

Diplomarbeit

**Allgemeinnarkose versus Spinalanästhesie beim
Kaiserschnitt; Unterschiede bei der Adaptation von
Neugeborenen mit besonderem Augenmerk auf die
cerebrale Oxygenierung**

eingereicht von

Isabella Marietta Willfurth

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde
Klinische Abteilung für Neonatologie**

unter der Anleitung von

Ass.-Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Gerhard Pichler

Graz, 19.12.2017

Eidesstattliche Erklärung

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

Graz, am 19.12.2017

Isabella Willfurth eh

Danksagungen

Hiermit möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich im Laufe meines Studiums und während der Erstellung meiner Diplomarbeit fachlich und persönlich unterstützt haben.

Allen voran danke ich meinem Diplomarbeitsbetreuer Herrn Ass.-Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Gerhard Pichler für die kompetente Betreuung und geduldige Unterstützung bei der Durchführung und Verfassung dieser Arbeit, sowie für die Möglichkeit, sie im Rahmen eines Kongresses präsentieren zu dürfen.

Daran anschließend möchte ich meiner Familie und meinen Freunden danken, die mir in den letzten Jahren stets zur Seite standen und mir Rückhalt gaben.

Zuletzt gilt mein Dank meinen Studienkollegen, die mir sehr ans Herz gewachsen sind. Es war eine schöne und lehrreiche gemeinsame Studienzzeit.

Zusammenfassung

Einleitung: Das Ziel dieser Studie war es zu untersuchen, ob die Wahl der Anästhesie bei einer Sectio (Allgemeinanästhesie oder Spinalanästhesie) einen Einfluss auf die Adaptation des Neugeborenen hat.

Methoden: Für diese Beobachtungsstudie geeignet waren ausschließlich mittels Sectio geborene Kinder, die zwischen November 2009 und September 2016 im Universitätsklinikum Graz entbunden wurden. Eingeschlossen wurden alle Kinder, die in den ersten 15 Lebensminuten in prospektiven Beobachtungsstudien überwacht wurden. Die cerebrale Oxygenierung (crSO₂) wurde mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) gemessen, die periphere Sauerstoffsättigung (SpO₂) und die Herzfrequenz (HR) mittels Pulsoxymetrie. Weiters wurde noch die FTOE (fractional tissue oxygen extraction) aus crSO₂ und SpO₂ berechnet. Auch der Nabelarterien-pH-Wert, APGAR-Scores und Atemunterstützungen wurden aufgezeichnet und analysiert.

Ergebnisse: Insgesamt wurden 118 Neugeborene, darunter 54 Frühgeborene (32,0 ± 2,9 SSW) und 64 Reifgeborene (38,8 ± 0,9 SSW) eingeschlossen.

Reifgeborene: Nach Allgemeinanästhesie der Mutter war der APGAR-Score nach einer, fünf und zehn Minuten signifikant niedriger (p=0,025; 0,044; 0,041) und es mussten auch signifikant mehr Kinder abgesaugt werden (18 vs 4; p=0,001). Bei der Messung der cerebralen Oxygenierung gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, aber man konnte in den Verlaufskurven erkennen, dass die Kinder der Spinalanästhesie-Gruppe von Beginn an höhere Werte aufwiesen. Bei der peripheren Sauerstoffsättigung gab es signifikante Unterschiede bei Minute fünf, sechs und zehn (p=0,018; 0,034; 0,029), bei der Herzfrequenz bei Minute sieben, zehn, elf, zwölf und fünfzehn (p=0,035; 0,034; 0,050; 0,023; 0,008). Es gab keine signifikanten Unterschiede bei der FTOE zwischen den beiden Gruppen. Die Kinder der Allgemeinanästhesie-Gruppe hatten außerdem einen erhöhten Sauerstoffbedarf, signifikant bei Minute sechs, sieben und acht (p=0,041; 0,021; 0,047).

Frühgeborene: Es gab signifikante Unterschiede beim APGAR-Score nach einer Minute (p=0,024) und beim Nabelarterien-pH-Wert (p=0,008) zwischen der

Allgemeinanästhesie- und der Spinalanästhesie-Gruppe. Es gab keine signifikanten Unterschiede bei der cerebralen Oxygenierung, peripheren Sauerstoffsättigung, Herzfrequenz und FTOE zwischen den Gruppen. Die Kinder der Allgemeinanästhesie-Gruppe hatten einen höheren Sauerstoffbedarf, signifikant von Minute drei bis Minute neun ($p=0,023$; $0,038$; $0,044$; $0,010$; $0,046$; $0,030$; $0,032$).

Conclusio: Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Art der Anästhesie einen Einfluss auf die Adaptation des Neugeborenen hat. Kinder, die in Sectio unter Allgemeinanästhesie der Mutter geboren werden, adaptieren langsamer und benötigen vor allem mehr medizinische Unterstützung. Stärker ausgeprägt ist dies bei Reifgeborenen.

Abstract

Objective: The aim of the present study was to assess, if the type of maternal anesthesia during cesarean sections (spinal anesthesia vs. general anesthesia) has an influence on the immediate neonatal transition after birth.

Methods: For this observational study neonates born by cesarean section from November 2009 to September 2016 at the Medical University of Graz were eligible. Neonates were included, when they have been monitored during their first fifteen minutes after birth in prospective observational studies. Cerebral regional tissue oxygenation (crSO₂) was measured by near-infrared spectroscopy (NIRS), peripheral arterial oxygen saturation (SpO₂) and heartrate (HR) were measured by pulse oximetry. Furthermore fractional tissue oxygen extraction (FTOE) was calculated out of crSO₂ and SpO₂. In addition umbilical arterial pH, APGAR-scores and respiratory support were recorded and analyzed.

Results: 54 preterm (32,0 ± 2,9 weeks of gestation) and 64 term neonates (38,8 ± 0,9 weeks of gestation) were included in the present study.

Term neonates: After maternal general anesthesia APGAR-scores at one, five and ten minutes were significantly lower (p=0,025; 0,044; 0,041) and there was also significantly more oropharyngeal suctioning (18 vs 4; p=0,001). crSO₂ revealed no significant difference between general and spinal anesthesia group, although the infants in the spinal anesthesia group had a trend to higher initial values after birth. SpO₂ was significantly higher at minute five, six and ten (p=0,018; 0,034; 0,029) and HR at minute seven, ten, eleven, twelve and fifteen. (p=0,035; 0,034; 0,050; 0,023; 0,008). There was no difference in FTOE between both groups. Infants in the general anesthesia group had significantly higher supplemental oxygen support at minute six, seven and eight (p=0,041; 0,021; 0,047).

Preterm neonates: There were significant differences in APGAR-Score at one minute (p=0,024) and the umbilical arterial pH (p=0,008) between general and spinal anesthesia groups. There were no significant differences in crSO₂, SpO₂, HR and FTOE between general and spinal anesthesia groups. Supplemental oxygen support was significantly higher in the general anesthesia group from minute three to minute nine (p=0,023; 0,038; 0,044; 0,010; 0,046; 0,030; 0,032).

Conclusion: The present study demonstrates that the type of anesthesia has an influence on the immediate neonatal transition after birth. Neonates born with

maternal general anesthesia during cesarean section need especially more medical support immediately after birth. Differences between general and spinal anesthesia group are more pronounced in term compared to preterm neonates.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	ii
Zusammenfassung	iii
Abstract	v
Inhaltsverzeichnis	vii
Glossar und Abkürzungen	ix
Abbildungsverzeichnis	xi
Tabellenverzeichnis	xii
1 Einleitung	1
1.1 Der Kaiserschnitt	1
1.1.1 Die Allgemeinanästhesie beim Kaiserschnitt	1
1.1.2 Die Spinalanästhesie beim Kaiserschnitt	2
1.2 Die Physiologie des Fetus	3
1.2.1 Entwicklung	3
1.2.2 Das kardiopulmonale System des Fetus	4
1.3 Vom Fetus zum Neugeborenen	5
1.3.1 Pulmonale Adaptation	5
1.3.2 Kardiozirkulatorische Adaptation	5
1.3.3 Thermoregulation	6
1.4 Versorgung des Neugeborenen	7
1.4.1 Postnatale Beurteilung durch den APGAR-Score	7
1.4.2 Der Nabelarterien-pH-Wert	8
1.4.3 Maßnahmen zur Erstversorgung und Reanimation	9
1.5 Monitoring während der Adaptation	13
1.5.1 Pulsoxymetrie	14
1.5.2 Nahinfrarotspektroskopie	19
1.5.3 FTOE	23
1.5.4 Blutdruck	24
1.6 Auswirkungen der Anästhesieart auf die Adaptation	25
2 Zielsetzung	26
3 Material und Methoden	27
3.1 Patientenkollektiv und Gruppierung	27
3.2 Durchführung und der Datenerhebung während der Erstversorgung	28

3.3	Datenerhebung	29
3.4	Statistische Datenauswertung	29
4	Ergebnisse – Resultate	31
4.1	Reifgeborene.....	32
4.1.1	Demographie	32
4.1.2	Sauerstoffsättigung (SpO2)	33
4.1.3	Herzfrequenz	34
4.1.4	Cerebrale Oxygenierung (crSO2)	35
4.1.5	FTOE	37
4.1.6	O2-Bedarf	38
4.2	Frühgeborene.....	40
4.2.1	Demographie	40
4.2.2	Sauerstoffsättigung (SpO2)	41
4.2.3	Herzfrequenz	42
4.2.4	Cerebrale Oxygenierung (crSO2)	43
4.2.5	FTOE	45
4.2.6	O2-Bedarf	46
5	Diskussion	48
6	Literaturverzeichnis	52

Glossar und Abkürzungen

%	Prozent
A	Absorption des Lichts
A.	Arteria
Aa.	Arteriae
bpm	beats per minute
c	Konzentration
cm	Zentimeter
cmH ₂ O	Zentimeter Wassersäule
CPAP	continuous positive airway pressure
crSO ₂	cerebrale regionale Gewebsoxygenierung
cTOI	cerebral tissue oxygenation index
CtOx	oxygenierte Zytochromoxidase
d	Schichtdicke
DPF	differential pathlength factor
EKG	Elektrokardiogramm
FTOE	fractional tissue oxygen extraction
g	Gramm
G	Streuungsfaktor
Hb	desoxygeniertes Hämoglobin
HbO ₂	oxygeniertes Hämoglobin
HbT	Gesamthämoglobin
I	Intensität des ausdringenden Lichts
I ₀	Intensität des eindringenden Lichts
INSURE	INTubate-SUR-factant-Extubate
Lig.	Ligamentum
m	männlich
min	Minute
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
NACS	neurologic and adaptive capacity scoring
NApH art.	Nabelarterien-pH-Wert
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie
nm	Nanometer

O ₂	Sauerstoff
pCO ₂	Kohlendioxidpartialdruck
PEEP	positive end-expiratory pressure
pH	pH-Wert („potentia hydrogenii“)
pO ₂	Sauerstoffpartialdruck
RR dia	diastolischer Blutdruck
RR MAD	mittlerer arterieller Blutdruck
RR sys	systolischer Blutdruck
RR	Blutdruck
s	Sekunde
SIDS	sudden infant death syndrome
SpO ₂	periphere arterielle Sauerstoffsättigung
SSW	Schwangerschaftswoche
Temp. rekt.	rektale Temperatur
V.	Vena
Vv.	Venae
w	weiblich
ε	Extinktionskoeffizient

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der fetale Kreislauf und die Umstellung nach der Geburt (63)	6
Abbildung 2: Algorithmus zur Neugeborenenreanimation (21)	11
Abbildung 3: Verlauf der SpO ₂ während der Adaptation (24)	16
Abbildung 4: Verlauf der Herzfrequenz während der Adaptation (24)	18
Abbildung 5: Die Absorptionsspektren für desoxygeniertes Hämoglobin (Hb), oxygeniertes Hämoglobin (HbO ₂) und oxygenierte Zytochromoxidase (CtOx) (34)	20
Abbildung 6: Verlauf der crSO ₂ während der Adaptation bei C: Reifgeborenen, via Sectio entbunden und bei D: Frühgeborenen via Sectio entbunden; kein Neugeborenes benötigte medizinische Interventionen (32)	23
Abbildung 7: Verlauf der FTOE während der Adaptation bei C: Reifgeborenen, via Sectio entbunden und bei D: Frühgeborenen via Sectio entbunden; kein Neugeborenes benötigte medizinische Interventionen (32)	24
Abbildung 8: SpO ₂ Reifgeborene	34
Abbildung 9: Herzfrequenz Reifgeborene	35
Abbildung 10: crSO ₂ Reifgeborene	36
Abbildung 11: FTOE Reifgeborene	38
Abbildung 12: O ₂ -Bedarf Reifgeborene	39
Abbildung 13: SpO ₂ Frühgeborene	42
Abbildung 14: Herzfrequenz Frühgeborene	43
Abbildung 15: crSO ₂ Frühgeborene	44
Abbildung 16: FTOE Frühgeborene	46
Abbildung 17: O ₂ -Bedarf Frühgeborene	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Der APGAR-Score (13)	8
Tabelle 2: Bewertung des Nabelarterien-pH-Wertes (17).....	9
Tabelle 3: Blutdruckwerte während der Adaptation (47).....	24
Tabelle 4: Demographie allgemein.....	31
Tabelle 5: Demographie Reifgeborene.....	32
Tabelle 6: Atemunterstützung Reifgeborene	32
Tabelle 7: SpO2 Reifgeborene	33
Tabelle 8: Herzfrequenz Reifgeborene.....	34
Tabelle 9: crSO2 Reifgeborene	35
Tabelle 10: FTOE Reifgeborene.....	37
Tabelle 11: O2-Bedarf Reifgeborene.....	38
Tabelle 12: Demographie Frühgeborene.....	40
Tabelle 13: Atemunterstützung Frühgeborene	40
Tabelle 14: SpO2 Frühgeborene	41
Tabelle 15: Herzfrequenz Frühgeborene.....	42
Tabelle 16: crSO2 Frühgeborene	43
Tabelle 17: FTOE Frühgeborene.....	45
Tabelle 18: O2-Bedarf Frühgeborene.....	46

1 Einleitung

1.1 Der Kaiserschnitt

Der Kaiserschnitt, auch Sectio genannt, ist definiert als die Entwicklung des Kindes durch eine zuvor chirurgisch geschaffene Öffnung im mütterlichen Abdomen. (1) Dieser Geburtsmodus gewinnt in Industriestaaten stetig an Beliebtheit. Wurden beispielsweise in den Vereinigten Staaten in den 1970ern etwa 5% der Neugeborenen durch einen Kaiserschnitt entbunden, so waren es zur Jahrtausendwende bereits 23%. Auch im Vereinigten Königreich stieg die Rate an Sectiones von 1990 bis 2000 um etwa 0,6% pro Jahr. (2)

Europaweit wurden 2010 insgesamt 25,2% der Neugeborenen durch eine Sectio entbunden, in Österreich waren es 28,8%. (3)

Die Gründe für eine Kaiserschnitt-Entbindung sind vielfältig und umfassen unter anderem eine vorausgegangene Sectio, den Geburtsstillstand, drohende Asphyxie des Fetus, Fehleinstellungen, Mehrlingsschwangerschaften, Plazentationsstörungen und mütterliche Infektionen.

Kaiserschnitte werden elektiv oder notfallmäßig durchgeführt und haben prinzipiell eine geringe Komplikationsrate. (1)

Bei der Wahl der Anästhesie stehen vier Arten zur Verfügung, die Allgemeinanästhesie, die Spinalanästhesie, die Epiduralanästhesie und die kombinierte Spinal- und Epiduralanästhesie. Die Wahl der Anästhesie soll laut Guidelines individuell erfolgen, jedoch wird für die meisten Entbindungen eine neuroaxiale Technik empfohlen. In manchen Notfallsituationen (z.B. Uterusruptur, schwere Blutung, Nabelschnurvorfal) wird die Allgemeinanästhesie empfohlen. (4)

1.1.1 Die Allgemeinanästhesie beim Kaiserschnitt

Wie schon oben beschrieben, ist die Allgemeinanästhesie das Mittel der Wahl bei Notfallsectiones. Sie wird auch bei geplanten Kaiserschnitten verwendet, wenn Kontraindikationen für eine Spinalanästhesie vorliegen, oder die Mutter diese strikt ablehnt. Vorteile der Allgemeinanästhesie verglichen mit der Spinalanästhesie sind unter anderem der rasche und zuverlässige Wirkungseintritt, die geringere Gefahr

eines Blutdruckabfalls und die bessere Kontrolle des Atemwegs und der Atmung während der Operation. Der größte Nachteil ist die Aspirationsgefahr und die mögliche stärkere Depression des Neugeborenen durch Sedierung oder Narkose. Diese steigt mit der Narkosedauer, weshalb Kinder, die unter Allgemeinanästhesie geboren werden, so schnell wie möglich entwickelt werden sollten.

Die Intubation ist wegen der großen Aspirationsgefahr nach wie vor Goldstandard. Das Verfahren entspricht immer einer „Rapid sequence“-Intubation, das heißt die Patientinnen sollten nach einer ausreichenden Präoxygenierung schnellstmöglich intubiert werden. In vielen Büchern wird noch Thiopental als Mittel der Wahl für die Einleitung empfohlen, aber auch Propofol wird immer öfters verwendet. Bei hämodynamischer Instabilität kann auch Ketamin oder Etomidat verwendet werden. Als Muskelrelaxans wird zumeist Succinylcholin verwendet, die Alternative wäre Rocuronium. Der Gebrauch von Opiaten wird aufgrund von neonataler Depression und mütterlichem Blutdruckabfall erst nach der Abnabelung empfohlen. Neuere Studien haben aber gezeigt, dass der Gebrauch von Remifentanyl unter besonderen Voraussetzungen, wie z.B. Frauen mit Präeklampsie, eine protektive Wirkung hat.

Für die Aufrechterhaltung der Anästhesie werden in den meisten Fällen volatile Inhalationsanästhetika verwendet. (5–7)

1.1.2 Die Spinalanästhesie beim Kaiserschnitt

Die Spinalanästhesie ist in den meisten Fällen das Mittel der Wahl für einen Kaiserschnitt. Hierbei wird der lumbale Subarachnoidalraum mit einer speziellen Nadel punktiert und ein Anästhetikum eingebracht. Dieser Vorgang kann 15-20 Minuten dauern, deshalb ist er für Notsectiones meist nicht geeignet. Andere Kontraindikationen sind Gerinnungsstörungen, neurologische Erkrankungen, lokale Infekte, Malformationen der Wirbelsäule oder auch die strikte Ablehnung durch die Schwangere. Vorteile gegenüber der Allgemeinanästhesie sind vor allem die sehr geringe Aspirationsgefahr, die geringe Depression des Neugeborenen und eine wache, ansprechbare Patientin. Der größte Nachteil ist die Gefahr eines Blutdruckabfalls durch die rasch eintretende Sympathikusblockade, welcher fetale Hypoxie zur Folge haben kann.

Der Einstich erfolgt, nach einer Lokalanästhesie der entsprechenden Region, entweder zwischen L4/L5 oder zwischen L3/L4, weil auf dieser Höhe die Cauda equina zu erwarten ist und somit die Verletzungsgefahr gering ist. Die erfolgreiche Punktion des Subarachnoidalraums wird durch Liquorausstritt signalisiert. Das am häufigsten verwendete Anästhetikum ist Bupivacain, zusätzlich kann auch ein Opiat, z.B. Fentanyl oder Sufentanil zugesetzt werden. Andere, seltener verwendete Anästhetika-Alternativen sind Ropivacain, Mepivacain oder Lidocain. Die Ausbreitung der Anästhesie wird dann durch Temperaturempfindungen überwacht, während sich die Schwangere in Rückenlage befindet. Mittels Kippung des Operationstisches kann die Obergrenze der Anästhesie angepasst werden, ideal wäre Th4. Probleme, die während der Sectio in Spinalanästhesie auftreten können, sind hämodynamische Instabilität, Unruhe bis Angst, Übelkeit und Erbrechen. Daher sind eine engmaschige Überwachung, ausreichende Oxygenierung der Patientin und eine gute psychologische Betreuung durch den Anästhesisten oder die Anästhesistin erforderlich. (6,7)

1.2 Die Physiologie des Fetus

Eine Schwangerschaft dauert in etwa 280 Tage bzw. 40 Wochen, gerechnet nach dem ersten Tag der letzten Regelblutung. Kinder, die vor Vollendung der 37. Schwangerschaftswoche geboren werden, werden als Frühgeborene bezeichnet.

