

Aus der Klinik für Anästhesiologie
der Heinrich - Heine - Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. B. Pannen

**Veränderungen der Hauttemperatur an den Extremitäten
und am Stamm bei Säuglingen unter Spinalanästhesie**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der
Medizin

Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf

vorgelegt von

Long Tran Tien

2011

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez. Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf
Dekan

Referent: Prof. Dr. med. Peter Lipfert

Korreferent: Prof. Dr. med. Joachim Winter

Danksagung

Für die Bereitstellung des Promotionsthemas danke ich meinem klinischen und wissenschaftlichen Lehrer Herrn Professor Dr. Peter Lipfert, Chefarzt der Klinik für Anästhesiologie der Sana Kliniken Düsseldorf.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Martin Jetzek-Zader, Oberarzt in der Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Düsseldorf (Chefarzt Prof. Dr. B. Pannen), der mich zur Durchführung der Arbeit angeregt, motiviert und unterstützt hat.

Ein Dank gilt darüber hinaus meinen Eltern und meiner Schwester, die mir stets zur Seite standen.

Nicht zuletzt, sondern an allererster Stelle, gilt ein ganz besonders herzlicher Dank meiner Ehefrau Leonie Tran Tien, ohne deren Liebe und Rücksichtnahme die Durchführung dieser Arbeit in der Form nicht möglich gewesen wäre.

Inhaltsverzeichnis

1. Hintergrund	6
1.1. Vegetative Veränderungen unter Spinalanästhesie	6
1.2. Varianten der Temperaturmessung	7
1.3. Zielsetzung der Studie	8
1.4. Zur Spinalanästhesie bei Frühgeborenen	8
1.5. Die Inzidenz von Leistenhernien bei Frühgeborenen	11
2. Methoden	13
2.1. Patientenpopulation	13
2.2. Studienprotokoll	13
2.3. Material	14
2.4. Temperaturmessung	14
2.5. Vorgehen am Operationstag	17
2.6. Datenanalyse	18
3. Ergebnisse	19
3.1. Patientendemographie	19
3.1.1. Alters- und Geschlechterverteilung der Patienten	19
3.1.2. Apnoen in der Anamnese	20
3.1.3. ASA-Klassifikation	20
3.1.4. Operation und Operationsdauer	20
3.2. Erfolgs- und Komplikationsrate der Spinalanästhesie	22
3.3. Temperaturmessungen	23
3.3.1. Vor Anlage der Spinalanästhesie	23
3.3.2. Bis 5 Minuten nach Spinalpunktion	24
3.3.3. 5 bis 10 Minuten nach Spinalpunktion	25
3.3.4. 10 bis 20 Minuten nach Spinalpunktion	26
3.4. Vergleich der Temperaturmessungen	26
3.4.1. Temperaturveränderungen im Bereich der Hände	26
3.4.2. Temperaturveränderungen im Bereich der Füße	29
3.4.3. Temperaturveränderungen am Stamm	32
3.4.4. Auswirkungen einer erfolglosen Anlage der Spinalanästhesie auf die Hauttemperatur anhand zweier Beispiele	35
3.4.4.1. Patient A	35
3.4.4.2. Patient B	36

4. Diskussion und Schlussfolgerungen	39
4.1. Temperaturveränderungen unter Spinalanästhesie	39
4.2. Erfolgs- und Komplikationsrate der Spinalanästhesie.....	41
4.3. Einschränkungen.....	42
4.4. Schlussfolgerungen	42
5. Literaturverzeichnis	44
6. Anhang	46

1. Hintergrund

1.1. Vegetative Veränderungen unter Spinalanästhesie

Die Spinalanästhesie ist eine vorübergehende Unterbrechung der Erregungsleitung in Spinalnervenzwurzeln durch Injektion eines Lokalanästhetikums in den lumbalen Subarachnoidalraum, das heißt den Raum zwischen Pia mater und Arachnoidea. Sie führt zu einer reversiblen sympathischen, sensorischen und motorischen Blockade und ermöglicht hierdurch eine Vielzahl operativer Eingriffe an den unteren Extremitäten, in Becken, Perineum und Unterbauch sowie bestimmte geburtshilfliche Maßnahmen einschließlich Sectio caesarea [29]. Bei der Ausbreitung des Lokalanästhetikums entsteht eine abgestufte Blockade: Am Ort der höchsten Konzentration des Lokalanästhetikums sind alle Sinnesmodalitäten und die Motorik vollständig geblockt, während weiter kranial nur noch Sympathikusfasern betroffen sind. Klinisch wirkt sich die Blockade nach gegenwärtiger Lehrmeinung in folgender Weise aus: Sympathikusblockade am höchsten, sensorische Blockade 2-4 Segmente tiefer, motorische Blockade 2 Segmente unter sensorischer Blockade [30]. Diese unterschiedliche Ausbreitungshöhe wird der unterschiedlichen Empfindlichkeit motorischer, sensorischer und vegetativer Nervenfasern für das Lokalanästhetikum sowie der stark überlappenden, über mehrere Dermatome reichenden, vegetativen Innervation zugeschrieben.

Bei Erwachsenen zeigt sich die durch die Spinalanästhesie induzierte Sympathikolyse durch Vasodilatation der unteren Extremitäten, welche in einem Anstieg der Hauttemperatur der Beine sowie in einem Abfall des Blutdrucks resultiert [2]. Im Gegensatz dazu zeigten mehrere frühere Studien, dass die Spinalanästhesie bei Kindern nicht mit schweren hämodynamischen Veränderungen assoziiert ist. Oberlander et al. berichteten in ihrer Studie über 9 Frühgeborene mit bilateraler Leistenhernien-Operation: Unter hoher thorakaler Spinalanästhesie traten keine signifikanten Veränderungen der durchschnittlichen Herzfrequenz, des Blutdrucks sowie der respiratorischen Aktivität auf [31]. Auch Dohi et al. fanden heraus, dass sich bei jungen Kindern < 5 Jahren nur geringe oder keine Veränderungen des Blutdrucks sowie der Herzfrequenz nach Spinalanästhesie zeigten, während bei Kindern, die älter als 6 Jahre waren, sehr variable Blutdruckabfälle nach Spinalanästhesie auftraten [32].

Als für die Unterschiede zwischen Erwachsenen und jungen Kindern ursächlich diskutiert wurden dabei eine Unreife des sympathischen Nervensystems bzw. eine kleinere venöse

Kapazität der unteren Extremitäten, welche zu einer Verminderung des venösen Poolings führt [2, 32]. Durch beide Faktoren sollen bei jungen Kindern die Effekte der sympathischen Blockade reduziert werden [32].

Im Gegensatz zu den oben genannten früheren Studien zeigten Jetzek-Zader et al. in einer jüngeren Studie bei 15 Kindern in einem postkonzeptionellen Alter von 45 +/- 4,8 Wochen, die im Rahmen einer Leistenhernien-Operation eine Spinalanästhesie erhielten, dass es auch in diesem Alter als Zeichen der Sympathikolyse zu einem Anstieg der Hauttemperatur im Bereich der Füße kommt. Außerdem beobachteten sie einen (nicht therapiebedürftigen) Abfall des systolischen Blutdrucks. Von einer Unreife des sympathischen Nervensystems kann daher nicht ausgegangen werden [2]. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Rochette et al. sowie Bonnet et al. [2, 33, 34].

Bei Säuglingen ist die genaue Ausdehnung der Spinalanästhesie schwierig zu erfassen, da die Austestung des sensiblen Analgesie-Niveaus praktisch nicht durchführbar bzw. nur durch ethisch bedenkliche Maßnahmen möglich ist. So setzten Oberlander et al. in ihrer Studie einen Nervenstimulator als analgetischen Testreiz ein [31], mit dem sonst bei Erwachsenen die Relaxierung in Narkose geprüft wird. Ein mit diesem Gerät adäquat gesetzter Reiz ist sehr schmerzhaft. Oberlander et al. maßen höchste Blockade-Ausdehnungen zwischen C7 und Th4 und zeigten damit, dass die Höhe der sensorischen Blockade nach Spinalanästhesie variiert [31].

Im klinischen Alltag kann die erreichte Ausdehnung des Lokalanästhetikums bei Kleinkindern nur über die beobachtete motorische Blockade beschrieben werden: Die Höhe der durch die Spinalanästhesie induzierten motorischen Blockade zeigt sich sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen durch eine Bewegungsunfähigkeit der unteren Extremitäten bei gleichzeitig erhaltener Bewegungsfähigkeit der oberen Extremitäten [2]. Dadurch wird das Niveau der Blockade allerdings nur sehr ungenau beschrieben: es liegt oberhalb von L1 und unterhalb von C8/Th1.

Mit der vorliegenden Untersuchung soll die Ausdehnung der Sympathikusblockade anhand der Veränderungen der Hauttemperatur genauer eingegrenzt werden.

1.2. Varianten der Temperaturmessung

Zur Messung der Hauttemperatur stehen vielfältige Möglichkeiten zur Verfügung. In der Studie von Hopf [36] über regionale Temperaturveränderungen der Haut nach

Epiduralanästhesie wurde zur Bestimmung der Hauttemperatur ein Infrarot-Telethermometer (BioTherm model C-600M, Linear Laboratories, Los Altos, CA) verwendet. Dieses Gerät misst die Strahlungsenergie der Haut, wobei diese direkt mit der Hauttemperatur zusammenhängt [35, 36]. Das Telethermometer ist für das Strahlungsvermögen der menschlichen Haut kalibriert und misst linear innerhalb eines Temperaturbereiches von 10° - 50° C mit einer Sensitivität von 0,1° C bei einer Zeitkonstante von weniger als 1 Sekunde. Das kleinste zu erfassende Ziel ist ein Kreis mit einem Durchmesser von 6 mm in einer Entfernung von 2 cm [36]. Auch Jetzek-Zader et al. maßen 2006 den Anstieg der Hauttemperatur im Bereich der Füße bei Frühgeborenen nach einer Spinalanästhesie mittels eines Infrarotthermometer (C600-M Biotherm Infrared Thermometer) [2].

Anstatt eines Infrarotthermometers wurden in mehreren anderen Studien auch Wärmefühler zur Bestimmung der Hauttemperatur verwendet [37-39]. Eine weitere Alternative stellt ein thermischer Hitzefluss-Umwandler dar, der 1995 von Matsukawa et al. zur Messung der Hauttemperatur während einer Epiduralanästhesie verwendet wurde [40].

1.3. Zielsetzung der Studie

Ziel der Studie war die bei ehemaligen Frühgeborenen unter Spinalanästhesie auftretenden Veränderungen der Hauttemperatur an den oberen Extremitäten über die Zeit zu untersuchen und dabei die maximalen Veränderungen aufzuzeigen. Von Interesse waren in diesem Zusammenhang die Ausdehnung der lumbalen Spinalanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen sowie die Frage, welche Umverteilungsphänomene bei diesen Kindern beobachtet werden.

1.4. Zur Spinalanästhesie bei Frühgeborenen

Ehemalige Frühgeborene neigen nach Allgemeinanästhesien zu vermehrten respiratorischen Komplikationen. Als Alternative zur Allgemeinanästhesie kommt bei der Operation von Leistenhernien, einem häufigen Eingriff bei Frühgeborenen, eine Spinalanästhesie in Frage. Die Spinalanästhesie wird bei Frühgeborenen seit über 30 Jahren eingesetzt [1-5]. Obwohl es sich bei der Spinalanästhesie um ein etabliertes Verfahren in der Versorgung ehemaliger Frühgeborener handelt, hat sich diese Technik noch nicht zur Routine entwickelt [6]. Die Spinalanästhesie wird bei Kindern entweder allein oder in Kombination mit einer

Epiduralanästhesie für eine Vielzahl von operativen Eingriffen, einschließlich Leistenhernien-Operationen, explorativen Laparotomien, Gastroschisis-Korrekturen, orthopädischen Eingriffen, Pyloromyotomien und Meningomyelozelen-Operationen, verwendet. Zudem wurde die Spinalanästhesie bei Kindern in Ergänzung zu Vollnarkosen auch bereits bei Korrekturen komplexer angeborener Herzfehler unter Verwendung eines kardiopulmonalen Bypasses angewandt [1, 3, 5, 7-17].

Die Inzidenz respiratorischer Probleme ist bei Frühgeborenen im Vergleich zu reif geborenen Kindern höher. Unter den respiratorischen Problemen wird in der wissenschaftlichen Literatur insbesondere die Inzidenz von Apnoen als Endpunkt benutzt, um das Risiko verschiedener Anästhesieverfahren zu beurteilen. Frühgeborene haben per se ein erhöhtes Risiko Apnoen, oft begleitet von Bradykardien, zu entwickeln, weshalb man auch vom Apnoe-Bradykardie-Syndrom spricht. Bis zu 30% der Frühgeborenen haben in den ersten Lebensmonaten Apnoen [3, 18, 19]. Prädisponierende Faktoren sind insbesondere eine Hypothermie und eine Anämie. In früheren Studien wurde gezeigt, dass die Apnoe-Inzidenz bei Frühgeborenen nach einer Vollnarkose im Vergleich zur präoperativen Apnoe-Inzidenz deutlich steigt [3, 20, 21]. So stieg die Apnoe-Inzidenz beispielsweise in der Studie von Wellborn et al. an 36 Frühgeborenen, von denen 16 im Rahmen einer Leistenhernien-Operation eine Vollnarkose erhielten, von präoperativ 19% auf 31% nach Durchführung der Allgemeinanästhesie [20].

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Patienten perioperativ Apnoen entwickeln, sinkt mit dem postkonzeptionellen Alter der Frühgeborenen [3, 22]. Die höchste Inzidenz wird bis zu einem postkonzeptionellen Alter von 46 Wochen beobachtet; bei Kindern, deren Alter 60 postkonzeptionelle Wochen überschreitet, treten Apnoen nach Narkosen deutlich seltener auf [3, 19, 20]. Die Genese der postoperativen Apnoen von Frühgeborenen ist vielfältig, wobei ein verminderter zentraler Atemantrieb, eine Ermüdung des Zwerchfells, eine Verengung der Atemwege, ein Überhang von Muskelrelaxantien und volatilen Anästhetika eine Rolle spielen [3, 18, 20, 23, 24].

Williams et al. sammelten in der Vermont Infant Spinal Registry seit 1978 Daten über die Durchführung von Spinalanästhesien bei Kindern. In einer Auswertung aus dem Jahre 2006 konnte gezeigt werden, dass die Spinalanästhesie bei Kindern sicher und effektiv ist und mit einer hohen zu erwartenden Erfolgsrate angewandt werden kann. In der Studie wurden ab 1978 insgesamt 1554 Patienten prospektiv erfasst, die in einem Alter von < 1 Jahr eine Spinalanästhesie im Rahmen verschiedener operativer Eingriffe erhielten. In 97,4% der Fälle wurde die Lumbalpunktion erfolgreich durchgeführt, definiert durch einen Liquor-Rückfluss über die Punktionsnadel. Dabei lag die Erfolgsrate der sich in der Ausbildung zum

Anästhesisten befindenden Personen bei 83%; wurde die Lumbalpunktion durch den behandelnden Anästhesisten allein durchgeführt, stieg die Erfolgsrate auf 98,9%. Insgesamt wurde in 95,4% der Fälle (1483 Patienten) eine geeignete Spinalanästhesie zum Operationsbeginn erreicht. Hinsichtlich der Komplikationsrate zeigte sich, dass bei 56 der 1483 Patienten (3,8% der Fälle) das durch die Spinalanästhesie erreichte sensorische Level höher war als beabsichtigt. Dabei erhielten 23 der 56 Patienten zur Spontanatmung unterstützend Sauerstoff, während bei 10 Patienten die Spontanatmung durch die Spinalanästhesie gefährdet war und diese entweder durch Masken-Beatmung unterstützt (5 Patienten) oder intubiert (5 Patienten) werden mussten. Vier der fünf intubierten Patienten konnten zum Operationsende extubiert werden; ein Patient benötigte nach der Gastroschisis-Korrektur eine Fortsetzung der maschinellen Beatmung. Postoperative Komplikationen wurden nicht beobachtet. Bradykardien, definiert als eine Herzfrequenz von unter 100 Schlägen pro Minute, traten bei 24 von 1483 Patienten (1,6% der Fälle) auf. 15 der 24 Patienten mussten aufgrund der Bradykardien mittels Atropin oder Glycopyrrolat behandelt werden. Eine interventionspflichtige Hypotonie trat bei keinem der 1483 Patienten auf.

