

„High-Risk“-Säugling mit Leistenhernie
Für welches Anästhesieverfahren sollte man sich entscheiden?
Vergleich zwischen der Spinalanästhesie und der Intubationsnarkose
- Eine retrospektive Studie und Literaturübersicht –

Von der Medizinischen Fakultät
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades einer Doktorin der Medizin
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Zeynep Genis

aus Duisburg

Berichter: Herr Universitätsprofessor
Dr. med. Dr. E. h. (GUS) Volker Schumpelick

Herr Universitätsprofessor
Dr. med. Rolf Rossaint

Tag der mündlichen Prüfung: 4. Juli 2005

**„Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der
Hochschulbibliothek online verfügbar.“**

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Theoretische Grundlagen- Einführung in das Problem der geeigneten Anästhesietechnik.....	4
2.1 Frühgeburtlichkeit: Die wichtigsten patho- physiologischen Auswirkungen.....	4
2.2 Anästhesietechniken für Leistenhernienoperationen bei ehemaligen Frühgeborenen.....	8
2.3 Die Leistenhernie des Frühgeborenen und das chirurgische Vorgehen.....	26
3. Das Problem der geeigneten Anästhesietechnik- Literaturübersicht.....	30
4. Eigene Studie.....	46
4.1 Patienten und Methode.....	46
4.2 Ergebnisse.....	52
5. Diskussion.....	56
5.1 Historische Entwicklung der Spinalanästhesie.....	56
5.2 Vorteile und Nachteile.....	58
5.3 Zusammenfassung.....	64
6. Anhang- Literaturverzeichnis.....	67

1. Einleitung

Ehemalige Frühgeborene, insbesondere extrem Frühgeborene (<1000g) entwickeln sehr häufig Leistenhernien (30%) mit einer Inkarzerationsgefahr von 31% [58,42]. Sie stellen bis Ende des ersten Lebensjahres eine besondere Risikogruppe dar [8]. Aufgrund der physiologischen Unreife der Atemmuskulatur, der pharyngealen Schutzreflexe und des zentralen Atemzentrums sind sie nach einer Allgemeinanästhesie prädestiniert für kardiorespiratorische Komplikationen wie periodische Atmung, Apnoen und Bradykardien [2,45]. Auch bei präoperativ unauffälligem Verhalten können postoperativ lebensbedrohliche Atemstörungen auftreten. Liegt zudem eine bronchopulmonale Dysplasie vor, kann nach einer Intubation die postoperative Entwöhnung vom Respirator sehr schwierig werden.

Welches Anästhesieverfahren dabei gewählt werden soll, sind entscheidende und in der Literatur umstrittene Fragen.

Für die Operation einer Leistenhernie bei ehemaligen Frühgeborenen kommen prinzipiell die folgenden drei Anästhesietechniken infrage:

- Allgemeinanästhesie (Intubationsnarkose)
- Spinalanästhesie
- Kaudalanästhesie

Von diesem Interesse geleitet, untersucht diese Studie retrospektiv die ersten beiden Anästhesieverfahren.

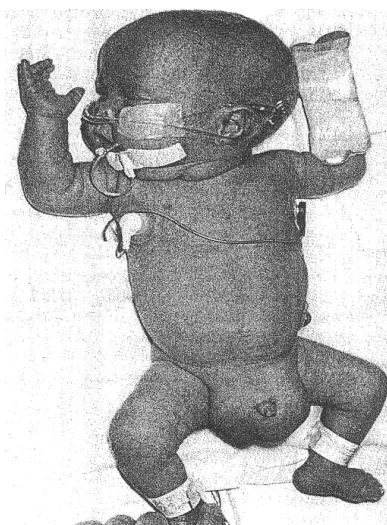


Abbildung 1: "High-Risk"-Säugling mit Leistenhernie [71]

2. Theoretische Grundlagen- Einführung in das Problem der geeigneten Anästhesietechnik

2.1 Frühgeburtlichkeit: Die wichtigsten pathophysiologischen Auswirkungen [22,37,40,48]

Definitionsgemäß spricht man von Frühgeburtlichkeit, wenn das Kind vor der 37. Schwangerschaftswoche geboren wurde. Die Inzidenz liegt zwischen 6 und 11%. Das Grundproblem sehr kleiner Frühgeborene ist die Unreife von Organsystemen und -funktionen, die zu einer Reihe von akuten, chronischen pulmonalen und neurologischen Erkrankungen führen können.

Kreislauf

Es persistiert nicht selten ein offener Ductus arteriosus (8,4%) [37], was zu einem Links-rechts-Shunt mit Hyperzirkulation der Lungen führen kann. Besteht darüber hinaus ein Atemnotsyndrom (Surfactantmangel, Hyalinmembrankrankheit), so kommt es infolge Atelektasenbildung und der resultierenden Rechts-links-Shunt zu einer zusätzlichen Atemarbeit und zur Hypoxie. Das Myokard enthält weniger kontraktile Elemente und die Compliance der Ventrikel ist kleiner.

Das Herzminutenvolumen ist stark von der Herzfrequenz abhängig, deswegen wird eine Bradykardie schlecht und eine Tachykardie gut toleriert [22]. Verglichen mit dem reifen Neugeborenen ist die Empfindlichkeit des Herzmuskels gegenüber dem negativ inotropen Effekt der Inhalationsanästhetika noch ausgeprägter und die Reaktion auf exogen zugeführte oder endogen ausgeschüttete Katecholamine noch schwächer. Die Barorezeptorfunktion ist schwächer ausgebildet als beim normalen Neugeborenen.

Lungenfunktion und Gasaustausch

Im Frühgeborenenalter produzieren die Alveolarzellen vom Typ II ungenügend das oberflächenaktive, vorwiegend aus Dipalmitoylphosphatidylcholin bestehende Lipoprotein „Surfactant“. Dadurch ist die Oberflächenspannung erhöht, und die Alveolen haben die gesteigerte Tendenz zu kollabieren. Der Druck der benötigt wird, um die Alveolen zu dehnen, ist erhöht, d.h. die Compliance ist vermindert.

Das Risiko, daraus ein Atemnotsyndrom (Hyalinmembrankrankheit, „respiratory distress syndrom“= RDS) zu entwickeln, korreliert mit dem Gestationsalter [22]. Im Verlauf der ersten postnatalen Wochen kann daraus eine chronische Lungenerkrankung entstehen: die bronchopulmonale Dysplasie. Dies äußert sich klinisch durch eine erhöhte Sauerstoffabhängigkeit (Risiko längerer Beatmungstherapie) mit Beeinträchtigung der Lungenfunktion (Hyperkapnie = $p\text{CO}_2 \uparrow$, Resistance $\uparrow$, Bronchusobstruktion), Dyspnoe und Tachpnoe. Histopathologisch zeigen sich ein interstitielles Ödem, Atelektasen, überblähte Alveolen, Metaplasien der Mukosa und eine interstitielle Fibrose [40,48].

Das Frühgeborene hat einen verhältnismäßig großen Sauerstoffverbrauch, große alveoläre Ventilation, kleine Funktionelle Residualkapazität, enge Luftwege, instabilen Thorax und eine noch in Entwicklung bestehende Atemmuskulatur. Das Zwerchfell als Hauptatemmuskel enthält nur 10% Muskelmasse und einen minimalen Prozentsatz Typ-I-Muskelzellen („slow twitch, high oxydative“) [48]. Alle diese Faktoren lassen nur eine kurzdauernde Apnoe zu. Frühgeborene sind unter Apnoe sofort hypoxie- und hyperkapniegefährdet und reagieren frühzeitig mit Bradykardie und Zyanose [48].

Atemregulation

Beim Frühgeborenen treten häufig (30-95%) entweder in regelmäßigen Abständen (sog. periodisches Atmen) oder ganz unregelmäßig mehr oder weniger langdauernde Atemstillstände (Apnoen) auf. Diese Atemstillstände können zentral (70%), obstruktiv (10%) oder zentral-obstruktiv (30%) bedingt sein [40,62]. Zentrale

Apnoen sind durch einen fehlenden Luftfluß und fehlende Atembewegungen charakterisiert. Bei obstruktiven Apnoen sind Atembewegungen vorhanden, der Luftfluß fehlt jedoch.

Etwa 25 % aller Frühgeborene haben Apnoefälle, die länger als 30 s dauern und mit einem Abfall der Sättigung, Bradykardien oder einer Abnahme des Muskeltonus verbunden sind. Prädisponierende Faktoren für Apnoen sind Hirnblutungen, Krampfanfälle, Hypoxie, mütterliche Drogeneinnahme, Medikamente, Fehlbildungen, verminderter laryngealer Reflex und Muskeltonus, Atemwegsobstruktion, Atelektase, RDS, Pneumothorax, Pneumonie, Aspiration, Sepsis, Meningitis, nekrotisierende Enterokolitis, orale Nahrungsaufnahme, gastroösophagealer Reflux, Hypotension, Hypovolämie, Anämie, Hyperviskositätssyndrom, persistierender Ductus arteriosus, Hypoglykämie, Hypokalzämie, Hypoxie, organische Säuren, Hypothermie, Hyperthermie, Unreife des Atemzentrums und Schlafphase [40].

Nierenfunktion

Die Glomeruli sind erst nach der 34. SSW fertig ausgebildet, deshalb ist die glomeruläre Filtrationsrate (GFR) mit 20 (15-25) ml/Min./1,73 m² erniedrigt [22, 37]. Bei der glomerulären Filtration werden hochmolekulare Proteine (Molmasse $\geq$ 67000 D) und Zellen zurückgehalten, während Wasser mit allen gelösten niedermolekularen Stoffen in das Tubuluslumen gelangt. Durch die tubuläre Unreife und der partiellen Aldosteronresistenz kann es zu einem erhöhten Natriumverlust kommen. Wegen des hohen Verlustes von Flüssigkeit über die Haut ist der Flüssigkeitsumsatz deutlich erhöht.

16-21 % der Frühgeborene haben eine leichte Proteinurie.

Zentrales Nervensystem

Das Gefäßsystem in der unmittelbaren Umgebung der Hirnventrikel ist besonders vulnerabel auf Änderungen der O₂- und CO₂-Partialdrücke, verminderte Durchblutung, Permeabilitätsstörungen, pH-Wert- und Blutdruckschwankungen. Bei Läsionen dieser Gefäße

kann es zu subependymalen Blutungen und Ventrikeleinbrüchen kommen.

Augen

Die Frühgeborenen-Retinopathie ist eine bedrohliche Erkrankung, die zur Erblindung von Risiko-Frühgeborenen führen kann. Durch die fortlaufende Vaskularisierung der Netzhaut während der gesamten Frühgeborenenzeit sind vor allem die peripher gelegenen Gefäße den lokalen Milieuveränderungen ausgesetzt. Vor allem ein erhöhter arterieller O_2 -Partialdruck, aber auch viele andere Faktoren wie Hypoxie, Azidose, Hypotension, Blutaustauschtransfusionen und häufige Bluttransfusionen können zu einer Unterbrechung des Gefäßwachstums führen. Überschießende Neovaskularisationen können Blutungen verursachen, und im Extremfall erfolgt eine komplette Netzhautablösung mit nachfolgender Erblindung. Die Vernarbungsphase beginnt etwa 6 Monate nach der Geburt.

Die Entwicklung der Retina ist erst im postkonzeptionellen Alter von 40-42 Wochen abgeschlossen.

Akute Komplikation	Spätere Folgeschäden
Hypoxie, Ischämie	Psychomotorische Retardierung, neurologische Schädigung (Spastische Diplegie, Mikrocephalie, Epilepsie, Intelligenzminderung)
Intraventrikuläre Blutung, periventrikuläre Leukomalazie, Kernikterus	Geistige Retardierung, Spastik, Epilepsie, Hydrocephalus occlusivus
Sensoneurische Schäden	Hör.- und Sehstörung, Retinopathie, Strabismus, Myopie
Respiratorisches Versagen (Respiratory Distress Syndrom, Lungenhypoplasie, Apnoe, Pneumothorax, Pneumomediastinum)	Bronchopulmonale Dysplasie, Cor pulmonale, Bronchospasik, Malnutrition, iatrogene Gaumenspalte, rezidivierende Pneumonien, Apnoe mit Bradykardie
Nekrotisierende Enterokolitis	Kurzdarmsyndrom, Malabsorption, Malnutrition, infektiöse Diarrhöen
Cholestatische Lebererkrankungen	Leberzirrhose, Leberversagen, Karzinom, Malnutrition
Nährstoffmangel, Metabolisch-endokrine Störung (Hypokalzämie, Hypoglykämie, Hyperglykämie, Hypothermie)	Osteopenie, Frakturen, Anämie, Vitamin E, Wachstumsstörung, späte metabolische Azidose
Andere	Sudden Infant Death Syndrom, Infektionen, Leistenhernie, Hautnarben, Gastroösophagealer Reflux, Hochdruck, Kraniosynostose, Cholelithiasis, Urolithiasis, Hämangiome

Tabelle 1: Akute Komplikationen und chronische Folgeschäden des Frühgeborenen [5]

2.2 Anästhesietechniken für Leistenhernienoperationen bei ehemaligen Frühgeborenen

Es kommen die Spinalanästhesie, die Inhalationsanästhesie und die Kaudalanästhesie infrage.

Prämedikation [27,62]

Der Kinderanästhesist sollte bei der präoperativen Visite nach Risikofaktoren wie Hyaline Membrankrankheit, Atemnotsyndrom anderer Ursachen, bronchopulmonale Dysplasie oder laryngotracheale Störungen gezielt suchen.

Wesentlich sind auch aktuelle oder frühere Apnoen/Bradykardien oder periodische Atmung.