1.2.1 Entwicklung

Ab der 3. Woche nach der Befruchtung beginnt die Embryonalperiode. Diese dauert bis zum 3. Monat. In dieser Zeit werden die Organsysteme angelegt und schließlich erfolgt auch die Entwicklung der Organe. Sie nehmen bereits erste Funktionen auf. Danach folgt die Fetalperiode, die vom 3. Monat bis zur Geburt dauert. In dieser Zeit wächst der Fetus und die Organe reifen aus. Die Gewichtszunahme erfolgt hauptsächlich in den letzten Monaten der Schwangerschaft.

1.2.2 Das kardiopulmonale System des Fetus

In der Schwangerschaft übernimmt die Plazenta die Versorgung des Fetus mit Sauerstoff und Nährstoffen. Da die Lunge noch mit Flüssigkeit gefüllt und nur wenig durchblutet ist, existieren im fetalen Blutkreislauf drei Shunts, damit die Versorgung des restlichen Körpers gewährleistet ist.

Die Organe der oberen Körperhälfte (Herzmuskel, Gehirn) werden beim Fetus, verglichen mit Erwachsenen, besser durchblutet, die Organe der unteren Körperhälfte (Leber, Nieren, Gastrointestinaltrakt, Milz, etc.) weisen eine geringere Durchblutung auf.

Das oxygenierte Blut (Sauerstoffsättigung ca. 80%) fließt von der Plazenta über die Nabelvene zum Fetus. Ein kleiner Teil des Blutes fließt dann in die Leber, wo er sich mit dem Blut aus dem Pfortaderkreislauf mischt, der größte Teil fließt aber durch den Ductus venosus Arantii direkt in die V. cava inferior und umgeht somit die Leber. Danach erfolgt eine Vermischung des sauerstoffreichen Blutes aus der Nabelvene mit dem sauerstoffarmen Blut aus der unteren Körperhälfte in der V. cava inferior, die dann in den rechten Vorhof mündet. Von dort aus wird der Großteil des Mischblutes (Sauerstoffsättigung ca. 67%) durch das Foramen ovale direkt in den linken Vorhof und weiter durch den linken Ventrikel und die Aorta in die obere Körperhälfte geleitet. Im linken Vorhof erfolgt auch noch eine Vermischung mit dem sauerstoffarmen Blut aus der Lunge. Ein kleiner Teil des Blutes im rechten Vorhof vermischt sich mit dem sauerstoffarmen Blut der oberen Körperhälfte, das durch die V. cava superior fließt. Dieses Mischblut fließt weiter durch den rechten Ventrikel und in den Truncus pulmonalis. Da der pulmonale Widerstand in der Fetalzeit sehr hoch ist, fließt das meiste Blut über den Ductus arteriosus Botalli unter Umgehung des Lungenkreislaufs direkt in die Aorta descendens, nur 10% des Blutes passiert die Lunge. In der Aorta descendens vermischt es sich mit dem Blut aus der proximalen Aorta. Dieses Mischblut hat eine Sauerstoffsättigung von etwa 58% und dient zur Versorgung der unteren Körperhälfte. Außerdem fließt das Blut von der Aorta descendens in die Nabelarterien und zurück zur Plazenta. (8–10)

1.3 Vom Fetus zum Neugeborenen

Die Adaptation, also die Anpassung des Fetus an das extrauterine Leben, ist ein sehr komplexer Vorgang. Sie beginnt bereits vor Einsetzen der Wehen in den letzten Wochen der Schwangerschaft. Die fetale Nebenniere reift aus und es kommt zu einer erhöhten Cortisolproduktion. Der hohe Cortisolspiegel ist wichtig für viele Organsysteme des Fetus, vor allem aber für die Lungenreifung. (10)

Der fetale Cortisolspiegel steigt ab der 35. SSW um 50 % an und vervierfacht sich während der Wehen und der ersten Lebensstunden. (11)

1.3.1 Pulmonale Adaptation

Bereits vor Beginn der Wehen in den letzten Schwangerschaftswochen nimmt die Flüssigkeitsproduktion in den fetalen Lungen ab und die Resorption von pulmonaler Flüssigkeit aus dem Alveolarraum fängt an. Durch die ersten Atemzüge kommt es zu einem erhöhten intrapulmonalen Druck, welcher die Flüssigkeit ins Interstitium befördert, die dann über die Lymph- und Blutgefäße abtransportiert wird. Thoraxkompressionen während der Passage des Geburtskanals scheinen eine geringere Rolle zu spielen. (10)

Der Beginn der Atmung (im Normalfall nach 15-30 Sekunden) wird durch viele Faktoren angeregt, unter anderem durch die physiologische Asphyxie während der Geburt, die Zunahme von $p\text{CO}_2$ und die gleichzeitige Abnahme von $p\text{O}_2$, die Stimulation von pulmonalen Dehnungsrezeptoren und durch viele exogene Faktoren, zum Beispiel Temperaturunterschied, Licht, Lärm und propriozeptive Reize. (11,12)

1.3.2 Kardiozirkulatorische Adaptation

Wenn ein Neugeborenes zu atmen beginnt, ist der Sauerstoffgehalt im Blut höher als er es in utero war. Dies führt zu einer Konstriktion der Nabelarterien und zu einer Dilatation der Pulmonalarterien. Dadurch kommt es zu einer besseren Lungendurchblutung, die Versorgung des Körpers mit Sauerstoff steigt, der pulmonale Widerstand sinkt. Durch die erhöhte Lungendurchblutung steigt der Druck in der linken Herzhälfte, was zu einer Umkehr des Rechts-Links-Shunts in den Vorhöfen führt und zu einem physiologischen Verschluss des Foramen ovale.

Aufgrund des erhöhten O₂-Gehalts im Blut kommt es auch zu einer Konstriktion des Ductus arteriosus Botalli, er verschließt sich funktionell. Durch den Wegfall der Nabelschnurdurchblutung kollabieren schlussendlich die Nabelvenen und der Ductus venosus Arantii. Somit passt sich der fetale Kreislauf an die extrauterinen Verhältnisse an. (10–12)

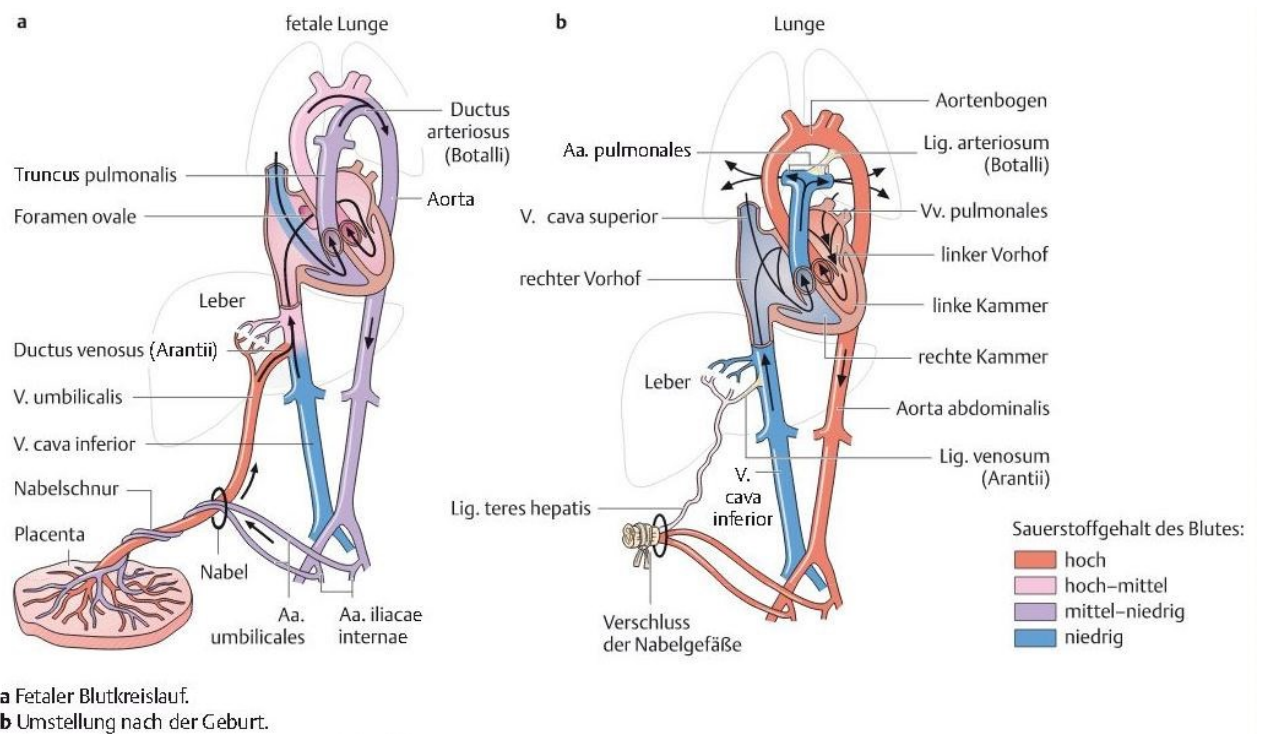


Abbildung 1: Der fetale Kreislauf und die Umstellung nach der Geburt (63)

1.3.3 Thermoregulation

Die rektale Temperatur beim gesunden, reifen Neugeborenen beträgt etwa 36,9°C. Da Neugeborene ein ungünstiges Verhältnis von Körperoberfläche zu Körpermasse haben, erleiden sie schnell eine Hypothermie. Der Wärmeverlust erfolgt durch Abstrahlung der wärmeren Haut hin zu kälteren Oberflächen, durch Konvektion (z.B. Zugluft), durch Konduktion (Wärmeverlust an die Liegefläche) und durch die Verdunstung von Wasserpartikeln auf der Haut.

Die Wärmebildung beim Neugeborenen erfolgt nicht durch Kältezittern, sondern durch Lipolyse von braunem Fettgewebe („nonshivering thermogenesis“). Dieser Prozess verbraucht viel Sauerstoff und Glukose, so kann es passieren, dass ein Neugeborenes, welches nicht vor Wärmeverlust geschützt ist, schnell eine

Hypoglykämie oder Hypoxie erleidet. Weitere Folgen sind eine metabolische Azidose und eine erhöhte Mortalität in der ersten Lebenswoche. (11,13)

1.4 Versorgung des Neugeborenen

Da die postnatale Adaptationsphase ein komplexer Prozess ist, ist deren Überwachung durch geschultes Personal sehr wichtig. Bei vaginal geborenen, gesunden Neugeborenen übernimmt dies primär der Geburtshelfer/die Geburtshelferin oder die zuständige Hebamme. Nach der Abnabelung wird das Kind sofort mit warmen Tüchern abgetrocknet, um Wärmeverlust zu vermeiden und die Atmung anzuregen. Danach wird es so bald als möglich auf den Bauch der Mutter gelegt und mit einem warmen Tuch zugedeckt. Auch das Anlegen an die Brust ist wichtig, da es das „Bonding“ fördert. So verbleibt das Neugeborene die ersten Lebensstunden im Kreißaal. Dabei wird es weiter überwacht, um Störungen der Adaptation (z.B. eine Hypothermie) möglichst früh erkennen zu können. Auch SIDS kann direkt postnatal auftreten.

Bei einer Sectio wird das Kind häufig an einen Erstversorgungstisch gebracht. Dies kann eine mobile Reanimationseinheit sein oder ein eigener Raum, der direkt an den Kreißaal anschließt. Hier übernimmt ein Pädiater/eine Pädiatrin die Ersteinschätzung und weitere Versorgung. (13)

1.4.1 Postnatale Beurteilung durch den APGAR-Score

Der APGAR-Score wurde von der amerikanischen Anästhesistin Virginia Apgar entwickelt und 1952 das erste Mal vorgestellt. (14) Er wird heutzutage international zur Beurteilung von reifen Neugeborenen unmittelbar nach der Geburt verwendet. Er umfasst 5 Kriterien (Herzfrequenz, Atmung, Reflexe, Muskeltonus und Hautfarbe), für die je 0 bis 2 Punkte vergeben werden können. Die maximale Punkteanzahl beträgt 10 Punkte. Der APGAR-Score sollte nach 1, 5 und 10 Minuten erhoben werden. Die genauen Beurteilungskriterien sind in Tabelle 1 ersichtlich.

APGAR-Score			
	0	1	2
Herzfrequenz	0/min	<100/min	>100/min
Atemanstrengung	keine	langsam, unregelmäßig	gut, Schreien
Muskeltonus	schlaff	gebeugte Extremitäten	gute Bewegung
Reflexe auf Sondierung der Nase	keine	Grimasse	Husten, Niesen
Hautfarbe	blass, blau	zentral rosig, Extremitäten blau	rosige Hände und Füße

Tabelle 1: Der APGAR-Score (13)

Der APGAR-Score nach 1 Minute beschreibt den Zustand des Kindes unmittelbar nach der Geburt und sagt nichts über sein Langzeit-Outcome aus, er erleichtert nur die Entscheidung über notwendige Maßnahmen. Die weiteren Beurteilungen eignen sich gut um festzustellen, ob das Kind auf die Maßnahmen anspricht. Beim APGAR nach 5 Minuten entsprechen 9-10 Punkte einem gesunden Kind, bei 7-8 Punkten sollte das Kind weiter beobachtet werden, bei 5-6 Punkten sollte eine Intervention, wie z.B. eine Atemunterstützung erfolgen, bei 0-4 Punkten sollten Reanimationsmaßnahmen ergriffen bzw. weitergeführt werden.

Bei Frühgeborenen sollte der APGAR-Score aufgrund der Unreife des Kindes nur eingeschränkt verwendet werden.

Da er subjektive Komponenten enthält und nur ein relativ kurzes Zeitfenster beurteilt, hat der APGAR-Score wenig Bedeutung für die Prognose des Kindes. Auch die Diagnose Asphyxie sollte nicht allein aufgrund eines niedrigen Scores erstellt werden. (13,15)

1.4.2 Der Nabelarterien-pH-Wert

Ergänzend zum APGAR-Score wird die Untersuchung des Nabelarterienblutes durchgeführt, um Informationen über den postpartalen Zustand des Kindes zu erhalten. Es werden der pH-Wert, das Standardbikarbonat, der Basenexzess und die Blutgase bestimmt. Dies gibt am verlässlichsten Auskunft über den Säure-Basen-Status und die Sauerstoffversorgung des Neugeborenen. (16,17)

Eine schwere Azidose mit einem pH-Wert $<7,00$ weist auf einen Sauerstoffmangel hin und ist ein Indiz für das Vorliegen einer Asphyxie, die cerebrale Schäden zur Folge haben kann. (18)

Bewertung des Säure-Basen-Haushalts	
pH-Wert im Nabelarterienblut	Bewertung
$>7,30$	Normaler pH-Wert
$7,20 - 7,29$	Leichte Azidose
$7,10 - 7,19$	Mittelgradige Azidose
$7,0 - 7,09$	Fortgeschrittene Azidose
$<7,0$	Schwere Azidose

Tabelle 2: Bewertung des Nabelarterien-pH-Wertes (17)

1.4.3 Maßnahmen zur Erstversorgung und Reanimation

Auch wenn die meisten Neugeborenen die Adaptation ohne Probleme durchlaufen, so brauchen laut Studien zwischen 1% bis 10% der Kinder eine medizinische Unterstützung. (19–21)

Da bei jeder Geburt unerwartete Komplikationen auftreten können, sollte immer eine gewisse Ausstattung vorhanden sein. Diese umfasst unter anderem eine Wärmelampe, eine Absaugmöglichkeit, einen Sauerstoffanschluss, Neugeborenenmasken, einen Beatmungsbeutel und ein Stethoskop. Weiters sollte bei jeder Geburt ein zur Neugeborenenreanimation geschultes Team schnell verfügbar sein.

Bei Frühgeborenen und Risikogeburten sollte das Team schon bei der Entbindung vor Ort sein, um frühzeitig eingreifen zu können. Das Neugeborene sollte direkt auf einen Reanimationstisch gebracht werden, um dort untersucht werden zu können. Zum Equipment eines Reanimationstisches gehören neben den oben genannten Dingen auch ein Monitoring, diverse Medikamente, ein Nabelkatheterset, eine Maske mit PEEP und Endotrachealtuben. Das Equipment sollte vom Team täglich überprüft werden. (13,21)

1.4.3.1 Erstversorgung eines Neugeborenen

Vor der Entbindung sollte sich das Team die Rollen ausmachen und das Equipment vorbereiten und dessen Funktionstüchtigkeit überprüfen. Die Raumtemperatur sollte optimiert werden, Zugluft muss vermieden werden.