Ein potentiell limitierender Faktor für die Anwendung der Spinalanästhesie bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen stellt die kürzere Dauer der erreichbaren Nervenblockade dar. Dennoch war trotz der im Vermont Infant Spinal Registry durchgeführten Vielfalt an operativen Eingriffen nur bei 1,2% der Patienten aufgrund einer zu kurzen Nervenblockade ein Wechsel zur Allgemeinanästhesie erforderlich [4].

Dass nach einer Spinalanästhesie auch die Rate der postoperativen Apnoen im Unterschied zu einer Allgemeinanästhesie nicht ansteigt [2, 3, 5], konnte in mehreren Studien gezeigt werden. Abajian et al. führten 1984 eine Studie an 78 Kindern durch, die für verschiedene operative Eingriffe eine Spinalanästhesie erhielten. 36 dieser Kinder waren ehemalige Frühgeborene mit einem Gestationsalter von weniger als 60 Wochen. In dieser Hoch-Risikogruppe wurden keine postoperativen Apnoen nach Spinalanästhesie beobachtet [1, 3].

In der Studie von Webster et al. traten bei 5 von 44 ehemaligen Frühgeborenen insgesamt 10 Apnoe-Episoden nach Spinalanästhesie im Rahmen einer Leistenhernien-OP auf. Alle 5 Patienten hatten jedoch zusätzlich zur Spinalanästhesie volatile Anästhetika erhalten. Bei den Kindern, die nur eine Spinalanästhesie erhalten hatten, wurden keine postoperativen Apnoen beobachtet [3, 25].

Auch Sartorelli et al. führten 1992 eine prospektive Studie mit 142 Frühgeborenen durch, von denen 136 im Rahmen verschiedener Operationen eine Spinalanästhesie erhielten. Während einer der Patienten, dem neben der Spinalanästhesie Midazolam intravenös verabreicht wurde,

postoperativ eine Apnoe entwickelte, trat bei den übrigen Kindern nach alleiniger Spinalanästhesie keine Apnoe im Verlauf auf. Dies entsprach einer Komplikationsrate von 0,8% bzw. 0% nach alleiniger Spinalanästhesie [3].

Dass die Spinalanästhesie auch bei Frühgeborenen mit einem extrem leichten Geburtsgewicht von < 1000 g erfolgreich angewandt werden kann, zeigten Nickel et al. 2005 anhand eines Fallberichtes über ein männliches Frühgeborenes der 27. Schwangerschaftswoche (Geburtsgewicht 630 g), welches im postkonzeptionellen Alter von 34 Wochen bei einem Gewicht von 930 g aufgrund einer Leistenhernie operiert werden musste. Zum Operationszeitpunkt bestand bei vorliegender bronchopulmonaler Dysplasie ein Sauerstoffbedarf von 25%, wobei der Patient spontan atmete. Die Spinalanästhesie wurde komplikationslos durchgeführt. Postoperativ wurden weder Sättigungsabfälle auf < 92% noch länger als 20 Sekunden andauernde Atempausen mit oder ohne begleitende Bradykardien beobachtet [6]. Auch Williams et al. führten bei einigen extrem leichten Frühgeborenen mit einem Gewicht von < 1000 g eine hohe Spinalanästhesie im Rahmen von Ductus arteriosus – Verschlüssen durch [6, 17].

1.5. Die Inzidenz von Leistenhernien bei Frühgeborenen

Leistenhernien treten bei Frühgeborenen häufig auf. Dabei spielt vor allem das Geburtsgewicht eine Rolle: bei Frühgeborenen mit einem Geburtsgewicht zwischen 751 g und 1000 g liegt die Inzidenz bei 38%, während sie bei Kindern mit einem Geburtsgewicht zwischen 1001 g und 1250 g bereits auf 16% sinkt [26, 27]. Da grundsätzlich das Risiko einer Inkarzerierung der Hernie und einer drohenden Darmobstruktion besteht, werden die Patienten kurzfristig operiert [26, 28]. Dabei werden die meisten der Leistenhernien-Operationen unter Vollnarkose durchgeführt. Aufgrund der bekannten hohen Apnoe-Inzidenz nach Allgemeinanästhesien bleiben die Patienten zur Überwachung nach Leistenhernien-Operationen routinemäßig stationär [26].

Dass Leistenhernien-Operationen unter Spinalanästhesie auch ambulant durchgeführt werden können, zeigten Frumiento et al. in ihrer Studie über insgesamt 269 Frühgeborene, die zwischen 1982 und 1997 im Rahmen einer Leistenhernien-Operation eine Spinalanästhesie erhielten. Sie konnten zeigen, dass die Spinalanästhesie eine sichere und effektive Methode für die ambulante Hernienchirurgie bei Frühgeborenen ist, da sie ein geringeres Risiko für postoperative Apnoen gegenüber einer Vollnarkose darstellt. 103 der 269 Patienten, von

denen 39 Apnoen in der Anamnese aufwies, wurden ambulant anästhesiert. Insgesamt wurde bei 83 Kindern eine alleinige Spinalanästhesie durchgeführt; 17 Patienten benötigten eine zusätzliche intravenöse Anästhesie und 3 Kinder erhielten unterstützend Lokalanästhetika. Keines der 103 Frühgeborenen entwickelte postoperativ eine Apnoe. Nach einem 1- bis 6-stündigen ambulanten Aufenthalt konnten alle Patienten nach Hause entlassen werden [26].

2. Methoden

2.1. Patientenpopulation

Nach Zustimmung der lokalen Ethikkommission und Einwilligung der Eltern wurden zwischen Oktober 2006 und September 2007 an der Universitätsklinik Düsseldorf insgesamt 14 nicht-prämedizierte Säuglinge, die im Rahmen von operativen Eingriffen eine Spinalanästhesie erhielten, in die Studie aufgenommen. Zehn der 14 Patienten waren ehemalige Frühgeborene mit einem durchschnittlichen Gestationsalter von 30,8 Wochen bei Geburt. Das durchschnittliche postkonzeptionelle Alter aller Patienten zum Operationszeitpunkt betrug 45,3 Wochen bei einem durchschnittlichen Körpergewicht von 4,04 kg. In 79% der Fälle (11 von 14 Kindern) wurde eine Leistenhernien-Operation (einseitig/ beidseits) durchgeführt; ein Kind erhielt eine Anus-Praeter-Rückverlagerung sowie eine Dünndarmteilresektion und bei einem Kind wurde ein operativer Bauchwandverschluss bei Omphalozele durchgeführt. In einem Fall wurde nach frustriertem Versuch der Anlage der Spinalanästhesie die geplante Herniotomie nicht durchgeführt.

2.2. Studienprotokoll

Für die Dokumentation der Untersuchung wurde ein Protokoll entworfen, welches folgende Parameter enthielt:

- Patientendaten (Name, Geburtsdatum, Alter, Größe, Gewicht)
- Geplante Operation
- Durchgeführte Operation
- Datum des operativen Eingriffs
- Zeitpunkt des Eintreffens des Kindes im Operationssaal
- Raumtemperatur
- Tabellarische Erfassung der Temperaturmessungen im Bereich des Stammes (Dermatome Th4 und Th10), beider Füße (Zehen (Dermatome L5 bis S1)) und beider Hände (Dermatome C6 bis C8) sowie der Vitalparameter (Sauerstoffsättigung, Herzfrequenz, Blutdruck) zu folgenden Zeitpunkten:
 - Eintreffen des Kindes in der Einleitung

- Nach Anlegen von Monitoring und intravenösem Zugang
- Spinalpunktion
- 5 Minuten nach Spinalpunktion
- 10 Minuten nach Spinalpunktion
- 20 Minuten nach Spinalpunktion
- Menge des zur Spinalanästhesie verwendeten Bupivacains
- Menge des zur Spinalanästhesie verwendeten Adrenalins

2.3. Material

Für die Spinalanästhesie wurden folgende Materialien und Medikamente verwendet:

- Lidocain (1 %) der Firma Braun zur örtlichen Betäubung der Punktionsstelle
- 25-G-Spinalkanüle „neonatal“ (Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ) zur Lumbalpunktion
- Hyperbares Bupivacain (Carbostesin® 0,5%) der Firma AstraZeneca, London, Großbritannien, zur Spinalanästhesie
- Adrenalin der Firma Carino, 1:1000 verdünnt, als Zusatz zum Lokalanästhetikum zur Verlängerung der Wirkungsdauer

2.4. Temperaturmessung

Für die Messung der örtlichen Hauttemperatur wurde die Thermographie-Kamera Thermovision® 550 (AGEMA Infrared Systems AB, Danderyd, Sweden) eingesetzt. Die Infrarot (IR) - Kamera misst die von einem Objekt emittierte Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung) und wandelt diese in ein sichtbares Bild um. Da die emittierte Strahlung eine Funktion der Oberflächentemperatur des Objektes ist, kann die Kamera diese Temperatur genau berechnen und anzeigen [41].

Vom physikalischen Standpunkt aus betrachtet, handelt es sich bei Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung) wie auch beim sichtbaren Licht um elektromagnetische Wellen. Es gibt keine prinzipiellen Unterschiede zwischen Strahlung in verschiedenen Spektralbereichen. Es gelten die gleichen Grundgesetze, lediglich die Wellenlängen sind unterschiedlich.

Die Einteilung des gesamten elektromagnetischen Spektrums in eine Anzahl von Wellenlängenbereichen, sogenannten Bändern, ist willkürlich und wird größtenteils von den Methoden zur Erzeugung und Messung der Strahlung bestimmt. Die Thermographie arbeitet im Infrarot-Bereich. Auf der kurzwelligen Seite beginnt der Infrarot-Bereich beim Dunkelrot an der Wahrnehmungsgrenze des sichtbaren Lichts. Bei großen Wellenlängen geht er über in den Mikrowellen-Bereich mit Wellenlängen in der Größenordnung von Millimetern [42].

Die hier eingesetzte IR-Kamera wurde auf den Emissionsgrad von menschlicher Haut (0,98) mit einer Temperaturbreite zwischen 20 – 40 ° C eingestellt. Die thermische Empfindlichkeit der Kamera ist auf < 0,1 ° C kalibriert. Der Spektralbereich der Kamera betrug 3,6-5 Mikrometer.

Die im Rahmen der Studie angefertigten Thermographiebilder wurden anschließend mit Hilfe der Software ThermoCAM™ Reporter 2000 Basic (Flir Systems AB, Danderyd, Sweden) ausgewertet. Dabei wurden folgende Temperaturmesspunkte, jeweils seitenentsprechend über den gleichen Hautarealen, entlang der gesamten Körperachse bestimmt: Fuß im Bereich der Zehen (Dermatome L5 bis S1), Stamm auf Bauchnabelhöhe (Dermatom Th10), Stamm auf Mamillenhöhe (Dermatom Th4) und Hand (Dermatome C6 bis C8). Im Rahmen der späteren Auswertung der Temperaturmesspunkte wurden die Messungen am Stamm auf Bauchnabelhöhe und Mamillenhöhe als „Temperaturmessung am Stamm“ zusammengefasst. Die Bilder 1 und 2 stellen Beispiele der ausgewerteten Thermographiebilder mit den jeweiligen Temperaturmesspunkten dar.

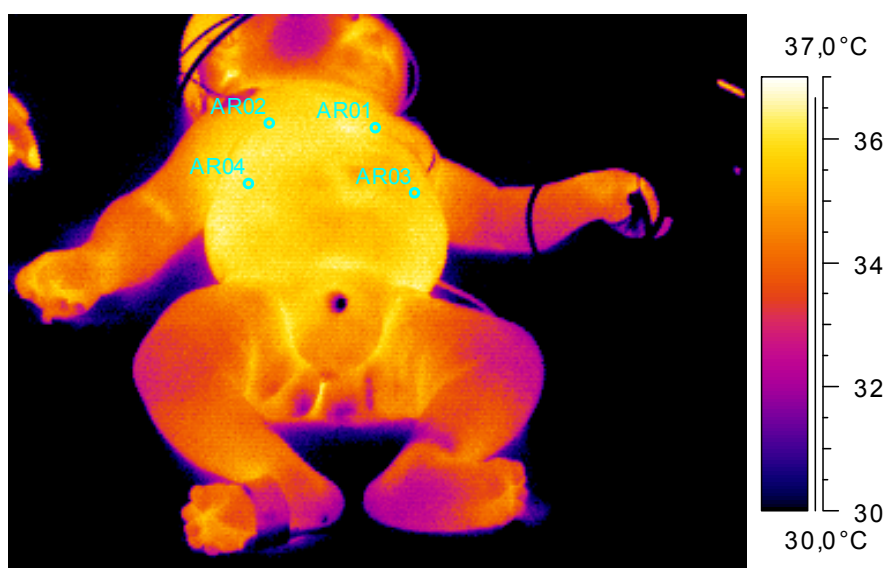


Bild 1 Thermographiebild mit den Temperaturmesspunkten am Stamm

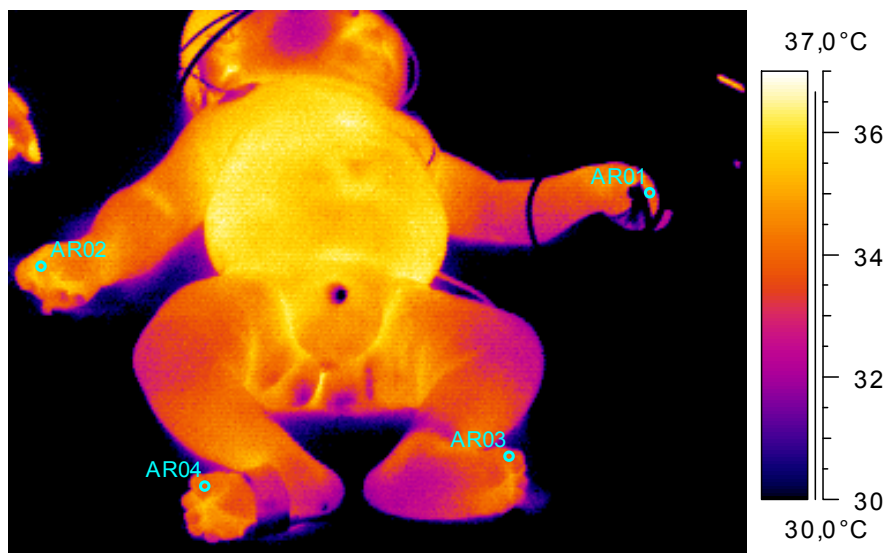


Bild 2: Thermographiebild mit den Temperaturmesspunkten an Händen und Füßen

Zur Auswertung der Temperaturzeitpunkte wurden die vor der Anlage der Spinalanästhesie durchgeführten Temperaturmessungen (zum Zeitpunkt des Eintreffens des Kindes in der Einleitung, zum Zeitpunkt der Anlage des Monitorings und des intravenösen Zugangs sowie zum Zeitpunkt der Anlage der Spinalanästhesie) als „präspinales Temperaturintervall“ zusammengefasst. Die nach Anlage der Spinalanästhesie erhobenen Temperaturmessungen wurden in insgesamt drei zeitliche Intervalle á 5 bis 10 Minuten eingeteilt:

- 1) 0 bis 5 Minuten nach Anlage der Spinalanästhesie,
- 2) 5 bis 10 Minuten nach Anlage der Spinalanästhesie
- 3) 10 bis 20 Minuten nach Anlage der Spinalanästhesie

Dabei konnten aus organisatorischen Gründen, die sich jeweils aus dem individuellen Operationsverlauf ergaben, nicht in jedem zeitlichen Intervall für alle Patienten Thermographiebilder angefertigt werden, so dass in der späteren Auswertung der Temperaturmessungen nicht in jedem zeitlichen Intervall die Messwerte aller Patienten vorhanden waren. Die jeweilige Patientenzahl wird im Ergebnisteil entsprechend angegeben.