Labor- oder Röntgenkontrollen werden nur selten angeordnet, wenn sie z.B. für die vorgesehene Anästhesie unbedingt notwendige Informationen erbringen. Bei normalen Gerinnungsparametern im Laufe des Krankenhausaufenthalts wird auf eine erneute Gerinnungsuntersuchung für die Spinal- bzw. Kaudalpunktion verzichtet.

Eine bestehende atemstimulierende Medikation z.B. mit Aminophyllin sollte perioperativ unbedingt weitergeführt werden.

Säuglinge, die noch nicht „fremdeln“ d.h. sich Fremden gegenüber ängstlich verhalten (<6 kg, <6 Monaten) benötigen keine medikamentöse Prämedikation.

Mindestens 30 Minuten vor der geplanten Durchführung einer Venenpunktion mit Lumbal- bzw. Kaudalpunktion sollten die entsprechenden Hautstellen mit einer Lokalanästhetikaemulsion EMLA® versorgt werden.

Die Abstimmung der letzten Flüssigkeitsaufnahme und Anästhesiebeginn ist wichtig, um Hungergefühl und Hypoglykämien der Frühgeborenen zu vermeiden (2 h Karenz für klare Flüssigkeiten, 4 h für Milch (z.B. Kuhmilch) und Muttermilch unterschiedlich).

Monitoring [37,27]

Bei allen Anästhesietechniken wird das komplette Monitoring, bestehend aus Pulsoxymetrie, präkordialem Stethoskop, rektaler oder ösophagealer Temperaturmessung, nichtinvasive Blutdruckmessung

und EKG, installiert. Zusätzlich bei der Intubationsnarkose die Kapnographie.

Anästhesievorbereitung [27]

Ein intravenöser Zugang für die Zufuhr einer isotonen Elektrolytlösung mit Glukose, z.B. Ringer-Lösung mit 2% Glukose, und allfällig benötigter Medikamente werden vorbereitet. Nach der Anästhesieeinleitung kann man die erste Dosis Paracetamol rektal zur postoperativen Analgesie geben.

2.2.1 Die Spinalanästhesie [27,52,47]

Die Spinalanästhesie ist eine vorübergehende Unterbrechung der Erregungsleitung in Spinalnervenzwurzeln durch Injektion einer geringen Menge Lokalanästhetikums in den lumbalen Subarachnoidalraum, d.h. den Raum zwischen Pia mater und Dura mater.

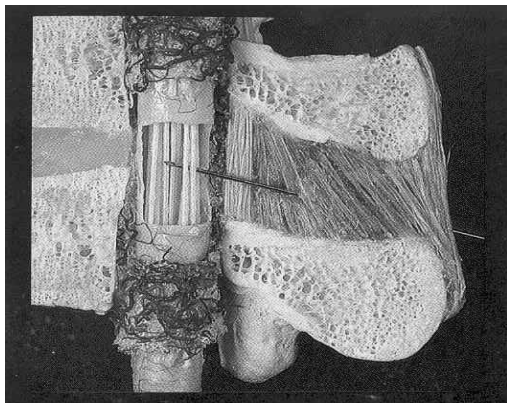


Abbildung 2: Nadelführung. Anatomisches Modell nach Erling Worm Skole, M.D. [12]

Sie führt zu einer reversiblen sympathischen, sensorischen und motorischen Blockade und ermöglicht hierdurch eine Vielzahl operativer Eingriffe an den unteren Extremitäten, Becken, Perineum und Unterbauch. Die Spinalanästhesie ist eine der ältesten und durch die intensive Beschäftigung mit der Problematik der bronchopulmonalen Dysplasie, Apnoen bei ehemaligen Frühgeborenen und subglottische Stenose, eine der wertvollsten zentralen Regionalanästhesietechniken bei Risikokindern [47]. Da

besonders häufig bei diesen Patienten Leistenhernien operiert werden müssen, ermöglicht die Spinalanästhesie hier eine alternative Anästhesietechnik.

Anatomie und Physiologie [37,27,5,60,1,47,48,57]

Das Rückenmark reicht bei Neugeborenen bis in Höhe von L3, der Spinalraum bis zum 3. Sakralwirbel. Insbesondere bei ehemaligen Frühgeborenen kann beides sehr weit nach kaudal reichen. Die unterschiedliche Lage des Duralsackes und des Conus terminalis bei Neugeborenen und Erwachsenen haben keine Konsequenzen für die Punktion, da die Beckenschaufeln beim Neugeborenen tiefer stehen und das Becken kleiner ist [27]. Die Punktion erfolgt ebenfalls auf Höhe der Linea intercristalis oder einen Wirbelkörper tiefer. Bei Frühgeborenen erfolgt sie in Höhe L4/5 oder L5/S1. Der Abstand Haut-Subarachnoidalraum beträgt beim Neugeborenen zwischen 8-15 mm, und der Durasack hat einen Durchmesser von 6-8 mm. Um in den Subarachnoidalraum zu gelangen, muss die Nadel folgende Strukturen durchqueren: Haut, subkutanes Gewebe, Ligamentum supraspinale, Ligamentum intraspinale, Ligamentum flavum, Dura mater und Arachnoidea.

Das Liquorvolumen ist bis zum Alter von 3 Jahren mit 4 ml/kg (bezogen auf das Körpergewicht) doppelt so groß wie beim Erwachsenen (2 ml/kg). Außerdem befindet sich bei Kindern die Hälfte des totalen Liquorvolumens im spinalen Subarachnoidalraum, wogegen es bei Erwachsenen nur 25% sind. Dieser Unterschied beeinflusst die Pharmakokinetik von intrathekal applizierten Lokalanästhetika. Das Verteilungsvolumen ist größer und die Absorptionsrate aufgrund einer stärkeren Vaskularisation des Epiduralraums erhöht [57,62]. Dementsprechend ist die notwendige Dosis an Lokalanästhetikum gegenüber einem erwachsenen Patienten relativ höher [51]. Die Wirkdauer beträgt bei einer schnellen und sehr variablen Regression zum Teil nur ein Viertel der Zeit, die bei Erwachsenen gefunden wird [62]. Weiterhin ist der hydrostatische Liquordruck bei Kindern in der Horizontallage zwischen 30 und 40 mm H₂O, welches bedeutend niedriger ist als bei Erwachsenen. Unter Allgemeinanästhesie oder Trendelenburg Position kommt es zu einer Abnahme diesen Druckes. Die Nervenfasern werden nach Größe und

dem Grad der Myelinisierung nach Erlanger/Gasser klassifiziert, wodurch ihre Leitungsgeschwindigkeit bestimmt ist. A α - Fasern (höchste Leitungsgeschwindigkeit und größte Durchmesser) vermitteln z.B. primäre Muskelspindelafferenzen und haben motorische Funktion zu Skelettmuskeln, A β -Fasern vermitteln Hautafferenzen für Berührung und Druck, A γ -Fasern haben motorische Funktion zu Muskelspindeln, A δ -Fasern vermitteln Hautafferenzen für Temperatur und Nozizeption, B-Fasern sind sympathisch präganglionär und C-Fasern (niedrigste Leitungsgeschwindigkeit und kleinste Durchmesser) vermitteln Hautafferenzen für Nozizeption und sympathisch postganglionäre Efferenzen [80]. Intrathekal applizierte Lokalanästhetika werden zu einem größeren Ausmaß an den Wurzeln der Spinalnerven und in der Peripherie des Spinalmarks gebunden, also dort, wo die Fasern mit kleinerem Durchmesser lokalisiert sind [81]. Als Resultat tritt eine sensorische Blockade schneller als eine motorische auf. Letztlich erreicht aber eine entsprechende Substanz auch die großen myelinisierten Fasern wie z.B. A α -Fasern und erzeugt eine motorische Blockierung [12]. Durch eine bestimmte Menge Lokalanästhetikums tritt durch Blockierung der einzelnen Nervenfasern eine differenzierte sympathische, somato-sensorische („sensible“) und motorische Blockade auf. Die Austestung der sensiblen Blockade kann anhand der motorischen Blockade, die innerhalb von Sekunden nach Injektion des Lokalanästhetikums einsetzt, erfolgen.

Indikationen [37,52,56,57]

Die Hauptindikation für die alleinige Spinalanästhesie ohne zusätzliche Sedierung sind Operationen mit überschaubarer Dauer bis etwa in Höhe des Dermatoms Th10 [33,2]. Also meist Herniotomien bei ehemaligen Frühgeborenen (postkonzeptionelles Alter <55 Wochen) bis zu einem Gewicht von 2500 g [37]. Weiterhin findet sie Verwendung bei Eingriffen an der unteren Extremität. Darüber hinaus gibt es Berichte über ihre Anwendung bei Gastroschisis, Gastrostomie, Meningomyelocele und Ligatur des Ductus arteriosus [28].

Ehemalige Frühgeborene
Nichtnüchternheit <i>und</i> dringliche Operationsindikation
Verdacht auf Muskelerkrankung (z.B. Muskeldystrophie)
Schwierige Intubation (z.B. Missbildungen im Gesicht oder Pharynx, Pierre-Robin-Syndrom usw.)
Infekt der oberen Luftwege <i>und</i> dringliche Operationsindikation (z.B. rezidivierende Hernieninkarzeration)

Tabelle 2: Indikationen der Spinalanästhesie [52]

Kontraindikationen [62,71,27,57]

Gerinnungsstörungen, Infektion im Bereich der Einstichstelle, systemische Infektion, Meningitis, intracranielle Blutung, intracranielle Hypertension, Hydrozephalus, Präsenz einer Liquordrainage, Hypovolämie und spinale Deformitäten.

Relative Kontraindikationen sind große kräftige (mehr als 5-6 kg) und sehr unruhige Babys sowie große beidseitige Leistenhernien mit voraussichtlich langer Operationsdauer.

Technik [37,52,27,22,1,47,56]

Die Lumbalpunktion wird bei Zugang über die Mittellinie nach Hautanästhesie mit EMLA® (Prilocain) und nach ausgiebiger Hautdesinfektion und Hautabdeckung in Seitenlage oder im Sitzen in **Höhe L4/5 oder L5/S1** durchgeführt. Einfacher ist es aufgrund der besseren Identifikation von Knochenpunkten, der anatomischen Gegebenheiten und des erhöhten hydrostatischen Druckes im Subarachnoidalraum im Sitzen zu punktieren [71,19].

Ausserdem soll die Oxygenation des Kindes im Sitzen besser sein als in der seitlichen Lage [29].

Hierbei ist auf eine Parallelstellung des Schultergürtels und des Beckens zu achten. Wesentliche Aufmerksamkeit während der Prozedur sollte dem Kopf des Patienten gegeben werden, da eine extreme Flexion der HWS zu respiratorischen Problemen führen kann [22, 37,57]. Es werden überwiegend Quincke-Nadeln der Größe 22G und 25G (dünnere Durchmesser) verwendet. Bei Pencilpoint-Nadeln ist der Duraklick weniger gut spürbar, und die distale Öffnung liegt eventuell nur zum Teil im Liquorraum. Bei dünnen Nadeln ist der Liquorrückfluß langsam [22]. Bei ehemaligen Frühgeborenen führen

aber der geringe hydrostatische Druck und der erhöhte Proteingehalt des Liquors bereits zu einem langsamen Rückfluß.

Die Penetration des Subarachnoidalraums ist deutlich an einem „Klickphänomen“ zu erkennen [52]. Bei Verletzung des vorderen gefäßreichen Periduralraums ist eine blutige Punktion die Regel. Die häufigsten Fehlerquellen sind seitliches Abweichen der Nadel, partielle Obstruktion der distalen Öffnung durch die Dura und Punktion des inneren Venenplexus.

Die Nadel sollte nach Perforation der Dura (7-15 mm) nur wenig und strikt sagittal vorgeschoben werden. Im Allgemeinen stellt sich sofort ein spontaner Liquorfluß ein. Die vorberechnete Menge Lokalanästhetikum mit Zusatz von Adrenalin 5 µg/ml (1:200000) wird unter Beachtung des Nadeltotraums langsam (über 5-10 s) injiziert, anschließend wird die Nadel noch 5 s mit aufsitzender Spritze liegen gelassen, um zu verhindern, daß das Lokalanästhetikum über die Punktionsstelle hinausfließt [1]. Danach kann sie mit aufgesetzter Spritze entfernt werden. Anschließend wird das Kind in Rückenlage gebracht.

Nach Anlegen einer hyperbaren Spinalanästhesie darf das Kind auf keinen Fall in Kopftieflage gebracht werden [47,62]. Dies hat eine unmittelbar einsetzende hohe oder totale Spinalanästhesie zur Folge und kann eine Beatmung erfordern.

Kopf und Schulter werden mit einem schmalen Kissen unterlegt, um die Ausbreitung der Anästhesie in der Höhe des Dermatoms Th 4 zu begrenzen. Die motorische und sensible Blockade setzen sofort ein.

Die Operation kann und sollte unmittelbar erfolgen.

Auf eine medikamentöse Sedierung sollte verzichtet werden, da die Kinder meist nach Anlegen der Spinalanästhesie in eine Agonie ähnlichen Schlaf fallen [52,71].



Abbildung 3: Optimale Haltung zur Lumbalpunktion bei einem 1985 Gramm schweren Frühgeborenen [62]/freier Liquorabfluss durch eine 25G Spinalnadel, Foto: M.Hornung [52]

Medikamente und Dosierung

Lokalanästhetika – Allgemeiner Teil [9,60]

Lokalanästhetika (LA) bewirken eine reversible Blockade der Erregungsausbreitung an Nerven durch Beeinflussung der Membranen (Hemmung des schnellen Natriumeinstroms). In Abhängigkeit von der verwendeten Konzentration werden Fasern unterschiedlicher Dicke (A-, B-, C-Fasern = motorische, sensible und sympathische Fasern) blockiert, man spricht vom sog. Differentialblock. Die höchsten Konzentrationen sind für die motorischen Fasern nötig, die niedrigsten für die sympathischen.