Nach der Geburt ist der sofortige Wärmeerhalt sehr wichtig, um eine Hypothermie zu vermeiden. Das Neugeborene sollte abgetrocknet werden, Kopf und Körper sollten in ein erwärmtes Tuch gewickelt werden. Alternativ kann ein unauffälliges Kind auch wie oben beschrieben auf den Bauch der Mutter gelegt und zugedeckt werden. Bei Frühgeborenen vor der 32. SSW wird empfohlen sie nicht abzutrocknen, sondern in Plastikfolie gewickelt unter die Wärmelampe zu legen. Trotz alledem muss auch darauf geachtet werden Hyperthermien ($>38^{\circ}\text{C}$) zu vermeiden. (21)

Durch das Abtrocknen des Kindes sollte die Atmung angeregt werden. Es wird dann durch bestimmte Komponenten des APGAR-Scores beurteilt. Dabei ist die Herzfrequenz, auskultatorisch bestimmt, die wichtigste. Weitere Kriterien sind die Atmung, die Hautfarbe, der Muskeltonus und die Reaktion auf die taktile Stimulation. Zusätzlich werden die Sauerstoffsättigung und die Herzfrequenz mit einem Pulsoxymeter gemessen. (19,21)

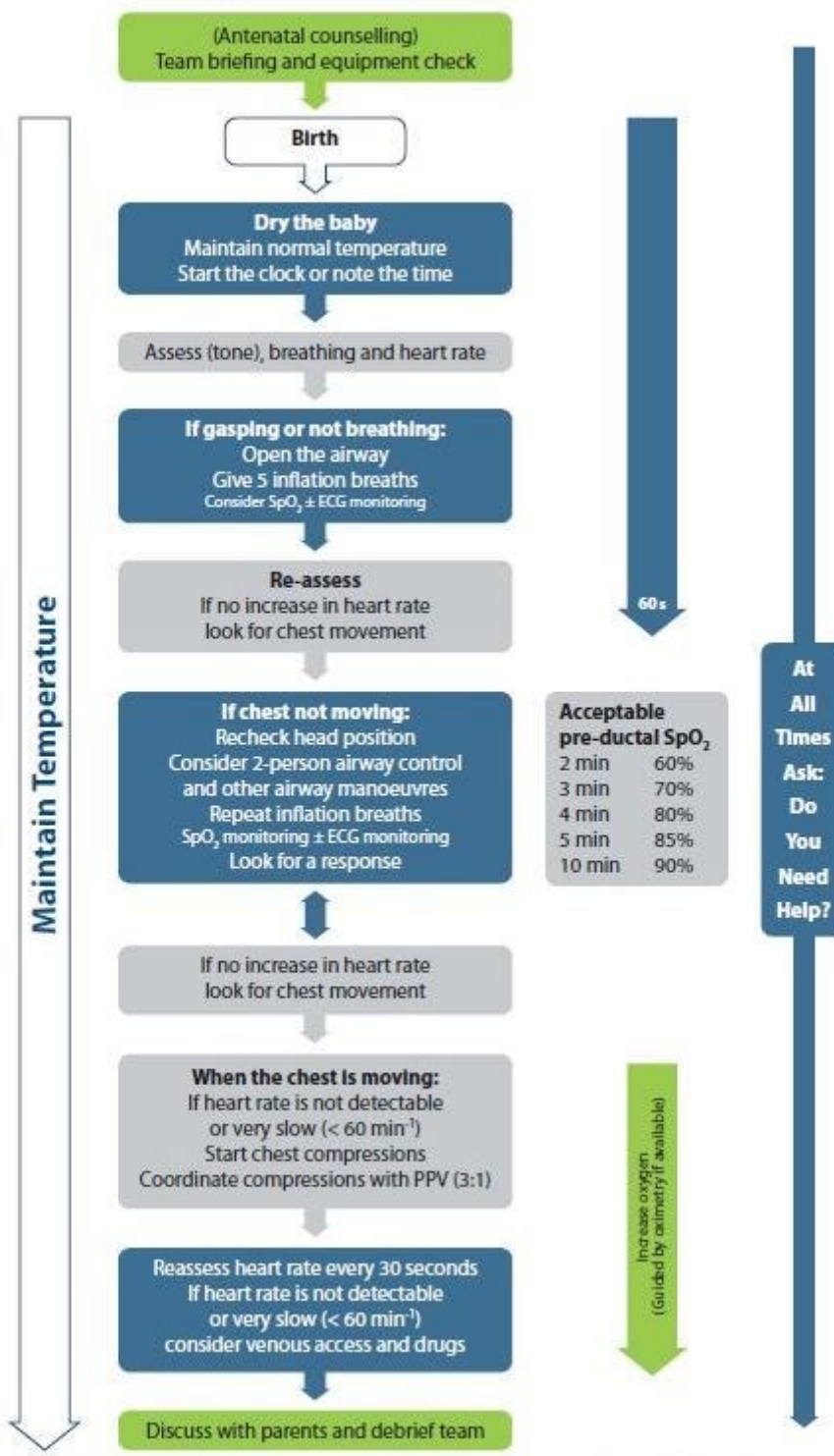


Abbildung 2: Algorithmus zur Neugeborenenreanimation (21)

1.4.3.2 Maßnahmen

Nach der Beurteilung kann man das Kind in eine dieser drei Gruppen einteilen:

1. Kräftige Atmung oder Schreien, guter Muskeltonus, Herzfrequenz $>100/\text{min}$
Das Neugeborene kann abgetrocknet, in ein warmes Tuch gewickelt und der Mutter gegeben werden.
2. Insuffiziente Atmung oder Apnoe, normaler bis reduzierter Tonus, Herzfrequenz $<100/\text{min}$
Das Neugeborene sollte abgetrocknet und eingewickelt werden und benötigt eine Maske mit PEEP. Sollte sich die Herzfrequenz nicht bessern, müssen Beatmungen erfolgen.
3. Insuffiziente Atmung oder Apnoe, schlaff, niedrige bis nicht messbare Herzfrequenz, blass
Das Neugeborene sollte abgetrocknet und eingewickelt werden. Die Atemwege müssen umgehend freigemacht werden und eine Maskenbeatmung muss erfolgen. Tritt auf diese keine Besserung ein, müssen Thoraxkompressionen durchgeführt und eventuell Medikamente gegeben werden. (21)

Newborn life support

In Rückenlage des Neugeborenen muss dessen Kopf in Neutralstellung gebracht werden. Oropharyngeales Absaugen ist nur bei einer Verlegung der Atemwege durch z.B. Mekonium, Blutkoagel oder Schleim notwendig, da es den Beginn der Spontanatmung verzögern, oder sogar zu Laryngospasmen und vagalen Bradykardien führen kann. (21)

Nach Freimachen der Atemwege ist es am wichtigsten, die Lunge zu belüften. Bei Reifgeborenen sollte dies mit Luft erfolgen, da ein zu hoher Sauerstoffanteil die kindliche Mortalität erhöht. Bei Frühgeborenen kann mit einem Sauerstoff-Luft-Gemisch begonnen werden. Der Sauerstoffanteil kann bei Bedarf in kleinen Schritten erhöht werden. (20)

Zuerst müssen 5 suffiziente Beatmungen erfolgen, wobei jede ca. 2-3 Sekunden dauern sollte. Die Suffizienz kann anhand eines Anstiegs der Herzfrequenz oder anhand der Hebung des Thorax überprüft werden. Sollte die Herzfrequenz steigen,

aber keine ausreichende Spontanatmung vorliegen, so muss mit etwa 30 Beatmungen pro Minute bis zum Einsetzen dieser weitergemacht werden, wobei eine Beatmung etwa 1 Sekunde dauern sollte. Sollte es zu keinem Anstieg der Herzfrequenz kommen, so liegt der Grund meist an insuffizienten Beatmungen. Deswegen muss man vor Beginn der Thoraxkompressionen unbedingt überprüfen, ob die Ventilation effektiv ist, und gegebenenfalls Änderungen (z.B. Reposition der Maske oder Zwei-Helfer-Beatmung) vornehmen. (21)

Sowohl bei Früh-, als auch bei Reifgeborenen sollten die Ventilationen mit einem PEEP von ca. 5 cm H₂O erfolgen. (21)

Wenn die Herzfrequenz unter 60/min liegt und trotz effektiver Ventilationen nicht steigt, so sollten eine Intubation und Thoraxkompressionen erfolgen. Hierfür sollte man die Daumen aufs untere Drittel des Sternums platzieren und mit den restlichen Fingern den Körper umgreifen und den Rücken stützen. Die Drucktiefe sollte ein Drittel des anterior-posterioren Brustdurchmessers betragen. Die Kompressionen und Ventilation sollten mit einem Verhältnis von 3:1 etwa 120-mal pro Minute erfolgen. Wenn der Stillstand mit hoher Wahrscheinlichkeit eine kardiale Ursache hat, kann auch mit 15:2 reanimiert werden. Während der Reanimation sollte der Sauerstoffanteil der Beatmungsluft 100% betragen. Die Kontrolle der Herzfrequenz sollte alle 30 Sekunden erfolgen, bei einem Anstieg über 60/min müssen keine Kompressionen mehr erfolgen. (21)

Medikamente sind in der Neugeborenenreanimation nur selten empfohlen. Nur wenn die Herzfrequenz trotz suffizienter Beatmung und Thoraxkompressionen unter 60/min bleibt, kann deren Gebrauch erwogen werden. Empfohlen werden Adrenalin, Bicarbonat und eine Volumenersatztherapie. (21)

1.5 Monitoring während der Adaptation

Da der Übergang vom Fetus zum Neugeborenen, wie oben beschrieben, ein komplexer physiologischer Prozess ist, hat die Überwachung dessen mittels Monitoring mehr und mehr an Beliebtheit gewonnen. (22)

Die Herzfrequenz ist wohl der wichtigste Parameter des Zustandes des Neugeborenen unmittelbar nach der Geburt, deshalb wird empfohlen, sie durch ein EKG oder durch Pulsoxymetrie zu messen. (23)

Auch die periphere Sauerstoffsättigung (SpO₂) kann mittels Pulsoxymeter überwacht werden. (24)

Da die oben genannten Messungen keine Information über die Perfusion des Gehirns während der Adaptation liefern, dies aber ein sehr empfindliches Organ ist, wird auch die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) immer öfters verwendet. (22)

1.5.1 Pulsoxymetrie

In vielen Guidelines wird empfohlen, den Zustand des Neugeborenen über die Herzfrequenz und die Hautfarbe zu beurteilen. (24) Die Hautfarbe ist aber ein unzuverlässiger Parameter, was die kindliche Versorgung mit Sauerstoff betrifft, da sie nicht objektiv beurteilbar ist und auch Kinder, die als rosig beschrieben werden sehr unterschiedliche Sättigungswerte aufweisen. (25)

Die Herzfrequenz dient zur Einschätzung des Zustands des Kindes unmittelbar nach der Geburt und ist auch wichtig, um die Effizienz von Reanimationsmaßnahmen beurteilen zu können. Somit ist eine ständige Überwachung dieser sehr hilfreich. (24)

1.5.1.1 Funktionsweise der Pulsoxymetrie

Das erste Pulsoxymeter wurde 1974 durch den Japaner Takuo Aoyagi entwickelt und ist seit den frühen 1980ern weltweit in Gebrauch. (26)

Die Pulsoxymetrie bedient sich der Tatsache, dass oxygeniertes Hämoglobin (HbO₂) bei gewissen Wellenlängen ein anderes Absorptionsverhalten hat als desoxygeniertes Hämoglobin (Hb). Licht wird über zwei Dioden in zwei Wellenlängen (660 nm und 940 nm) durch das Gewebe gesandt und auf der anderen Seite wird die Absorption des Lichtes durch einen Detektor über die Zeit gemessen. So kann die Konzentration des HbO₂ und des Gesamthämoglobins (HbT) bestimmt werden. Da sich die Absorption über die Zeit wegen der Pulswelle ändert, und die Absorption von Haut, Muskel, Knochen etc. als konstant anzunehmen ist, ist es möglich, rein die Sättigung des arteriellen Blutes (SpO₂) zu bestimmen. Sie wird in Prozent (%) angegeben, wobei $SpO_2 = (HbO_2/HbT) \times 100$. Aus der Pulswelle wird auch der Wert der Herzfrequenz berechnet. (26,27)

Der Sensor wird an einer leicht zugänglichen Körperstelle angebracht, bei Erwachsenen meist am Finger, alternativ geeignet sind auch Zehen, Nase oder Ohrläppchen, selten Zunge. Bei Neugeborenen wird der Sensor entweder an der Hand, am Handgelenk (präduktal) oder am Fuß (postduktal) platziert. Zu beachten ist, dass die postduktal gemessene Sättigung in der Adaptationsphase niedriger ist. (24,28,29)

1.5.1.2 Die periphere Sauerstoffsättigung während der Adaptation

Die SpO₂ eines Erwachsenen beträgt 95% - 100%, die eines Kindes während des Geburtsvorgangs etwa 30% - 40%. Sie steigt ab dem ersten Atemzug kontinuierlich an. So beträgt sie nach einer Minute etwa 60%, nach etwa 10 Minuten erreicht sie schon über 90%.

Die Messung ab der 1. Minute gestaltet sich oft schwierig, aufgrund von Bewegungsartefakten, Vernix, geringer Perfusion, Ödemen oder Akrozyanose. Es ist sehr wichtig, die Sauerstoffsättigung während der Adaptation zu überwachen, da Hypoxie wie bereits beschrieben eine Azidose und Organschäden verursachen kann, Hyperoxie kann eine Frühgeborenenretinopathie auslösen. (24) In Abbildung 3 ist der Verlauf der SpO₂ während der ersten 10 Lebensminuten mit den zugehörigen Perzentilen ersichtlich.

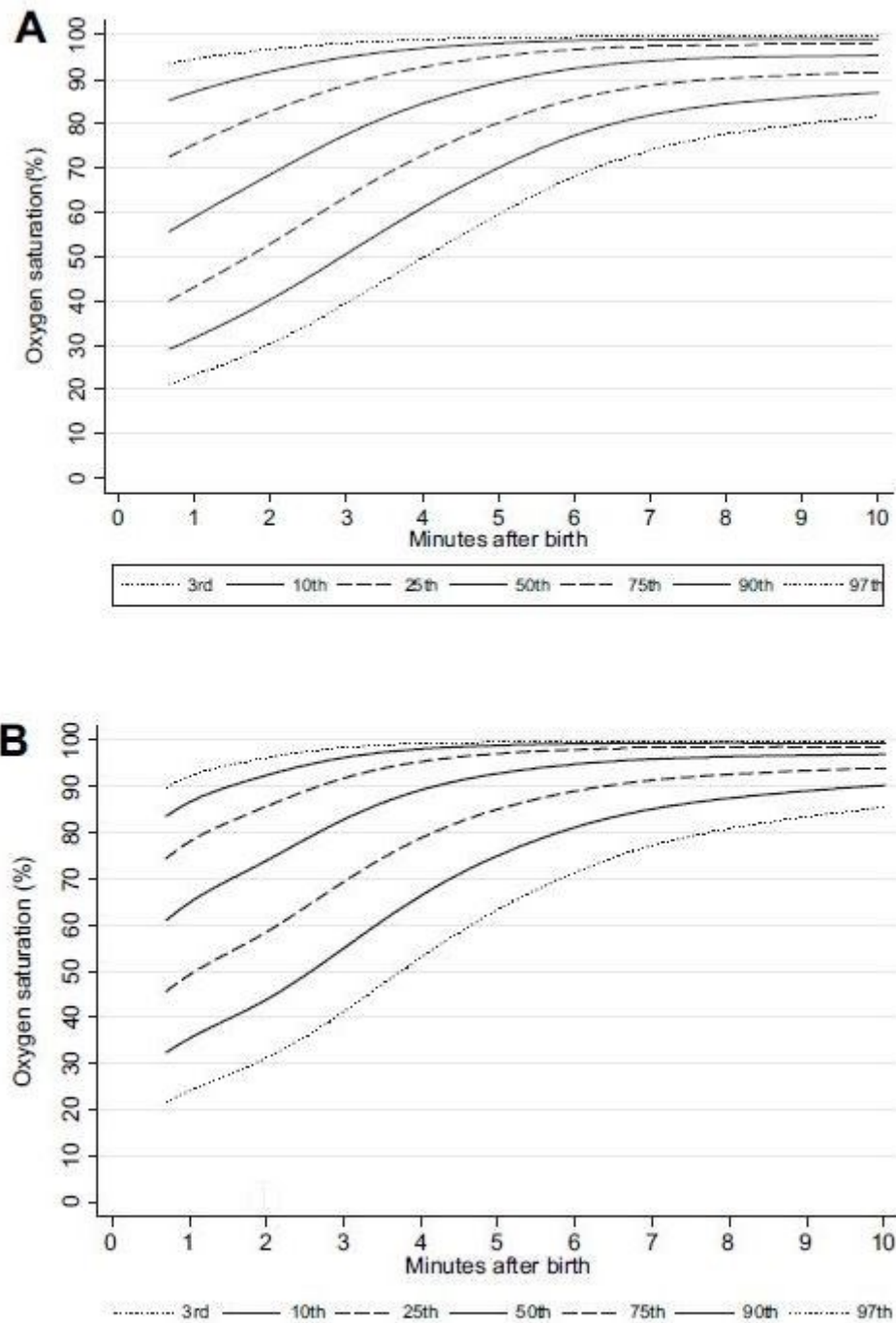


Figure 1. (A) Oxygen saturation (SpO₂) centiles for all infants 32–36 weeks of gestation who did not receive interventions in the delivery room. (B) SpO₂ centiles for all infants ≥37 weeks of gestation who did not receive interventions in the delivery room.

Abbildung 3: Verlauf der SpO₂ während der Adaptation (24)

1.5.1.3 Die Herzfrequenz während der Adaptation

Die Herzfrequenz wird als wichtigster Parameter zur Einschätzung des Neugeborenen beschrieben. Sie wird üblicherweise durch Auskultation oder Palpation der Nabelschnurgefäße ermittelt, beides sind eher subjektive Verfahren, bei denen die tatsächliche Frequenz meist unterschätzt wird. Andere, objektivere Möglichkeiten, die Herzfrequenz zu ermitteln sind das EKG oder die Pulsoxymetrie. (24)

Die Guidelines empfehlen, dass Neugeborene mit einer Herzfrequenz $<100/\text{min}$ unmittelbar nach der Geburt Beatmungen erhalten sollten. (21) In einer großen Studie wurde allerdings festgestellt, dass viele Neugeborene mit suffizienter Spontanatmung und gutem Muskeltonus nach 1 Minute eine Herzfrequenz $<100/\text{min}$ hatten, 17% sogar $<60/\text{min}$. Die Frequenz stieg aber üblicherweise rasch an und betrug nach 2 Minuten bei den meisten Kindern ohne gesetzte Maßnahmen $>100/\text{min}$. (30)

Ob ein EKG oder ein Pulsoxymeter zur Messung verwendet wird, macht keinen Unterschied, beide haben eine hohe Genauigkeit. Das EKG lässt sich schneller anwenden, die Elektroden verlieren auf der nassen Haut des Neugeborenen aber leichter den Halt. (24,31)

In Abbildung 4 ist der Verlauf der Herzfrequenz mit den zugehörigen Perzentilen in den ersten 10 Lebensminuten ersichtlich.

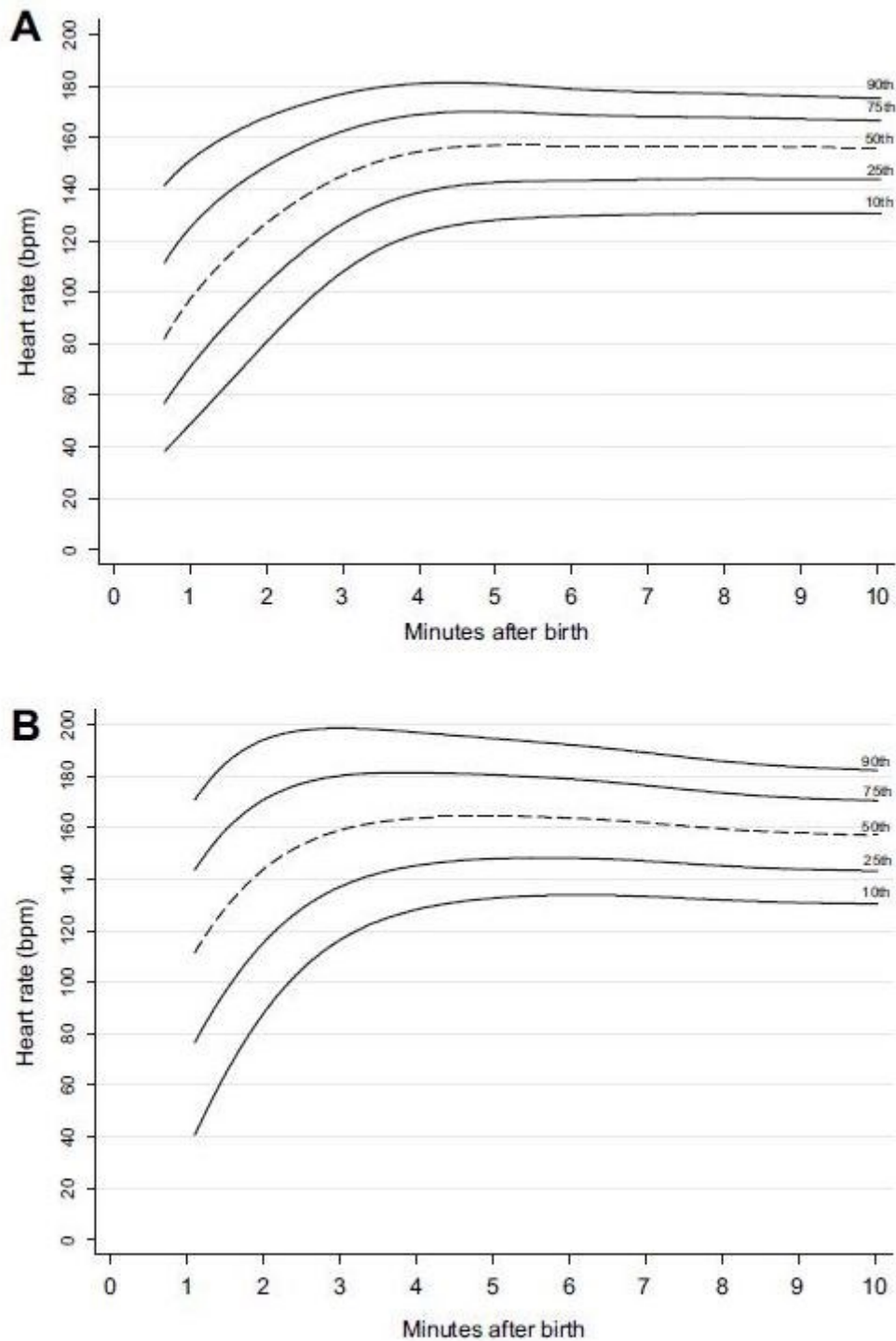


Figure 2. (A) Heart rate centiles for all infants <37 weeks of gestation who did not receive interventions in the delivery room. (B) Heart rate centiles for all infants ≥37 weeks of gestation who did not receive interventions in the delivery room.