Die Raumtemperatur wurde mit einem fest im Operationsraum installierten Thermometer erfasst. Vor Eintreffen der Kinder wurde der klimatisierte Operationsraum auf 27° C aufgewärmt. Anschließend wurde die Raumtemperatur während des gesamten Aufenthaltes der Patienten konstant bei 27° C \pm 0,5° C gehalten.

2.5. Vorgehen am Operationstag

Nach einer Nüchternperiode von vier Stunden nach der letzten Milchmahlzeit bzw. zwei Stunden nach der letzten Aufnahme von Wasser oder Tee wurde der nicht-prämedizierte Säugling von der Station aus in den Operationssaal gebracht. Mit Eintreffen des Kindes im Operationssaal wurde eine erste Thermographieaufnahme entsprechend der oben genannten Temperaturmesspunkte angefertigt. Anschließend wurden dem Patienten das Monitoring in Form von Sauerstoffsättigung, EKG und nicht invasiver oszillometrischer Blutdruckmessung mittels der vorhandenen Überwachungsanlage Solar 8000M (General Electrics Healthcare) sowie ein intravenöser Zugang angelegt und die zweite Thermographieaufnahme erfolgte. Weder Sedativa noch Anticholinergika wurden verabreicht. Mit Beginn der Spinalanästhesie erhielt der Patient bis zum Operationsende eine kristalloide Lösung intravenös mit einer Laufgeschwindigkeit von 6 ml/kg/h.

Der Patient wurde mit Hilfe einer zweiten Person sitzend gelagert und die Punktionsstelle wurde nach Aufsuchen des Wirbelzwischenraumes L4/L5 in Höhe der Beckenkämme mit gefärbtem Kodan-Spray der Firma Schülke desinfiziert und steril abgedeckt. Nach neuerlicher Desinfektion der Punktionsstelle erfolgte zur örtlichen Betäubung der Punktionsstelle (L4/L5) zunächst die Infiltration des Subkutangewebes mit Lidocain 1%. Anschließend wurde mittels einer 25-G-Spinalkanüle die Lumbalpunktion durchgeführt und die Spinalanästhesie durch die intrathekale Gabe von hyperbarem Bupivacain 0,5% 1 mg/kg mit zugesetztem Adrenalin 10 µg/kg induziert. Der Erfolg der Spinalanästhesie wurde durch den plötzlichen Bewegungsverlust der Beine bei gleichzeitig erhaltenem Muskeltonus der oberen Extremitäten dokumentiert. Mit Injektion des Spinalanästhetikums sowie 5, 10 und 20 Minuten nach der Injektion erfolgten die dritte, vierte, fünfte und sechste Thermographieaufnahme. Nach Abschluss der Temperaturerfassung wurde der Patient zur Vermeidung einer Hypothermie aktiv mit einer Wärmedecke (Warmtouch®) gewärmt.

Im Anschluss an die Operation wurde der Patient in den Aufwachraum gebracht, in welchem er bis zum Abklingen der Spinalanästhesie, das heißt bis zur vollständigen Wiederherstellung der Bewegungsfähigkeit der Beine, verblieb.

2.6. Datenanalyse

Die Analyse des vorliegenden Datenmaterials wurde mit Hilfe des Statistikprogramms GraphPad PRISM Software Version 5.0 (GraphPad Software Inc., La Jolla, CA) durchgeführt. Dabei wurden die mittels Protokoll erhobenen Parameter als Mittelwerte \pm Standardabweichung dargestellt. Mittels Repeated Measures – ANOVA – Test und Bonferroni post hoc - Test für multiple Vergleiche wurden die Temperaturen vor und nach Spinalanästhesie verglichen.

3. Ergebnisse

3.1. Patientendemographie

3.1.1. Alters- und Geschlechterverteilung der Patienten

In die Studie wurden insgesamt 14 Säuglinge aufgenommen, die im Rahmen verschiedener operativer Eingriffe eine Spinalanästhesie erhielten. Zehn der 14 Patienten waren ehemalige Frühgeborene mit einem durchschnittlichen Gestationsalter von $30,8 \pm 4,6$ Wochen (24 bis 36 Wochen) bei Geburt. Das durchschnittliche Gestationsalter aller Patienten bei Geburt lag bei $33,2 \pm 5,5$ Wochen (24 bis 40 Wochen). Die Verteilung der 14 Patienten bezogen auf das Gestationsalter bei Geburt ist in Abbildung 3.1 dargestellt.

Zum Operationszeitpunkt betrug das postkonzeptionelle Alter der 14 Patienten $45,3 \pm 3,9$ Wochen (38,9 bis 53,1 Wochen) bei einem chronologischen Alter von $12,1 \pm 3,7$ Wochen (7,1 bis 19,3 Wochen) und einem korrigierten Alter (= postkonzeptionelles Alter in Wochen – 40 Wochen) von $5,3 \pm 3,9$ Wochen (- 1,1 bis 13,1 Wochen). Das durchschnittliche Gewicht lag zum Operationszeitpunkt bei $4,04 \pm 1,15$ kg (2,4 bis 6,5 kg). Zwölf der 14 Säuglinge (85,7%) waren männlichen Geschlechts.

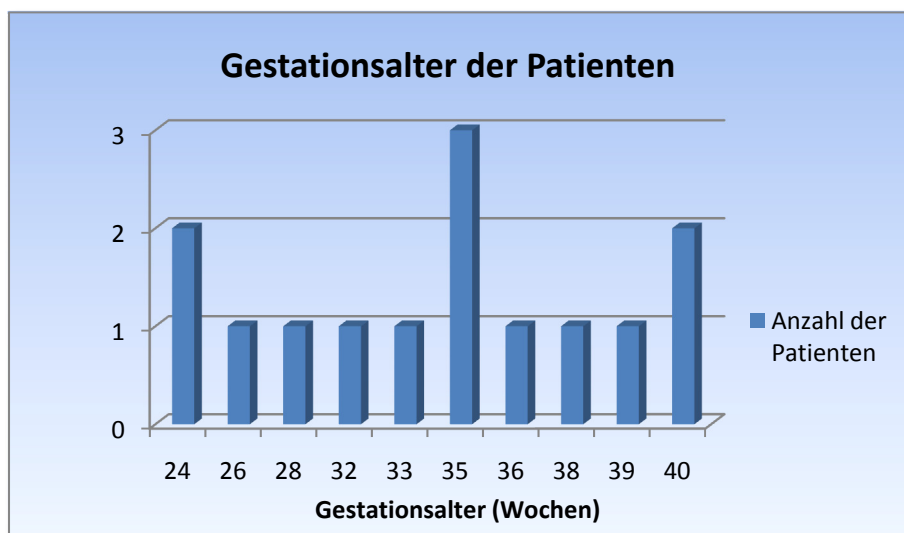


Abb. 3.1 Verteilung der 14 Patienten bezogen auf das Gestationsalter in Wochen

3.1.2. Apnoen in der Anamnese

Laut Anamnese wiesen 7 der 14 Kinder (50% der Fälle) Apnoen in der Vorgeschichte auf, wobei 100% dieser Kinder ehemalige Frühgeborene mit einem durchschnittlichen Gestationsalter von $29,6 \pm 4,9$ Wochen (24 bis 35 Wochen) waren. Das postkonzeptionelle Alter dieser Patienten zum Operationszeitpunkt betrug $42,4 \pm 2,3$ Wochen (38,9 bis 47,3 Wochen).

3.1.3. ASA-Klassifikation

Während mit 8 Kindern die meisten Patienten präoperativ in die ASA-Klasse 2 eingeteilt wurden, waren jeweils 2 Kinder ASA-Klasse 1 und 3. Zwei Kinder wurden präoperativ aufgrund ihrer Vorgeschichte in die ASA-Klasse 4 eingestuft (Abbildung 3.2).

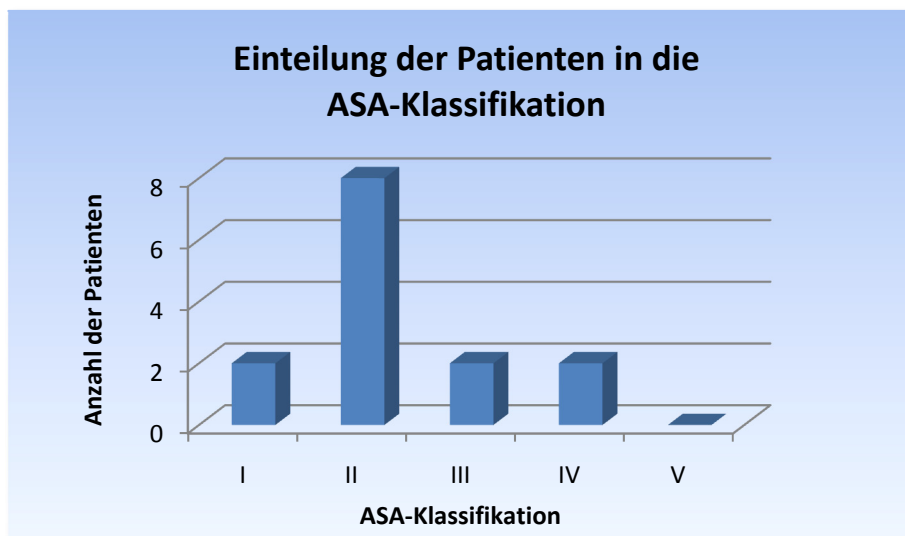


Abb. 3.2 Präoperative Einteilung der 14 Patienten in die ASA-Klassifikation

3.1.4. Operation und Operationsdauer

In 64,3% der Fälle (9 von 14 Kindern) sollte eine einseitige Herniotomie durchgeführt werden. Aufgrund des frustranen Versuchs der Anlage der Spinalanästhesie und der Ablehnung einer alternativen Intubationsnarkose durch die Eltern wurde eine geplante

einseitige Herniotomie nicht durchgeführt. Insgesamt erhielten daher 8 von 14 Kindern (57,1% der Fälle) eine einseitige, 3 Kinder eine beidseitige Herniotomie. Bei einem Kind wurde ein Anus-Praeter zurückverlagert und eine Dünndarmteilresektion durchgeführt, bei einem Kind die Bauchwand bei Omphalozele verschlossen. Die Operationsdauer betrug durchschnittlich $41,4 \pm 36,2$ Minuten (10 bis 135 Minuten).

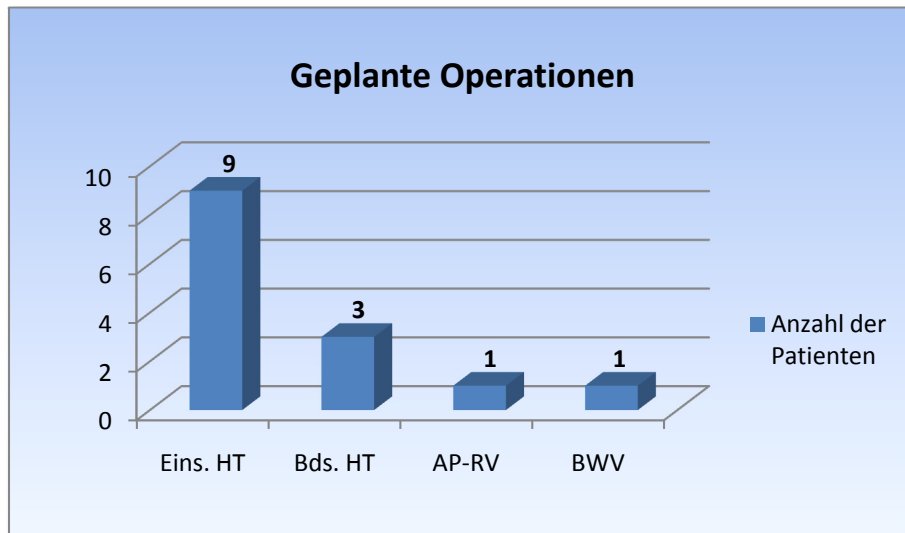


Abb. 3.3 Verteilung der 14 Patienten bezogen auf die jeweils geplante Operation (Eins. HT:= Einseitige Herniotomie; Bds. HT:= Beidseitige Herniotomie; AP-RV:= Anus-Praeter-Rückverlagerung; BWV:= Bauchwandverschluss)

	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum/Maximum
Patientenzahl	14			
Geschlecht (m/w)	12/2			
Ehemalige Frühgeborene (%)	10 (71,4)			
Gestationsalter (Wochen)		33,2	5,5	24 – 40
Chronologisches Alter (Wochen)		12,1	3,7	7,1 – 19,3
Postkonzeptionelles Alter (Wochen)		45,3	3,9	38,9 – 53,1
Korrigiertes Alter (Wochen)		5,3	3,9	-1,1 – 13,1
Gewicht (kg)		4,04	1,15	2,4 – 6,5
Apnoen in der Anamnese (%)	7 (50)			
Herniotomie einseitig (%)	9 (64,3)			
Herniotomie beidseits (%)	3 (21,4)			
Anus-praeter-Rückverlagerung (%)	1 (7,1)			
Bauchwandverschluss (%)	1 (7,1)			
Operationsdauer (Minuten)		41,4	36,2	10 – 135

Tab. 3.1 Patientendemographie

3.2. Erfolgs- und Komplikationsrate der Spinalanästhesie

Die Spinalanästhesie wurde in 92,9% der Fälle (bei 13 von 14 Kindern) erfolgreich durchgeführt. Diese Fälle wurden zur weiteren Auswertung der Temperaturveränderungen einbezogen. Eine geplante Herniotomie wurde nach erfolglosem Versuch der Anlage der Spinalanästhesie und Ablehnung einer Intubationsnarkose durch die Eltern nicht

durchgeführt. Während bei 9 von 13 Kindern die Anlage der Spinalanästhesie im ersten Versuch gelang, wurden in 30,8% der Fälle mehrere Versuche benötigt.

Bei fünf Kindern wurde neben einer Spinalanästhesie auch ein Kaudalblock/ -katheter angelegt.

Postoperativ traten bei keinem der 13 Patienten Apnoen auf.