Man unterscheidet LA nach ihrer Struktur:

- **Ester-LA** (Procain, Chlorprocain, Tetracain),
Abbau: hydrolytische Spaltung durch Cholinesterase.
- **Amid-LA** (Mepivacain, Lidocain, Prilocain, Bupivacain, Ropivacain), Abbau : hepatisch.

Die einzelnen LA unterscheiden sich in Wirkstärke (benötigte Dosis und Konzentration), Wirkungseintritt (abhängig u.a. vom Anteil freier LA-Base, somit Wirkungsabschwächung bei saurem Gewebe-pH), Wirkdauer (Abbau), Toxizität (Plasmaspiegel, Maximaldosis).

Die Lipidlöslichkeit ist die Hauptdeterminante der Potenz der Substanz: je höher der Lipid/Wasser Verteilungskoeffizient, desto stärker wird die Potenz der Substanz sein.

Die Proteinbindung bestimmt die Wirkungsdauer, wahrscheinlich weil stark gebundene Substanzen länger im Lipoprotein der Nervenmembranen verweilen.

Der pKa einer Verbindung gibt an, welcher Anteil nach der Injektion in den Körper in ionisierter und welcher in nicht ionisierter Form vorliegt. D.h., je höher der pKa, desto weniger nicht ionisierte Basenform ist vorhanden. Da nur nicht ionisierte Substanzen die Nervenmembranen passieren können, wird der pKa die Geschwindigkeit des Wirkungseintritts der Substanz beeinflussen. Je niedriger der pKa, desto rascher ist der Wirkungseintritt.

Die wesentlichen Lokalanästhetika für die Spinalanästhesie und ihre Wirkeigenschaften [60,52,5]

Bupivacain

Einführung im Jahre 1963. Heute zählt Bupivacain zu den am häufigsten verwendeten LA in der Klinik.

Proteinbindung: Neonaten 50-70%, Erwachsener 85-95%.

Lange Anschlagzeit, lange Wirkungsdauer, 0,5%ige Lösung (isobar) ohne und mit 8%iger Glukose (hyperbar) zur Spinalanästhesie.

1979 hat Albright auf die erhöhte Kardiotoxizität von Bupivacain und Etidocain hingewiesen.

Tetracain

Lange Anschlagzeit, lange Wirkdauer. Bei Anwendung für Nervenblockaden recht hohe Toxizität. Für die Spinalanästhesie wird es als 1%ige Lösung hergestellt, der nach Bedarf die gleiche Menge 10%iger Glukose, 0,9%iger NaCl-Lösung oder Aqua dest. beigefügt wird, um eine hyperbare, isobare oder hypobare Lösung herzustellen.

Lidocain

Einführung in die Klinik 4 Jahre nach seiner Synthese 1948.

Proteinbindung: Neonaten 25%, Erwachsener 55-65%.

Kurze Anschlagzeit, mittellange Wirkungsdauern. Für die Spinalanästhesie 5%ig in 7,5%iger Glukose. Bekannt auch als Antiarrythmikum gegen ventrikuläre HRST.

Allgemeine Nebenwirkungen von LA [38]

Zu hohe Blutspiegel, auch eine zu schnelle Anflutung, rufen zentralnervöse und kardiale Nebenwirkungen hervor.

ZNS: Initial erhöhte ZNS-Erregbarkeit, später Übergang in allg. ZNS-Dämpfung: Präkonvulsive Warnzeichen (Taubheit von Zunge und Lippen, Hör- und Sehstörungen, Schwindelgefühl, Muskelzittern), generalisierte Krampfanfälle, Koma und Atemlähmung.

Herz/Kreislauf: Kardiale Depression (negativ inotrop, negativ chronotrop, negativ dromotrop), Vasodilatation (Blutdruckabfall, Bradykardie, Kreislaufstillstand)

Allergische Reaktion: Risiko bei Aminoestern größer.

Methämoglobinbildung: Bekannt nur bei Prilocain.

Lokalanästhetika (Pharmakokinetik) – Spezieller Teil für Ehemalige Frühgeborene

Zur Anwendung der Spinalanästhesie bei Kindern unter 5000 Gramm kommen 0,5 % Dibucain, 5 % Lidocain, 1 % Tetracain (0,3-0,6mg/kg), 0,5 % Bupivacain (0,6-1 mg/kg) und Tetracain 0,5% hyperbar (0,4-1 mg/kg) infrage [5,47].

Meist werden die beiden letztgenannten Lokalanästhetika in hyperbarer oder isobarer Form verwendet. Die Wirkung der LA ist wegen des höheren relativen Liquorvolumens und der rascheren Liquorzirkulation und Clearance bei ehemaligen Frühgeborenen und Säuglingen geringer und kürzer [27,51,47]. Deshalb sind nur langwirksame Substanzen wie Bupivacain, Tetracain und evtl. Ropivacain sinnvoll [27]. Um bei Säuglingen die gleiche Anästhesiequalität wie beim Erwachsenen zu erreichen sind relativ höhere

Dosierungen nötig [51,27]. Zusätzlich sind die Anschlagzeiten (60-90 Sekunden) der Lokalanästhetika bei Säuglingen kürzer, da die Myelinisierung der Nervenfasern noch unvollständig ist (kurze Diffusionsstrecke) [19].

Lokalanästhetika	0-5 kg	5-15 kg	>15 kg
0,5% hyperbares Bupivacain	0,5 mg/kg (0,1 ml/kg)	0,4 mg/kg (0,08 ml/kg)	0,3 mg/kg (0,06 ml/kg)
1% hyperbares Tetracain	0,5 mg/kg (0,1 ml/kg)	0,4 mg/kg (0,08 ml/kg)	0,3 mg/kg (0,06 ml/kg)
5% hyperbares Lidocain	2,5 mg/kg (0,5 ml/kg)	2 mg/kg (0,4 ml/kg)	1,5 mg/kg (0,3 ml/kg)
0,5% isobares Bupivacain	0,5-1 mg/kg	0,5-0,7 mg/kg	0,4-0,5 mg/kg

Tabelle 3: Empfohlene Dosierungen für die Spinalanästhesie [37,5]

Zusätze zu den Lokalanästhetika

Adrenalinzusatz [52,1]

Erstmals von Heinrich Braun als Zusatz für Procain verwendet. Unter der Vorstellung, dass das Mittel erst durch diesen Zusatz zu einem brauchbaren Betäubungsmittel gemacht wird, da seine örtliche Wirkung ohne diesen Zusatz zu flüchtig ist.

Der Zusatz von Adrenalin als Vasokonstriktor zu Lokalanästhetika wird meist in einer Konzentration von 1:200000 (5µg/ml) eingesetzt. Durch die verzögerte Resorption soll eine Wirkungsverlängerung des Lokalanästhetikums zwischen 32-50% erreicht werden. Ein weiterer Grund ist die damit verbundene verminderte systemische Toxizität. Zusätzlich wird die durch die Lokalanästhetika verursachte Vasodilatation aufgehoben.

Glukose [46,12,60]

Glukose 8-10% wird den LA zugesetzt, um das spezifische Gewicht gegenüber dem Liquor zu erhöhen und damit eine hyperbare Technik durchführen zu können.

Isobare Lösungen haben einen Schweregrad von 1, während hyperbare Lösungen Schweregrade über 1 haben. Die Bedeutung des Schweregrades findet man in der Tatsache, daß isobare Lösungen

dazu tendieren, dort zu verbleiben, wo sie in den Liquor cerebrospinalis injiziert werden, während hyperbare Lösungen „absinken“. Auf diese Weise wird durch die Auswahl des entsprechenden Schweregrades und der Patientenlagerung die angestrebte Anästhesieausdehnung ermöglicht.

Pharmakokinetische Besonderheiten

Bis zum Alter von 6 Monaten ist eine gewisse Vorsicht in der Dosierung von Langzeitsubstanzen angebracht [52].

Die Toxizität von LA wird wesentlich von der nicht Protein gebundenen Fraktion bestimmt [47,57]. Säuglinge bis zu 6 Monaten haben niedrigere Albumin und α 1-Glykoprotein Konzentrationen, damit ist der freie Anteil von applizierter LA größer [17,57]. Der Metabolismus (Abbau) der LA ist wegen unreifer Enzymsysteme eingeschränkt [46,37]. Während einer Operationsprozedur sollte bei ehemaligen Frühgeborenen die Dosierungsbegrenzung von Bupivacain bei 2,0-2,5 mg/kg liegen [47].

Faktoren, die eine höhere Dosierung befürworten	Faktoren, die eine niedrigere Dosierung befürworten
erhöhtes Verteilungsvolumen	beschleunigte systemische Absorption
erhöhtes relative Liquorvolumen [61]	erniedrigter Plasmaproteinspiegel (Albumin, α1-Glykoprotein)
beschleunigte Kreislaufzeit	unreife Enzymsysteme
keine kardiovaskuläre Reaktion bei ausgedehnter Sympathikusblockade [61,53]	unreife Blut-Hirn-Schranke
	Kürzere Diffusionsstrecke

Tabelle 4: Physiologische Besonderheiten des Kindes, Faktoren, die die Dosierung der Lokalanästhetika beeinflussen [52,46,61,53]

2.2.2 Die Allgemeinanästhesie (Intubationsnarkose)[27,9,46]

Für gesunde Säuglinge ohne kardiorespiratorischen Vorerkrankungen ist die Allgemeinanästhesie mit orotrachealer Intubation oder Nutzung der Larynxmaske das Verfahren der Wahl. Weiterhin ist sie indiziert bei Ex-Frühgeborenen und bei Scheitern einer Spinalanästhesie [21].

Praktisches Vorgehen [27,46,22,62,64]

Die Allgemeinanästhesie („Narkose“) lässt sich zeitlich in drei Phasen einteilen: **Narkoseeinleitung**, **Aufrechterhaltung** und **Ausleitung**. Für die Narkoseeinleitung stehen verschiedene Methoden zur Verfügung:

Maskeneinleitung per Inhalationem

Meist wird Halothan oder **Sevofluran** für die Anästhesieeinleitung per Inhalationem verwendet. Wegen der Komplikationen (Husten, Laryngospasmus) ist Isofluran für die Einleitung nicht gut geeignet. Sevofluran ermöglicht eine atraumatische und schnelle inhalative Einleitung. Die Anästhesie lässt sich intraoperativ gut steuern, und postoperativ wird es schnell und vollständig eliminiert.

Halothan ist wegen seiner verzögerten Elimination und seinen stärkeren kardiovaskulären Nebenwirkungen (Vasodilatation und Blutdruckabfall) weniger gut geeignet. Ein Frischgasschlauch mit oder ohne Maske wird in die Nähe des Gesichtes gehalten, ohne das Gesicht zu berühren.

Zunächst wird nur Sauerstoff 100% für etwa 4 Minuten zugeführt. Danach kann die Einleitung entweder mit Halothan in schrittweise ansteigenden Konzentrationen bis maximal 1,5-2 Vol.% oder Sevofluran mit initial sehr hohen Konzentrationen (z.B. 8 Vol.%) erfolgen. Hierdurch tritt der Bewusstseinsverlust sehr rasch ein [46, 27,56].

Intravenöse Einleitung

Das gebräuchlichste Hypnotikum ist das Barbiturat **Thiopental** (Trapanal®) in der Dosierung 4-6 mg/kg. Sie ermöglicht ein schnelles

und angenehmes Einschlafen. Die Wirkung einer Einschlafdosierung Thiopental klingt durch Umverteilung schnell ab, allerdings werden pro Stunde nur ca. 20% metabolisiert. Andere Hypnotika wie Propofol, Etomidat und Methohexital sind ebenfalls gebräuchlich für Ex-Frühgeborene mit Leistenhernie.

Nach Verabreichung von Thiopental und nachdem man sich vergewissert hat, dass das Kind mit Maske beatmet werden kann, wird zur atraumatischen Intubation ein Muskelrelaxanz wie z.B. Atracurium (0,5 mg/kg), Mivacurium (0,2 mg/kg) oder Rocuronium 0,6 mg/kg verwendet. Die Intubation kann häufig bereits 30 s nach Verabreichung von z.B. Rocuronium erfolgen. [27,56,22]

Intubation

Nach der inhalativen oder intravenösen Anästhesieeinleitung wird das Kind mit Sauerstoff beatmet. Die Tubusspitze wird bei einem 3 kg schweren Kind max. 3 cm unterhalb der Stimmbänder platziert. Für Säuglinge und Neugeborene werden Tuben ohne Cuff verwendet [22,48].

Alter	Tubusgröße ID	Tubusgröße in CH	Einführtiefe ab Zahnleiste
Frühgeborene < 800 g	2,0		
Frühgeborene 1 kg	2,5	12	7 cm
Frühgeborene bis 2 kg	2,5	12	8 cm
Neugeborene bis 3 kg	3,0	14	9 cm
3 kg – 6 Monaten	3,5	16	10 cm

Tabelle 5: Tubusgrößen und Alter, Jöhr

Intubationsschwierigkeiten bestehen bei Kindern mit angeborenen Missbildungen oder Erkrankungen im Bereich Kopf und Hals z.B. Pierre-Robin-Syndrom (Mikrognathie, Makroglossi, Glossoptose, Gaumenspalte), Laryngomalazie, Hurler-Syndrom, Treacher-Collins-Syndrom (Dysostosis mandibulofascialis), Klippel-Feil-Syndrom (kongenitale Verschmelzung von Halswirbeln, eingeschränkte Beweglichkeit) und Ankylose des Kiefergelenke. [46,56]

Aufrechterhaltung der Narkose (Inhalationsanästhesie)

Nachdem der Trachealtubus eingeführt ist, wird während einiger Atemzüge mit Sauerstoff beatmet. Danach wird ein potentes Inhalationsnarkotikum gegeben. Gebräuchlich sind Isofluran, Sevofluran und eventuell auch Halothan.