Abbildung 4: Verlauf der Herzfrequenz während der Adaptation (24)

1.5.2 Nahinfrarotspektroskopie

Die Überwachung der peripheren Sauerstoffsättigung und der Herzfrequenz durch ein Pulsoxymeter wird heutzutage routinemäßig während der Adaptation eingesetzt. Dieses Monitoring liefert allerdings keinerlei Information über den Zustand des Gehirns während der ersten Lebensminuten. Da das Gehirn ein sehr empfindliches Organ ist und sowohl durch Hypoxie als auch durch Hyperoxie dauerhaft geschädigt werden kann, wächst das Interesse daran, die cerebrale Oxygenierung während der Adaptation zu monitieren. (22,32)

Ein einfaches, nicht invasives Verfahren zur Überwachung der regionalen cerebralen Oxygenierung ist die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS).

1.5.2.1 Funktionsweise der NIRS

Die Nahinfrarotspektroskopie wurde 1977 erstmals von Jöbsis beschrieben. (33) Sie dient zur kontinuierlichen Überwachung der regionalen Oxygenierung in z.B. Gehirn- und Muskelgewebe.

Ihre Funktionsweise beruht darauf, dass biologisches Gewebe für Nahinfrarotlicht mit einer Wellenlänge von 700-1000 nm gut durchlässig ist. Wellenlängen unter 700 nm werden stark von Hämoglobin und Melanin, Wellenlängen über 1000 nm von Wasser absorbiert. Ein weiterer wichtiger Aspekt für die Funktion der NIRS ist die Existenz von Chromophoren (Farbträger) in biologischem Gewebe. Dies sind Moleküle, die oxygenierungsabhängige Absorptionseigenschaften haben. Die wichtigsten Chromophore sind Hämoglobin, oxygenierte Zytochromoxidase (CtOx) und Myoglobin. (33–35)

Das Absorptionsmaximum von Hb liegt bei 760 nm, das von HbO₂ bei 920 nm und das von CtOx bei 830 nm. (36) Die Absorptionsmaxima von Hämoglobin und Myoglobin überschneiden sich und somit kann zwischen diesen Stoffen in der NIRS nicht unterschieden werden. Jedoch absorbiert das Myoglobin nur etwa 10% des Lichts und kann daher vernachlässigt werden. (37)

Die Absorptionsspektren dieser Stoffe sind in Abbildung 5 ersichtlich.

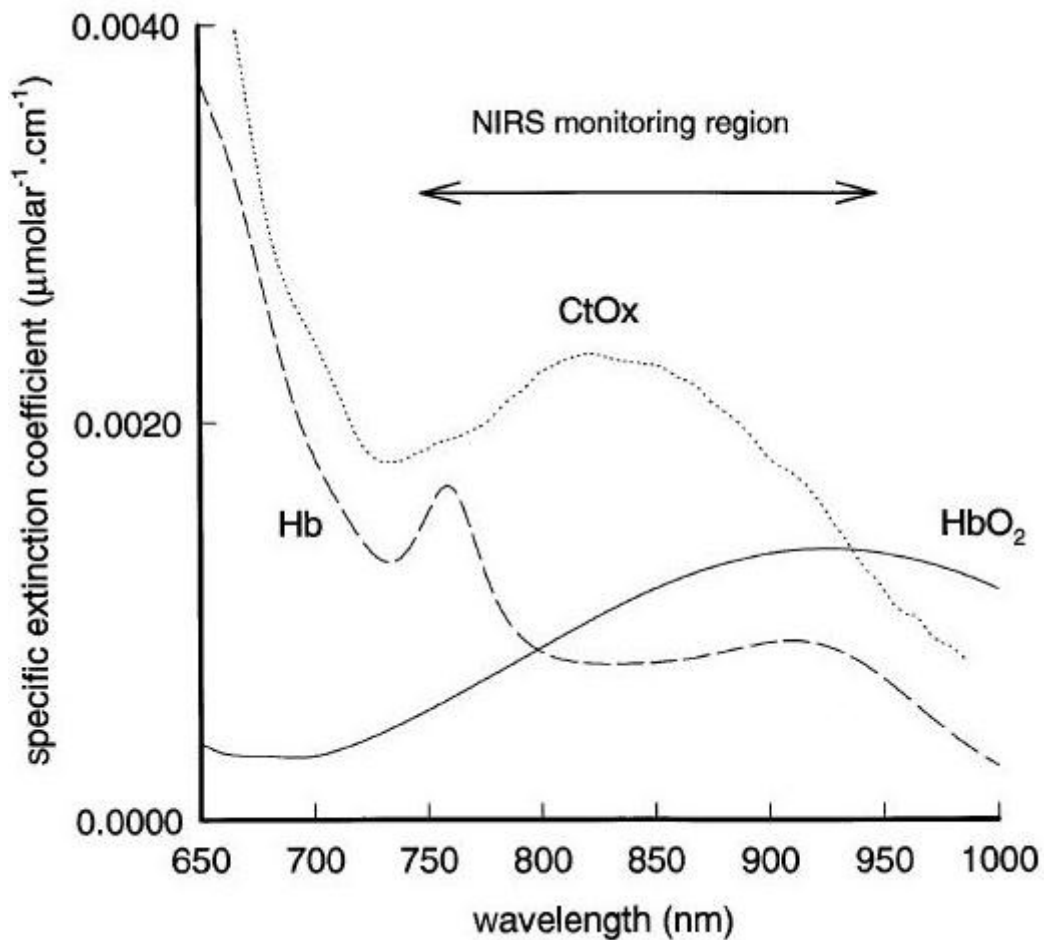


Abbildung 5: Die Absorptionsspektren für desoxygeniertes Hämoglobin (Hb), oxygeniertes Hämoglobin (HbO₂) und oxygenierte Zytochromoxidase (CtOx) (34)

Durch Hb und HbO₂ kann, wie auch bei der Pulsoxymetrie, das Gesamthämoglobin (HbT) bestimmt werden.

Der mathematische und physikalische Hintergrund der NIRS ist das Lambert-Beer'sche-Gesetz. Es besagt, dass Licht, das durch eine Lösung mit einem Chromophor dringt, durch diesen absorbiert und somit abgeschwächt wird.

Das Verhältnis zwischen der Absorption und der Konzentration des Chromophor ist in diesem Gesetz erfasst:

$$A = \log(I_0/I) = \epsilon \cdot c \cdot d$$

Dabei entspricht A der Absorption des Lichts, I_0 entspricht der Intensität des eindringenden Lichts, I der des austretenden Lichts, ϵ ist der Extinktionskoeffizient, c die Konzentration des Chromophor und d ist die Schichtdicke (pathlength). (36)

Da die Photonen das Gewebe aber nicht in einer geraden Linie durchqueren und neben der unterschiedlichen Absorption verschiedener Gewebearten auch durch Streuung abgelenkt werden, kann das Lambert-Beer'sche-Gesetz in dieser Art nicht auf die Nahinfrarotspektroskopie angewandt werden. Deshalb wurde die Formel modifiziert:

$$A = \sum \epsilon \cdot c \cdot d \cdot \text{DPF} + G$$

In dieser Formel entspricht d dem Interoptodenabstand, DPF dem „differential pathlength factor“ und G ist ein additiver Faktor, der den Verlust durch Streuung angibt. (36,38)

Der „differential pathlength factor“ wurde eingeführt, um den verlängerten Weg der Photonen auszudrücken. Er beträgt abhängig vom Gewebe etwa 4-6,5. Für viele biologische Gewebe wie Gehirn und Muskel ist der DPF bekannt, es gibt aber zwischen verschiedenen Personen große Abweichungen, weshalb die Standardisierung von NIRS-Parametern schwierig ist. (36,38)

Es existieren verschiedene Techniken der NIRS-Messung, aber der Grundaufbau ist immer gleich. Man benötigt eine Lichtquelle, die verschiedene Wellenlängen aussenden kann, fieberoptische Kabel um das Licht zu übertragen, Optoden um das Licht ins Gewebe zu senden und es aus dem Gewebe wieder zu empfangen, eine Photonendetektorhardware, ein Computersystem und ein Anzeigemodul. (36)

1.5.2.2 NIRS-Techniken

Die heutzutage verwendeten NIRS-Techniken beruhen entweder auf einer Änderung der Absorption, einer Änderung von Phase, Amplitude und Modulationstiefe oder einer Änderung der Pulsbreite und Passagezeit.

- „Continuous wave“: Diese Technik ermöglicht es, die Konzentrationsänderungen der relevanten Chromophoren kontinuierlich zu messen. (35,38)
- „Spatially resolved“: Bei dieser Technik werden mindestens 2 Detektoren verwendet, die in unterschiedlichen Abständen zur Lichtquelle platziert werden, wodurch man die Konzentration der Chromophoren in den tieferen Schichten getrennt beurteilen kann. Diese Messmethode wurde in der hier vorliegenden Studie verwendet. Sie erlaubt die kontinuierliche Messung der cerebralen regionalen Gewebsoxygenierung (crSO₂), auch „cerebral tissue oxygenation index“ (cTOI) genannt, wobei dies ein Mischwert aus der arteriellen, venösen und kapillären Sättigung ist. Die Formel lautet: $crSO_2 = \frac{HbO_2}{(HbO_2+Hb)} \times 100$. (37,39,40)
- „Time-resolved“: Diese Technik ermöglicht die Messung der Absolutwerte der relevanten Chromophoren.
- „Phase-resolved“: Diese Technik ermöglicht ebenfalls die Messung der Absolutwerte. (35,38)

1.5.2.3 Die cerebrale Oxygenierung während der Adaptation

Ähnlich wie die periphere Sauerstoffsättigung steigt auch die crSO₂ in den ersten Lebensminuten an. Es existieren einige Studien zu diesem Thema. (32,41–44)

In allen Studien war die anfangs gemessene Sättigung eher niedrig (ca. 30%-40%), sie stieg aber kontinuierlich an. Nach etwa 7-8 Minuten erreichte sie in allen Studien ein Plateau (ca. 60%-80%) und blieb bis zum Ende der Messung annähernd gleich. In Abbildung 6 ist der Verlauf der crSO₂ in den ersten 15 Lebensminuten mit den zugehörigen Perzentilen ersichtlich.

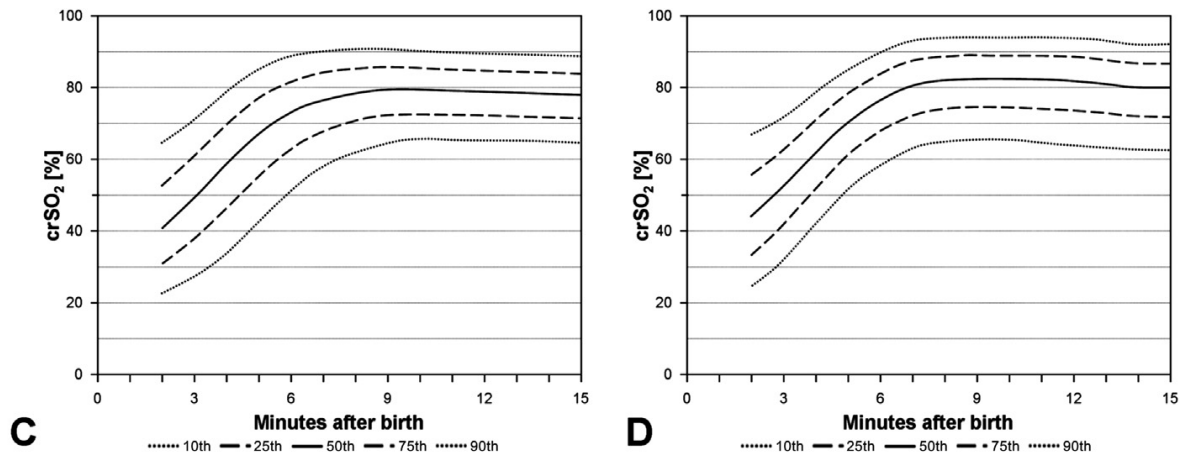


Abbildung 6: Verlauf der crSO₂ während der Adaptation bei C: Reifgeborenen, via Sectio entbunden und bei D: Frühgeborenen via Sectio entbunden; kein Neugeborenes benötigte medizinische Interventionen (32)

1.5.3 FTOE

Die "Fractional tissue oxygen extraction" (FTOE) gibt an, wie viel Sauerstoff im Gewebe aus dem arteriellen Blut extrahiert wird. Sie dient somit als Indikator für cerebrale Hypoxie und Ischämie. Sie wird aus der peripheren Sauerstoffsättigung und der cerebralen regionalen Gewebsoxygenierung berechnet und in Prozent angegeben. (45) Die Formel lautet:

$$FTOE = (SpO_2 - crSO_2) / SpO_2$$

Eine erhöhte FTOE entspricht einem erhöhten Sauerstoffbedarf im Gehirn, zum Beispiel wegen höherer Stoffwechselgeschwindigkeit, verminderter Sauerstoffanlieferung, oder der Kombination aus beiden. Normwerte für die FTOE sind etwa 20%-30%. (46)

Die FTOE ist unmittelbar nach der Geburt relativ hoch, sinkt aber dann rasch ab. (32) In Abbildung 7 ist der Verlauf in den ersten 15 Lebensminuten mit den zugehörigen Perzentilen ersichtlich.

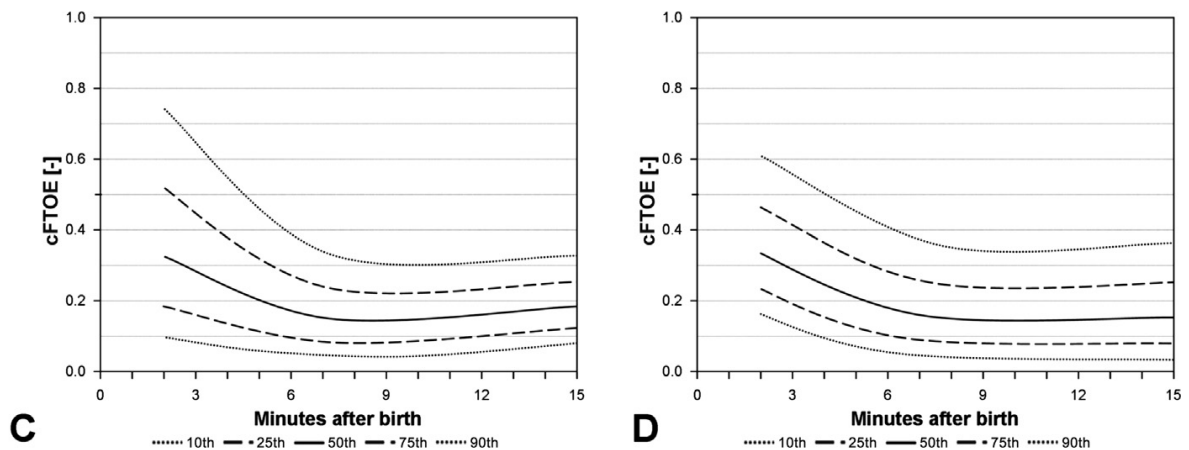


Abbildung 7: Verlauf der FTOE während der Adaptation bei C: Reifgeborenen, via Sectio entbunden und bei D: Frühgeborenen via Sectio entbunden; kein Neugeborenes benötigte medizinische Interventionen (32)

1.5.4 Blutdruck

Obwohl der Blutdruck (RR) ein wichtiger Parameter für die Herzfunktion und die periphere Zirkulation ist, wird er bei Neugeborenen in der Adaptationsphase nur selten gemessen. Möglichkeiten zur nicht invasiven Messung sind der Doppler-Ultraschall und die oszillometrische Messung. Invasive Messungen sind während der ersten Lebensminuten nicht durchführbar. (31)

In einer Studie wurde der Blutdruck bei reifen, via Sectio geborenen Kindern während der Adaptation nach 2, 5 und 10 Minuten gemessen. Hierbei ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Die Werte sind in Tabelle 3 ersichtlich. (47)

Parameter	2 min	5 min	10 min	p 2-5 min	p 5-10 min
RR sys mm Hg	68,3 (18,3)	71,9 (13,2)	70,9 (10,5)	0,48	0,94
RR dia mm Hg	41,6 (16,0)	38,3 (11,4)	36,4 (12,3)	0,48	0,74
RR MAD mm Hg	51,2 (15,4)	50,5 (11,7)	49,6 (9,5)	0,76	0,82

Tabelle 3: Blutdruckwerte während der Adaptation (47)

Frühgeborene haben niedrigere Blutdruckwerte als Reifgeborene, sie steigen mit dem Gestationsalter. Kinder, die vaginal entbunden werden, weisen höhere Blutdruckwerte auf als durch Sectio geborene. (48)

1.6 Auswirkungen der Anästhesieart auf die Adaptation

Es existieren bereits Studien zum Thema, ob die Anästhesieart bei der Sectio einen Einfluss auf die Adaptation hat. Diese beziehen sich allerdings zumeist auf den APGAR-Score (49–55), den Nabelarterien-pH-Wert (54,56), den Nabelvenen-pH-Wert und die Blutgase aus dem Nabelvenenblut (49,52), die Notwendigkeit einer Atemunterstützung oder Intubation (54,55) und auf das „Neurologic and Adaptive Capacity Scoring“(NACS). (57)

Unseres Wissens nach existiert nur eine Studie, in der die periphere Sauerstoffsättigung und die cerebrale Oxygenierung untersucht wurden, allerdings wurde bei den Neugeborenen nur eine einmalige Messung zwischen der 1.-2,5. Lebensminute durchgeführt. (51) Keine Studie befasst sich mit den Verläufen dieser Parameter.

In allen Studien war der APGAR 1 in der Allgemeinanästhesiegruppe signifikant niedriger, in manchen auch der APGAR 5. (51,52,55) Das Risiko für eine Atemunterstützung oder Intubation war in der Allgemeinanästhesiegruppe auch signifikant höher. (54,55) In Hinblick auf den Nabelarterien-pH-Wert wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden (54,56), außer wenn eine Notsectio erfolgte. (56) In den Studien, die die Blutgasanalyse des Nabelvenenblutes verglichen hatten, war der pH-Wert in der Spinalanästhesie-Gruppe signifikant höher, die Werte für pO₂ und pCO₂ signifikant niedriger. (49,52) Die Analyse des NACS ergab keine signifikanten Unterschiede. (57)

Die Studie, die die Messungen von NIRS und Pulsoxymetrie zwischen den Gruppen verglichen hatte, fand signifikant höhere Werte für die crSO₂ und die SpO₂ in der Spinalanästhesiegruppe. (51)

2 Zielsetzung

Das Ziel dieser retrospektiven Studie war festzustellen, ob die Wahl der Anästhesieart bei der Mutter einen Einfluss auf die cerebrale Oxygenierung des Neugeborenen hat. Als Nebenzielgrößen wurden noch der APGAR 1,5 und 10, der Nabelarterien-pH-Wert, der Blutdruck, die Notwendigkeit medizinischer Interventionen, die periphere Sauerstoffsättigung, die Herzfrequenz und der Sauerstoffbedarf untersucht.

