit selbständig verfasst hat und in der Arbeit enthaltene fremde Quellen deutlich gekennzeichnet sind.
- dass auf eventuelle Mithilfe Dritter in der Arbeit ausdrücklich hingewiesen wird.
- dass sie vorgängig bei dem Prorektor, dem Ausbildungsbetrieb (sofern dieser involviert war),
- sowie bei Drittpersonen, die mitgeholfen haben (z.B. beratende Personen) schriftlich die Bewilligung einholt, wenn diese Arbeit bzw. Teile oder Zusammenfassungen davon veröffentlicht oder Kopien dieser Arbeit zur weiteren Verfügung an Dritte ausgehändigt werden.

Ort / Datum: _____

Name / Vorname: _____

Unterschrift: _____

9.3 Einwilligung zur Aufnahme in die Bibliothek



<p align="center">Einwilligung zur Aufnahme einer Diplomarbeit in die Bibliothek der HFGZ und zur weiteren Verwendung</p>
--

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Diplomarbeit

in die Bibliothek der HFGZ aufgenommen wird

ja nein

auf der Lernplattform der HFGZ anderen Studierenden zugänglich gemacht wird

ja nein

(Gewünschtes bitte ankreuzen)

Nachname

Vorname

Titel der Diplomarbeit

Ort, Datum

Unterschrift