Beim Weiterführen der Anästhesie ist eine kontrollierte Beatmung mit PEEP (Positive Endexpiratory Pressure) 3-5 cm H₂O vorzuziehen, einerseits wegen der Atemdepression, die die meisten Inhalationsanästhetika verursachen, andererseits wegen des Widerstandes, den die kleinen Trachealtuben und die dazu gehörigen Konnektoren aufweisen. [37,22,56]

Wesentlich ist, dass ein PEEP durch das Aufrechterhalten eines positiven Atemwegsdrucks am Ende der Expiration ein Kollabieren der Alveolen (Atelektasenbildung) verhindert und die funktionelle Residualkapazität (FRC) erhöht [9].

Narkoseausleitung und Extubation

Unter Berücksichtigung der Pharmakologie der einzelnen Substanzen wird die Konzentration der Inhalationsanästhetika verringert. Am Ende des Eingriffs wird mit 100% Sauerstoff beatmet, um z.B. eine Diffusionshypoxie durch Lachgas [9] oder eine Desaturation unter Extubation vorzubeugen bzw. zu vermeiden.

Grundsätzlich wird erst extubiert, wenn das Kind warm ist und die Atmung ausreicht. Im Exitationsstadium sollte eine Extubation vermieden werden, da hierunter ein Laryngo- oder Bronchospasmus ausgelöst werden kann [22,48].

Nach der Extubation kann man Sauerstoff über Maske zuführen.

Die wichtigsten Medikamente und ihre Eigenschaften

Inhalationsanästhetika im Überblick

Der Dosisbedarf an Inhalationsanästhetika ist bei kleineren Kindern höher als beim Erwachsenen, jedoch ist die alveoläre Aufnahme schneller, da die alveoläre Ventilation bei geringerem Residualvolumen erhöht ist [56]. Zusätzlich ist die Dämpfung des

Atemantriebs durch Inhalationsanästhetika und die kardiovaskulären Nebenwirkungen bei kleinen Kindern deutlich stärker ausgeprägt [56]. Sie supprimieren konzentrationsabhängig das Zerebrum (Membranwirkung und Rezeptorwirkung) und die Herz-, Kreislauf-, und Atemfunktion, sie sind gering muskelrelaxierend und steigern den intrakraniellen Druck. Mit Ausnahme von Lachgas sind sie Triggersubstanzen für die maligne Hyperthermie.

Substanzen mit niedrigem (<1) Blut/Gas-Verteilungskoeffizient (BGVK) sind gut wasserlöslich, schwächer und schneller wirksam. Diejenigen mit hohem (> 1) BGVK sind hydrophob, stärker und langsamer wirksam. MAC (minimale alveoläre Konzentration), definiert als die alveoläre Konzentration des Anästhetikums, bei der 50% der Patienten beim Hautschnitt keine Abwehrreaktion mehr zeigen. Ein niedriger MAC entspricht einer hohen Wirkstärke.

MAC	Sevofluran	Halothan	Isofluran
Frühgeborene	-	-	1,3
Neugeborene	3,3	0,9	1,6
1-6 Monate	3,2	1,2	1,85
Kleinkinder	2,5	0,9	1,6
Erwachsene	2,0	0,76	1,16

Blut/Gas	Sevofluran	Halothan	Isofluran
Neugeborene	-	2,1	1,2
Erwachsene	0,65	2,3	1,4
Metabolismus	2%	20%	$<1\%$

Tabelle 6: Inhalationsanästhetika im Vergleich, Jöhr

Isofluran [46,37,56]

Isofluran riecht stechend und kann bei der Narkoseeinleitung zu Husten, Laryngospasmus oder Atemanhalten bis hin zur Hypoxämie führen. Es ist nicht geeignet als Einleitungshypnotikum. Nach intravenöser (Thiopental) oder inhalativer (Sevofluran) Einleitung kann es aber für die Aufrechterhaltung der Narkose verwendet werden. Zusatz von 60% Lachgas reduziert den MAC-Wert um ca. 40%.

Nachteil: atemdepressorischen Effekte sind ausgeprägter als die von Halothan, deswegen sollten die Kinder während der Narkose kontrolliert beatmet werden.

Vorteil: Metabolisierung $\approx 0,2\%$. Keine Sensibilisierung des Myokards gegenüber Katecholaminen (keine Rhythmusstörungen) im Gegensatz zu Halothan.

Sevofluran [56]

Vorteil: niedrigste BGVK, deswegen rasche Narkoseeinleitung, Elimination und Erwachen aus der Narkose. Milder Geruch.

Geringe negativ inotrope Wirkung und keine Sensibilisierung des Myokards gegenüber Katecholaminen (keine Rhythmusstörungen) im Gegensatz zu Halothan.

Geeignet als Einleitungshypnotikum (keine Atemwegsirritation).

Halothan [38,46,37]

Anwendung auch als Einleitungsanästhetikum: einem Basisgemisch von 60% Lachgas / 40% Sauerstoff wird nach 1 Min. langsam (jeden dritten Atemzug wird um $1/4$ - $1/2$ Vol.% gesteigert) Halothan zugefügt, bis 3-5 Vol.% erreicht sind.

Vorteil: stark anästhetisch, bronchodilatativ, gute Steuerung der Narkosetiefe. Nachteil: proarrhythmisch durch Sensibilisierung gegenüber Katecholaminen, kardiodepressiv.

Lachgas

Gebrauch als Zusatzanästhetikum (als Monosubstanz schwach anästhetisch) und damit Wirkungszunahme und Dosisreduktion von Inhalation- und i.v.-Anästhetika.

Vorteil: Gute analgetische Wirkung.

Cave: Hemmung von Vit.B12 (Knochenmarksdepression), „Diffusionshypoxie“, begünstigt Resorptionsatelektasen bei pulmonalen Erkrankungen [9].

Intravenöse Anästhetika

Thiopental [38,9,37,56]

Als kurzwirksames Barbiturat wird es als Einleitungshypnotikum erster Wahl eingesetzt (Wirkungseintritt nach 1 Minute). Wirkung an der Barbituratbindungsstelle am GABA-Rezeptor (GABA-erge Dämpfung der Formatio reticularis). Dosis: 4-6 mg/kg. Durch Umverteilung kurze Wirkung, lange Halbwertszeit wegen langsamen hepatischen Abbaus. Rein hypnotisch, antikonvulsiv, keine Analgesie, erhebliche Kreislaufdepression (negativ inotrop), dosisabhängige Atemdepression. Kontraindikationen sind Porphyrie, unkorrigierte Hypovolämie und Fehlen eines sicheren venösen Zugangs.

Nachteil: Injektionsschmerz.

Etomidat [9,46]

Imidazolderivat, GABA-Antagonist, Dämpfung der Formatio reticularis. Dosis: 0,3-0,4 mg/kg. Wirkungseintritt nach 1 Min. Rein hypnotisch, häufig Myokloni, geringe Kreislauf- und Atemdepression und Hemmung der Kortisolsynthese. Abbau hepatisch.

Ketamin [9,46]

Zur Sedierung werden 1-2 mg/kg verwendet. Je jünger das Kind, desto höhere Dosen sind nötig. Sympathomimetisch: Anstieg von Herzfrequenz und Blutdruck.

Nebenwirkung: unerwartete Apnoen bei Säuglingen und Neugeborenen, gesteigerte Speichelsekretion, verzögertes Erwachen bei kurzen Eingriffen und möglicher ICP-Anstieg. Bei milder Hyperventilation kein ICP-Anstieg.

Muskelrelaxantien (Nicht-depolarisierend)

Atracurium [9]

Mittellang wirksam (20-40min). Dosis: 0,3 mg/kg zur Intubation, organunabhängige Elimination durch spontanen Zerfall (Hoffman-Elimination) und Abbau durch Cholinesterase.

Nachteil: erniedrigt die Krampfschwelle.

Mivacurium

Kurz wirksam (10-20min), Abbau durch Pseudocholinesterase. Kaum Histaminfreisetzung. Intubationsdosis: 0,25 mg/kg [37].

Cave: Pseudocholinesterasemangel.

2.2.3 Die Kaudalanästhesie

Technik, Medikamente und Dosierung [27,22,67]

Bei der Kaudalanästhesie wird unter Verwendung relativ großen Mengen Lokalanästhetikum (2,5 mg/kg Bupivacain 0,25%) mit einer 25G Kaudalnadel durch den Hiatus sacralis in Seitenlage oder Knie-Ellenbogen-Lage punktiert. Nach Perforation der Membran zwischen Kokzygis und Sakrum wird die Kanüle in den Epiduralraum vorgeschoben. Der Kaudalraum enthält beim Säugling loses Fettgewebe, in dem sich sehr leicht injiziertes Lokalanästhetikum ausbreiten kann. Das LA (Bupivacain + Adrenalin Testdosis) muss langsam unter kontinuierlicher EKG-Kontrollen injiziert werden. Warnzeichen einer intraossären oder intravenösen Injektion sind Tachy- oder Bradykardien, ST-Hebungen und zunehmende T-Amplitude.

Cave: Versehentliche intrathekale Injektion bei dieser hoher Dosierung.

Vorteil im Vergleich zur Spinalanästhesie: Einfache Technik.

Nachteile: Hohe Dosierungen von LA nötig, langsame Anschlagzeit [67].

Postoperatives Monitoring

Unabhängig von der gewählten Anästhesietechnik (Spinalanästhesie, Intubationsnarkose oder Kaudalanästhesie) sollten ehemalige Frühgeborene generell postoperativ mindestens 12-24 Stunden stationär kardiorespiratorisch überwacht werden [33,27,25,72,71,19,26,22,48].

Als zusätzliches Analgetikum erhalten die Kinder Paracetamol in der Form von Suppositorien (100 mg/kg/Tag) oder Tröpfchen (60 mg/kg/Tag) [27].

2.3 Die Leistenhernie des Frühgeborenen und das chirurgische Vorgehen

Definitionsgemäß ist die Leistenhernie ein Eingeweidebruch mit sackartiger Ausstülpung des parietalen Bauchfells (Bruchsack) durch eine anatomisch präformierte Bauchwandlücke oder Schwachstelle (Bruchpforte) und Hervortreten von Eingeweiden oder Organteilen (Bruchinhalt) aus der Bauchhöhle.

Bei Frühgeborenen ist die Leistenhernie angeboren. Dabei handelt es sich ausnahmslos um eine indirekte laterale Hernie. Der Bruchsack entspricht dem nicht obliterierten Processus vaginalis peritonei [58].

Hierbei handelt es sich um eine zunächst physiologische peritoneale Ausstülpung der Bauchhöhle entlang des Funiculus spermaticus bis auf den Hoden. Diese peritoneale Ausstülpung bildet sich in der Regel in der embryonalen Phase, spätestens zum Zeitpunkt der Geburt komplett zurück. Bei nicht Zurückbildung kann sich daraus eine freie, breite Verbindung zwischen Bauchhöhle und Hoden entwickeln.

Gefährlich wird es erst bei Füllung des Bruchsackes mit Bruchinhalten wie Dünndarmschlingen, Zäkum, Ovar, Tube oder Appendix und deren Inkarzeration [75].

Epidemiologie

Inzidenz bei Frühgeborenen und Neugeborenen

Die Weiterentwicklungen in der Neonatologie, der Geburtshilfe und auch in der Kinderanästhesie führten zu einer Zunahme der Anzahl der „Risiko“-Neonaten und gleichzeitig auch zu einem Anstieg der Inzidenz der kindlichen Leistenhernie. Die Leistenhernienreparation ist die häufigste Operation des ehemaligen Frühgeborenen [52].

Bei Frühgeborenen mit einem Geburtsgewicht von unter 1500 Gramm haben 15-20% der Säuglinge eine Leistenhernie [75]. Bei einem Geburtsgewicht unter 1000 Gramm beträgt die Inzidenz sogar 30% [64,47].

Die Prävalenz der kindlichen Leistenhernie rangiert bei Frühgeborenen zwischen 5% und 30% mit einer Inkarzerationsrate von 31% [58,42]. Etwa 60% der Hernien sind rechts, 20-25% links und 10-15% beiderseits gelegen [58].

Das Verhältnis der Jungen zu den Mädchen beträgt 8:2 [75].

Neben der Frühgeburtslichkeit im Allgemeinen gehört die maschinelle Beatmung von Frühgeborenen auch zu den Prädispositionsfaktoren. Der hohe Beatmungsdruck soll für die fehlende Obliteration des Processus vaginalis mitverantwortlich sein. Weiterhin ist auch die bronchopulmonale Dysplasie assoziiert mit einer steigenden Inzidenz von Leistenhernien [35].

Weitere für Frühgeborene wichtige Faktoren sind: Mekonium-peritonitis und ventrikuloperitonealer Shunt [32].