3 Material und Methoden

In der vorliegenden Beobachtungsstudie wurden sekundäre Outcome-Parameter von prospektiven Beobachtungsstudien (EK NR-: 27-465 ex 14/15, 23-403 ex 10/11, 19-291 ex 07/08) der klinischen Abteilung für Neonatologie analysiert.

In diesen Studien wurden bei Früh- und Reifgeborenen unter anderem die $crSO_2$, die SpO_2 , die Herzfrequenz und der Sauerstoffbedarf in den ersten 15 Lebensminuten gemessen. Außerdem wurden noch Daten zur Geburt, wie z.B. Gestationsalter und Geburtsmodus und postnatale Parameter, z.B. Geschlecht, Gewicht und die Notwendigkeit einer Atemunterstützung aufgezeichnet.

Die erforderlichen Daten wurden aus einer Reanimationsdatenbank in Form einer Microsoft Excel-Tabelle entnommen, in welcher die Daten aller Teilnehmer der oben genannten Beobachtungsstudien anonymisiert hinterlegt sind.

3.1 Patientenkollektiv und Gruppierung

Für diese Studie geeignet waren ausschließlich durch Sectio geborene Kinder (Früh- und Reifgeborene), die zwischen November 2009 und September 2016 im Universitätsklinikum Graz entbunden und in den ersten 15 Lebensminuten überwacht wurden.

Ausschlusskriterien waren fehlende Messungen der Vitalparameter, fehlende Daten zur Geburt und fehlende postnatale Parameter.

Um den Einfluss der maternalen Anästhesieart auf die cerebrale Oxygenierung und auf andere Vitalparameter untersuchen zu können, wurden folgende Gruppen gebildet:

- Reifgeborene mit maternaler Allgemeinanästhesie
- Reifgeborene mit maternaler Spinalanästhesie
- Frühgeborene (<37+0 Wochen) mit maternaler Allgemeinanästhesie
- Frühgeborene (<37+0 Wochen) mit maternaler Spinalanästhesie

3.2 Durchführung und der Datenerhebung während der Erstversorgung

Alle Neugeborenen wurden unmittelbar nach der Entbindung auf einen Reanimationstisch gebracht und abgetrocknet. Sobald als möglich wurde der NIRS-Sensor (Invos™) an die linke Stirnseite angebracht und mit einer CPAP-Haube fixiert. Davor musste die Haut von Blut, Käseschmiere und Fruchtwasser gereinigt werden. Als Nächstes wurde das Pulsoxymeter (IntelliVue MP30) auf der rechten Hand oder am rechten Handgelenk (präduktal) angebracht. Die Werte dieser Messungen (Herzfrequenz, SpO₂, crSO₂) wurden bis zur 15. Lebensminute aufgezeichnet.

Außerdem wurden das Gestationsalter, das Geburtsgewicht, das Geschlecht, der APGAR-Score nach 1, 5 und 10 Minuten und der Nabelarterien-pH-Wert bestimmt und notiert. Weiters wurde eine Blutdruckmanschette (IntelliVue MP30) auf den linken Oberarm aufgebracht und der Blutdruck wurde nach 5 und 15 Minuten gemessen. Die Temperaturmessung erfolgte einmalig durch einen rektalen Temperatursensor (IntelliVue MP30).

Waren CPAP- oder manuelle Überdruckbeatmungen notwendig (Neopuff Infant Resuscitator), so wurden diese auch notiert.

Die NIRS-Messung erfolgte mit dem Invos™ Cerebral/Somatic Oximeter Monitor (Covidien, USA), der die „Spatially resolved“ NIRS-Technik verwendet und die crSO₂ misst.

Die Herzfrequenz und die SpO₂ wurden durch den IntelliVue MP30 Monitor (Philips, Niederlande) gemessen.

Die Blutdruck- und Temperaturmessung erfolgte auch durch den IntelliVue MP30 Monitor (Philips, Niederlande).

Wenn CPAP- oder manuelle Überdruckbeatmungen notwendig waren, so wurden diese mit dem Neopuff Infant Resuscitator (Fisher & Paykel Healthcare, New Zealand) durchgeführt. Die Überwachung der Beatmungen erfolgte mit dem Florian respirator monitor (Acutronic Medical Systems, Switzerland).

3.3 Datenerhebung

Folgende Parameter wurden aus der Reanimationsdatenbank entnommen und in Microsoft Excel erfasst:

- Daten zur Geburt
 - Gestationsalter
 - Anästhesieart bei der Sectio
 - Grund für die Sectio
- Postnatale Parameter:
 - Geschlecht
 - Gewicht
 - Notwendigkeit einer Atemunterstützung (O₂-Unterstützung, Maske mit PEEP, Beatmung, Absaugen, Intubation)
- Klinische Parameter
 - APGAR 1,5 und 10
 - NApH art.
 - Blutdruck (RR sys, RR dia, MAD)
 - Temp. rekt.
 - SpO₂ von Minute 3 bis 15
 - Herzfrequenz von Minute 3 bis 15
 - crSO₂ von Minute 3 bis 15
 - FTOE von Minute 3 bis 15 (errechnet aus SpO₂ und crSO₂)
 - Sauerstoffbedarf von Minute 3 bis 15

Die kontinuierlichen Messungen wurden erst ab Minute 3 analysiert, da davor zu wenige Werte vorlagen. Aus der SpO₂ und der crSO₂ wurde die FTOE berechnet.

3.4 Statistische Datenauswertung

Aus den Daten wurde eine Microsoft Excel Datenbank erstellt. Anschließend wurden sie durch Microsoft Excel und IBM SPSS Statistics 23 (Armonk, New York, USA) analysiert.

Zuerst wurde bei jedem Parameter der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet und im Format Mittelwert \pm Standardabweichung in Tabellen angegeben. Bei den kontinuierlichen Messungen erfolgte dies zu jeder Minute. Anschließend wurden aus den Mittelwerten der SpO₂, der Herzfrequenz, der crSO₂, der FTOE und des Sauerstoffbedarfs Liniendiagramme erstellt.

Für die statistische Auswertung wurde ein p-Wert $<0,05$ als signifikant bezeichnet. Die Parameter wurden durch den Kolmogorow-Smirnow-Test auf eine Normalverteilung überprüft. Im Falle einer Normalverteilung erfolgte der Vergleich der zwei Gruppen mittels t-Test für unabhängige Stichproben. Lag keine Normalverteilung vor, so wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Die Notwendigkeit einer Atemunterstützung wurde durch den Exakten Fisher-Test analysiert. Der p-Wert wurde für alle Parameter in den Tabellen ergänzt.

4 Ergebnisse – Resultate

Variable	Reifgeborene (n=64)	Frühgeborene (n=54)	p
Gestationsalter	38,8 ± 0,9	32,0 ± 2,9	0,000
Geschlecht (m/w)	35/29	21/33	0,087
Gewicht g	3282,7 ± 362,9	1711,7 ± 563,7	0,000
Apgar 1	8,7 ± 0,6	7,4 ± 1,7	0,000
Apgar 5	9,8 ± 0,6	8,7 ± 1,1	0,000
Apgar 10	9,9 ± 0,3	9,2 ± 0,8	0,000
NAPh art.	7,3 ± 0,1	7,3 ± 0,1	0,044
RR sys	65,6 ± 8,8	53,4 ± 8,8	0,000
RR dia	37,4 ± 10,8	29,5 ± 10,0	0,000
RR MAD	46,5 ± 8,5	37,4 ± 8,7	0,000
Temp. rekt.	36,8 ± 0,4	36,7 ± 0,5	0,520

Tabelle 4: Demographie allgemein

Insgesamt wurden 118 Neugeborene in die Studie eingeschlossen, darunter 54 Frühgeborene (<37+0 Wochen) und 64 Reifgeborene. Alle Kinder wurden im Universitätsklinikum Graz zwischen November 2009 und September 2016 mittels Sectio entbunden. Bei der Hälfte erfolgte die Sectio unter Allgemeinanästhesie der Mutter, bei der anderen Hälfte unter Spinalanästhesie.

Gründe für die Geburt mittels Sectio waren Status post Sectio, Mehrlingsgeburten, Präeklampsie, HELLP Syndrom, Geburtsstillstand, Placenta praevia, Beckenendlage/Querlage und vorzeitiger Blasensprung.

4.1 Reifgeborene

4.1.1 Demographie

Variable	Allgemeinanästhesie (n=32)	Spinalanästhesie (n=32)	p
Gestationsalter	38,8 ± 0,9	38,8 ± 0,8	0,957
Geschlecht (m/w)	17/15	18/14	0,802
Gewicht g	3312,0 ± 342,4	3255,2 ± 384,6	0,542
Apgar 1	8,6 ± 0,8	8,9 ± 0,3	0,025
Apgar 5	9,6 ± 0,7	9,9 ± 0,3	0,044
Apgar 10	9,8 ± 0,4	10,0 ± 0,0	0,041
NAPh art.	7,3 ± 0,1	7,3 ± 0,1	0,388
RR sys	66,1 ± 7,0	65,3 ± 10,2	0,735
RR dia	37,1 ± 9,9	37,7 ± 11,7	0,832
RR MAD	45,5 ± 7,4	47,4 ± 9,5	0,564
Temp. rekt.	36,7 ± 0,4	36,9 ± 0,4	0,138

Tabelle 5: Demographie Reifgeborene

Es wurden 64 Reifgeborene in die Studie eingeschlossen, von denen 32 durch Sectio in Allgemeinanästhesie entbunden wurden, die anderen 32 durch Sectio in Spinalanästhesie. Die demographischen Daten waren in beiden Gruppen ähnlich, wobei der APGAR-Score nach einer, fünf und zehn Minuten in der Spinalanästhesie-Gruppe signifikant höher war.

Variable	Allgemeinanästhesie (n=32)	Spinalanästhesie (n=32)	p
O2-Unterstützung	8	3	0,183
Maske mit PEEP	10	6	0,387
Beatmung	2	0	0,492
Absaugen	18	4	0,001
Intubation	0	0	1,000

Tabelle 6: Atemunterstützung Reifgeborene

In der Allgemeinanästhesie-Gruppe benötigten acht Kinder eine O2-Unterstützung, in der Spinalanästhesie-Gruppe nur drei. Weiters erhielten in der Allgemeinanästhesie-Gruppe zehn Neugeborene eine Maske mit PEEP, in der anderen Gruppe sechs. In der Allgemeinanästhesie-Gruppe mussten zwei Kinder beatmet werden, in der Spinalanästhesie-Gruppe keines. 18 Kinder mussten in der

Allgemeinanästhesie-Gruppe abgesaugt werden, verglichen mit vier in der Spinalanästhesie-Gruppe. Kein Neugeborenes wurde intubiert.

4.1.2 Sauerstoffsättigung (SpO₂)

SpO ₂ (%)			
Min	Allgemeinanästhesie (n=32)	Spinalanästhesie (n=32)	p
3	64,9 ± 9,3	69,2 ± 10,2	0,122
4	67,0 ± 11,6	72,2 ± 10,5	0,081
5	71,5 ± 13,8	79,3 ± 10,7	0,018
6	77,1 ± 12,0	83,5 ± 9,7	0,034
7	80,9 ± 13,5	87,1 ± 7,3	0,112
8	84,8 ± 11,8	90,4 ± 6,1	0,119
9	87,5 ± 10,2	91,4 ± 5,7	0,167
10	90,1 ± 5,9	93,4 ± 3,9	0,029
11	91,0 ± 5,6	93,9 ± 3,5	0,105
12	91,4 ± 6,8	94,2 ± 3,8	0,096
13	92,3 ± 4,7	94,1 ± 4,2	0,122
14	92,8 ± 4,1	94,3 ± 4,6	0,192
15	92,9 ± 5,4	94,9 ± 3,4	0,089

Tabelle 7: SpO₂ Reifgeborene

Zu Beginn der Messung waren die Werte der Sauerstoffsättigung in der Spinalanästhesie-Gruppe höher als in der Allgemeinanästhesie-Gruppe. Die Kurve der Sättigung der Spinalanästhesie-Gruppe stieg bis zur elften Minute an und blieb dann annähernd konstant. Die Kurve der Allgemeinanästhesiegruppe stieg bis zur fünfzehnten Minute stetig an und die Werte waren zu jedem Zeitpunkt tiefer als die der anderen Gruppe. Signifikante Unterschiede gab es bei Minute fünf, sechs und zehn.

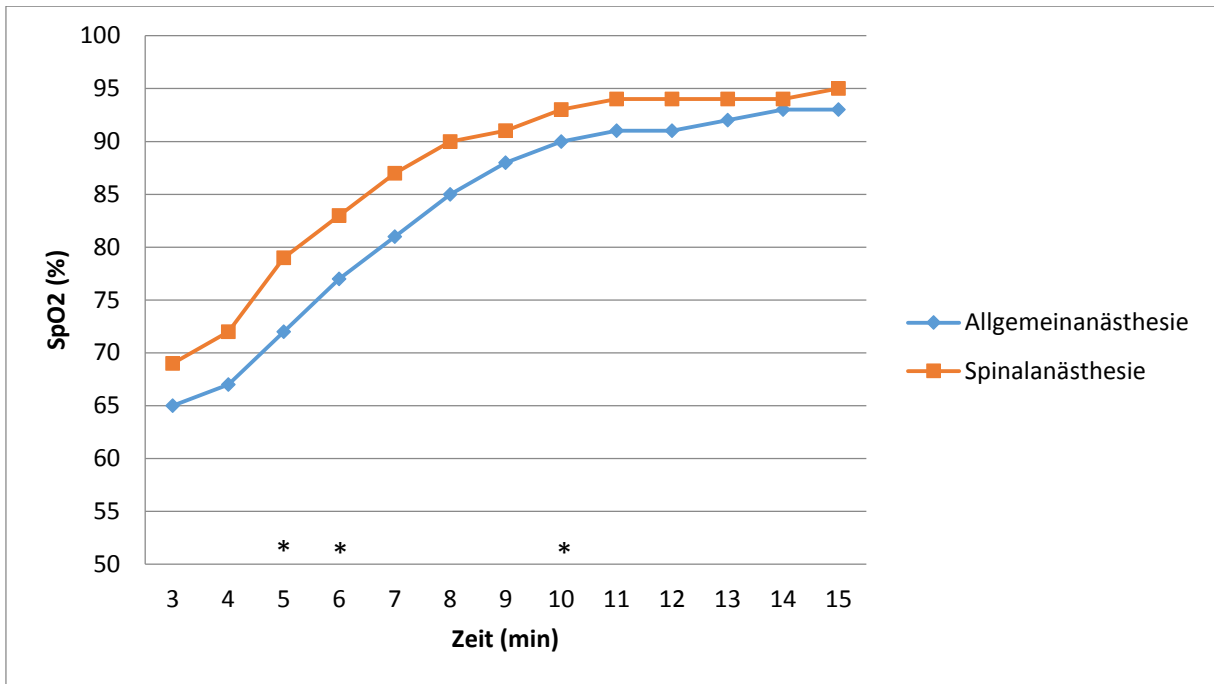


Abbildung 8: SpO2 Reifgeborene

4.1.3 Herzfrequenz

Herzfrequenz (bpm)			
Min	Allgemeinanästhesie (n=32)	Spinalanästhesie (n=32)	p
3	126 ± 44	124 ± 45	0,929
4	149 ± 27	140 ± 38	0,563
5	150 ± 30	153 ± 28	0,824
6	145 ± 29	152 ± 30	0,323
7	148 ± 15	156 ± 25	0,035
8	147 ± 15	152 ± 21	0,100
9	147 ± 13	152 ± 16	0,127
10	145 ± 13	153 ± 17	0,034
11	145 ± 18	152 ± 14	0,050
12	143 ± 19	154 ± 15	0,023
13	145 ± 15	152 ± 22	0,167
14	146 ± 14	154 ± 17	0,053
15	145 ± 16	155 ± 15	0,008

Tabelle 8: Herzfrequenz Reifgeborene

Die Werte der Herzfrequenz waren in der Allgemeinanästhesie-Gruppe bei Minute drei und vier höher als in der Spinalanästhesie-Gruppe, fielen bis zu sechsten Minute etwas ab und blieben dann annähernd gleich. Die Werte in der Spinalanästhesie-Gruppe stiegen bis zur fünften Minute an und blieben dann relativ

konstant, allerdings auf einem höheren Niveau als die der anderen Gruppe. Signifikant höher waren die Werte der Herzfrequenz bei Minute sieben, zehn, elf, zwölf und fünfzehn.

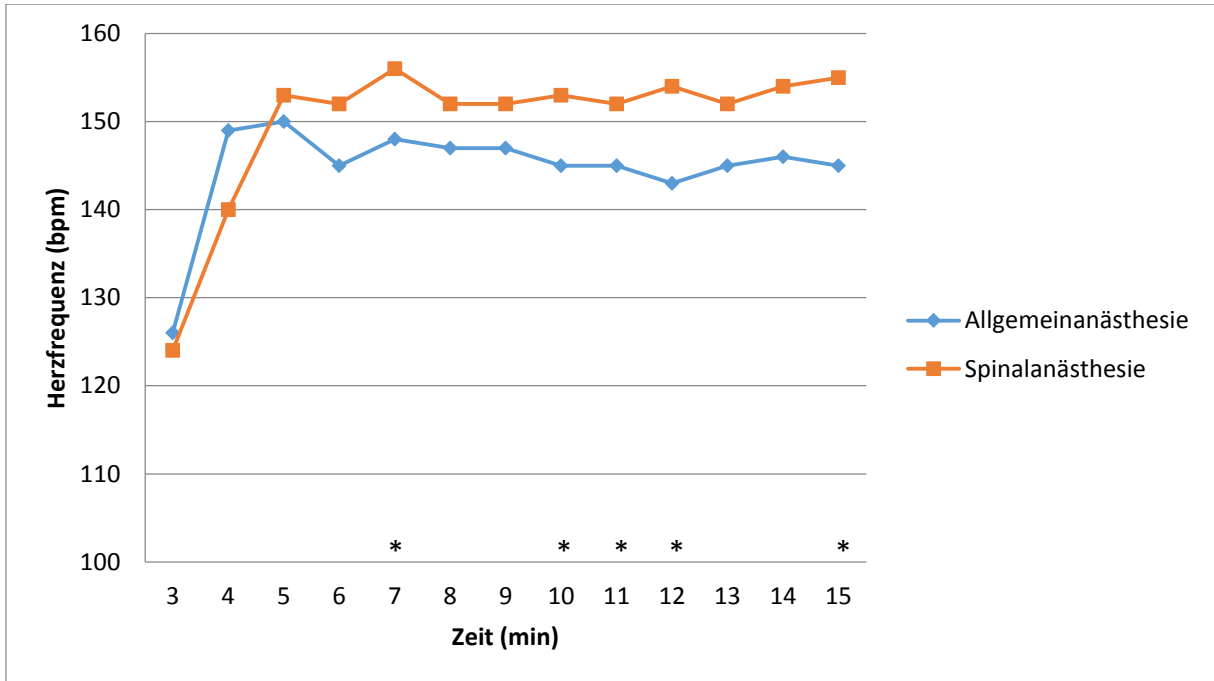


Abbildung 9: Herzfrequenz Reifgeborene

4.1.4 Cerebrale Oxygenierung (crSO₂)

Min	crSO ₂ (%)		p
	Allgemeinanästhesie (n=32)	Spinalanästhesie (n=32)	
3	36,8 ± 16,4	42,2 ± 17,2	0,354
4	43,1 ± 21,0	52,7 ± 18,8	0,160
5	47,2 ± 23,8	59,1 ± 20,1	0,111
6	56,5 ± 20,6	64,9 ± 20,0	0,189
7	61,1 ± 20,3	71,6 ± 17,0	0,062
8	67,6 ± 18,2	75,1 ± 15,8	0,101
9	69,8 ± 13,9	76,3 ± 16,1	0,073
10	72,1 ± 13,6	76,8 ± 15,7	0,158
11	74,6 ± 11,7	79,8 ± 9,7	0,081
12	75,5 ± 11,9	78,7 ± 10,1	0,252
13	76,8 ± 10,9	78,4 ± 10,1	0,544
14	75,5 ± 11,0	77,9 ± 9,7	0,498
15	73,8 ± 13,6	77,8 ± 8,9	0,470

Tabelle 9: crSO₂ Reifgeborene

Die Werte der NIRS-Messung waren in der Spinalanästhesie-Gruppe von Messbeginn an etwas höher als in der anderen Gruppe. Sie stiegen bis zur elften Minute an, danach hielten sie sich auf dem Niveau. Die Werte der cerebralen Oxygenierung in der Allgemeinanästhesie-Gruppe waren zunächst etwas niedriger, stiegen aber bis zur zwölften Minute an und blieben dann annähernd auf dem gleichen Niveau wie die der anderen Gruppe. Signifikante Unterschiede gab es keine.