3.3. Temperaturmessungen

3.3.1. Vor Anlage der Spinalanästhesie

Die ab dem Eintreffen der Kinder im Operationssaal, während des Anlegens des Monitorings und des intravenösen Zugangs bis zum Zeitpunkt der Spinalanästhesie hin erhobenen Temperaturmessungen wurden als präspinale Temperaturmessungen zusammengefasst. Die zu den einzelnen Messzeitpunkten vor Spinalanästhesie erhobenen Hauttemperaturen sind in Abbildung 3.4 dargestellt. Dabei zeigte sich, dass die Hauttemperatur aller Patienten (n = 13 Kinder mit erfolgreicher Spinalpunktion) im Bereich der Hände sowie des Stammes vor Spinalanästhesie annähernd konstant blieb. Der tendenzielle Abfall der Hauttemperatur im Bereich der Füße ist durch die im Vergleich zur Körpertemperatur niedrigere Raumtemperatur von $27^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ sowie durch die fehlende aktive Wärmung der Säuglinge zu erklären.

Die durchschnittliche Hauttemperatur der Hände aller Kinder vor Spinalanästhesie betrug $31,40^{\circ}\text{C} \pm 2,26^{\circ}\text{C}$. Die Hauttemperatur der Füße (Zehen) der 13 Patienten lag bei $30,38^{\circ}\text{C} \pm 2,38^{\circ}\text{C}$, während die Hauttemperatur am Stamm $35,41^{\circ}\text{C} \pm 0,62^{\circ}\text{C}$ betrug (Abbildung 3.5).

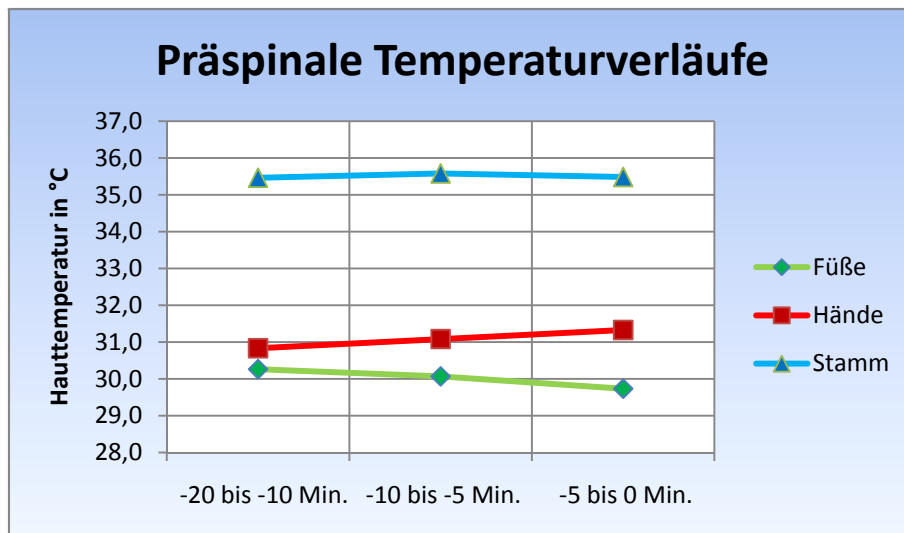


Abb. 3.4 Darstellung der durchschnittlichen präspinalen Temperaturverläufe der 13 Patienten im Bereich des Stammes, der Füße sowie der Hände

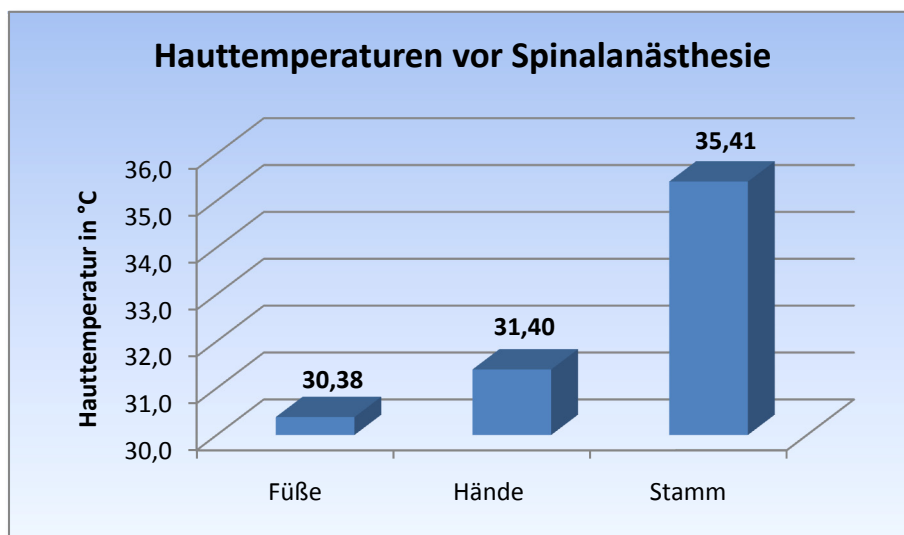


Abb. 3.5 Durchschnittliche Hauttemperaturen der 13 Patienten vor Spinalanästhesie

3.3.2. Bis 5 Minuten nach Spinalpunktion

Die bis 5 Minuten nach Anlage der Spinalanästhesie erfassten Temperaturen zeigten, dass die Hauttemperatur der Hände der 13 Säuglinge bei $32,41^{\circ}\text{C} \pm 1,9^{\circ}\text{C}$ lag, während die Temperatur im Bereich der Zehen durchschnittlich $32,31^{\circ}\text{C} \pm 2,32^{\circ}\text{C}$ betrug. Am Stamm wurde eine Hauttemperatur von $35,4^{\circ}\text{C} \pm 0,58^{\circ}\text{C}$ gemessen (Abbildung 3.6).

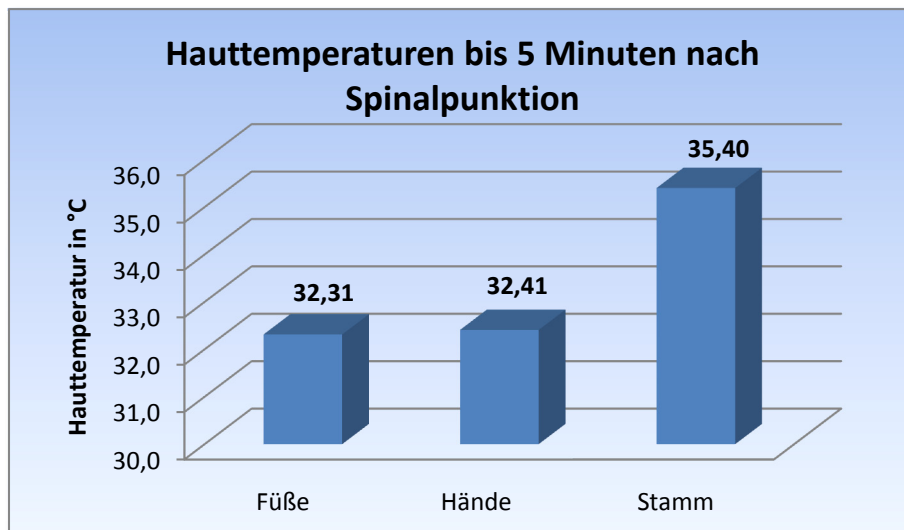


Abb. 3.6 Durchschnittliche Hauttemperaturen der 13 Patienten bis 5 Minuten nach Anlage der Spinalanästhesie

3.3.3. 5 bis 10 Minuten nach Spinalpunktion

Die zwischen 5 und 10 Minuten nach Spinalpunktion durchgeführten Temperaturmessungen ergaben für die Hände der 13 Patienten eine Hauttemperatur von $33,18^{\circ}\text{C} \pm 1,73^{\circ}\text{C}$ und für die Zehen eine Hauttemperatur von $33,78^{\circ}\text{C} \pm 1,77^{\circ}\text{C}$. Am Stamm lag die Hauttemperatur bei $35,16^{\circ}\text{C} \pm 0,49^{\circ}\text{C}$ (Abbildung 3.7).

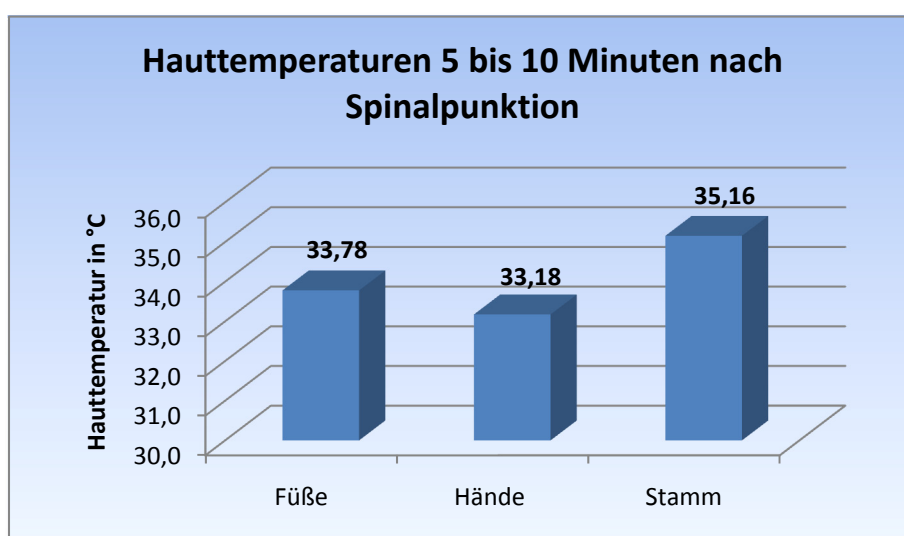


Abb. 3.7 Durchschnittliche Hauttemperaturen der 13 Patienten 5 bis 10 Minuten nach Anlage der Spinalanästhesie

3.3.4. 10 bis 20 Minuten nach Spinalpunktion

Die zwischen 10 und 20 Minuten nach Spinalpunktion erhobenen Temperaturmessungen zeigten, dass die Hauttemperatur der Hände der 13 Patienten $33,3^{\circ}\text{C} \pm 1,79^{\circ}\text{C}$ betragen, während die Hauttemperatur der Zehen bei $34,57^{\circ}\text{C} \pm 1,55^{\circ}\text{C}$ lag. Am Stamm wurde eine durchschnittliche Temperatur von $34,99^{\circ}\text{C} \pm 0,64^{\circ}\text{C}$ gemessen (Abbildung 3.8).

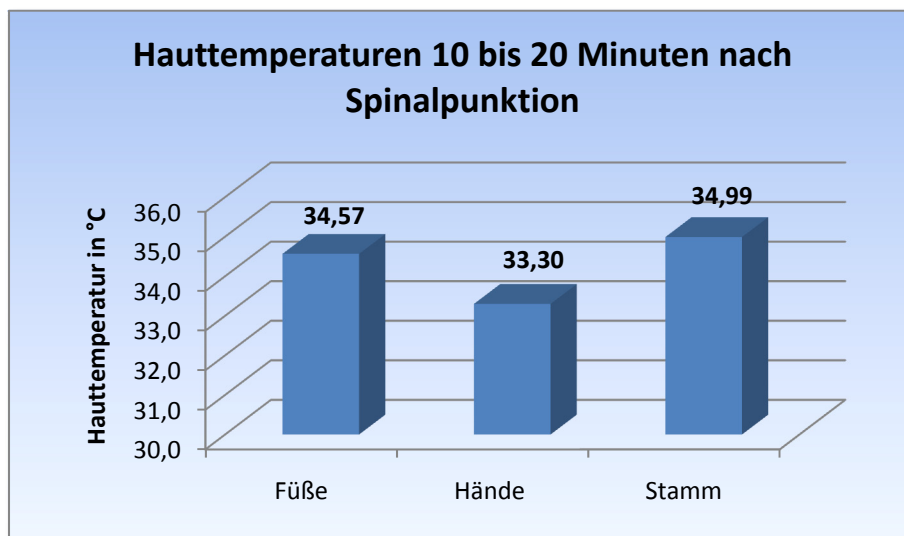


Abb. 3.8 Durchschnittliche Hauttemperaturen der 13 Patienten 10 bis 20 Minuten nach Anlage der Spinalanästhesie

3.4. Vergleich der Temperaturmessungen

3.4.1. Temperaturveränderungen im Bereich der Hände

Die Analyse der zeitlichen Veränderungen der Hauttemperatur unter Anlage der Spinalanästhesie im Bereich der Hände ergab bei den 13 Patienten, dass die Temperatur ausgehend von $31,40^{\circ}\text{C}$ vor Spinalanästhesie über $32,41^{\circ}\text{C}$ und $33,18^{\circ}\text{C}$ bis auf maximal $33,30^{\circ}\text{C}$ (10-20 Minuten nach Spinalpunktion) signifikant anstieg ($p < 0,05$). Dabei stellte sich heraus, dass sowohl der Vergleich der Temperatur zwischen dem Intervall 0 bis 5 Minuten nach Spinalanästhesie und der initialen Temperaturmessung vor Anlage der Spinalanästhesie als auch der Temperaturvergleich zwischen den Intervallen 5 bis 10 Minuten bzw. 10 bis 20 Minuten nach Spinalpunktion und der Ausgangsmessung vor Spinalanästhesie jeweils signifikant war ($p < 0,05$). Damit konnte gezeigt werden, dass es im Bereich der Hände bereits kurz nach Anlage der Spinalanästhesie zu einem Anstieg der Hauttemperatur

kommt (Abbildung 3.9). Bei den im Diagramm gezeigten Temperaturen handelt es sich um die Mittelwerte aller Messungen.

Die mittels Repeated Measures ANOVA- und Bonferroni post hoc - Test ermittelten durchschnittlichen Temperaturdifferenzen zwischen der Ausgangsmessung vor Anlage der Spinalanästhesie und den verschiedenen Zeitintervallen nach Spinalpunktion sind in Tabelle 3.2 dargestellt. Aufgrund fehlender Thermographieaufnahmen für den Vergleich zwischen dem Intervall 5 bis 10 Minuten bzw. 10 bis 20 Minuten nach Spinalpunktion und der Temperatureingangsmessung konnten vor Anlage der Spinalanästhesie nur 12 bzw. 8 Patienten eingeschlossen werden.

Beispiele der ausgewerteten Thermographiebilder mit den Temperaturmesspunkten an den Händen vor und nach Spinalanästhesie stellen die Bilder 3 und 4 dar.