Klinik

Bei nicht inkarzerierten Leistenhernien findet sich eine Schwellung im Bereich des äußeren Leistenringes, die bis in das Scrotum hineinreichen kann. Die ersten Zeichen der Einklemmung sind Unruhe, Schmerzen und Nahrungsverweigerung. Später entwickeln sich die Symptome eines mechanischen Ileus mit galligem Erbrechen und aufgetriebenem Abdomen. Bei der klinischen Untersuchung fällt eine pralle, druckschmerzhaft Schwellung auf. [59]

Operationstechnik (Standardverfahren)

Anders als beim Erwachsenen besteht bei Kindern keine Schwäche von Faszie oder Muskulatur. Es wird daher nur eine hohe Bruchsackabtragung mit (nach Ferguson) oder ohne (nach Czerny) Eröffnung des Leistenkanals durchgeführt. Anschließend wird der M.obliquus internus an das Leistenband fixiert (nach **Rehbein/Grob**). Dies entspricht dem Vorgehen an der Universitätsklinik der RWTH Aachen. **Operationsdauer** ist in der Regel nicht länger als 10 Minuten. [58]

Hohe Bruchsackabtragung mit Eröffnung des Leistenkanals [58]

- **Zugang:** 2-3 cm langer Hautschnitt quer in der Unterbauchfalte, Lokalisierung des äußeren Leistenrings.
- **Spaltung der Externus-Aponeurose** und Eröffnung des Leistenkanals (Ferguson), Fassen der Faszienränder mit scharfen Klemmen und Abschieben der darunter medial gelegenen M.obliquus int. mit dem N.ilioinguinalis (Cave!) mit einem Präpariertupfer.
- **Darstellung des Bruchsacks:** Spaltung der Kremasterfasern in Längsrichtung mit der Schere, Lokalisation des unter den Kremasterfasern und vorn/lateral des Samenstrangs gelegenen weißlich glänzenden Bruchsack, Fassen mit der Pinzette oder Klemme, stumpfes Abschieben der Kremasterfasern von kaudal. Eröffnung des Bruchsacks 1-2 cm längs der Vorderseite und fassen der Ränder mit 4 stumpfen Klemmen.
- **Durchtrennung des Bruchsacks:** Unterfahren des Bruchsacks mit der Wittgenstein-Schere im Bereich der firstartig in den Bruchsack vorragenden Falte, Ablösung des Bruchsacks von den Samenstranggebilden und Durchtrennung.
- **Hohe Abtragung des Bruchsacks:** Versorgung des Bruchsacks an der Basis des inneren Leistenrings durch Umstechungsligatur.
- **Verschuß der Kremasterlücke:** Anheftung des M.obliquus int. mit 1-2 Nähten am Leistenband (Grob-Nähte). Ohne

Verlagerung des Samenstranggebildes, diese verlaufen unterhalb der Naht. Wundverschluß und Zug am Hoden.

Bei Mädchen erfolgt nach der Abtragung des Bruchsacks und Transfixation des Ligamentum rotundum hinter dem M.obliquus internus nach Bastianelli auch die Anheftung des Internus an das Leistenband.

Komplikationen: Wundinfekt, Blutung postoperativ im Bereich des Subkutangewebes, Hodenatrophie, Hodenhochstand, Verletzung von Harnblase oder des Ductus deferens. Die Frühgeburtlichkeit steht im Zusammenhang mit der Rezidivneigung [65].

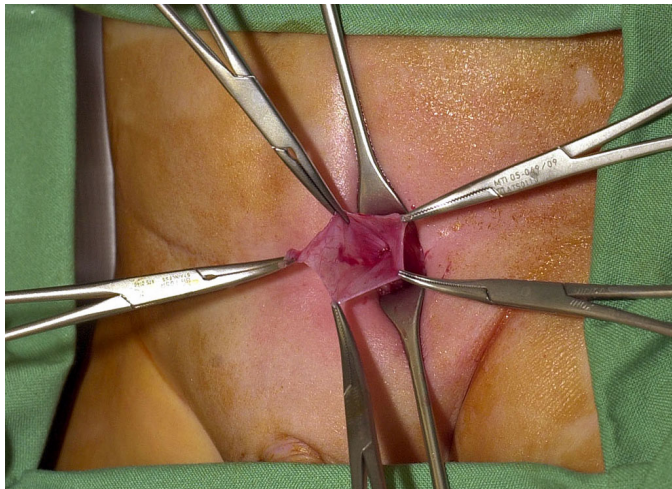


Abbildung 4: Darstellung des Bruchsacks, RWTH Aachen (2004)

3. Das Problem der geeigneten Anästhesietechnik

3.1 Chronologischer Überblick: Literatur zur Spinalanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen mit Leistenhernie

Nachdem viele Autoren über postoperative lebensbedrohliche Apnoen bei ehemaligen Frühgeborenen nach einer Allgemeinanästhesie berichtet hatten [66,49,31,45,2], folgten seit der Erstveröffentlichung von Abajian et al., dass sich mit der Spinalanästhesie diese Komplikationen bei Ex-Frühgeborenen vermeiden ließen, viele überzeugte Anhänger dieser Anästhesietechnik.

3.1.1 Zeitraum 1984-1990

1984 berichtete Abajian et al. über die erste Anwendung der Spinalanästhesie bei Risikokindern, d.h. 36 ehemalige Frühgeborene, 8 Termingeborene mit kongenitalen Anomalien. 16,6 % der ehemaligen Frühgeborenen erhielten zusätzlich zur Spinalanästhesie als Ergänzung wegen Operationszeitverlängerung Lachgas und Sauerstoff über die Maske und ein nicht namentlich genanntes i.v. Narkotikum. Weder intraoperative noch postoperative Komplikationen wurden beschrieben. Die größte Schwierigkeit bei der Durchführung der Spinalanästhesie betont er, sei die Lumbalpunktion. Seine Empfehlung war die Anwendung der Spinalanästhesie besonders bei diesen Risikokindern für Operationen im unteren Nabelbereich, da er von den Vorteilen der Spinalanästhesie überzeugt ist. Bei gesunden Kindern sei sie nicht indiziert [1].

1986 folgte auf die Empfehlung von Abajian et al. die Arbeit von Harnik. Er benutzte die Spinalanästhesie bei 20 ehemaligen Frühgeborenen mit respiratorischen Belastungen wie Respiratory Distress Syndrom, bronchopulmonale Dysplasie und Episoden früherer Apnoen. Wegen Schwierigkeiten wie unzureichende Blockade, Verzögerung von Beginn- und Prozedur der Operation wurde in 23,8% die Anästhesie ergänzt mit Ketamin, zweimalige Gabe von Tetracain, Lidocain 0,5% und Halothan bis zu 0,5% per

Maske. In 10% traten Komplikationen wie intraoperative Apnoe, Bradykardie und postoperative Apnoe auf, die nach seiner Meinung nicht durch die Spinalanästhesie induziert wurden (Hypothermie?). Die respiratorischen Probleme erforderten die Intubation mit der assistierten Beatmung. Auch er betonte, dass die Spinalanästhesie bezogen auf die Inzidenz von postoperativen respiratorischen Komplikationen im Zusammenhang mit der Allgemeinanästhesie wesentliche Vorteile bietet [33].

1988 veröffentlichte Mahe et al., nachdem viele Autoren über die Anwendung von Tetracain für die Spinalanästhesie von Kindern berichteten, dass auch isobares Bupivacain 0,5% bei Säuglingen unter 6 Monaten eine adäquate Anästhesie für die Leistenhernienreparation verschafft. Der Zusatz von Adrenalin zeigte in seiner Studie keine signifikante Wirkungsverlängerung. Signifikant waren die hämodynamischen Veränderungen (durchschnittlicher Abfall des Blutdrucks >20%, in 14,3% Abfall des systolischen Blutdruckes >40%), die aber keine Konsequenz für die Kinder hatten [51].

1989 führte Gallagher et al. erstmalig die Spinalanästhesie mit hyperbarem Bupivacain 0,5% bei 25 ehemaligen Frühgeborenen durch. Die Patienten wurden mit Atropin 0,02 mg/kg i.v. prämediziert. Vier der Säuglinge erhielten wegen Unruhe Ketamin 1 mg/kg i.v. zur Sedierung. Im Gegensatz zu Mahe et al. blieben die hämodynamischen Parameter (Blutdruck, Herzfrequenz) durchgehend unverändert. Auch traten keine intra- und postoperative Apnoen auf. Überzeugt propagiert er, dass die Spinalanästhesie eine effektive und sichere Alternative zur Intubationsnarkose ist und dass seine Dosierungsempfehlung mit 0,3 mg/kg für gute Operationsbedingungen sorgt. Technische Probleme erforderten das Umsteigen auf die Allgemeinanästhesie in 12% [25].

1990 veröffentlichte Welborn et al. die prospektive Studie mit 36 ehemaligen Frühgeborenen ohne kardiale, neurologische und metabolische Vorerkrankungen, von denen 16 unter der Allgemeinanästhesie (Halothan, Muskelrelaxantien, Lachgas, Sauerstoff, kontrollierte Beatmung) und die Restlichen unter der Spinalanästhesie mit und ohne Ketamingabe operiert wurden. Die

Ergebnisse zeigten, dass Ketamin zur Supplementierung nicht geeignet war. So hatten 8 von 9 Ex-Frühgeborene (89%) postoperativ Apnoe-Episoden nach Ketaminsupplementierung einer Spinalanästhesie. Statistisch waren signifikante Unterschiede zwischen der Spinalanästhesie und der Allgemeinanästhesie im Bezug auf postoperative Komplikationen (postoperative prologierte Apnoe, Bradykardie). Die Komplikationen erforderten keine Intubation mit mechanischer Beatmung [72].

3.1.2 Zeitraum 1991-2000

1991 machte Webster et al. in seiner Studie deutlich, dass die Spinalanästhesie für die Leistenhernienreparation bei Risikoneonaten die Gefahr von respiratorischen Störungen nicht ganz beseitigt, sondern nur vermindert. Unabhängig von der Methode sollte postoperativ eine kardiorespiratorische Überwachung von mindestens 24 Stunden erfolgen. In 51% war die Spinalanästhesie ohne Supplementierung erfolgreich. Wegen Unruhe der Kinder wurde zusätzlich in 14,9% eine Maskenanästhesie mit Halothan (0,5-1,0%), in 12,8% Ketamin i.v. und in 4,26% beides zusammen gegeben. Nach Webster braucht man für gute Operationsbedingungen häufig eine Supplementierung mit Maske oder Ketamin. Die Durchführung der Spinalanästhesie in sitzender Position mit steigender Gabe des Lokalanästhetikums reduziert die Notwendigkeit zur Supplementierung und die Anästhesiedauer wird erhöht. Komplikationen in seiner Studie: Auftreten von hohen Spinalanästhesien ohne hämodynamische Folgen, peri- und postoperative respiratorische Störungen.

Als Alternative bei Scheitern der Spinalanästhesie bietet er die Kombination einer Kaudalanästhesie mit der Inhalationsanästhesie (Maske) an [71].

Im gleichen Jahr empfahl Ramamoorthy et al. 1,0 mg/kg Tetracain oder Bupivacain hyperbar als die optimale Dosierung, wodurch eine Supplementierung erspart bleibt und gute Operationsbedingungen geschaffen wurden. Erhöhung der Dosis zu 1,2 mg/kg führt zu einer signifikanten Wirkungsverlängerung, aber auch zu einer Zunahme der Inzidenz von hohen Spinalblockaden (von 3% mit 1,0 mg/kg zu 12%

mit 1,2 mg/kg). In keiner Gruppe kam es zu signifikanten hämodynamischen Veränderungen [55].

Weitere Arbeiten von Veverka im selben Jahr unterstützten die Aussage der meisten Autoren, dass im Vergleich zu der Allgemeinanästhesie die Spinalanästhesie bei high-risk Patienten das Risiko für Apnoen wesentlich erniedrigt. Die Supplementierung von Ketamin erhöhte nicht das Risiko. In 68% konnten erfolgreich die Operationen bei diesen high-risk Kindern unter ambulanten Bedingungen durchgeführt werden. Postoperativ traten in keinem Fall Apnoen auf. Als Konsequenz daraus betonte Veverka, dass durch die Spinalanästhesie die Möglichkeit gegeben wird auch ambulant zu operieren (Kostenersparnis, Vermeidung nosokomialer Infektion) [70].

1992 publizierte Fösel et al. seine ersten Erfahrungen über die Spinalanästhesie bei 12 Patienten (11 ehemalige Frühgeborene und ein reifgeborenes Kind mit Z.n. kongenitaler Zwerchfellhernie). Durch die Spinalanästhesie wurden keine therapiebedürftigen Komplikationen hervorgerufen. Ein Kind, das Midazolam und Lachgas zur Sedierung erhielt, zeigte kurzfristige Apnoen, die mit taktilen Reizen und Theophyllingabe beherrscht werden konnten. Seiner Meinung nach ist die Spinalanästhesie ohne medikamentöse Sedierung bei der Durchführung von Operationen im Leistenbereich bei respiratorisch gefährdeten Säuglingen eine gute Alternative mit relativ einfacher Durchführbarkeit. Trotzdem müsse man bei Risikokindern dieselbe postoperative Überwachung wie bei einer Allgemeinanästhesie durchführen [19].