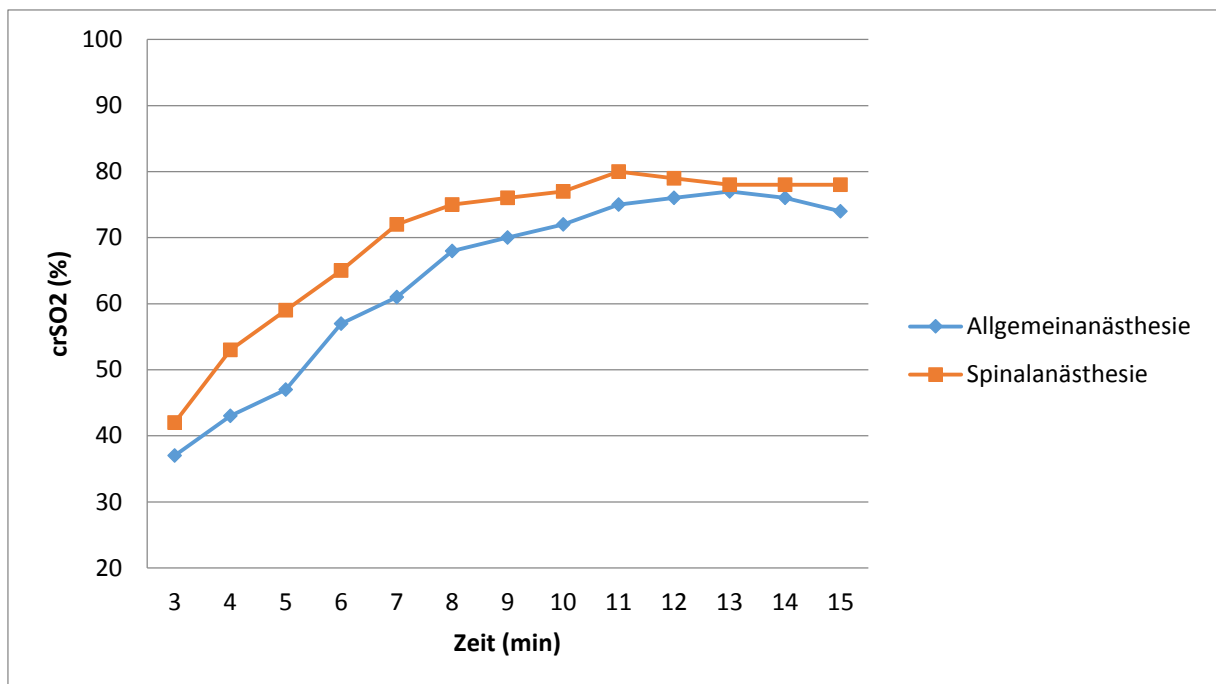


Abbildung 10: crSO2 Reifgeborene

4.1.5 FTOE

FTOE (%)			
Min	Allgemeinanästhesie (n=32)	Spinalanästhesie (n=32)	p
3	46,0 ± 18,9	41,2 ± 21,8	0,503
4	40,5 ± 26,0	31,4 ± 18,4	0,227
5	37,1 ± 24,7	26,7 ± 19,4	0,233
6	29,9 ± 19,4	22,8 ± 18,9	0,136
7	27,0 ± 18,3	17,9 ± 15,8	0,090
8	22,2 ± 16,1	16,7 ± 14,9	0,170
9	18,4 ± 9,5	16,2 ± 15,8	0,186
10	16,9 ± 10,6	17,1 ± 15,7	0,582
11	15,7 ± 8,9	14,3 ± 9,1	0,628
12	15,8 ± 10,5	16,4 ± 10,5	0,874
13	14,9 ± 10,2	16,9 ± 10,7	0,485
14	16,9 ± 10,6	17,3 ± 10,9	0,897
15	19,1 ± 12,2	18,0 ± 10,0	0,757

Tabelle 10: FTOE Reifgeborene

Die Werte der FTOE beider Gruppen fielen bis zur neunten Minute ab und hielten sich dann auf dem Niveau. Sie waren in der Allgemeinanästhesie-Gruppe von Beginn der Messung an bis zur zehnten Minute dauerhaft höher als in der Spinalanästhesie-Gruppe. Ab der zehnten Minute waren die FTOE-Werte bei beiden Gruppen annähernd gleich. Signifikante Unterschiede gab es keine.

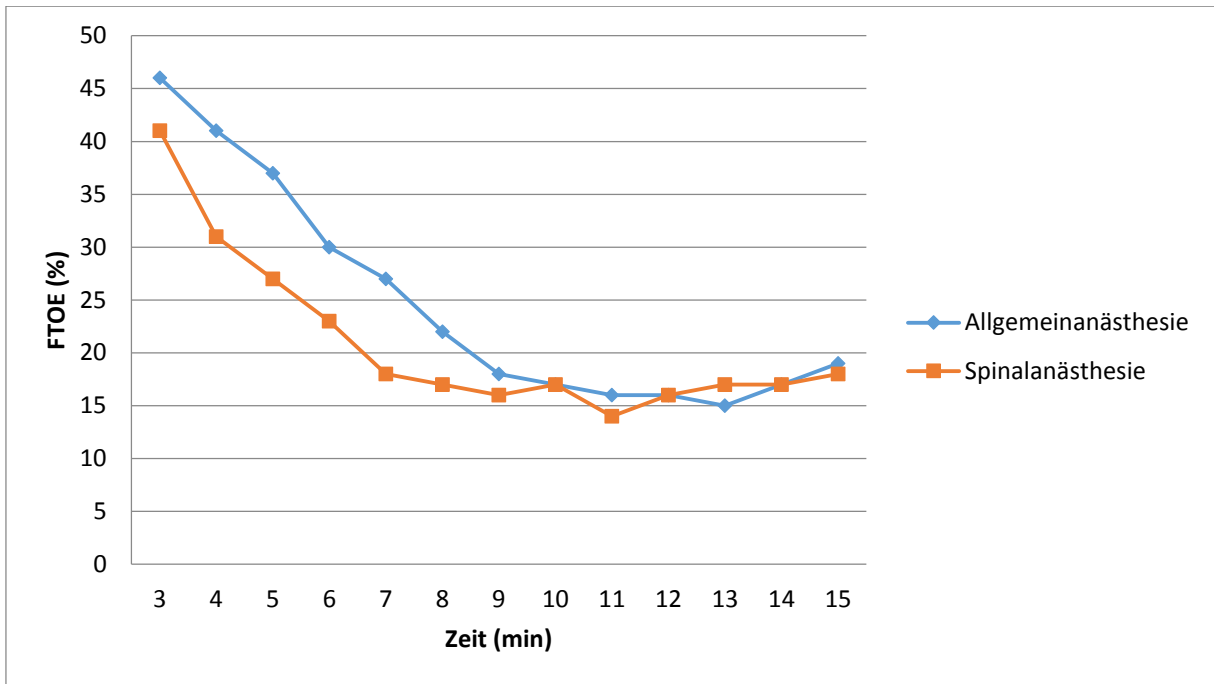


Abbildung 11: FTOE Reifgeborene

4.1.6 O2-Bedarf

O2-Bedarf (%)			
Min	Allgemeinanästhesie (n=32)	Spinalanästhesie (n=32)	p
3	21,2 ± 0,5	22,2 ± 6,8	0,329
4	21,3 ± 0,9	21,1 ± 0,3	0,284
5	21,8 ± 2,8	21,1 ± 0,4	0,162
6	22,2 ± 3,3	21,0 ± 0,0	0,041
7	21,8 ± 2,5	21,0 ± 0,0	0,021
8	21,8 ± 2,1	21,1 ± 0,3	0,047
9	21,5 ± 1,6	21,2 ± 1,1	0,053
10	21,3 ± 1,4	21,1 ± 0,4	0,175
11	22,6 ± 7,5	21,3 ± 1,6	0,175
12	21,3 ± 1,4	21,3 ± 1,8	0,329
13	21,7 ± 2,1	21,1 ± 0,4	0,157
14	21,3 ± 1,2	21,0 ± 0,0	0,078
15	21,2 ± 1,1	21,0 ± 0,0	0,154

Tabelle 11: O2-Bedarf Reifgeborene

Der Sauerstoffbedarf der Neugeborenen war bei Messbeginn etwa gleich, die Werte stiegen aber ab der sechsten Minute in der Allgemeinanästhesie-Gruppe gegenüber der anderen Gruppe etwas an. Ab Minute vierzehn gab es kaum noch Unterschiede

zwischen den beiden Gruppen. Signifikant höher war der Sauerstoffbedarf der Allgemeinanästhesie-Gruppe bei Minute sechs, sieben und acht.

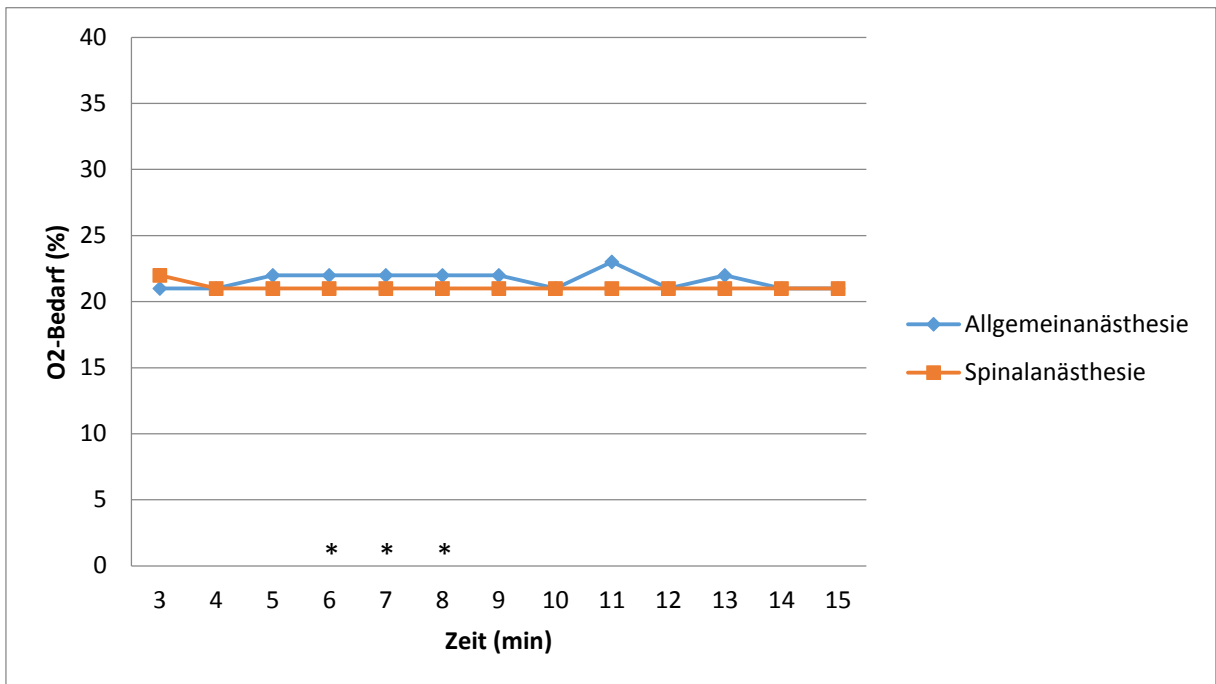


Abbildung 12: O2-Bedarf Reifgeborene

4.2 Frühgeborene

4.2.1 Demographie

Variable	Allgemeinanästhesie (n=27)	Spinalanästhesie (n=27)	p
Gestationsalter	32,0 ± 3,0	32,0 ± 2,9	0,963
Geschlecht (m/w)	13/14	8/19	0,163
Gewicht g	1698,2 ± 595,7	1725,1 ± 540,9	0,863
Apgar 1	7,0 ± 1,7	7,9 ± 1,6	0,024
Apgar 5	8,6 ± 1,0	8,8 ± 1,2	0,276
Apgar 10	9,1 ± 0,7	9,2 ± 0,9	0,338
NAPh art.	7,3 ± 0,1	7,3 ± 0,04	0,008
RR sys	52,1 ± 9,7	54,8 ± 7,9	0,211
RR dia	28,8 ± 8,8	30,3 ± 11,3	0,877
RR MAD	36,4 ± 8,1	38,5 ± 9,3	0,403
Temp. rekt.	36,6 ± 0,5	36,8 ± 0,4	0,188

Tabelle 12: Demographie Frühgeborene

Von den 54 eingeschlossenen Frühgeborenen wurden 27 per Sectio in Allgemeinanästhesie, die anderen 27 per Sectio in Spinalanästhesie geboren. Die demographischen Daten wiesen in beiden Gruppen kaum Unterschiede auf, lediglich der APGAR-Score nach einer Minute war in der Spinalanästhesie-Gruppe signifikant höher. Auch beim Nabelarterien-pH-Wert gab es einen signifikanten Unterschied.

Variable	Allgemeinanästhesie (n=27)	Spinalanästhesie (n=27)	p
O2-Unterstützung	25	21	0,250
Maske mit PEEP	25	21	0,250
Beatmung	10	7	0,559
Absaugen	20	17	0,559
Intubation	5	1	0,192

Tabelle 13: Atemunterstützung Frühgeborene

In der Allgemeinanästhesie-Gruppe bekamen 25 Kinder eine O2-Unterstützung, in der Spinalanästhesie-Gruppe 21. Weiters benötigten in der Allgemeinanästhesie-Gruppe 25 Kinder eine Maske mit PEEP, in der Spinalanästhesie-Gruppe waren es 21. In der Allgemeinanästhesie-Gruppe mussten zehn Kinder beatmet werden, in

der Spinalanästhesie-Gruppe sieben. Es mussten 20 Kinder in der Allgemeinanästhesie-Gruppe abgesaugt werden, verglichen mit 17 in der anderen Gruppe. Intubiert wurden fünf Kinder in der Allgemeinanästhesie-Gruppe, wobei bei einem ein INSURE-Manöver durchgeführt wurde. In der Spinalanästhesie-Gruppe gab es nur eine Intubation.

4.2.2 Sauerstoffsättigung (SpO2)

SpO2 (%)			
Min	Allgemeinanästhesie (n=27)	Spinalanästhesie (n=27)	p
3	63,0 ± 20,5	65,6 ± 17,2	0,656
4	69,5 ± 19,0	69,3 ± 19,1	0,966
5	75,6 ± 17,8	74,2 ± 19,8	0,952
6	81,3 ± 13,2	80,6 ± 18,9	0,865
7	82,8 ± 15,7	83,5 ± 17,4	0,799
8	87,3 ± 9,9	82,7 ± 19,4	0,676
9	90,1 ± 6,1	83,5 ± 19,5	0,303
10	90,9 ± 6,2	85,9 ± 15,8	0,375
11	90,8 ± 7,5	87,6 ± 13,8	0,336
12	93,0 ± 3,7	89,0 ± 15,4	0,733
13	92,2 ± 5,3	89,6 ± 14,5	0,880
14	91,2 ± 8,5	89,9 ± 14,1	0,910
15	91,7 ± 7,0	91,8 ± 10,0	0,610

Tabelle 14: SpO2 Frühgeborene

Die Werte der Sauerstoffsättigung waren zu Beginn der Messung bei Minute drei in der Spinalanästhesie-Gruppe ein wenig höher. Ab der vierten Minute waren sie aber in beiden Gruppen annähernd gleich. Sie stiegen bis zur siebenten Minute gleich an, danach flachte die Kurve in der Spinalanästhesie-Gruppe ab. In der Allgemeinanästhesie-Gruppe stiegen die Werte bis zur neunten Minute an und hielten sich dann auf dem Niveau. In der Spinalanästhesie-Gruppe blieben die Werte von der siebenten bis zur neunten Minute konstant und stiegen dann weiter an, wobei sie das Niveau der anderen Gruppe ab der vierzehnten Minute erreichten. Signifikante Unterschiede gab es keine.

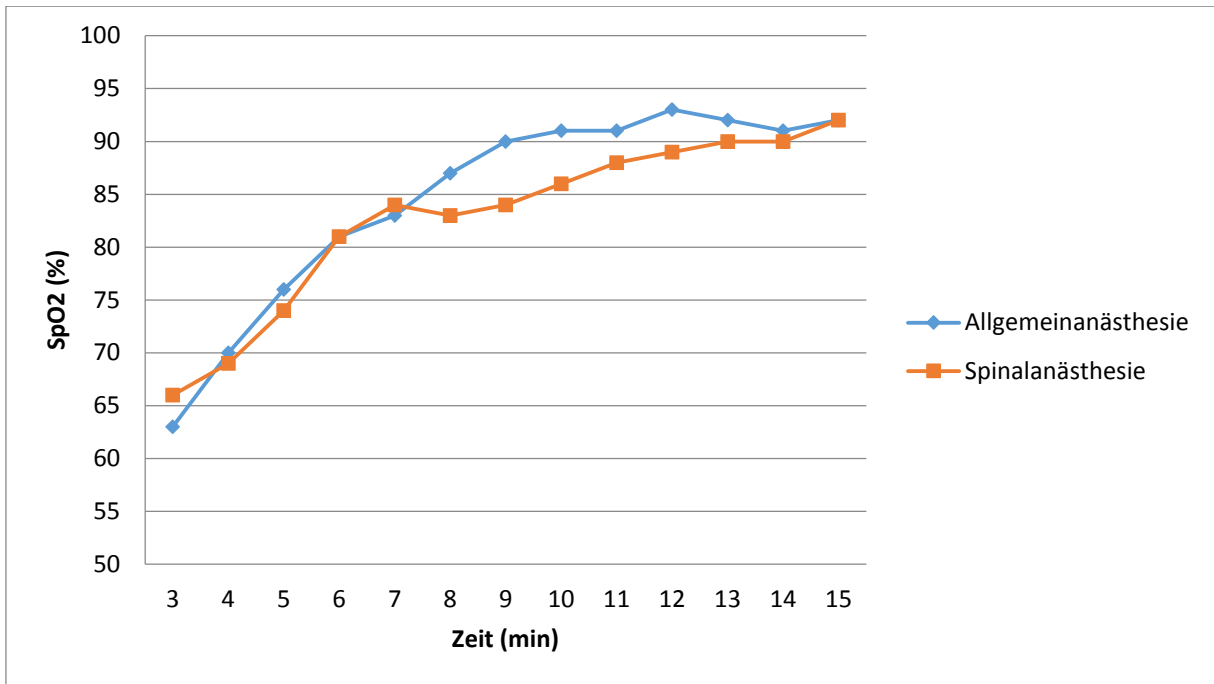


Abbildung 13: SpO2 Frühgeborene

4.2.3 Herzfrequenz

Herzfrequenz (bpm)			
Min	Allgemeinanästhesie (n=27)	Spinalanästhesie (n=27)	p
3	132 ± 30	131 ± 44	0,580
4	142 ± 25	146 ± 25	0,485
5	144 ± 15	142 ± 19	0,771
6	146 ± 12	146 ± 15	0,796
7	147 ± 15	142 ± 19	0,286
8	146 ± 17	142 ± 23	0,457
9	150 ± 14	144 ± 26	0,421
10	151 ± 18	147 ± 23	0,507
11	150 ± 19	151 ± 20	0,828
12	153 ± 15	150 ± 20	0,547
13	153 ± 15	153 ± 18	0,985
14	153 ± 15	155 ± 18	0,840
15	154 ± 16	156 ± 17	0,838

Tabelle 15: Herzfrequenz Frühgeborene

Die Werte der Herzfrequenz waren zu Beginn in beiden Gruppen annähernd gleich. In der Allgemeinanästhesie-Gruppe stiegen sie langsam bis zur zwölften Minute an. Ab da blieben sie konstant. In der Spinalanästhesie-Gruppe stiegen die Werte zuerst an, fielen ab Minute sieben leicht ab und hielten das Niveau bis Minute neun.