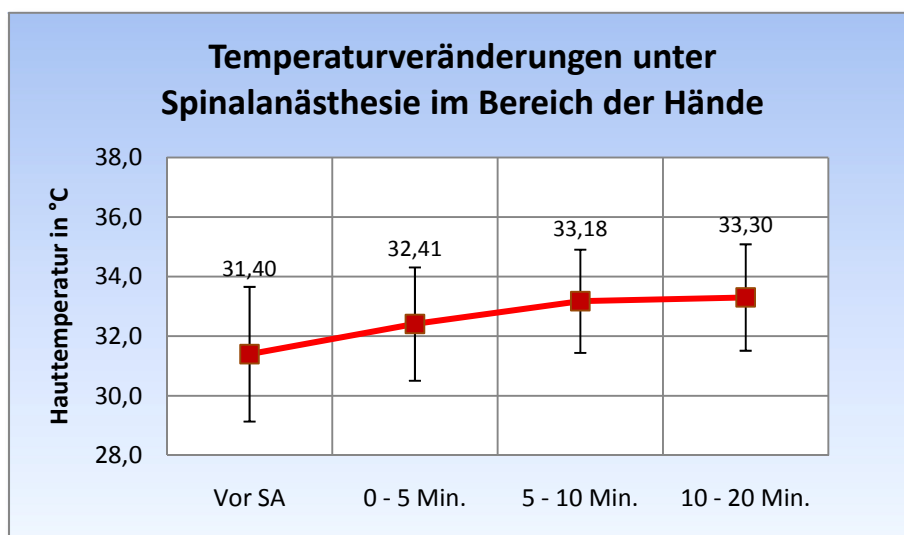
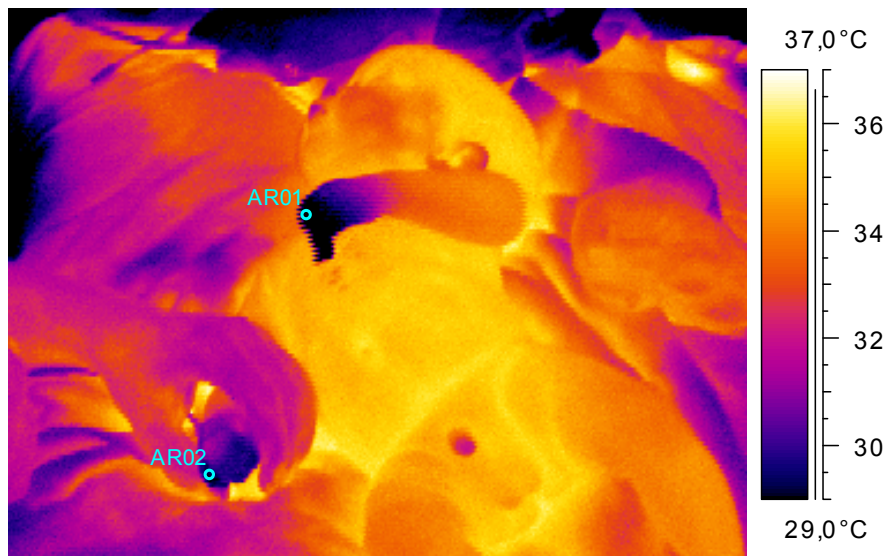


Abb. 3.9 Darstellung der Veränderungen der Hauttemperatur unter Spinalanästhesie (SA) bei 13 Patienten im Bereich der Hände ($p < 0,05$)

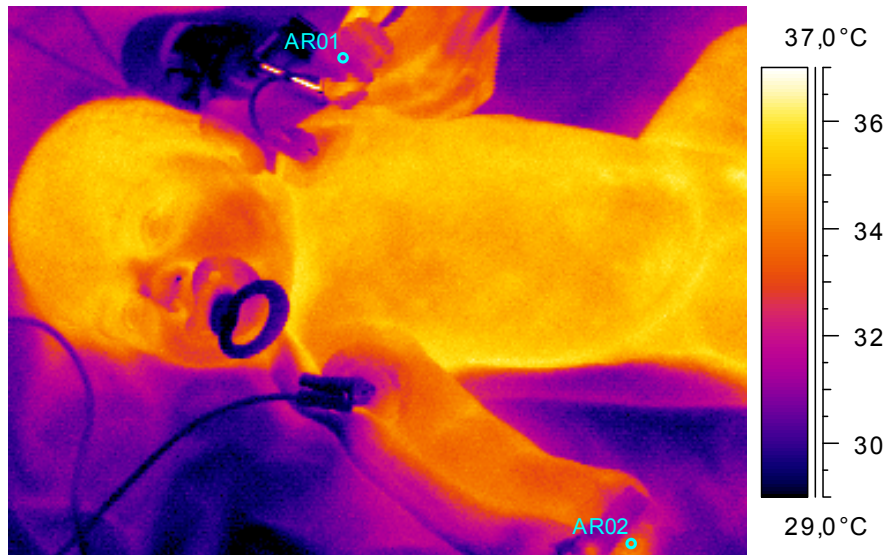
	Temperaturdifferenz (Mittelwert in °C)	KI (95%)	P-Wert	N
Vor SA vs. 0-5 Min.	1,01	0,34 bis 1,69	p < 0.05	13
Vor SA vs. 5-10 Min.	1,70	0,98 bis 2,42	p < 0.05	12
Vor SA vs. 10-20 Min.	1,53	0,50 bis 2,56	p < 0.05	8

Tab. 3.2 Darstellung der durchschnittlichen Temperaturdifferenzen zwischen der Ausgangsmessung vor Anlage der Spinalanästhesie (SA) und den verschiedenen Zeitintervallen nach Spinalpunktion im Bereich der Hände (ermittelt mittels Repeated Measures ANOVA – und Bonferroni post hoc – Test)



IR-Daten	Wert
Erstellungszeit	09:00:33
Bezeichnung	Wert
AR01	28,0°C
AR02	29,3°C

Bild 3 Thermographiebild mit Temperaturmesspunkten „Hände“ vor Spinalanästhesie



IR-Daten	Wert
Erstellungszeit	09:13:32
Bezeichnung	Wert
AR01	31,6°C
AR02	33,7°C

Bild 4 Thermographiebild mit Temperaturmesspunkten „Hände“ nach Spinalanästhesie

3.4.2. Temperaturveränderungen im Bereich der Füße

Betrachtet man bei den 13 Patienten die Veränderungen der Hauttemperatur unter Anlage der Spinalanästhesie, so zeigt sich, dass die Temperatur im Bereich der Zehen signifikant von 30,38° C über 32,31° C und 33,78° C auf maximal 34,57° C anstieg ($p < 0,05$). Dabei stellte sich heraus, dass sowohl der Anstieg der Hauttemperatur für das Intervall 0 bis 5 Minuten nach Spinalpunktion (30,38° C \rightarrow 32,31° C) als auch der Anstieg der Hauttemperatur 5 bis 10 Minuten (30,38° C \rightarrow 33,78° C) und 10 bis 20 Minuten nach Spinalpunktion (30,38° C \rightarrow 34,57° C) jeweils im Vergleich zur Ausgangsmessung vor Anlage der Spinalanästhesie signifikant war ($p < 0,05$). Damit konnte gezeigt werden, dass es bereits kurz nach Anlage der Spinalanästhesie zu einem Anstieg der Hauttemperatur im Bereich der Zehen kommt wie in Abbildung 3.10 dargestellt. Dabei handelt es sich bei den im Diagramm gezeigten Temperaturen um die Mittelwerte aller Messungen.

Die mittels Repeated Measures ANOVA- und Bonferroni post hoc - Test ermittelten durchschnittlichen Temperaturdifferenzen zwischen der Ausgangsmessung vor Anlage der Spinalanästhesie und den verschiedenen Zeitintervallen nach Spinalpunktion sind in Tabelle 3.3 dargestellt. Zu erwähnen ist, dass für den Vergleich der Temperaturmessungen zwischen

dem Intervall 10 bis 20 Minuten nach Spinalpunktion und der Ausgangsmessung vor Spinalpunktion aufgrund fehlender Thermographieaufnahmen nur 8 der 13 Kinder eingeschlossen werden konnten.

Beispiele der ausgewerteten Thermographiebilder mit den Temperaturmesspunkten an den Füßen vor und nach Spinalanästhesie stellen die Bilder 5 und 6 dar.

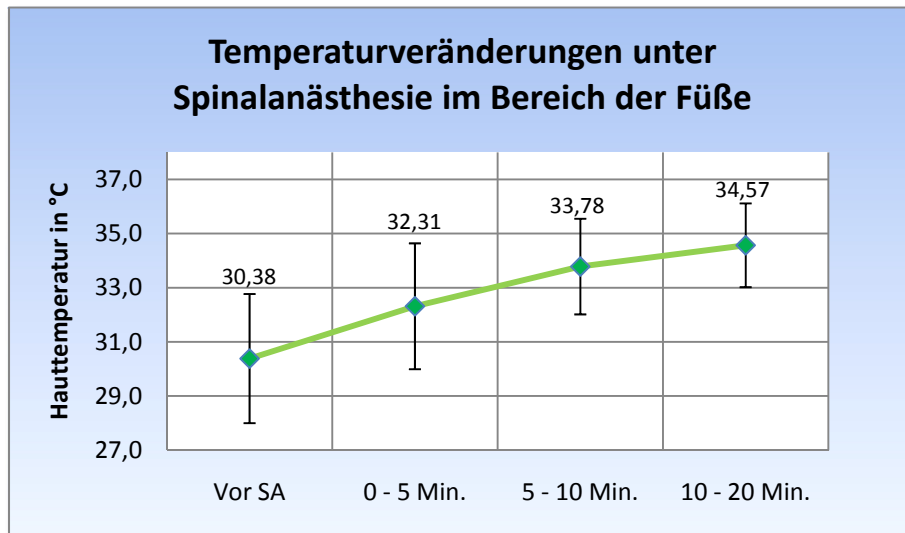
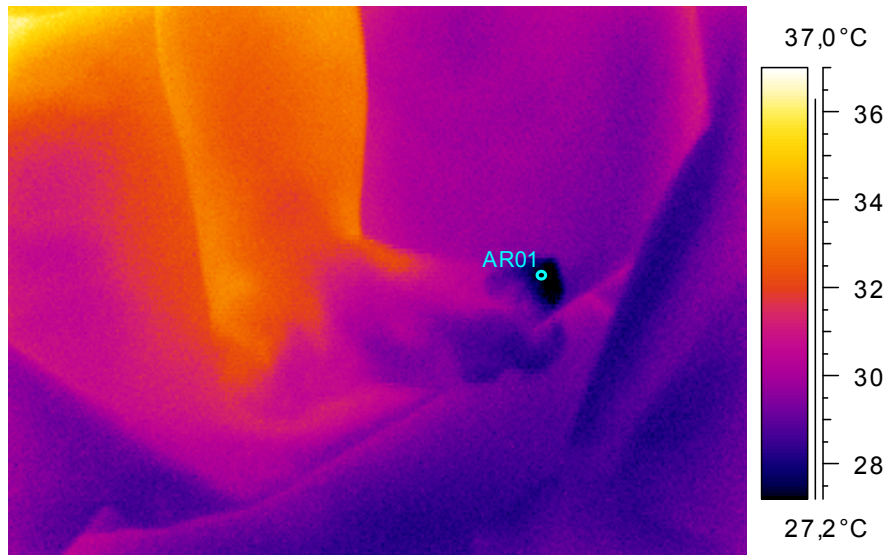


Abb. 3.10 Darstellung der Veränderungen der Hauttemperatur unter Spinalanästhesie (SA) bei 13 Patienten im Bereich der Füße ($p < 0.05$)

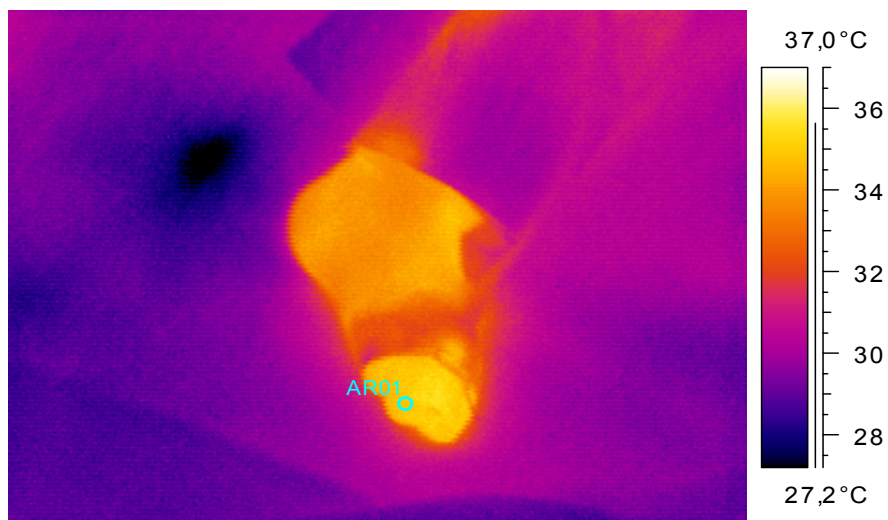
	Temperaturdifferenz (Mittelwert in °C)	KI (95%)	P-Wert	N
Vor SA vs. 0-5 Min.	1,93	0,89 bis 2,97	$p < 0.05$	13
Vor SA vs. 5-10 Min.	3,40	2,36 bis 4,44	$p < 0.05$	13
Vor SA vs. 10-20 Min.	3,97	2,60 bis 5,33	$p < 0.05$	8

Tab. 3.3 Darstellung der durchschnittlichen Temperaturdifferenzen zwischen der Ausgangsmessung vor Anlage der Spinalanästhesie (SA) und den verschiedenen Zeitintervallen nach Spinalpunktion im Bereich der Zehen (ermittelt mittels Repeated Measures ANOVA – und Bonferroni post hoc – Test)



IR-Daten	Wert
Erstellungszeit	08:56:01
Bezeichnung	Wert
AR01	27,0°C

Bild 5 Thermographiebild mit Temperaturmesspunkt „Fuß“ vor Spinalanästhesie



IR-Daten	Wert
Erstellungszeit	09:17:35
Bezeichnung	Wert
AR01	35,0°C

Bild 6 Thermographiebild mit Temperaturmesspunkt „Fuß“ nach Spinalanästhesie

3.4.3. Temperaturveränderungen am Stamm

Im Gegensatz zu den Hautveränderungen an Händen und Füßen fiel die Hauttemperatur der 13 Kinder am Stamm von initial $35,41^{\circ}\text{C}$ über $35,40^{\circ}\text{C}$ und $35,16^{\circ}\text{C}$ auf $34,99^{\circ}\text{C}$ signifikant ab ($p < 0,05$). Dabei war der Abfall der Temperatur zwischen dem Intervall 5 bis 10 Minuten ($35,41^{\circ}\text{C} \rightarrow 35,16^{\circ}\text{C}$) bzw. 10 bis 20 Minuten ($35,41^{\circ}\text{C} \rightarrow 34,99^{\circ}\text{C}$) nach Spinalanästhesie und der Temperaturausgangsmessung vor Anlage der Spinalanästhesie jeweils signifikant ($p < 0,05$), während sich die Temperaturveränderung zwischen dem Intervall 0 bis 5 Minuten nach Spinalpunktion ($35,41^{\circ}\text{C} \rightarrow 35,40^{\circ}\text{C}$) und der initialen Hauttemperatur vor Anlage der Spinalanästhesie als nicht signifikant darstellte ($p > 0,05$). Daraus lässt sich schließen, dass es am Stamm erst nach einer Verzögerung von 5 Minuten zu einer Temperaturveränderung in Form eines Temperaturabfalls kommt (Abbildung 3.11). Bei den im Diagramm gezeigten Temperaturen handelt es sich um die Mittelwerte aller Messungen.

Die mittels Repeated Measures ANOVA- und Bonferroni post hoc - Test ermittelten durchschnittlichen Temperaturdifferenzen zwischen der Ausgangsmessung vor Anlage der Spinalanästhesie und den verschiedenen Zeitintervallen nach Spinalpunktion sind in Tabelle 3.3 dargestellt. Wie auch für den Vergleich der Temperaturmessungen an den Händen konnten aufgrund fehlender Thermographieaufnahmen für den Vergleich zwischen dem Intervall 5 bis 10 Minuten bzw. 10 bis 20 Minuten nach Spinalanästhesie und der Ausgangsmessung vor Anlage der Spinalanästhesie lediglich 12 bzw. 8 Patienten eingeschlossen werden.

Beispiele der ausgewerteten Thermographiebilder mit den Temperaturmesspunkten am Stamm vor und nach Spinalanästhesie stellen die Bilder 7 und 8 dar.