Nachdem bis jetzt Arbeiten nur mit wenigen Fallzahlen veröffentlicht wurden, zeigte Gerber et al. **1993** im Rahmen einer umfassenden prospektiven Studie mit 164 ehemaligen Frühgeborenen, dass durch die Spinalanästhesie vor allem die prolongierte postoperative Apnoe vermieden wird. Wie alle Anästhesietechniken sei auch die Spinalanästhesie nicht frei von Risiken. In 92,7% konnte die Spinalanästhesie durchgeführt werden, bei den Restlichen 7,3% wurde wegen schwieriger Lumbalpunktion zur Allgemeinanästhesie gewechselt. Supplementierung war in 9,1% nötig. Intraoperative

Komplikationen wie Apnoen während der Lumbalpunktion und exzessiv hohe Spinalanästhesien erforderten die Intubation mit maschineller Beatmung bei 3 Kindern und die assistierte Ventilation mit der Maske bei 4 Kindern. Nur einer der Patienten mit hoher Blockade zeigte kardiovaskuläre Instabilität mit Abfall der Herzfrequenz unter 100. Dieser bekam wegen unzureichender Spinalanästhesie zusätzlich ein Kaudalblock mit 0,25% Bupivacain (1mg/kg). Postoperativ entwickelte ein Patient nach der Allgemeinanästhesie eine prolongierte Apnoe mit der Folge der Reintubation. Nach der Spinalanästhesie zeigte kein Patient postoperativ prolongierte Apnoe. Hier wurden postoperativ nur kurze Apnoephasen, Bradykardie und periodisches Atmen registriert. Diese Kinder bekamen eine reine Spinalanästhesie ohne Supplementierung. Alle intraoperativen Komplikationen der Spinalanästhesie waren mit dem Verlassen des Operationssaals verschwunden. Auch war jeder nach der Spinalanästhesie spontanatmend und die orale Nahrungsaufnahme konnte sofort erfolgen. Die 24 Stunden Überwachung postoperativ sei trotzdem bei allen indiziert. [26]

1995 propagiert Fouckhardt-Bradt ebenfalls die Vorteile der Spinalanästhesie, die er in seiner Studie bei 380 Patienten durchgeführt hatte. Die meisten Patienten wurden vor der Lumbalpunktion sediert mit Diazepam (0,2-0,3 mg/kg). 10,8% der Kinder wurden wegen Nichtauffinden des Subarachnoidalraums mit der Intubationsnarkose operiert. Die reine Spinalanästhesie ohne Supplementierung erhielten 87,1% der Kinder. Nur 1,6% brauchten zusätzlich ein nicht namentlich genanntes Analgetikum. Alle Patienten waren während der ganzen Zeit kardiovaskulär stabil. Die allgemeine Komplikationsrate lag bei 3,9%: Bradykardie (2,1%), Sättigungsabfall<90% (0,6%), Myoklonien (0,6%), periodische Atmung (0,6%) und Anästhesiewirkung unter 40 Minuten (0,6%). Postoperativ traten keine neurologischen Probleme auf. Fouckhardt-Bradt befürwortet die Spinalanästhesie als Alternative für ehemalige Frühgeborene und auch für Reifgeborene, da die Spinalanästhesie eine hohe Erfolgsrate und eine niedrige Komplikationsrate gezeigt hatte. Sogar die Gefahr der Nervenschädigung könne man ganz vernachlässigen [20].

Im selben Jahr veröffentlichte Krane et al. die Studie mit 18 ehemaligen Frühgeborenen. Hier wurden 10 der Kinder unter der Spinalanästhesie und 8 der Patienten mit der Allgemeinanästhesie an Leistenhernie operiert. Kinder mit signifikant chronischen Lungenerkrankungen, kongenitalen Herzerkrankungen und zentralnervöse Erkrankungen wurden hier ausgeschlossen. Die Spinalanästhesie wurde mit 0,6 mg/kg Tetracain hyperbar, und die Allgemeinanästhesie mit Halothan- und Muskelrelaxantien durchgeführt. Für Schmerzerleichterung erhielten beide Gruppen am Ende eine Ilioinguinalisblockade mit Bupivacain 0,25%. Die Versagerquote (Lumbalpunktion) lag bei 10%. Wegen Wirkungsversagen des Lokalanästhetikums wurde zu 30% zusätzlich Lachgas appliziert [41].

1998 publizierte Somri et al. eine vergleichende Studie zwischen der Spinalanästhesie und der Intubationsnarkose bei 40 Risikokindern, die elektiv an uni- und bilateraler Leistenhernie operiert wurden. Er konnte signifikante Unterschiede sowohl im Bezug auf die respiratorische Morbidität (wesentlich prolongierte Apnoe) als auch im Bezug auf die Dauer des stationären Aufenthalts zeigen. Keine signifikanten Unterschiede ergaben sich bezüglich Operationszeit und Gewicht. Die 20 Kinder in der Allgemeinanästhesiegruppe wurden mit Thiopental 4-5 mg/kg i.v. hypnotisiert, intubiert mit Atracurium 0,5 mg/kg und anschließend wurde die Anästhesie mit Halothan 0,5-1,5% und N₂O/O₂ aufrechterhalten. Sie zeigten eine hohe Rate an prolongierter Apnoe z.T. mit Bradykardie (35%), wobei 4 der Kinder mechanisch beatmet werden mussten. Dementsprechend war der stationäre Aufenthalt in dieser Gruppe bedeutend lang (Median 2 Tage). Die Restlichen 20 Kinder in der Spinalanästhesiegruppe brauchten weder die assistierte Beatmung noch die Intubation und es traten keine hohe Blockaden und Bradykardien auf. Der Median des stationären Aufenthalts lag hier bei 1 Tag. Die Spinalanästhesie erhöhe die Sicherheit bei Risikokindern (ehemalige Frühgeborene) mit der Konsequenz kürzerer Krankenhausaufenthalte [64].

Im gleichen Jahr berichtete Tobias et al., wie 2 ehemalige Frühgeborene ohne frühere Apnoeepisoden und Bradykardien nach

einer unkomplizierten Spinalanästhesie mit 1 mg/kg Tetracain hyperbar und Adrenalin schwere und rezidivierende Apnoen und Bradykardien entwickelten. Es wurde keine sedierende Supplementierung verabreicht. Wie auch andere Autoren betont er die Bedeutung des postoperativen Monitorings, da auch nach einer reinen Spinalanästhesie Komplikationen auftreten können [68].

2000 unterstützte Frumiento et al. im Rahmen einer umfassenden Studie mit 259 Risikokindern im Zeitraum von 1982-1997 die von vorherigen Autoren erwähnten Vorteile der Spinalanästhesie. Die Spinalanästhesie sei eine sichere und effektive Methode, die die Notwendigkeit der stationären postoperativen Überwachung eliminiert. Die ambulante Versorgung dieser Kinder könne man dadurch mit großer Sicherheit befürworten. Bei 78,6% der Patienten konnte ohne Supplementierung die Operation (elektive ein- und beiderseitige Leistenhernie, dringliche inkarzerierte Leistenhernie) adäquat durchgeführt werden. Zu den intraoperativen Problemen zählten: Unruhe der Kinder (16%), hohe Spinalblockade ohne Intubationspflichtigkeit (3%), Bradykardie (1,5%) und Erbrechen (0,3%). Postoperativ wurde in 4,9% Apnoen registriert, wobei die ambulanten Patienten keine klinisch relevanten respiratorischen Probleme zeigten. Ein weiterer Vorteil sei trotz der anfänglichen Verzögerung wegen der Lumbalpunktion die Anästhesiezeiteinsparung (kein Warten auf Erwachen/Extubation). [24]

3.1.3 Zeitraum 2001-2003

2001 wurde erstmalig von Huang et al. eine retrospektive Studie mit 34 ehemaligen Frühgeborenen mit sehr niedrigen Geburtsgewichten veröffentlicht. Im Zeitraum von 1995 bis 1997 wurden 16 der Kinder mit der Spinalanästhesie (Tetracain hyperbar) und 18 der Kinder mit der Allgemeinanästhesie zur bilateralen Leistenhernienreparation operiert. Die Einleitung der Intubationsnarkose erfolgte mit Thiopental i.v. (4-5 mg/kg), Intubation mit Rocuronium 0,6 mg/kg und die Anästhesieaufrechterhaltung mit Halothan oder Isoflurane und N₂O/O₂. In der Intubationsnarkose-Gruppe mussten postoperativ 7 Kinder beatmet werden, wogegen in der anderen Gruppe nur ein Patient dies benötigte. Mit $p < 0,05$ wurde dies als statistisch signifikant

beurteilt. Andere Parameter wie Operations-($p=0,96$) und Anästhesiezeit ($p=0,87$) und Länge des stationären Aufenthaltes ($p=0,23$) zeigten keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Huang et al. betonte als Konsequenz seiner Studie, dass die Spinalanästhesie den Bedarf an postoperativer mechanischer Beatmung bei Risikokindern reduziert. [36]

2002 berichtete Shenkman et al. ausführlich über die technischen Aspekte der Spinalanästhesie.

Die Studie umfasste 62 Patienten, darunter 55 Frühgeborene und ehemalige Frühgeborene. Von diesen hatten 38% typische Vorerkrankungen: cerebral (cystische periventrikuläre Leukomalazie, Z.n. intraventrikulärer Blutung), kardiovaskulär (Ventrikelseptumdefekt, Foramen ovale, persistierendes Ductus arteriosus Botalli, pulmonale Hypertonie, periphere Pulmonalstenose), pulmonal (bronchopulmonale Dysplasie, Lungenblutung), renal (Hydronephrose, Nephrokalzinose, Nephrolithiasis, Uretero-vesikaler Reflux). Jeweils in 9,1% traten intra- und postoperative Komplikationen wie Hypoxie, Apnoe und Bradykardie auf. Keiner der Kinder, die zusätzlich N_2O erhalten hatten, gehörte zu dieser Gruppe. Shenkman et al. befürwortete bei Risikokindern die Spinalanästhesie mit ihrer sicheren, effektiven und einfachen Durchführbarkeit. Voraussetzung für diese Anwendung sei: achtsames perioperatives Monitoring, eine relativ hohe Dosierung des hyperbaren Lokalanästhetikums mit Adrenalin, adäquate Lagerung des Patienten während der Lumbalpunktion und sofort im Anschluss an die Injektion des Lokalanästhetikums (keine Kopftieflage). [62]

Im gleichen Jahr veröffentlichte Gerber et al. eine umfangreiche Arbeit über das Problem der geeigneten Anästhesietechniken. Auch er befürwortete die Spinalanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen. Seine eigene Erfahrung über die Spinalanästhesie mit isobarem Bupivacain umfasste 338 ehemalige Frühgeborene. 85% konnten in reiner Spinalanästhesie operiert werden. 15 Patienten hatten postoperativ kurze Apnoen, die keine therapeutischen Maßnahmen erforderten, und nur ein Patient hatte wiederholte schwere Apnoen, die eine Maskenbeatmung erforderten. Bei diesem Patienten bestand gleichzeitig ein schwerer gastroösophagealer Reflux. Weitere

Komplikation war in 4 Fällen hohe oder totale Spinalanästhesien, die aber ohne Probleme behoben werden konnten. Das Hauptproblem betonte er auch die technische Schwierigkeit bei der Durchführung [27].

2003 publizierte Kim et al. die retrospektive Studie mit 29 ehemaligen Frühgeborenen mit einseitiger oder beiderseitiger Leistenhernienreparation, die präoperativ beatmet und vom Respirator entwöhnt wurden. Patienten mit Notfalloperationen oder fehlender Dokumentation wurden ausgeschlossen. Bei 15 der Kinder wurde die Spinalanästhesie mit hyperbarem Bupivacain durchgeführt, und die Restlichen 14 wurden mit der Allgemeinanästhesie (Einleitung mit Thiopental 5 mg/kg, Intubation mit Vecuronium 0,1 mg/kg, Aufrechterhaltung mit Enfluran 1,5-3% und N₂O/O₂ (50%/50%)) operiert. Fünf (36%) der Kinder in der Allgemeinanästhesiegruppe brauchten postoperativ eine mechanische Beatmung, vier erhielten CPAP und acht benötigten Sauerstoff. Keiner der Kinder in der Spinalanästhesiegruppe musste mechanisch beatmet werden, noch erhielten sie CPAP. Kim et al. sprach sich für die Vorteile der Spinalanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen mit früherer Beatmungspflichtigkeit [78].

Neben den Befürworter der Spinalanästhesie gibt es auch Autoren, für die eine vernünftig durchgeführte Allgemeinanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen auch vertretbar ist.