Danach stiegen sie langsam an. Bei Minute vierzehn und fünfzehn waren sie etwas höher als die der anderen Gruppe. Die Unterschiede zwischen den Gruppen waren nicht signifikant.

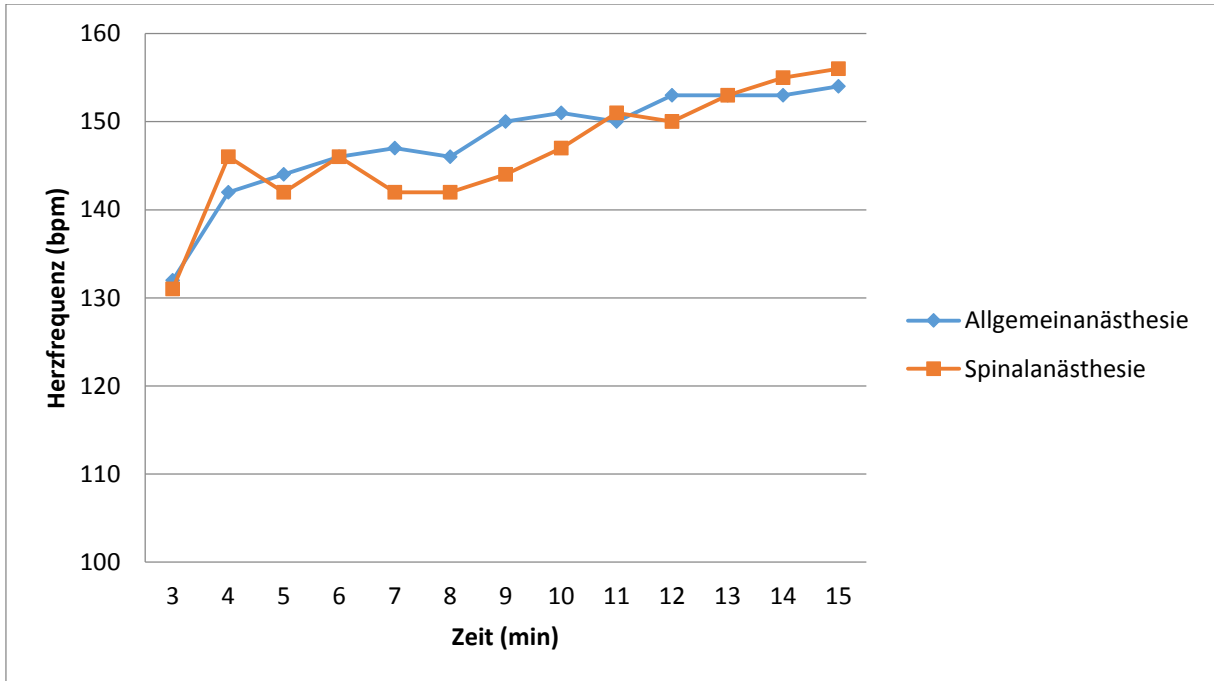


Abbildung 14: Herzfrequenz Frühgeborene

4.2.4 Cerebrale Oxygenierung (crSO₂)

Min	crSO ₂ (%)		p
	Allgemeinanästhesie (n=27)	Spinalanästhesie (n=27)	
3	37,4 ± 18,5	35,3 ± 19,4	0,735
4	42,5 ± 20,2	41,2 ± 22,9	0,820
5	47,9 ± 24,3	46,0 ± 22,7	0,794
6	53,5 ± 24,1	57,5 ± 21,8	0,575
7	61,1 ± 24,2	64,1 ± 20,5	0,664
8	64,7 ± 24,7	62,9 ± 19,9	0,799
9	67,0 ± 19,6	66,2 ± 20,7	0,653
10	68,6 ± 17,2	71,6 ± 17,9	0,588
11	71,7 ± 13,9	67,3 ± 21,3	0,436
12	74,2 ± 14,0	70,8 ± 20,5	0,561
13	71,6 ± 12,8	71,9 ± 20,4	0,959
14	72,5 ± 12,9	70,3 ± 20,8	0,716
15	76,6 ± 13,3	72,0 ± 20,1	0,421

Tabelle 16: crSO₂ Frühgeborene

Die Werte der cerebralen Oxygenierung waren in beiden Gruppen von Beginn der Messung an sehr ähnlich. Sie stiegen sowohl in der Allgemeinanästhesie-Gruppe, als auch in der Spinalanästhesie-Gruppe von Minute drei bis Minute acht schnell an. Ab da stiegen die Werte beider Gruppen langsamer, bis zur elften Minute. Danach blieben sie annähernd konstant. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

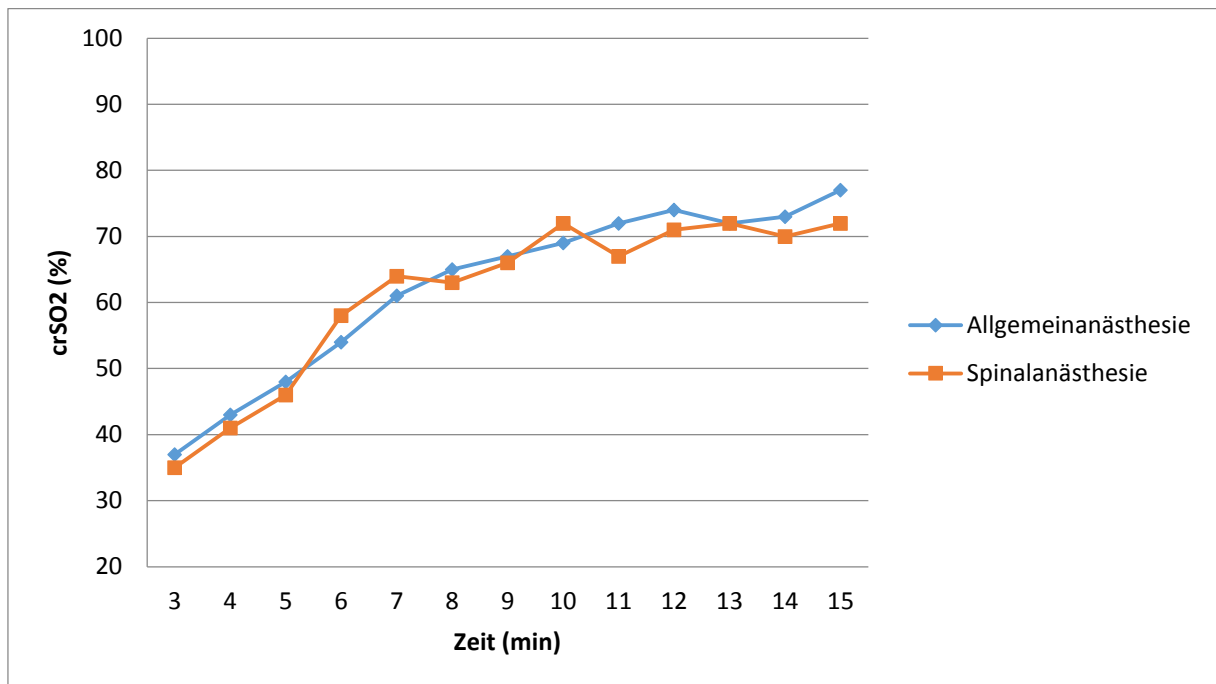


Abbildung 15: crSO2 Frühgeborene

4.2.5 FTOE

FTOE (%)			
Min	Allgemeinanästhesie (n=27)	Spinalanästhesie (n=27)	p
3	36,9 ± 15,8	47,0 ± 23,4	0,228
4	31,9 ± 21,8	44,2 ± 22,8	0,130
5	34,0 ± 23,9	38,9 ± 24,4	0,552
6	33,0 ± 22,6	29,8 ± 19,8	0,649
7	24,0 ± 18,5	26,5 ± 14,0	0,660
8	25,6 ± 21,7	23,8 ± 12,1	0,753
9	25,8 ± 19,0	22,5 ± 11,4	0,987
10	23,9 ± 15,4	20,4 ± 15,0	0,505
11	22,1 ± 13,1	24,2 ± 17,1	0,649
12	19,5 ± 13,2	21,0 ± 15,3	0,762
13	20,3 ± 12,2	20,8 ± 15,7	0,925
14	22,3 ± 10,9	23,4 ± 17,4	0,845
15	21,7 ± 10,9	22,6 ± 18,7	0,878

Tabelle 17: FTOE Frühgeborene

Die Werte der FTOE waren bei Messbeginn in der Spinalanästhesie-Gruppe etwas höher als in der Allgemeinanästhesie-Gruppe. Sie fielen bis zur neunten Minute steil ab und hielten sich dann auf dem Niveau. Die Werte der Allgemeinanästhesie-Gruppe fielen bis zur elften Minute flacher ab und glichen sich dann an die FTOE-Werte der anderen Gruppe an. Signifikante Unterschiede gab es keine.

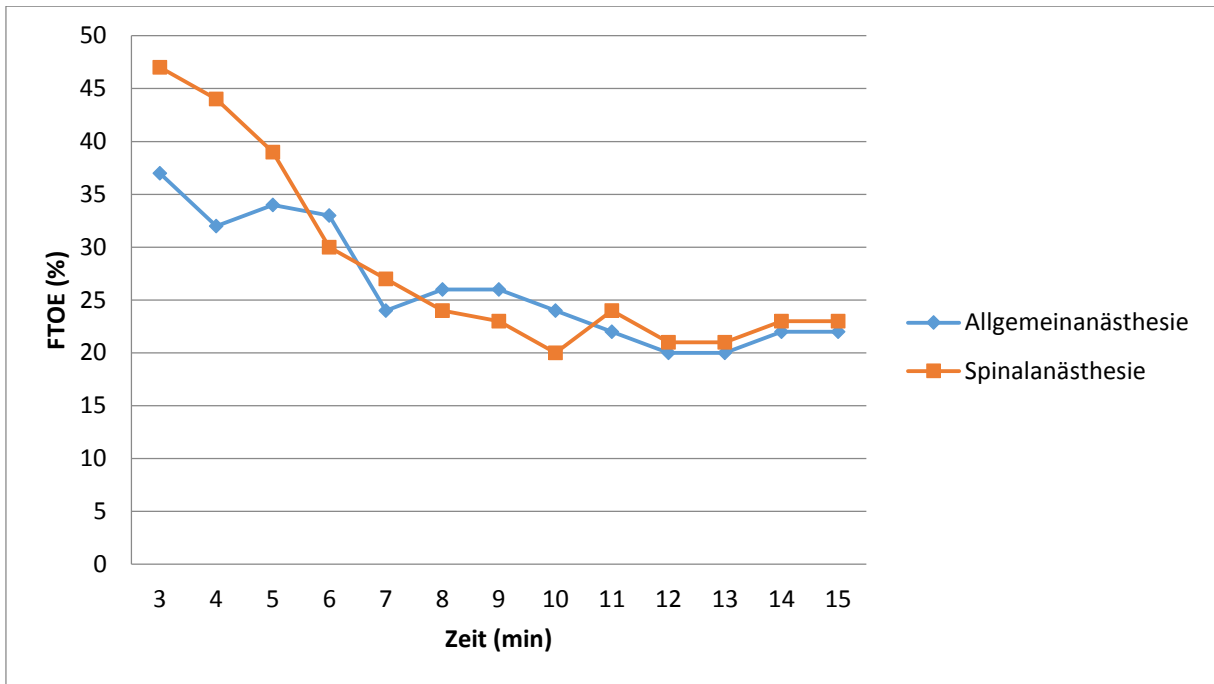


Abbildung 16: FTOE Frühgeborene

4.2.6 O₂-Bedarf

O ₂ -Bedarf (%)			
Min	Allgemeinanästhesie (n=27)	Spinalanästhesie (n=27)	p
3	29,0 ± 7,3	25,4 ± 6,9	0,023
4	30,2 ± 8,9	26,1 ± 8,1	0,038
5	31,6 ± 10,7	27,5 ± 12,9	0,044
6	34,8 ± 17,8	26,7 ± 12,9	0,010
7	31,5 ± 14,7	26,4 ± 12,6	0,046
8	31,0 ± 16,2	25,8 ± 13,0	0,030
9	29,6 ± 14,6	26,4 ± 14,6	0,032
10	28,4 ± 13,6	26,8 ± 14,4	0,168
11	26,7 ± 12,4	26,9 ± 13,0	0,880
12	26,7 ± 12,2	27,0 ± 12,9	0,926
13	26,7 ± 10,3	26,7 ± 12,7	0,881
14	28,4 ± 14,6	26,1 ± 12,7	0,444
15	27,9 ± 15,7	25,9 ± 13,2	0,357

Tabelle 18: O₂-Bedarf Frühgeborene

Der Sauerstoffbedarf war zu Beginn der Messung in der Allgemeinanästhesie-Gruppe höher als in der Spinalanästhesie-Gruppe. Die Werte in der Allgemeinanästhesie-Gruppe stiegen bis zur sechsten Minute an, danach fielen sie

wieder ab. Ab der zehnten Minute glichen sie sich den Werten der anderen Gruppe an. Die Werte der Allgemeinanästhesie-Gruppe waren über den gesamten Messzeitraum annähernd konstant. Signifikante Unterschiede gab es von Minute drei bis Minute neun.

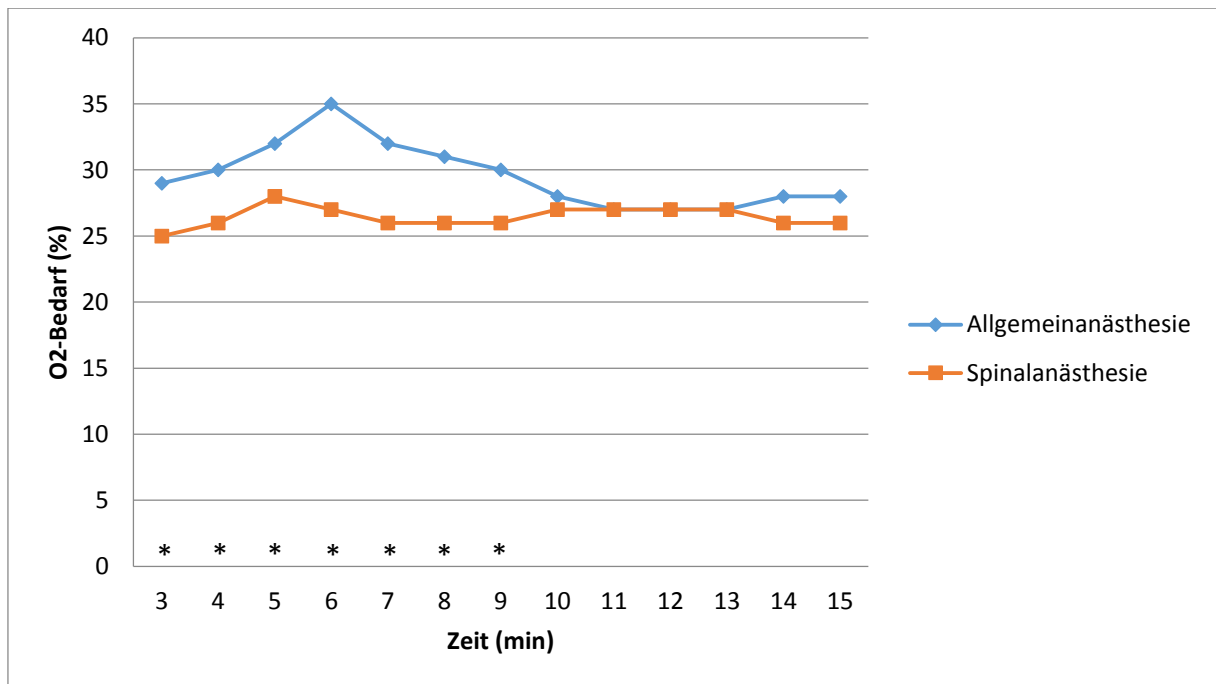


Abbildung 17: O2-Bedarf Frühgeborene

5 Diskussion

In dieser Studie ist es erstmalig gelungen, den Einfluss der Anästhesieart der Mutter beim Kaiserschnitt auf die Monitoring-Parameter (Herzfrequenz, SpO₂, crSO₂, FTOE, O₂-Bedarf) während der Adaptation von Reifgeborenen (n=64) und Frühgeborenen (n=54) in den ersten 15 Minuten nach Geburt zu untersuchen.

Es konnte gezeigt werden, dass Reifgeborene, die unter Spinalanästhesie der Mutter geboren wurden, eine signifikant höhere periphere Sauerstoffsättigung und Herzfrequenz hatten. Bei der Messung der cerebralen Oxygenierung gab es keine signifikanten Unterschiede, jedoch lagen die Werte der Spinalanästhesie-Gruppe stets über denen der anderen Gruppe. Bei der FTOE waren die Werte in der Allgemeinanästhesie-Gruppe höher, auch hatten die Reifgeborenen dieser Gruppe einen höheren Sauerstoffbedarf.

Bei den Frühgeborenen gab es keine dieser Unterschiede, die Werte waren in beiden Gruppen sehr ähnlich. Frühgeborene der Allgemeinanästhesie-Gruppe hatten aber einen signifikant höheren Sauerstoffbedarf.

Vergleichsstudien zu diesen Messungen existieren unseres Wissens nach keine.

Es existieren Studien, in denen die oben genannten Werte während der Adaptation gemessen wurden. (24,30–32,41–44) Unsere Messwerte entsprachen immer in etwa der 50. Perzentile der Messungen der anderen Studien.

Andere Studien untersuchten bereits den Einfluss der Anästhesieart auf den APGAR-Score (48–54), den Nabelarterien-pH-Wert (53,55), den Nabelvenen-pH-Wert und die Blutgase aus dem Nabelvenenblut (48,51) und die Notwendigkeit einer Atemunterstützung oder Intubation (53,54).

Alle Studien fanden einen signifikant höheren APGAR 1 in der Spinalanästhesie-Gruppe.

Ozden Omaygenc et al. untersuchten 172 Neugeborene, darunter 85 via Sectio in Allgemein- und 87 via Sectio in Spinalanästhesie geborene. Sie fanden signifikant erhöhte APGAR 1- ($p < 0,001$) und APGAR 5-Scores ($p = 0,017$) in der Spinalanästhesie-Gruppe.

In unserer Studie hatten die Reifgeborenen der Spinalanästhesie-Gruppe einen signifikant höheren APGAR 1, 5 und 10; bei den Frühgeborenen unterschied sich nur der APGAR 1 signifikant.