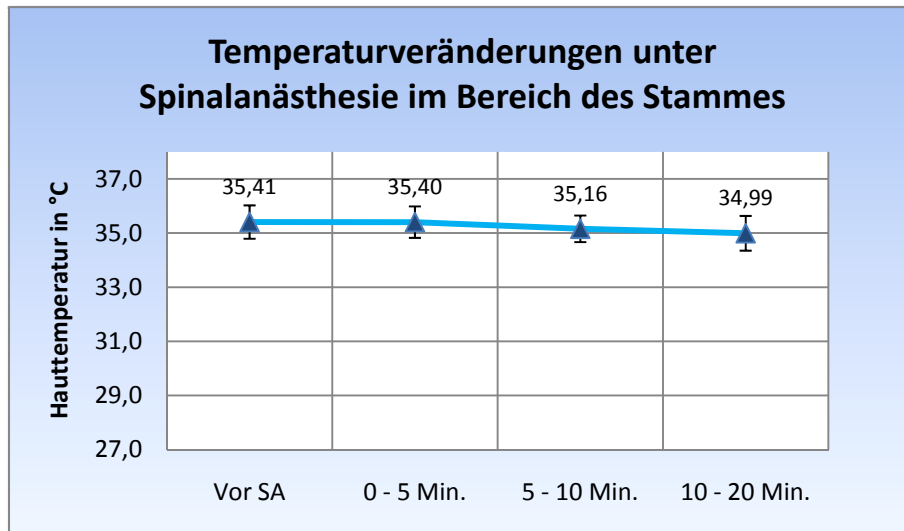
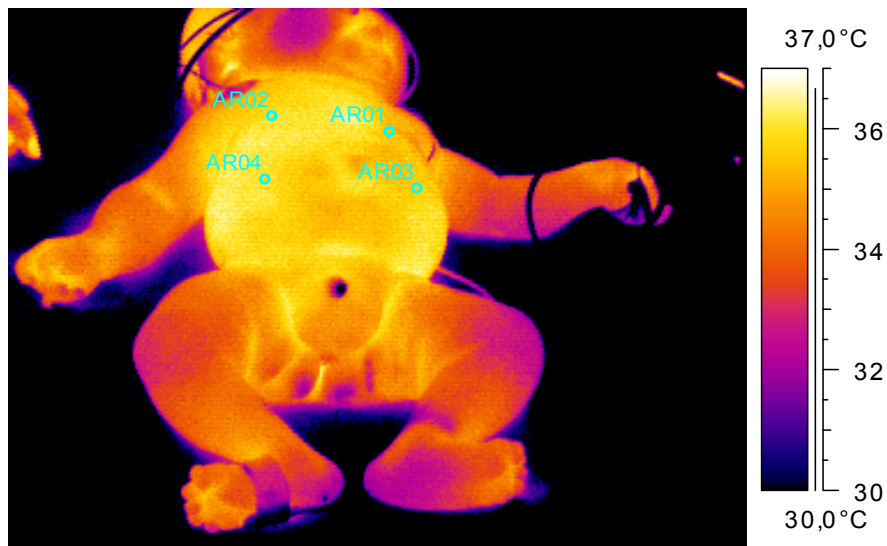


Abb. 3.11 Darstellung der Veränderungen der Hauttemperatur unter Spinalanästhesie (SA) bei 13 Patienten im Bereich des Stammes ($p < 0,05$)

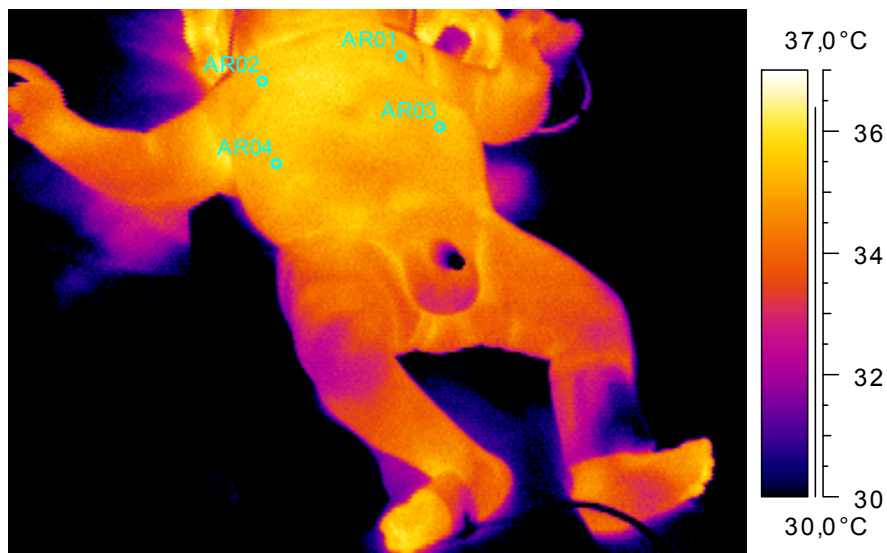
	Temperaturdifferenz (Mittelwert in °C)	KI (95%)	P-Wert	N
Vor SA vs. 0-5 Min.	0,00	-0,19 bis 0,18	n.s.	13
Vor SA vs. 5-10 Min.	-0,28	-0,47 bis -0,09	$p < 0.05$	12
Vor SA vs. 10-20 Min.	-0,60	-0,84 bis -0,35	$p < 0.05$	8

Tab. 3.3 Darstellung der durchschnittlichen Temperaturdifferenzen zwischen der Ausgangsmessung vor Anlage der Spinalanästhesie (SA) und den verschiedenen Zeitintervallen nach Spinalpunktion im Bereich des Stammes (ermittelt mittels Repeated Measures ANOVA – und Bonferroni post hoc – Test)



IR-Daten	Wert
Erstellungszeit	10:29:14
Bezeichnung	Wert
AR01	35,4°C
AR02	36,1°C
AR03	35,5°C
AR04	36,0°C

Bild 7 Thermographiebild mit Temperaturmesspunkten „Stamm“ vor Spinalanästhesie



IR-Daten	Wert
Erstellungszeit	10:48:48
Bezeichnung	Wert
AR01	35,2°C
AR02	35,6°C
AR03	35,4°C
AR04	35,5°C

Bild 8 Thermographiebild mit Temperaturmesspunkten „Stamm“ nach Spinalanästhesie

Zusammenfassend betrachtet, steigt bei Säuglingen die Hauttemperatur nach Anlage einer Spinalanästhesie sowohl im Bereich der Hände als auch im Bereich der Füße an, während sie am Stamm hingegen absinkt (Abbildung 3.12).

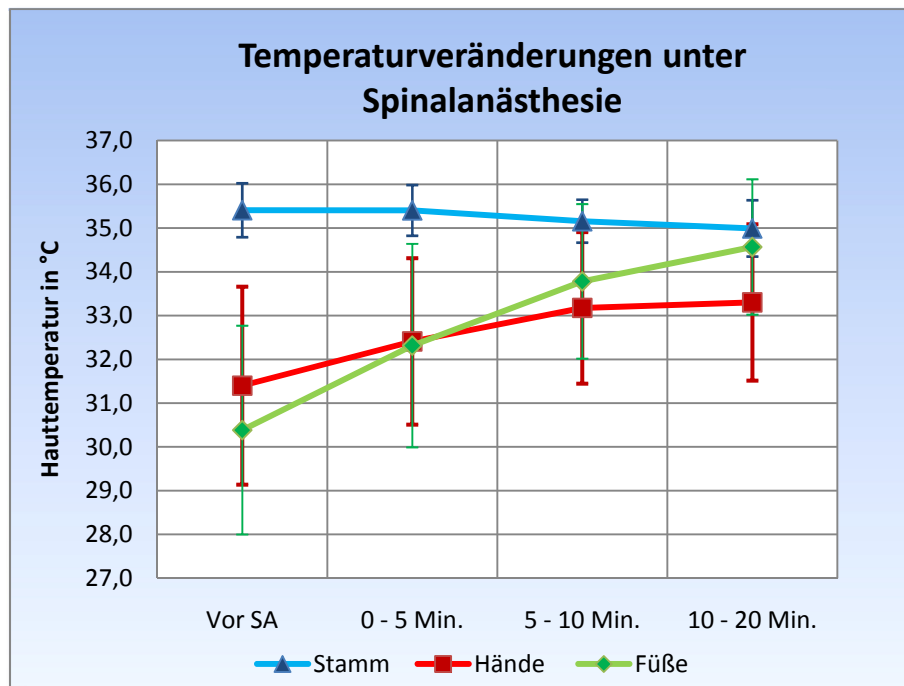


Abb. 3.12 Übersicht über die Veränderungen der Hauttemperatur unter Spinalanästhesie (SA) bei den 13 Patienten an den verschiedenen Temperaturmesspunkten

3.4.4. Auswirkungen einer erfolglosen Anlage der Spinalanästhesie auf die Hauttemperatur anhand zweier Beispiele

3.4.4.1. Patient A

Bei einem der insgesamt 14 Patienten (7,1% der Fälle) war die Anlage der Spinalanästhesie nach frustrierender Spinalpunktion erfolglos. Die Auswertung und Analyse der dennoch erstellten Thermografieaufnahmen zeigte, dass bei dem Patienten sowohl die Hauttemperatur im Bereich der Füße als auch im Bereich der Hände rasch absank, während die Hauttemperatur am Stamm langsamer abfiel. Ausgehend von einer Hauttemperatur von 32,79° C vor Spinalpunktion sank die Temperatur im Bereich der Füße über 32,33° C bis auf 30,58° C 5 bis 10 Minuten nach versuchter Spinalanästhesie-Anlage ab. Im Bereich der Hände zeigte sich, dass die Hauttemperatur mit 33,1° C bzw. 33,42° C zunächst annähernd konstant blieb und

dann 5-10 Minuten nach erfolgloser Spinalpunktion auf $32,19^{\circ}\text{C}$ abfiel. Die Hauttemperatur am Stamm fiel langsam, aber stetig von $37,03^{\circ}\text{C}$ vor Spinalpunktion über $36,94^{\circ}\text{C}$ auf $36,30^{\circ}\text{C}$ 5 bis 10 Minuten nach versuchter Spinalanästhesie-Anlage ab (Abbildung 3.13).

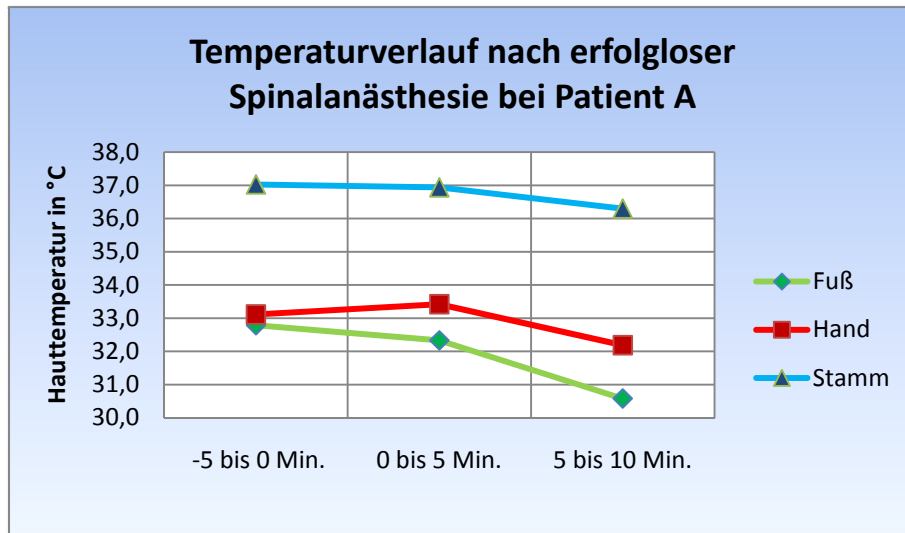


Abb. 3.13 Darstellung des Temperaturverlaufs an den verschiedenen Temperaturmesspunkten bei Patient A nach erfolgloser Anlage der Spinalanästhesie

3.4.4.2. Patient B

Ähnliche Ergebnisse ergab die Analyse der Hauttemperaturen bei einem weiteren Patienten (Patient B), bei dem nach erster erfolgreicher Spinalpunktion das Lokalanästhetikum appliziert wurde, dies jedoch nicht zu einer Bewegungsunfähigkeit der Beine führte, so dass von einer erfolglosen Anlage der Spinalanästhesie ausgegangen wurde. Die in diesem Rahmen erfassten Hauttemperaturen zeigten, dass es unter der zunächst als erfolgreich angenommenen Anlage der Spinalanästhesie zu keiner wesentlichen Veränderung der Temperaturen kam. Im Bereich der Füße ergab die Auswertung der Thermographiebilder einen leichten Abfall der Hauttemperatur von initial $29,7^{\circ}\text{C}$ über $28,9^{\circ}\text{C}$ vor Spinalpunktion bis auf $28,6^{\circ}\text{C}$ 5 Minuten nach Spinalpunktion. Im Bereich der Hände zeigte sich, dass die Hauttemperatur ebenfalls nur leicht von $30,9^{\circ}\text{C}$ über $30,7^{\circ}\text{C}$ (vor Spinalpunktion) bis auf $30,6^{\circ}\text{C}$ (nach Spinalpunktion) abfiel. Auch die Analyse der Hauttemperatur am Stamm ergab, dass es ausgehend von einer initialen Temperatur von $36,6^{\circ}\text{C}$ über $36,2^{\circ}\text{C}$ vor Spinalpunktion zu einem leichten Abfall der Hauttemperatur auf bis zu $35,9^{\circ}\text{C}$ 5 Minuten nach Spinalpunktion kam (Abbildung 3.14).

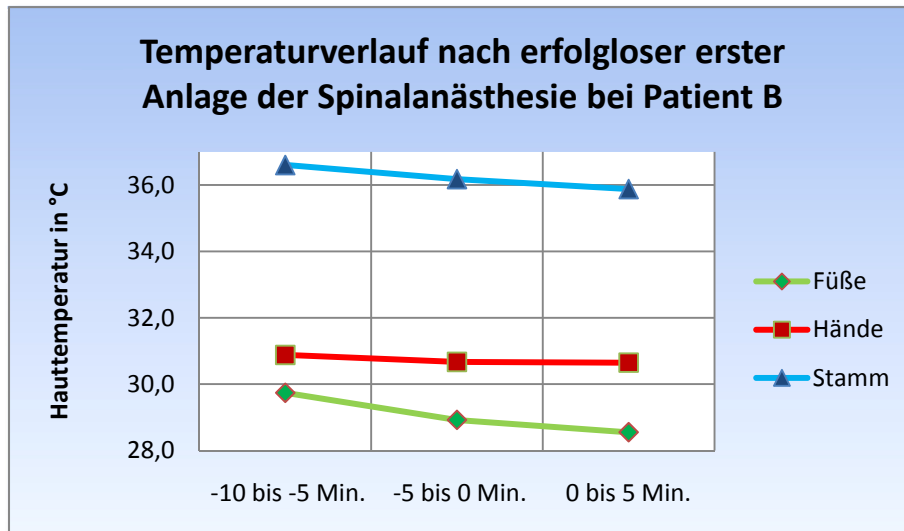


Abb. 3.14 Darstellung der Veränderungen der Hauttemperaturen an den verschiedenen Temperaturmesspunkten bei Patient B unter erfolgloser Anlage der Spinalanästhesie

Aufgrund der ersten erfolglosen Anlage der Spinalanästhesie wurde eine zweite Spinalpunktion durchgeführt, woraufhin anschließend die intrathekale Applikation der Spinalanästhesie erfolgreich gelang. Wie bei den anderen 12 Patienten beschrieben, kam es auch bei diesem Patienten unter der Spinalanästhesie im Bereich der Füße zu einem deutlichen Anstieg der Hauttemperatur von initial $29,6^{\circ}\text{C}$ bzw. $28,9^{\circ}\text{C}$ und $28,6^{\circ}\text{C}$ vor Spinalpunktion über $31,2^{\circ}\text{C}$ und $32,6^{\circ}\text{C}$ (0 bis 5 Minuten und 5 bis 10 Minuten nach Anlage der Spinalanästhesie) bis auf maximal $33,5^{\circ}\text{C}$ 10 bis 15 Minuten nach Spinalpunktion. Die Analyse der Hauttemperatur am Stamm ergab wie auch bei den anderen Kindern einen leichten Abfall der Temperatur von $36,5^{\circ}\text{C}$, $36,1^{\circ}\text{C}$ und $35,9^{\circ}\text{C}$ vor Spinalpunktion über $36,1^{\circ}\text{C}$ und $35,8^{\circ}\text{C}$ (0 bis 5 Minuten und 5 bis 10 Minuten nach Spinalpunktion) auf $35,4^{\circ}\text{C}$ 10 bis 15 Minuten nach Anlage der Spinalanästhesie. Im Bereich der Hände zeigte sich, dass die Hauttemperatur, ausgehend von einer Temperatur von $30,6^{\circ}\text{C}$, $30,9^{\circ}\text{C}$ und $30,5^{\circ}\text{C}$ (-15 bis -10, -10 bis -5 und -5 bis 0 Minuten) vor Spinalpunktion, im Verlauf auf eine Temperatur von $31,0^{\circ}\text{C}$ 0 bis 5 Minuten nach Anlage der Spinalanästhesie leicht anstieg und dann mit $31,2^{\circ}\text{C}$ und $31,0^{\circ}\text{C}$ (5 bis 10 Minuten und 10 bis 15 Minuten nach Spinalpunktion) konstant blieb (Abbildung 3.15).