1992 sprach sich Hausdörfer gegen die Anwendung der Regionalanästhesie bei Kindern. In einem kurzen Abschnitt seiner Arbeit nahm er auch Stellung zur Spinalanästhesie bei ehemaligen Hochrisikofrühgeborenen. Unter dem Motto „Was nicht Routine ist, kann nicht in jedem Fall schädigungsfrei eingesetzt werden“ kritisierte er Anästhesisten, die auf die Applikation der Spinalanästhesie

drängen. So müsse zwangsläufig ein reduziertes technisches und pharmakologisches Dauerwissen vorausgesetzt werden. [34]

Ein Leitartikel der Zeitschrift „Society Pediatric Anesthesia“ propagierte **1997** die sichere Anwendung der Allgemeinanästhesie bei medizinisch stabilen Frühgeborenen. Zu deren Argumente gehörte:

- Die Effektivität der Spinalanästhesie bezüglich der Vermeidung postoperativer Apnoen bleibt strittig.
- Regionalanästhesie ist technisch schwierig und unzuverlässig bei ehemaligen Frühgeborenen.
- Die Allgemeinanästhesie mit ihrer einfachen technischen Durchführbarkeit, Flexibilität und Zuverlässigkeit macht sie zur Methode der Wahl (ökonomisch verbesserte Ergebnisse). [43]

1998 berichtete Tobias et al., wie 2 ehemalige Frühgeborene ohne frühere Apnoeepisoden und Bradykardien nach einer unkomplizierten Spinalanästhesie mit 1 mg/kg Tetracain hyperbar und Adrenalin schwere und rezidivierende Apnoen und Bradykardien entwickelten. Es wurde keine sedierende Supplementierung verabreicht. Auch eine hohe Spinalanästhesie wurde ausgeschlossen. Wie auch andere Autoren betont er die Bedeutung des postoperativen Monitorings, da auch nach einer reinen Spinalanästhesie Komplikationen auftreten können. [68]

1999 publizierte Kunst et al. seine kontrolliert prospektive Studie in einer kurzen Briefform. Es ging um 17 ehemalige Frühgeborene mit früheren Episoden von Apnoen und Bradykardien. Acht der Kinder erhielten die Spinalanästhesie mit isobarem Bupivacain 0,5%. Die Allgemeinanästhesiegruppe mit den restlichen Kindern bekam als Inhalationsnarkotikum Halothan und Lachgas. Die Untersuchung zwischen den beiden Verfahren zeigte eine vergleichbare Häufigkeit an postoperativen „beunruhigenden“ Apnoen. Kunst betonte als Konsequenz der Arbeit, dass bezüglich der postoperativen Komplikationsrate die Spinalanästhesie mit der Allgemeinanästhesie gleichgestellt sein kann. Eine postoperative Überwachung sei für mindestens 16 Stunden indiziert. Viele wichtige Details wie z.B. Punktionsversuche (technische Details), Anästhesie- und

Operationszeit und Ausgang der Kinder mit Apnoen wurden in der Arbeit nicht erwähnt. [44]

2001 berichtete Williams et al. eine vergleichende prospektive Studie zwischen der Spinalanästhesie mit Bupivacain und der Allgemeinanästhesie mit Sevofluran bei 28 ehemaligen Frühgeborenen. Ausgeschlossen wurden Kinder mit kardialen, neuromuskulären und metabolischen Vorerkrankungen. Die Untersuchung konzentrierte sich auf die postoperativen respiratorischen Ausgangsprofile beider Techniken. Die beobachteten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ergab statistisch keine Signifikanz. Williams et al. sprach sich gegen die routinemäßige Anwendung der Spinalanästhesie in seiner Klinik aus, da sie mit einer hohen Versagerquote (28,6%) behaftet ist und für den Säugling viel Stress bedeutet. [74]

2002 betonte Frei in seinem Editorial, dass bei ehemaligen Frühgeborenen alle drei Anästhesietechniken (Spinal-, Kaudal- und Allgemeinanästhesie) gerechtfertigt sind. Nach Frei ist es wichtig, dass die angewendete Technik kompetent praktiziert wird, und dass eine 24 Stunden dauernde postoperative Überwachung gewährleistet wird. [21]

Frei tendiert dazu, bei ehemaligen Frühgeborenen mit Leistenhernie Allgemeinanästhesien durchzuführen. Dies sei weniger traumatisch für das Kind als eine Regionalanästhesie im Wachzustand.

2003 veröffentlichte Craven et al. eine umfassende kritische Analyse der erwähnten Studien von Welborn 1990, Krane 1995, Somri 1998 und Williams 2001. Bezogen auf die postoperative Erkrankungsinzidenz konnte Craven et al. keine standfesten Beweise finden, die die Effektivität der Spinalanästhesie gegenüber der Intubationsnarkose bei ehemaligen Frühgeborenen mit Leistenhernie zeigen. [14]

Literaturübersicht: Spinalanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen mit Leistenhernie (1)

Autor/ Jahr	n	Zeit- raum (Z)	Lokalanäs- thetikum	Dosis (mg/kg)	Versa- ger- quote	Dauer AN (min)	Dauer OP (min)	Mittleres Gewicht	Supplementier- ung	Vorer- krankungen	Postpartale Beatmung (PPB)
Abajian 1984 [1]	36	1977- 1984	Tetracain 1% hyperbar + Adrenalin 1:1000	0,32	16,6%	100 +/- 5	46 +/- 4	3420 +/- 250	Lachgas/ Sauerstoff/ i.v. Narkotikum	?	?
Harnik 1986 [33]	20	?	Tetracain 1% hyperbar	0,41 (0,24- 0,65)	4,8%	71,5+/- 14,09	51,5 +/- 20,4	3288 +/- 1185	Ketamin, N₂O/0₂ Maske, Lidocain 0,5%, Halothan bis zu 0,5% per Maske,	RDS, BPD, Apnoe- episoden	Ja
Mahe 1988 [51]	12	?	Bupivacain 0,5%isobar + Adrenalin 1:200000	0,8 +/- 0,2		81+/-18 (50-115)	?	4500+/- 1300			
Mahe 1988 [51]	16		Bupivacain 0,5%isobar	0,8 +/- 0,1		70+/-25 (20-110)	?	4800+/- 1000	Halothan per Maske		
Gallagher 1989 [25]	25	?	Bupivacain 0,5%hyperbar	0,3	12%			3000+/- 800	Ketamin 1mg/kg	BPD	Ja(44%)
Welborn 1990 [72]	20	?	Tetracain 1% hyperbar + Adrenalin 1:1000	0,4-0,6	0		41,7 (35-55)	?	Ketamin 1-2mg/kg	Nein	

Literaturübersicht: Spinalanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen mit Leistenhernie (2)

Autor/ Jahr	n	Z	Lokalanäs- thetikum	Dosis (mg/kg)	Versa- ger- quote	Dauer AN (min)	Dauer OP (min)	Mittleres Gewicht	Supplementierng	Vorer- krankungen	Postpartale Beatmung (PPB)
Webster 1991 [71]	37		Tetracain 1% hyperbar + Adrenalin 1:200000	(Min- Max) (0,27- 1,10)	6,4%				Halothan 0,5- 1,0%(Maske), i.v. Ketamin	BPD(73%)	Ja(84%)
Ramamo- orthy 1991 [55]	15		Tetracain 0,5% hyperbar + Adrenalin 1:200000	1,0	6,6%	177+/- 25		?		?	?
Ramamo- orthy 1991 [55]	15		Tetracain 0,5% hyperbar + Adrenalin 1:20000	1,2	6,6%	201+/- 46		?		?	?
Ramamo- orthy 1991 [55]	15		Bupivacain 0,5%hyperbar +Adrenalin 1:200000	1,0	0	121+/- 39		?		?	?
Ramamo- orthy 1991 [55]	15		Bupivacain 0,5%hyperbar +Adrenalin 1:20000	1,2	0	147+/- 37		?		?	?

Literaturübersicht: Spinalanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen mit Leistenhernie (3)

Autor/ Jahr	n	Z	Lokalanästhetikum	Dosis (mg/kg)	Versager- quote	Dauer AN (min)	Dauer OP (min)	Mittleres Gewicht	Supplementierung	Vorerkrankungen	PPB
Veverka 1991 [70]	87	1985- 1990	Tetracain/ Bupivacain hyperbar	0,25- 0,35/ 0,25- 0,32	3,45%	66,4 (35- 107)	39,3 (20- 107)	3270 (1380- 6360)	Ketamin (0,5- 1mg/kg) i.v./i.m., Midazolam (0,1- 0,2 mg/kg), N ₂ O, Pethidin od. Thiamylol, Bup.0,25%+A lokal und für Ileinguinal-block	Bek. Apnoeepisoden(52,9%),BPD (14,9%),per.Atmung(2,3%),sub- glottische Stenose(1,1%),Herz- erkr.(3,4%),Epilepsie(1,1%), virale Meningitis (1,1%)	
Fösel 1992 [19]	12	9 Mo.	Bupivacain 0,5%isobar+ Adrenalin	0,6	16,6%	60-90		2690	Midazolam (0,1mg/kg) i.v., 70%N ₂ O+ 30%O ₂		83,3 %
Gingrich 1993 [28]	1		Tetracain hyperbar+ Adrenalin	1,2				3480	nein	RDS mit Langzeitbeatmung, mehrmalige Episoden von Sepsis, Thrombozytopenie, multipleTransfusionen, Cylothorax, Ikterus, IVH, perforierte nekroti. Enterokolitis	Ja
Parkinson 1990 [54]	12		Bupivacain hyperbar+ Adrenalin	0,6	0	84 (64- 110)		5700	Nein		

Literaturübersicht: Spinalanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen mit Leistenhernie (4)

Autor/ Jahr	n	Z	Lokalanäs- thetikum	Dosis (mg/kg)	Versa- ger- quote	Dauer AN (min)	Dauer OP (min)	Mittleres Gewicht	Supplementierung	Vorer- krankungen	Postpartale Beatmung
Gerber 1993 [26]	164	1988- 1992	Tetracain hyperbar+ Adrenalin	0,55+/- 0,05	7,3%	195 (67- 600)		3340	(9,1%): Xylocain lokal, Kaudalblock, i.v. Ketamin, i.v. Nalbuphin, i.v. Midazolam, 70%N ₂ O	RDS(58,5%), BPD(18,9%), Intrakranielle Blutung(21,3%), Sepsis(31,1%), kongenitale Malformation(7,9), Episoden von Apnoe:nach Geburt 36% und vor Op 11%	39%
Fouckhardt- Bradt 1995 [20]	380	1991- 1994	Bupivacain 0,5%isobar	?	10,8%	75+/- 15	28+/- 10	3425	1,6% Analgetikum		
Somri 1998 [64]	20		Bupivacain isobar	0,6-0,8	12,5%	45,9+/- 6,89	20-40	3700+/- 1100	Halothan 0,5% per Maske(20%), Propofol 1mg/kg i.v.(10%)	BPD (20%), RDS (20%), Apnoe- episoden (25%)	40%
Frumiento 2000 [24]	259	1982- 1997	Tetracain(1%) Hydrochlorid hyperbar + Adrenalin	0,57	2,7%	151 (45- 250)	48 (15- 130)	3417,9 (1360- 7103)	(21,4%): i.v.(Fentanyl Citrat,Diazepam, Midazolam,Hydro- chlorid,Lokalanästh., Epidural- und Kaudalan.,Allgemein- anästhesie	Apnoeepisoden, kongenitale Herz- erkrankungen	

Literaturübersicht: Spinalanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen mit Leistenhernie (5)

Autor/ Jahr	n	Z	Lokalanäs- thetikum	Dosis (mg/kg)	Versa- ger- quote	Dauer AN (min)	Dauer OP (min)	Mittleres Gewicht	Supplementierung	Vorer- krankungen	PPB
Williams 2001 [74]	10		Bupivacain 0,5%	1,0	28,6%		28	2800	Kaudalblock mit 0,25%Bupivacain 2 mg/kg	„pre-existing abnormal respiratory funktion“	
Huang 2001 [36]	16	1995- 1997	Tetracain 1%hyperbar	0,5	15,8%	127+/- 29	71+/- 28	2443+/- 445	i.v. caffeine(37,5), 02 (81,25)	BPD(100%), Geburtsgew: (865+/-230)	100 %
Shenkman 2002 [62]	55	28 Mo.	Tetracain/ Bupivacain 0,5%hyperbar +Adrenalin 1:1000	1,0, bei diuretischer Therapie 0,8	11%			3261+/- 1243 (1750- 6580)	5,4%:N ₂ O(Maske), 5,4%:Narkose(Einleitung mit Sevofl./N ₂ O, Intubation, Aufrechterhaltung Isofluran/N ₂ O/O ₂ ,am Ende ilioinguinale/iliohyo- gastrische Nervenblockade mit Bupivacain 2mg/kg	38% (cerebral, kardio- vaskulär, pulmonal, renal)	
Gerber 2002 [27]	338		Bupivacain0,5% isobar + Adrenalin 1:200000	1,0	7,7%				7,4%: lokale Infiltration, sys- temische Analgetika		
Kim 2003 [78]	15	1995- 2002	Bupivacain0,5% hyperbar	0,6	13,3%		66,3+/- 17,0	2937+/- 755	73,3%: Ketamin i.v. 4,4mg		Ja 100 %

4. Eigene Studie

Diese Studie spiegelt die Erfahrungen des Universitätsklinikums der RWTH Aachen mit Leistenhernienreparationen bei Säuglingen unter der Spinal- und Allgemeinanästhesie wieder, um die Ergebnisse mit denen anderer Studien vergleichen zu können.

4.1 Patienten und Methode

Anhand der Operationsbücher der Chirurgie wurden alle Leistenhernien ausfindig gemacht, die am Klinikum zwischen Januar 1995 und Dezember 2001 bei Säuglingen im Alter von 0-6 Monaten operiert worden waren.

Insgesamt wurden 419 Leistenhernienreparationen im genannten Zeitraum bei Säuglingen durchgeführt. 167 der Leistenhernien wurden mit der Spinalanästhesie und die Restlichen 252 mit der Intubationsnarkose operiert.

Die biometrischen Daten der Kinder [Geburts- und Operationstag, Operations- und Anästhesiedauer, Gewicht zum Zeitpunkt der Operation, Dringlichkeit der Operation, Ausmaß der Operation (ein- oder beiderseitige RepARATION), assoziierte präoperative Risikofaktoren, Quantität der Stechversuche bei der Durchführung der Spinalanästhesie, Menge und Art der verwendeten Medikamente] wurden anhand der Krankenakten retrospektiv erfasst. Weiterhin wurden bezüglich der präexistenten Erkrankungen die Kinder entweder als Risikopatient oder als Nicht-Risikopatient klassifiziert.

Definiert wurde die Anästhesiezeit als die Zeitspanne von dem Moment der Betreuung des Patienten durch den Anästhesisten bis zur Übergabe des Patienten an die nächste Instanz (Aufwachraum/ Neonatologische Intensivstation).

Die Zeitspanne vom Beginn des ersten Schnittes bis zum Wundverschluss wurde als Operationszeit berechnet.

Es wurden keine Kinder bezüglich der Vorerkrankungen ausgeschlossen. Bei Versagen der Spinalanästhesie wurden die jeweiligen Kinder der Allgemeinanästhesiegruppe zugeteilt. Aufgrund fehlender Krankenakte oder mangelnder Dokumentation der

Anästhesiejourmale konnten unsere Tabelleneintragungen nicht komplettiert werden.

Präoperativ wurde eine vierstündige Nüchternphase für Milch und eine zweistündige Karenz für klare Flüssigkeiten angeordnet.