Strouch et al. untersuchten insgesamt 1064 per Sectio entbundene Neugeborene, darunter 647 Notkaiserschnitte. Die Kinder, die durch einen Notkaiserschnitt in Allgemeinanästhesie geboren wurden, hatten einen signifikant niedrigeren Nabelarterien-pH-Wert verglichen mit den Spinalanästhesie-Kindern ($p < 0,0001$).

Bei den nicht notfallmäßig durchgeführten Sectios gab es keine Unterschiede.

Mancuso et al. untersuchten 179 Neugeborene, davon 89 in der Allgemeinanästhesie- und 90 in der Spinalanästhesie-Gruppe. Sie fanden keine signifikanten Unterschiede beim Nabelarterien-pH-Wert. Der Sauerstoffbedarf und die Notwendigkeit von Beutel-Masken-Beatmungen waren in der Allgemeinanästhesie-Gruppe signifikant höher ($p = 0,001$).

In unserer Studie gab es beim Nabelarterien-pH-Wert der Reifgeborenen keine Unterschiede, bei den Frühgeborenen wiesen die Kinder der Allgemeinanästhesie-Gruppe signifikant niedrigere Werte auf. Reifgeborene Kinder der Allgemeinanästhesie-Gruppe mussten signifikant öfter oropharyngeal abgesaugt werden (18 vs. 4; $p = 0,001$), ansonsten gab es keine Unterschiede in der Atemunterstützung.

Ozden Omaygenc et al. verglichen bei 85 Allgemeinanästhesie- und 87 Spinalanästhesie-Kindern die Ergebnisse der Blutgasanalysen des Nabelvenenbluts. Sie fanden signifikant höhere pH-Werte ($p = 0,029$) und signifikant niedrigere pO_2 ($p = 0,001$) und SpO_2 Werte ($p = 0,029$) in der Spinalanästhesie-Gruppe.

Ähnliche Ergebnisse bekamen auch Havas et al., die das Nabelvenenblut von 95 Spinalanästhesie- und 93 Allgemeinanästhesie-Kindern verglichen. Der pH-Wert war in der Spinalanästhesie-Gruppe signifikant höher ($p = 0,019$), der pO_2 ($p < 0,001$) und der pCO_2 ($p = 0,002$) signifikant niedriger. Die erhöhten Partialdrücke in der Allgemeinanästhesie-Gruppe entstanden vermutlich durch die unphysiologische Überdruckbeatmung der Mutter.

Es existiert soweit wir wissen nur eine Studie, die sich mit der SpO_2 und der $crSO_2$ in Abhängigkeit von der Anästhesieart befasst. (51) Ozgen et al. untersuchten 68 Neugeborene, 32 in der Allgemeinanästhesie-Gruppe und 36 in der Spinalanästhesie-Gruppe. Die SpO_2 wurde wie in unsere Studie mittels Pulsoxymetrie gemessen, die $crSO_2$ mittels NIRS. Allerdings erfolgten keine kontinuierlichen Messungen, die SpO_2 und die $crSO_2$ wurden nur einmalig zwischen der 1.-2,5. Lebensminute aufgezeichnet. Die Kinder der

Spinalanästhesie-Gruppe wiesen eine signifikant höhere SpO₂ und crSO₂ auf. Auch in unserer Studie war dies zumindest bei den Reifgeborenen der Fall.

Es gibt einige Studien, die die Verläufe der Herzfrequenz, der SpO₂ und der crSO₂ zwischen vaginal und per Sectio entbundenen Kindern vergleichen. (42,58–62)

Gonzales et al. verglichen die Werte der Pulsoxymetrie bei 380 Neugeborenen, von denen 316 vaginal und 64 per Sectio entbunden wurden. Die vaginal geborenen Kinder hatten in den ersten Minuten eine signifikant höhere SpO₂ und Herzfrequenz. Ähnliche Ergebnisse hatten auch Kamlin et al..

Rabi et al. untersuchten die periphere Sauerstoffsättigung bei 115 Neugeborenen und fanden heraus, dass die via Sectio geborenen eine 3% niedrigere SpO₂ hatten als die vaginal geborenen.

Isobe et al. untersuchten die SpO₂ und die cerebrale Oxygenierung (gemessen mit NIRS) bei 26 Neugeborenen, 20 vaginal und 6 durch Sectio entbunden. Es gab keine signifikanten Unterschiede bei der peripheren Sauerstoffsättigung, bei der crSO₂ stiegen die Werte beider Gruppen zunächst rapide an bis Minute 8,5, die Werte der Sectio-Kinder fielen dann aber wieder ab, bis sie bei Minute 15 signifikant niedriger waren.

Urlesberger et al. verglichen die SpO₂, die Herzfrequenz, die crSO₂ und die FTOE zwischen 63 vaginal und 44 durch Sectio entbundenen Kindern. Von Minute 4 bis 8 hatten die Sectio-Kinder signifikant niedrigere SpO₂-Werte, die Herzfrequenz war die ganze Zeit signifikant niedriger. Bei der Messung der crSO₂ gab es keine signifikanten Unterschiede, bei der FTOE nur bei Minute 10.

Die Ergebnisse dieser Studie lassen darauf schließen, dass die Wahl der Anästhesie beim Kaiserschnitt einen Einfluss auf die Adaptation des Neugeborenen hat, vor allem bei Reifgeborenen. Kinder, die unter Allgemeinanästhesie der Mutter geboren wurden, adaptieren langsamer und benötigen mehr medizinische Unterstützung. Auch wenn die Messung der cerebralen Oxygenierung keine signifikanten Unterschiede liefert, so sieht man, dass sie bei den reifen Allgemeinanästhesie-Kindern durchschnittlich niedriger ist, als bei den Spinalanästhesie-Kindern. Periphere Sauerstoffsättigung und Herzfrequenz sind signifikant niedriger. Wie bei Urlesberger et al. kann man sehen, dass eine signifikant niedrige SpO₂ nicht unbedingt mit einer signifikant niedrigeren crSO₂ zusammenhängt.

Bei den Frühgeborenen scheint die Anästhesieart weniger Einfluss zu haben. Sie haben lediglich einen höheren Sauerstoffbedarf.

Da kein Vergleichsmaterial zu dieser Studie vorliegt, sollten weitere Studien durchgeführt werden, in denen eine kontinuierliche Messung von $crSO_2$, SpO_2 und Herzfrequenz während der Adaptation vorgenommen wird.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Studie kann man sagen, dass bei reifen Neugeborenen, bei denen ein Kaiserschnitt geplant ist, dieser, wenn keine Kontraindikation besteht, vorzugsweise in Spinalanästhesie der Mutter erfolgen sollte.

6 Literaturverzeichnis

1. Schneider H, Husslein P, Schneider KTM. Die Geburtshilfe. 5. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2016.
2. Black C, Kaye JA. Cesarean Delivery in the United Kingdom. 2005;106(1):151–5.
3. Macfarlane AJ, Blondel B, Mohangoo AD, Cuttini M, Nijhuis J, Novak Z, et al. Wide differences in mode of delivery within Europe: Risk-stratified analyses of aggregated routine data from the Euro-Peristat study. BJOG An Int J Obstet Gynaecol. 2016;123(4):559–68.
4. Parameters P, Anesthesia O. Practice Guidelines for Obstetric Anesthesia. 2016.
5. Devroe S, Velde M Van De, Rex S. General anesthesia for caesarean section. 2015;28(3):240–6.
6. Stark M. Der Kaiserschnitt : Indikationen - Hintergründe - Operatives Management der Misgav-Ladach-Methode. 1. Auflage. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2009.
7. Larsen R (Reinhard). Anästhesie. 10. Auflag. München: Elsevier GmbH; 2013.
8. Sadler TW, Drews U, Langman J. Taschenlehrbuch Embryologie : die normale menschliche Entwicklung und ihre Fehlbildungen. 12. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2014.
9. Pape H-C, Kurtz A, Silbernagl S. Physiologie. 7. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2014.
10. Swanson JR, Sinkin RA. Transition from Fetus to Newborn. Pediatr Clin NA [Internet]. 2015; Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pcl.2014.11.002>
11. Graves BW, Haley MM. Newborn transition. J Midwifery Women's Heal. 2013;58(6):662–70.
12. Gortner L, Meyer S, Sitzmann FC. Duale Reihe Pädiatrie. 4. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2012.
13. Genzel-Boroviczény O, Mihatsch W, Proquitté H, Roos R. Checkliste Neonatologie. 5. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2015.
14. Apgar V. A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant.

- CurrResAnesthAnalg. 1953;32(4):260–7.
15. American Academy of Pediatrics, Committee on Fetus and Newborn, American College of Obstetricians and Gynecologists, Committee on Obstetric Practice. The Apgar Score. *Adv Neonatal Care*. 2006;6(4):220–3.
 16. Thorp JA, Dildy GA, Yeomans ER, Meyer BA, Parisi VM. Umbilical cord blood gas analysis at delivery. *Am J Obstet Gynecol*. 1996;175(3):517–22.
 17. Weyerstahl T, Stauber M. *Gynäkologie und Geburtshilfe*. 4. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2013.
 18. Jorch G, Schulte FJ. Die Folgen der perinatalen Asphyxie. *Gynäkologe*. 1998;31(8):690–6.
 19. Logan JW, Shepherd EG, Tobias JD. Neonatal resuscitation: An update. *Anaesthesia, Pain Intensive Care*. 2014;18(4):386–96.
 20. Davis PG, Dawson JA. New concepts in neonatal resuscitation. *Curr Opin Pediatr* [Internet]. 2012;24(2):147–53. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22327948>
 21. Wyllie J, Bruinenberg J, Roehr CC, Rüdiger M, Trevisanuto D, Urlesberger B. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. Section 7. Resuscitation and support of transition of babies at birth. *Resuscitation* [Internet]. 2015;95:249–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.07.029>
 22. Pichler G, Cheung PY, Aziz K, Urlesberger B, Schmölzer GM. How to monitor the brain during immediate neonatal transition and resuscitation? A systematic qualitative review of the literature. *Neonatology*. 2014;105(3):205–10.
 23. Myra H, Wyckoff C, Aziz K, Escobedo MB, Kapadia VS, Kattwinkel J, Perlman JM, et al. Neonatal resuscitation: 2015 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Pediatrics* [Internet]. 2015;112(24_suppl):IV-188-IV-195. Available from: <http://circ.ahajournals.org/cgi/doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.166574>
 24. Dawson JA, Morley CJ. Monitoring oxygen saturation and heart rate in the early neonatal period. *Semin Fetal Neonatal Med* [Internet]. 2010;15(4):203–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.siny.2010.03.004>
 25. O'Donnell CPF, Kamlin COF, Davis PG, Carlin JB, Morley CJ. Clinical

- assessment of infant colour at delivery. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* [Internet]. 2007;92(6):F465-7. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2675394&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
26. Aoyagi T. Pulse oximetry: Its invention, theory, and future. *J Anesth*. 2003;17(4):259–66.
 27. Salyer J. Neonatal and pediatric pulse oximetry. *Respir Care*. 2003;48:386–8.
 28. Severinghaus J, Kelleher J. Recent developments in pulse oximetry. *Anesthesiology*. 1992;76(6):1018–38.
 29. Mariani G, Dik PB, Ezquer A, Aguirre A, Esteban ML, Perez C, et al. Pre-ductal and Post-ductal O₂ Saturation in Healthy Term Neonates after Birth. *J Pediatr*. 2007;150(4):418–21.
 30. Dawson JA, Kamlin COF, Wong C, te Pas AB, Vento M, Cole TJ, et al. Changes in heart rate in the first minutes after birth. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* [Internet]. 2010;95(3):F177-81. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20444810>
 31. Baik N, Urlesberger B, Schwabegger B, Freidl T, Schmölzer GM, Pichler G. Cardiocirculatory monitoring during immediate fetal-to-neonatal transition: A systematic qualitative review of the literature. *Neonatology*. 2015;107(2):100–7.
 32. Pichler G, Binder C, Avian A, Beckenbach E, Schmölzer GM, Urlesberger B. Reference ranges for regional cerebral tissue oxygen saturation and fractional oxygen extraction in neonates during immediate transition after birth. *J Pediatr*. 2013;163(6):1558–63.
 33. Jöbsis F. Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science* (80-). 1977;198:1264–7.
 34. Delpy DT, Cope M. Quantification in tissue near-infrared spectroscopy. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* [Internet]. 1997;352(1354):649–59. Available from: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rstb.1997.0046>
 35. Nicklin SE, A-A Hassan I, Wickramasinghe YA, Spencer SA. Topic collections The light still shines, but not that brightly? The current status of perinatal near infrared spectroscopy. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed Arch*

- Dis Child Fetal Neonatal Ed [Internet]. 2003;8888:263–8. Available from: <http://fn.bmj.com/cgi/content/full/88/4/F263#BIBL>
36. Ward KR, Ivatury RR, Barbee RW, Turner J, Pittman R, Torres Filho IP, et al. Near infrared spectroscopy for evaluation of the trauma patient: A technology review. *Resuscitation*. 2006;68(1):27–44.
 37. Boushel R, Langberg H, Olesen J, Gonzales-Alonzo J, Bülow J, Kjaer M, et al. Monitoring tissue oxygen availability with near infrared spectroscopy (NIRS) in health and disease. *Scand J Med Sci Sport*. 2001;11:213–22.
 38. Wolfberg AJ, du Plessis AJ. Near-Infrared Spectroscopy in the Fetus and Neonate. *Clin Perinatol*. 2006;33(3):707–28.
 39. Casati a, Spreafico E, Putzu M, Fanelli G. New technology for noninvasive brain monitoring: continuous cerebral oximetry. *Minerva Anesthesiol*. 2006;72(7–8):605–25.
 40. Greisen G. Is near-infrared spectroscopy living up to its promises? *Semin Fetal Neonatal Med*. 2006;11(6):498–502.
 41. Fuchs H, Lindner W, Buschko A, Almazam M, Hummler H, Schmid M. Brain oxygenation monitoring during neonatal resuscitation of very low birth weight infants. *J Perinatol*. 2012;32:356–62.
 42. Isobe K, Kusaka T, Fujikawa Y, Okubo K, Nagano K, Yasuda S, et al. Measurement of cerebral oxygenation in neonates after vaginal delivery and cesarean section using full-spectrum near infrared spectroscopy. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. 2002;132(1):133–8.
 43. Fauchère JC, Schulz G, Haensse D, Keller E, Ersch J, Bucher HU, et al. Near-Infrared Spectroscopy Measurements of Cerebral Oxygenation in Newborns during Immediate Postnatal Adaptation. *J Pediatr*. 2010;156(3):372–6.
 44. Urlesberger B, Grossauer K, Pocivalnik M, Avian A, Müller W, Pichler G. Regional oxygen saturation of the brain and peripheral tissue during birth transition of term infants. *J Pediatr*. 2010;157(5):740–4.
 45. Verhagen EA, Keating P, ter Horst HJ, Martijn A, Bos AF. Cerebral Oxygen Saturation and Extraction in Preterm Infants With Transient Periventricular Echodensities. *Pediatrics* [Internet]. 2009;124(1):294–301. Available from: <http://pediatrics.aappublications.org/cgi/doi/10.1542/peds.2008-2057>
 46. Kratky E, Pichler G, Rehak T, Avian A, Pocivalnik M, Müller W, et al.

- Regional cerebral oxygen saturation in newborn infants in the first 15 min of life after vaginal delivery. *Physiol Meas* [Internet]. 2012;33(1):95–102. Available from: <http://stacks.iop.org/0967-3334/33/i=1/a=95?key=crossref.29b45dfcb2122ff3b7fafef2a75576f3>
47. van Vonderen JJ, Roest A a W, Siew ML, Blom N a, van Lith JM, Walther FJ, et al. Noninvasive measurements of hemodynamic transition directly after birth. *Pediatr Res*. 2014;75(3):448–52.
 48. Salihoğlu Ö, Can E, Beşkardes A, Koç BŞ, LhanTan I, Can G, et al. Delivery room blood pressure percentiles of healthy, singleton, liveborn neonates. *Pediatr Int*. 2012;54(2):182–9.
 49. Havas F, Orhan Sungur M, Yenigun Y, Karadeniz M, Kilic M, Ozkan Seyhan T. Spinal anesthesia for elective cesarean section is associated with shorter hospital stay compared to general anesthesia. *Agri*. 2013;25(2):55–63.
 50. Gori F, Pasqualucci A, Corradetti F, Milli M, Peduto VA. Maternal and neonatal outcome after cesarean section: The impact of anesthesia. *J Matern Neonatal Med*. 2007;20(1):53–7.
 51. Ozgen ZSU, Toraman F, Erkek E, Sungur T, Guclu P, Durmaz S, et al. Cesarean under general or epidural anesthesia: Does it differ in terms of regional cerebral oxygenation? *Acta Anaesthesiol Taiwanica*. 2014;52(4):159–62.
 52. Ozden Omaygenc D, Dogu T, Omaygenc MO, Ozmen F, Albayrak MD, Babur Guler G, et al. Type of anesthesia affects neonatal wellbeing and frequency of transient tachypnea in elective cesarean sections. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2015;28(5):568–72.
 53. Saygı Aİ, Özdamar Ö, Gün İ, Emirkadı H, Müngen E, Akpak YK. Comparison of maternal and fetal outcomes among patients undergoing cesarean section under general and spinal anesthesia: a randomized clinical trial. *Sao Paulo Med J* [Internet]. 2015;133(3):227–34. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-31802015000300227&lng=en&tlng=en
 54. Mancuso A, De Vivo A, Giacobbe A, Priola V, Savasta LM, Guzzo M, et al. General *versus* spinal anaesthesia for elective caesarean sections: effects on neonatal short-term outcome. A prospective randomised study. *J Matern Neonatal Med* [Internet]. 2010;23(10):1114–8. Available from:

- <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/14767050903572158>
55. Algert CS, Bowen JR, Giles WB, Knoblanche GE, Lain SJ, Roberts CL. Regional block versus general anaesthesia for caesarean section and neonatal outcomes: a population-based study. *BMC Med* [Internet]. 2009;7:20. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2683867&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
 56. Strouch ZY, Dakik CG, White WD, Habib AS. Anesthetic technique for cesarean delivery and neonatal acid-base status: A retrospective database analysis. *Int J Obstet Anesth* [Internet]. 2015;24(1):22–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijoa.2014.11.002>
 57. Hashemi SJ, Jabalameli M, Mokhtary F. Effects of different anesthetic techniques on neurologic and adaptation capacity in newborn with elective cesarean section. *Adv Biomed Res*. 2015;4:249.
 58. Gonzales GF, Salirrosas A. Pulse oxygen saturation and neurologic assessment in human neonates after vaginal and cesarean delivery. *Int J Gynecol Obstet*. 1998;63(1):63–6.
 59. Rabi Y, Yee W, Chen SY, Singhal N. Oxygen saturation trends immediately after birth. *J Pediatr*. 2006;148(5):590–4.
 60. Kamlin COF, O'Donnell CPF, Davis PG, Morley CJ. Oxygen saturation in healthy infants immediately after birth. *J Pediatr*. 2006;148(5):585–9.
 61. Dawson J a, Davis PG, O'Donnell CP, Kamlin CO, Morley CJ. Pulse oximetry for monitoring infants in the delivery room: a review. *Arch Dis Child Fetal neonatal Ed* [Internet]. 2007;92(1):F4-7. Available from: <http://fn.bmj.com/cgi/content/full/92/1/F4%5Cnpapers://f8add653-ce2c-4404-ba7f-f1bedbed0f1a/Paper/p1804>
 62. Urlesberger B, Kratky E, Rehak T, Pocivalnik M, Avian A, Czihak J, et al. Regional oxygen saturation of the brain during birth transition of term infants: Comparison between elective cesarean and vaginal deliveries. *J Pediatr*. 2011;159(3):404–8.
 63. Behrends JC, Bischofsberger J, Deutzmann R, Ehmke H, Frings S. *Physiologie*. 3.Auflage. Stuttgart: Thieme; 2017. 167 p.