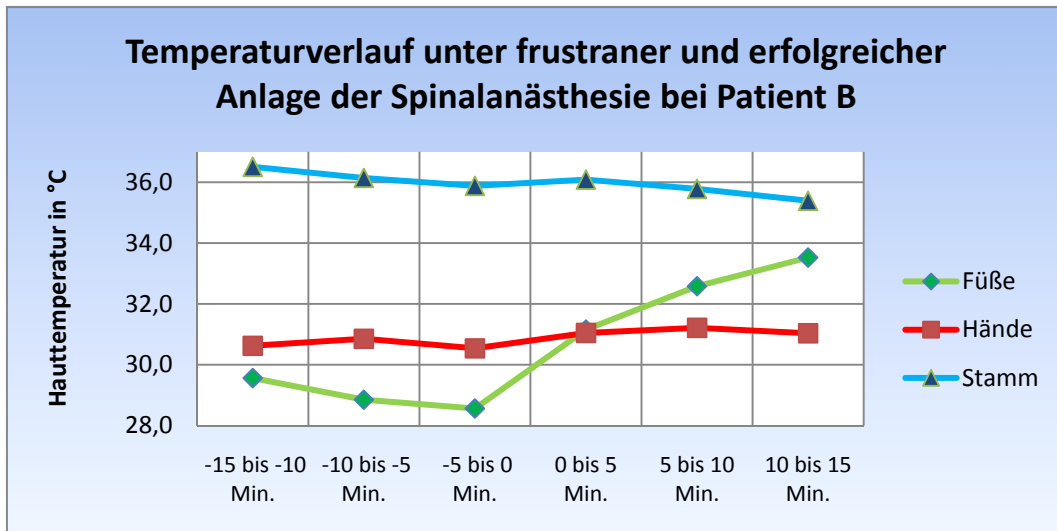


Abb. 3.15 Darstellung der Veränderungen der Hauttemperaturen an den verschiedenen Temperaturmesspunkten bei Patient B nach zunächst frustraner und dann erfolgreicher Anlage der Spinalanästhesie

4. Diskussion und Schlussfolgerungen

4.1. Temperaturveränderungen unter Spinalanästhesie

Bei Säuglingen unter Spinalanästhesie treten in verschiedenen Körperregionen teilweise ausgeprägte Veränderungen der Hauttemperatur als Zeichen der Sympathikolyse auf. Es konnte erstmals dargestellt werden, dass es auch im Bereich der Hände zu Veränderungen der Hauttemperatur kommt: Nicht nur im Bereich der Füße (s.u.) sondern auch im Bereich der Hände stieg die Hauttemperatur signifikant von initial 31,40 ° C auf 33,30 ° C innerhalb von 20 Minuten nach Anlage der Spinalanästhesie an. Damit konnte gezeigt werden, dass es auch bei Säuglingen unter Spinalanästhesie im Bereich der oberen Extremitäten zu einer sympathischen Blockade bei ausbleibender motorischer Blockade kommt. Dieses Ergebnis ist insofern überraschend, als es an der unteren Extremität unter einer Spinalanästhesie regelhaft zu einer motorischen und sympathischen Blockade zugleich kommt. Der Unterschied ist allerdings aufgrund der unterschiedlichen Innervation der Extremitäten gut erklärbar, wie im Folgenden diskutiert werden soll:

1. Die Spinalanästhesie entfaltet ihre Wirkung an den Vorder- und Hinterhornwurzeln des Rückenmarks. In diesem Bereich sind die Nerven am dünnsten von Glia bzw. Markscheiden umgeben und für die Wirkung von Lokalanästhetika besonders empfindlich. Die sympathischen, vasomotorischen Fasern, die ihren Ursprung in den Nuclei intermediomedialis und intermediolateralis des Rückenmarks haben, treten mit den Vorderwurzeln von C8 bis L2/3 aus dem Rückenmark aus. Sie verlaufen weiter kurz mit dem Spinalnerven, verlassen die Wirbelsäule und ziehen als Rami communicantes albi zum Grenzstrang und den sympathischen Ganglien hin. Dabei entspringen die vasomotorischen Fasern der oberen Extremität aus den obersten thorakalen Segmenten und dem Segment C8, während die Fasern der unteren Extremität aus den oberen lumbalen Segmenten entspringen. Im Grenzstrang, wo die Umschaltung auf das postganglionäre Neuron erfolgt, spalten sich die Fasern über mehrere Segmente auf. Von hier aus zieht der Ramus communicans griseus zurück zum Spinalnerven und findet dort Anschluss an den weiteren Verlauf des peripheren Nerven, den er am Erfolgsorgan, z.B. den Gefäßen einer Extremität, verlässt.
2. Bei einer Spinalanästhesie wird das Lokalanästhetikum im Bereich der lumbalen Wirbelsäule injiziert. Danach verbreitet es sich in kraniokaudaler Richtung und erreicht in der Regel mittlere bis hohe thorakale Segmente sowie die gesamten kaudalen Abschnitte des

Rückenmarks. Die Ausdehnung der Spinalanästhesie steuert der Anästhesist bei Verwendung einer hyperbaren Lösung durch entsprechende Lagerung des Patienten. Dementsprechend sollten bei der Spinalanästhesie immer alle motorischen Fasern für die untere Extremität sowie die aus höheren Segmenten stammenden Fasern für die Rumpfmuskulatur blockiert sein. Die Blockade der Rumpfmuskeln kann allerdings nicht so leicht geprüft werden, insbesondere nicht beim Säugling. Geprüft werden kann die sensible Blockade, die etwa ein bis zwei Segmente höher reicht als die motorische Blockade. Diese höhere Blockade ist begründet durch die Überlappung der sensiblen Dermatome. Die Blockade der sympathischen Fasern reicht ca. 1-2 weitere Segmente höher als die der sensiblen Fasern, da die sympathischen Fasern im Grenzstrang noch um mehrere Segmente auf- bzw. absteigen.

Steigt das Lokalanästhetikum ausreichend hoch auf, so kann es im thorakalen Bereich die vasomotorischen Fasern der oberen Extremität blockieren ohne die erst zervikal entspringenden motorischen Fasern zu beeinträchtigen. Die Beobachtung, dass es im Bereich der oberen Extremität zu einer Sympathikolyse, jedoch nicht zu einem motorischen Block kommt, spricht also dafür, dass das Lokalanästhetikum bei dem gewählten Verfahren regelhaft die oberen thorakalen Segmente, nicht jedoch die zervikalen Segmente erreicht. Dies steht in guter Übereinstimmung mit der klinischen Beobachtung, dass unter einer Spinalanästhesie bei Säuglingen selbst große Oberbaucheingriffe oder thorakale Eingriffe erfolgreich durchgeführt worden sind [1, 3, 5, 7-17].

3. Bei Erwachsenen erreicht eine Spinalanästhesie ohne besondere Lagerungsmanöver regelhaft nur mittlere thorakale Segmente, da sich bei Rückenlagerung das hyperbare Lokalanästhetikum bis zur Brustkyphose ausbreitet. Im Unterschied dazu zeigt die Wirbelsäule des Säuglings noch nicht die S-Form des Erwachsenen. Im Liegen ist die Wirbelsäule des Säuglings weitestgehend flach und steigt kranial nur infolge des großen Kopfes an. Dementsprechend wird man bei einer hyperbaren Spinalanästhesie auch eine Ausdehnung bis in obere thorakale Segmente erwarten müssen. Um einer etwaigen zu hohen Ausdehnung vorzubeugen, wird daher der Operationstisch nach der Injektion des Lokalanästhetikums immer leicht fußtief gestellt und darauf geachtet, dass der Kopf höchster Punkt bleibt. Ein Anheben der Beine zum Platzieren einer Neutralelektrode am Rumpf ist streng verboten. In der Literatur existiert ein Fallbericht, bei dem die Spinalanästhesie nach einer solchen Maßnahme zur Lähmung der Atemmuskulatur führte und der Patient vorübergehend beatmet werden musste. Dies erklärt sich aus dem vorhergehend über die Wirbelsäule des Säuglings Gesagten zwanglos, während eine solch dramatische Ausdehnung bei Erwachsenen nicht erwartet wird.

In der vorliegenden Studie konnte ebenfalls gezeigt werden, dass es nach Anlage der Spinalanästhesie auch im Bereich der Füße (Zehen) zu einem signifikanten Anstieg der Hauttemperatur von initial 30,38 ° C vor Spinalpunktion auf 34,57 ° C innerhalb von 20 Minuten nach Anlage der Spinalanästhesie kommt. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen 2006 auch Jetzek-Zader et al. in ihrer Studie über 15 Säuglinge, die im Rahmen einer Leistenhernien-Operation eine Spinalanästhesie erhielten. In dieser Studie wurde ein vergleichsweise ähnlich deutlicher Anstieg der Hauttemperatur im Bereich der Füße von initial 33,0 ° C vor Spinalpunktion auf 35,6 ° C 20 Minuten nach Anlage der Spinalanästhesie beschrieben. Die ebenfalls von Jetzek-Zader et al. erfasste Hauttemperatur im Bereich des Stammes blieb unter Spinalanästhesie hingegen konstant zwischen 35 ° C und 36 ° C [2]. Im Gegensatz dazu zeigte sich in der vorliegenden Studie jedoch ein kleiner, aber signifikanter Abfall der Hauttemperatur im Bereich des Stammes unter Spinalanästhesie, wobei es erst nach einer Verzögerung von 5 Minuten zu einer Veränderung der Hauttemperatur kam. Als für den Temperaturabfall im Stammbereich ursächlich sehen wir dabei zum Einen die Umverteilung des Blutvolumens und damit auch der Wärme von zentral nach peripher an und zum Anderen den Wärmeverlust über die verhältnismäßig große Hautfläche des Körperstammes an die kühlere Umgebungsluft (Raumluft mit einer Temperatur von 27 ° C ± 0,5 ° C).

4.2. Erfolgs- und Komplikationsrate der Spinalanästhesie

Die Spinalanästhesie stellte sich in der vorliegenden Studie als sicher und effektiv im Rahmen von abdominellen operativen Eingriffen bei Säuglingen dar. Perioperativ traten keine Komplikationen auf. Die Erfolgsrate der Anlage der Spinalanästhesie lag bei 92,9% (n = 13 von 14 Patienten), wobei alle Spinalpunktionen durch denselben erfahrenen Anästhesisten durchgeführt wurden. Dabei wurde der Erfolg der angelegten Spinalanästhesie über den Verlust der motorischen Fähigkeiten der unteren Extremitäten bei erhaltener Motorik der oberen Extremitäten definiert. Eine vergleichbare Erfolgsrate von 95,4% wurde in der Studie von Williams et al. über das Vermont Infant Spinal Registry, welches insgesamt 1554 Patienten erfasste, erreicht. Dabei wurden die Spinalpunktionen im Rahmen dieser Studie jedoch sowohl durch erfahrene als auch durch unerfahrene Anästhesisten durchgeführt [4].

Auch der postoperative Verlauf stellte sich in unserer Studie bei den erfolgreich mit einer Spinalanästhesie versorgten 13 Patienten als unkompliziert dar; insbesondere wurden keine

postoperativen Apnoen beobachtet. Dabei hatten 50% der eingeschlossenen Säuglinge (n=7), bei einem durchschnittlichen postkonzeptionellen Alter von 42,4 Wochen zum Operationszeitpunkt, Apnoen in der Anamnese, womit das Alter dieser Patienten in dem Bereich von unter 46 Wochen lag, für den die höchste Inzidenz hinsichtlich postoperativer Apnoen beschrieben ist [3, 19, 20]. Das postkonzeptionelle Alter aller 14 Patienten zum Operationszeitpunkt betrug 45,3 Wochen. Die in unserer Studie beobachtete postoperative Apnoerate von 0% ist mit denen früherer Studien vergleichbar [1, 3, 25].

4.3. Einschränkungen

Da es sich bei der vorliegenden Studie um eine monozentrisch in der Universitätsklinik Düsseldorf, über nur ein Jahr hinweg durchgeführte Untersuchung handelte, ist die Fallzahl mit insgesamt 14 Patienten sehr klein. Dies ist bei der Beurteilung der Ergebnisse zu berücksichtigen. Des Weiteren stellte sich während der Durchführung der Studie die Anfertigung der Thermographieaufnahmen als problematisch dar, da die im Vorfeld definierten Aufnahme-Zeitpunkte aufgrund der individuellen Operationsabläufe häufig nicht exakt eingehalten werden konnten. Aufgrund dessen wurden im Verlauf der Studie Temperaturintervalle erhoben, wodurch letztlich nur zeitliche Intervalle zwischen 5 und 10 Minuten und keine genauen Zeitpunkte ausgewertet werden konnten. Auch die Auswertung der Thermographieaufnahmen stellt eine mögliche Fehlerquelle dar, da es keine standardisierten Körperpositionen für die Patienten zu den jeweiligen Messzeitpunkten gab und somit die Temperaturmessungen individuell an den verschiedenen Körperpositionen durchgeführt werden mussten. Diese Störungen des Messablaufes begründen sich dadurch, dass der Gesamttablauf der Versorgung der Patienten durch die Messungen nur möglichst wenig alteriert werden sollte.

4.4. Schlussfolgerungen

Hinsichtlich der zu untersuchenden Veränderungen der Hauttemperatur unter Spinalanästhesie konnte gezeigt werden, dass es bei Säuglingen unter Spinalanästhesie als Zeichen der Sympathikolyse nicht nur im Bereich der Füße, sondern auch im Bereich der oberen Extremitäten zu einem signifikanten Anstieg der Hauttemperatur kommt. Bei keinem

Patienten kam es zu einer motorischen Beeinträchtigung der Arme. Die Ausdehnung der Spinalanästhesie kann aufgrund der anatomischen Besonderheiten hinsichtlich der nervalen Versorgung der oberen Extremität auf die obersten thorakalen Segmente eingegrenzt werden. Durch Umverteilung des Blutvolumens und damit auch der Wärme von zentral nach peripher sowie durch einen Wärmeverlust an die Umgebungsluft kommt es im Bereich des Körperstammes hingegen zu einem Abfall der Hauttemperatur. In keinem Fall kam es zu einer relevanten Hypothermie. Die Spinalanästhesie stellte sich in der vorliegenden Studie als sicher und effektiv im Rahmen von abdominellen operativen Eingriffen bei Säuglingen dar. Perioperativ traten keine Komplikationen auf. Auch wurden keine postoperativen Apnoen beobachtet.

Die maximal möglichen Veränderungen der Hauttemperatur bei Säuglingen unter Spinalanästhesie sollten im Rahmen größerer Studien zukünftig weiter untersucht werden.

5. Literaturverzeichnis

1. Abajian, J.C., et al., *Spinal anesthesia for surgery in the high-risk infant*. *Anesth Analg*, 1984. 63(3): p. 359-62.
2. Jetzek-Zader, M., et al., *Increase in skin temperature after spinal anesthesia in infants*. *Reg Anesth Pain Med*, 2006. 31(6): p. 519-22.
3. Sartorelli, K.H., et al., *Improved outcome utilizing spinal anesthesia in high-risk infants*. *J Pediatr Surg*, 1992. 27(8): p. 1022-5.
4. Williams, R.K., et al., *The safety and efficacy of spinal anesthesia for surgery in infants: the Vermont Infant Spinal Registry*. *Anesth Analg*, 2006. 102(1): p. 67-71.
5. Williams, R.K., W.J. McBride, and J.C. Abajian, *Combined spinal and epidural anaesthesia for major abdominal surgery in infants*. *Can J Anaesth*, 1997. 44(5 Pt 1): p. 511-4.
6. Nickel, U.S., R.R. Meyer, and A.M. Brambrink, *Spinal anesthesia in an extremely low birth weight infant*. *Paediatr Anaesth*, 2005. 15(1): p. 58-62.
7. Aronsson, D.D., J.M. Gemery, and J.C. Abajian, *Spinal anesthesia for spine and lower extremity surgery in infants*. *J Pediatr Orthop*, 1996. 16(2): p. 259-63.
8. Blaise, G. and W.L. Roy, *Spinal anesthesia in children*. *Anesth Analg*, 1984. 63(12): p. 1140-1.
9. Hammer, G.B., *Regional anesthesia for pediatric cardiac surgery*. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 1999. 13(2): p. 210-3.
10. Harnik, E.V., et al., *Spinal anesthesia in premature infants recovering from respiratory distress syndrome*. *Anesthesiology*, 1986. 64(1): p. 95-9.
11. Mahe, V. and C. Ecoffey, *Spinal anesthesia with isobaric bupivacaine in infants*. *Anesthesiology*, 1988. 68(4): p. 601-3.
12. Parkinson, S.K., et al., *Use of hyperbaric bupivacaine with epinephrine for spinal anesthesia in infants*. *Reg Anesth*, 1990. 15(2): p. 86-8.
13. Shenkman, Z., et al., *Spinal anesthesia in 62 premature, former-premature or young infants--technical aspects and pitfalls*. *Can J Anaesth*, 2002. 49(3): p. 262-9.
14. Somri, M., et al., *The effectiveness and safety of spinal anaesthesia in the pyloromyotomy procedure*. *Paediatr Anaesth*, 2003. 13(1): p. 32-7.
15. Vane, D.W., J.C. Abajian, and A.R. Hong, *Spinal anesthesia for primary repair of gastroschisis: a new and safe technique for selected patients*. *J Pediatr Surg*, 1994. 29(9): p. 1234-5.
16. Viscomi, C.M., et al., *Spinal anesthesia for repair of meningomyelocele in neonates*. *Anesth Analg*, 1995. 81(3): p. 492-5.
17. Williams, R.K. and J.C. Abajian, *High spinal anaesthesia for repair of patent ductus arteriosus in neonates*. *Paediatr Anaesth*, 1997. 7(3): p. 205-9.
18. Gregory, G.A. and D.J. Steward, *Life-threatening perioperative apnea in the ex-"premie"*. *Anesthesiology*, 1983. 59(6): p. 495-8.
19. Steward, D.J., *Preterm infants are more prone to complications following minor surgery than are term infants*. *Anesthesiology*, 1982. 56(4): p. 304-6.
20. Kurth, C.D., et al., *Postoperative apnea in preterm infants*. *Anesthesiology*, 1987. 66(4): p. 483-8.
21. Welborn, L.G., et al., *Postoperative apnea in former preterm infants: prospective comparison of spinal and general anesthesia*. *Anesthesiology*, 1990. 72(5): p. 838-42.
22. Liu, L.M., et al., *Life-threatening apnea in infants recovering from anesthesia*. *Anesthesiology*, 1983. 59(6): p. 506-10.

23. Kurth, C.D. and S.E. LeBard, *Association of postoperative apnea, airway obstruction, and hypoxemia in former premature infants*. *Anesthesiology*, 1991. 75(1): p. 22-6.
24. Welborn, L.G., et al., *Anemia and postoperative apnea in former preterm infants*. *Anesthesiology*, 1991. 74(6): p. 1003-6.
25. Webster, A.C., et al., *Spinal anaesthesia for inguinal hernia repair in high-risk neonates*. *Can J Anaesth*, 1991. 38(3): p. 281-6.
26. Frumiento, C., J.C. Abajian, and D.W. Vane, *Spinal anesthesia for preterm infants undergoing inguinal hernia repair*. *Arch Surg*, 2000. 135(4): p. 445-51.
27. Peevy, K.J., F.A. Speed, and C.J. Hoff, *Epidemiology of inguinal hernia in preterm neonates*. *Pediatrics*, 1986. 77(2): p. 246-7.
28. Rescorla, F.J. and J.L. Grosfeld, *Inguinal hernia repair in the perinatal period and early infancy: clinical considerations*. *J Pediatr Surg*, 1984. 19(6): p. 832-7.
29. Larsen, *Anästhesie*, in *Anästhesie*. 2006, Elsevier GmbH: München. p. 556.
30. Larsen, *Anästhesie*, in *Anästhesie*. 2006, Elsevier GmbH: München. p. 564.
31. Oberlander, T.F., et al., *Infants tolerate spinal anesthesia with minimal overall autonomic changes: analysis of heart rate variability in former premature infants undergoing hernia repair*. *Anesth Analg*, 1995. 80(1): p. 20-7.
32. Dohi, S., H. Naito, and T. Takahashi, *Age-related changes in blood pressure and duration of motor block in spinal anesthesia*. *Anesthesiology*, 1979. 50(4): p. 319-23.
33. Bonnet, M.P., et al., *Spinal anesthesia with bupivacaine decreases cerebral blood flow in former preterm infants*. *Anesth Analg*, 2004. 98(5): p. 1280-3, table of contents.
34. Rochette, A., et al., *Clonidine prolongs spinal anesthesia in newborns: a prospective dose-ranging study*. *Anesth Analg*, 2004. 98(1): p. 56-9, table of contents.
35. Hardy, J.D., *THE RADIATION OF HEAT FROM THE HUMAN BODY: III. The Human Skin as a Black-Body Radiator*. *J Clin Invest*, 1934. 13(4): p. 615-20.
36. Hopf, H.B., B. Weissbach, and J. Peters, *High thoracic segmental epidural anesthesia diminishes sympathetic outflow to the legs, despite restriction of sensory blockade to the upper thorax*. *Anesthesiology*, 1990. 73(5): p. 882-9.
37. Frank, S.M., et al., *Comparison of lower extremity cutaneous temperature changes in patients receiving lumbar sympathetic ganglion blocks versus epidural anesthesia*. *J Clin Anesth*, 2000. 12(7): p. 525-30.
38. Frank, S.M., et al., *Core hypothermia and skin-surface temperature gradients. Epidural versus general anesthesia and the effects of age*. *Anesthesiology*, 1994. 80(3): p. 502-8.
39. Hynson, J.M., et al., *Thermal balance and tremor patterns during epidural anesthesia*. *Anesthesiology*, 1991. 74(4): p. 680-90.
40. Matsukawa, T., et al., *Heat flow and distribution during epidural anesthesia*. *Anesthesiology*, 1995. 83(5): p. 961-7.
41. AGEMA, in *Handbuch Thermovison 550*. 1996, AGEMA Infrared Systems AB: Danderyd, Sweden. p. 1-1.
42. AGEMA, in *Handbuch Thermovison 550*. 1996, AGEMA Infrared Systems AB: Danderyd, Sweden. p. 7-1 to 7-2.

6. Anhang

LONG TRAN-TIEN

* 06. März 1978 in Köln
 Buddhist, verheiratet
 Staatsangehörigkeit: Deutsch

AUSBILDUNG

1984 – 1985	Katholische Grundschule Oberbruchstraße, Krefeld
1985 – 1988	Katholische Grundschule Hamm, Viersen
1988 – 1997	Erasmus von Rotterdam Gymnasium, Viersen
1997 – 1998	Zivildienst als Krankenpflegehelfer im St. Irmgardis Krankenhaus Viersen-Süchteln
1998 – 2005	Medizinstudium an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
2004 – 2005	Praktisches Jahr (Universitätsklinikum Düsseldorf) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Anästhesiologie (Prof. Dr. Tarnow) ➤ Innere Medizin (Prof. Dr. Grabensee / Prof. Dr. Strauer) ➤ Chirurgie (Prof. Dr. Knoefel)
05 / 2005	Studienabschluss mit bestandenem 3. Staatsexamen
03 / 2008	Erlangen der Fachkunde Rettungsmedizin
07 / 2010	Facharztanerkennung für Anästhesiologie (Ärzttekammer Nordrhein)

ÄRZTLICHE TÄTIGKEIT

06 / 2005 – heute	Assistenzarzt in der Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Düsseldorf (em. Prof. Dr. Tarnow, Prof. Dr. Pannen)
2008 – heute	Notarzt der Stadt Düsseldorf
7 / 2010 – heute	Facharzt in der Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Düsseldorf (Prof. Dr. Pannen)

BERUFSERFAHRUNG

- | | |
|--------------|--|
| 1998 – 2005 | Studentische Pflegekraft auf der Intensivstation des St. Cornelius Krankenhauses Viersen-Dülken (Dr. Gretenkort) |
| 2001 – 2002 | Dozent für den Fachbereich Anatomie / Physiologie an der Krankenpflegeschule des Allgemeinen Krankenhauses Viersen |
| 2003 – 2005 | Studentische Hilfskraft in der Herz-Kreislauf-Physiologie der HHU (Prof. Dr. Decking): <ul style="list-style-type: none"> ➤ IT - Mitarbeiter der Notebook-University, HHU Düsseldorf ➤ Tutor des Physiologiepraktikums für Studierende der Humanmedizin im 3. Semester |
| 2005 – heute | Administrierung des Anästhesiedokumentationssystems MEDLINQ und der Internetpräsenz der Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Düsseldorf |

WEITERE QUALIFIKATIONEN

- Sehr gute PC-Kenntnisse in den Bereichen Netzwerktechnologie, Windows und Office Suite
- Fließend Englisch in Schrift und Wort
- 1989 – 1998 Mitglied in der Deutschen Pfadfinderschaft St. Georg mit zweijähriger Leitertätigkeit (Planung/Organisation)

PERSÖNLICHE INTERESSEN

- Tischtennis
- Badminton
- Klassische Gitarre
- Klavier

Veränderungen der Hauttemperatur an den Extremitäten und am Stamm bei Säuglingen unter Spinalanästhesie

Long Tran Tien

Hintergrund: Die Beobachtung des Auftretens von Apnoen nach Vollnarkosen bei ehemaligen Frühgeborenen hat dazu geführt, dass die Spinalanästhesie bei Kindern wieder häufiger eingesetzt wird. Obwohl es sich bei der Spinalanästhesie um ein etabliertes Verfahren in der Versorgung von Säuglingen handelt, hat sich diese Technik noch nicht zur Routine entwickelt. Die Bestimmung der Ausdehnung der Spinalanästhesie und der damit einhergehenden Sympathikolyse ist bei Säuglingen schwierig. Ein Indikator für die Ausdehnung der Sympathikolyse ist ein Anstieg der Hauttemperatur.

Mittels Thermographie wurde untersucht, ob es bei Säuglingen infolge einer Spinalanästhesie auch an den oberen Extremitäten zu einem Anstieg der Hauttemperatur als Indikator für die Ausdehnung der Sympathikolyse bis in die oberen thorakalen Segmente kommt.

Methoden: Nach Zustimmung der Ethikkommission und Einwilligung der Eltern wurde bei Säuglingen die Ausbreitung der Spinalanästhesie durch Messung der Hauttemperatur erfasst. Vierzehn Säuglinge, bei denen ein operativer Eingriff in Spinalanästhesie geplant war, wurden untersucht. Bei 12 Kindern wurde eine Herniotomie durchgeführt, ein Kind erhielt eine Anus praeter – Rückverlagerung sowie eine Dünndarmteilresektion und bei einem Kind wurde ein Bauchwandverschluss nach Omphalozele durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Operation betrug das durchschnittliche Gewicht 4,04 kg, das durchschnittliche Gestationsalter 33,2 Wochen und das durchschnittliche postkonzeptionelle Alter 45,8 Wochen. Die Spinalanästhesie wurde nach Punktion auf Höhe von L4/L5 durch intrathekale Applikation von 1mg/kg Bupivacain 0,5% und 10µg/kg Suprarenin induziert. Die Punktion erfolgte im Sitzen. Als klinischer Anhalt für einen suffizienten Block diente der rasche Verlust des Tonus der unteren Extremität bei ungestörter Motorik der oberen Extremität. Mittels einer Thermographie-Kamera wurden Bilder der Extremitäten sowie des Stammes im Abstand von 5 min aufgenommen, beginnend 15 bis 10 min vor der geplanten Punktion bis 20 min nach der Punktion. Anhand der Thermographiebilder wurde anschließend die Hauttemperatur an Füßen, Händen und am Stamm bestimmt.

Ergebnisse: Hinsichtlich der Veränderungen der Hauttemperatur unter Spinalanästhesie zeigte sich, dass die Hauttemperatur nach Anlage einer Spinalanästhesie sowohl im Bereich der Hände (von initial 31,40 °C vor Spinalpunktion bis auf 33,30 °C nach Anlage der Spinalanästhesie) als auch im Bereich der Füße (von initial 30,18 °C vor Spinalpunktion bis auf 34,57 °C nach Anlage der Spinalanästhesie) signifikant ansteigt, während sie am Körperstamm absinkt (von initial 35,41 °C vor Spinalpunktion bis auf 34,99 °C nach Anlage der Spinalanästhesie).

Die Spinalanästhesie stellte sich in der vorliegenden Studie als sicher und effektiv im Rahmen von abdominalen operativen Eingriffen bei Säuglingen dar. Perioperativ traten keine Komplikationen auf. Die Erfolgsrate der Anlage der Spinalanästhesie lag bei 92,9%. Bei keinem der eingeschlossenen Patienten traten postoperativ Apnoen auf.

Schlussfolgerung: Bei Säuglingen kommt es unter Spinalanästhesie als Zeichen der Sympathikolyse nicht nur im Bereich der Füße, sondern auch im Bereich der oberen Extremitäten zu einem signifikanten Anstieg der Hauttemperatur. Die maximal möglichen Veränderungen der Hauttemperatur bei Säuglingen unter Spinalanästhesie sollten im Rahmen größerer Studien zukünftig weiter untersucht werden. Die Spinalanästhesie stellte sich in unserer Studie als sicher und effektiv im Rahmen von abdominalen operativen Eingriffen bei Säuglingen dar. Perioperativ traten keine Komplikationen auf. Auch wurden keine postoperativen Apnoen beobachtet.