Nach den entsprechenden Vorbereitungen wurde die jeweilige Anästhesietechnik (Spinal- oder Allgemeinanästhesie) angewendet.

In der Allgemeinanästhesiegruppe erfolgte die Anästhesieeinleitung mittels des intravenösen Hypnotikums Thiopental (Trapanal®) in einer Dosis von 5-8 mg/kg.



Abbildung 5: Anästhesieeinleitung mit Thiopental i.v. bei einem ca. 7000 Gramm schweren Kind ohne Vorerkrankungen, RWTH Aachen (2004)

Alle Patienten erhielten kurz nach der Anästhesieeinleitung zur postoperativen Analgesie z.B. das Pritramid (Dipidolor®) in einer Dosis von 0,1-0,2 mg/kg.

Vor der Intubation erfolgte die Ventilation mit der Maske, wobei einige Atemzüge reiner Sauerstoff gegeben wurde.



Abbildung 6: Maskenbeatmung mit einigen Atemzügen von reinem Sauerstoff, RWTH Aachen (2004)

Anschließend wurde der Säugling nach Gabe eines Muskelrelaxans (z.B. Atracurium 0,5 mg/kg) endotracheal intubiert, um mit einem PEEP von 3-5 cm H₂O kontrolliert beatmet zu werden.



Abbildung 7: Einführung des Laryngoskopiespatels, RWTH Aachen (2004)



Abbildung 8: Endotracheale Intubation beim Säugling, RWTH Aachen (2004)

Die Weiterführung der Narkose erfolgte mit dem Inhalationsanästhetikum Isofluran in der Konzentration zwischen 0,4 und 1,0 Vol.% und einem Gemisch von N₂O/O₂ (0,3% FiO₂ mit Luft evtl. Lachgas).



Abbildung 9: Tubusfixation und Anschluss an das Beatmungsgerät, RWTH Aachen (2004)

Bei Bedarf wurde das Analgetikum (Dipidolor®) in der Dosierung von 0,1-0,2 mg/kg nachinjiziert.



Abbildung 10: Intubierter Säugling während der Operation, RWTH Aachen (2004)

Am Operationsende konnte die Narkose wieder ausgeleitet werden und erst bei ausreichender Atmung des Kindes wurde dann extubiert. Als zusätzliches Analgetikum erfolgte postoperativ die Gabe von Paracetamol in der Form von Suppositorien in einer Dosis von 20-40 mg/kg/4-6 stdl. (zumeist 125 mg).

Säuglinge für die Spinalanästhesie wurden zur Punktion des Subarachnoidalraums in die sitzende Position gebracht. Bei der Lagerung wurde darauf geachtet, dass der Kopf nicht anteflektiert wurde, um die Spontanatmung nicht zu gefährden. Die Punktionen wurden nach Hautanästhesie mit EMLA® unter sterilen Bedingungen in den Intervertebrärräumen L4/L5 oder L5/S1 vorgenommen. Hierbei wurden meist 22G oder 25G Spinalnadeln verwendet.



Abbildung 11: 25G Spinalnadel, RWTH Aachen (2004)



Abbildung 12: Orientierung für die Lumbalpunktion bei einem 3400 Gramm schweren Säugling auf Höhe der Linea intercristalis, RWTH Aachen (2004)

Nach Perforation der Dura und freiem Liquorabfluss, wurde das vorberechnete Lokalanästhetikum (Bupivacain 0,5% isobar oder hyperbar) mit Adrenalin 1:200000 intrathekal appliziert.



Abbildung 13: Nach mehrmaligen Punktionsversuchen sichtbarer Liquor, RWTH Aachen (2004)



Abbildung 14: Injektion des Lokalanästhetikums, RWTH Aachen (2004)

Sofort nach der Injektion des Lokalanästhetikums setzte die motorische Blockade an der unteren Extremität ein, und die Kinder fielen in einen Schlaf ähnlichen Zustand.



Abbildung 15: Motorische Blockade der Beine nach Injektion des Lokalanästhetikums, RWTH Aachen (2004)

Intraoperativ wurde eine Elektrolyt-Glukose-Lösung mit 8 ml/kg/h infundiert.

Meist konnte man die Kinder mit 10% Glukose, die auf einen Schnuller geträufelt wurde, ruhig halten.



Abbildung 16: Säugling mit Spinalanästhesie während der Operation, RWTH Aachen (2004)

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Statistikprogramms SAS-Analyst durchgeführt. Gesammelte Daten wurden mit Fisher's exakt Test und dem Two Sample t-Test for Means analysiert. Die Ergebnisse wurden bei $\alpha < 0,05$ als signifikant angenommen.

4.2 Ergebnisse

Die Spinalanästhesiegruppe bestand aus 167 Patienten. Demgegenüber waren in der Kontrollgruppe (Allgemeinanästhesie) 252 Patienten.

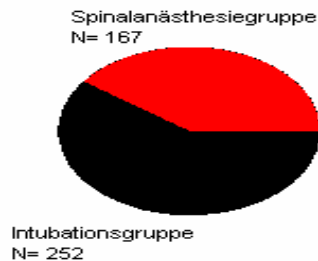


Abbildung 17: Anteil der Patienten in den beiden Anästhesieverfahren

	Intubationsnarkose n = 252	Spinalanästhesie n = 167
Operationsgewicht (Gramm)	4239,5 +/- 1296,1 (1640-8400)	2890,8 +/- 850,4 (1650-5700)
Operationsdauer (Minuten)	28,8 +/- 13,2 (5-90)	23,5 +/- 8,9 (8-65)
Anästhesiedauer (Minuten)	92,3 +/- 28,9 (30-190)	60,0 +/- 19,4 (30-150)
Elektive Operations- indikation	164 (80,4%)	115 (85,8%)
Dringliche Operations- indikation	40 (19,6%)	19 (14,2%)
Operationsseite	rechts: 122 (58,7%) links: 57 (27,4%) beiderseits: 29 (13,9%)	rechts: 73 (51,8%) links: 51 (36,2%) beiderseits: 17 (12,1%)

Tabelle 7: Demographische Daten, Mittelwert/Standardabweichung (Min-Max)

Die statistische Auswertung der Merkmale in den beiden Anästhesiegruppen zeigte:

- Es ergibt sich ein signifikanter Unterschied bezüglich der Gewichtsverteilung in den beiden Gruppen ($p < 0,0001$). Anhand der Vierfeldertafel der beobachteten Häufigkeiten kann man das Ergebnis präzisieren: Nach Relativierung der Anteile ($122/136 \geq 90/199$) können wir die Hypothese stellen, dass in der Spinalanästhesiegruppe der Anteil an Kindern ≤ 4000 Gramm bedeutend überwiegt. In der Spinalanästhesiegruppe lag der Mittelwert bei $2890,8 \pm 850,4$ Gramm (1650-5700). Die

Allgemeinanästhesiegruppe hatte ein mittleres Gewicht von $4239,5 \pm 1296,1$ Gramm (1640-8400).

	Gewicht ≤ 4000 g	Gewicht > 4000 g
Spinalanästhesie	122	14
Intubationsnarkose	90	109

- Ein signifikanter Unterschied besteht auch bei der Verteilung von Risikokindern zwischen der Spinal- und Allgemeinanästhesie ($p < 0,0001$). Die Relativierung ($109/151 \geq 79/218$) anhand der Vierfeldertafel zeigte, dass die Spinalanästhesiegruppe den bedeutend größeren Anteil an Risikopatienten hat.

	Nicht-Risikopatient	Risikopatient
Spinalanästhesie	42	109
Intubationsnarkose	139	79

- Die Dringlichkeit der Operation zwischen den beiden Gruppen ergibt keinen statistisch signifikanten Wert ($p = 0,24$).
- Der Unterschied im Bezug auf Anästhesie- und Operationsdauer zwischen den beiden Verfahren ist nach dem t-Test signifikant ($p < 0,0001$). Die Spinalanästhesiegruppe hatte eine mittlere Operationszeit von $23,5 \pm 8,9$ Minuten (8-65) und eine mittlere Anästhesiezeit von $60 \pm 19,4$ Minuten (30-150). Demgegenüber lag in der Allgemeinanästhesiegruppe die Operationszeit bei $28,8 \pm 13,2$ Minuten (5-90) und die Anästhesiedauer betrug hier $92,3 \pm 28,95$ Minuten (30-190).

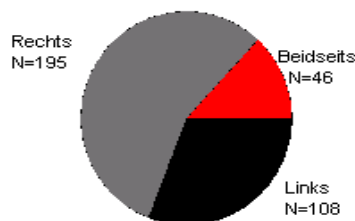


Abbildung 18: Anteile der operierten Seite (insgesamt)

In der Spinalanästhesiegruppe wurde als Lokalanästhetikum das Bupivacain 0,5% in isobarer oder hyperbarer Form mit Zusatz von Adrenalin 1:200000 angewendet. Der Mittelwert in der Dosierung des

Lokalanästhetikums lag bei 0,54ml (2,7mg) $\pm$ 0,16ml (0,8mg). Die niedrigste Dosierung entsprach 0,3ml (1,5mg) und die höchste lag bei 1ml (5mg).

Von den insgesamt 419 Leistenhernienreparationen konnte bei 16 die Spinalanästhesie wegen technischer Schwierigkeiten nicht durchgeführt werden. Hier erfolgte die Operation mit der Intubationsnarkose. Bei der Durchführung der Spinalanästhesie wurde erst nach maximal fünfmaliger Fehlpunktion auf ein anderes Verfahren gewechselt (Intubationsnarkose) oder die Operation wurde verschoben. In 70,7% wurde nach einmaligem Punktionsversuch der Subarachnoidalraum erreicht.

In 16,3% trat nach zweimaliger, in 7,5% nach drittmaliger, in 3% nach viermaliger und in 2,3% nach fünfmaliger Punktion der Erfolg ein.

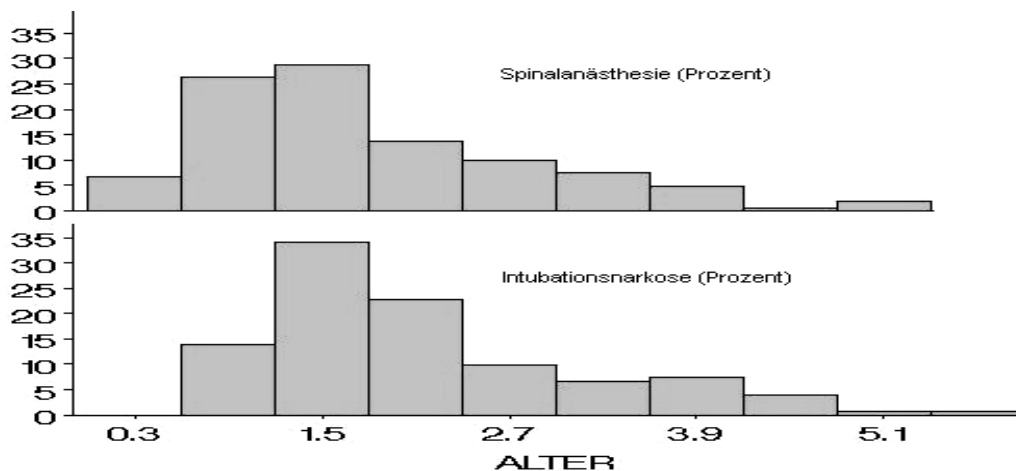


Abbildung 19: Altersverteilung in den jeweiligen Gruppen, Alter in Monaten

	Spinalanästhesie (N=150)	Intubationsnarkose (N=218)
Chlamydieninfektion	6 (4%)	1 (0,5%)
Bronchopulmonale Dysplasie	25 (16,7%)	8 (3,7%)
Pulmonalstenose	9 (6%)	10 (4,6%)
Pulmonal interstitielles Emphysem	2 (1,3%)	0
Langzeitbeatmung	26 (17,3%)	12 (5,5%)
Persist. Ductus Arteriosus	24 (16%)	8 (3,7%)
Atriumseptumdefekt	7 (4,7%)	5 (2,3%)
Sepsis	35 (23,3%)	24 (11%)
Infektion mit Rotaviren, Adenoviren, CMV, Parvovirus B19, B-Streptokokken	22 (14,7%)	19 (8,7%)
Pyelonephritis (HWI)	3 (2%)	1 (0,5%)
Pulmonale Anpassungsstörung	7 (4,7%)	7 (3,2%)
Geburtsgewicht unter 1500 Gramm	51 (34%)	23 (10,6%)
Nephrokalzinose	8 (5,3%)	0
Cerebrale Krampfanfälle	19 (12,7%)	9 (4,1%)
Pneumonie	23 (15,3%)	19 (8,7%)
Pneumothorax	7 (4,7%)	1 (0,5%)
Persist. Foramen Ovale	7 (4,7%)	2 (0,9%)
Generalisierte Lymphadenitis	1 (0,7%)	0
neon. Aszites auf dem Boden eines Mekoniumperitonitis	1 (0,7%)	0
Malrotation TypI mit Volvulus und intrauterine Darmperforation + hämorrhagischer Nekrose	1 (0,7%)	0
Thrombus in der V. cava inf.	2 (1,3%)	1 (0,5%)
Hydrozephalus	4 (2,7%)	3 (1,4%)
Atelektasen	5 (3,3%)	1 (0,5%)
Komplexes Vitium cordis	3 (2%)	0
Vesico-urethraler Reflux	1 (0,7%)	0
Sterile Darmperforation im Ileumbereich mit Pneumoperitoneum	1 (0,7%)	0
Ventrikelseptumdefekt	6 (4%)	4 (1,8%)
Aortenisthmusstenose	0	1 (0,5%)
Hypertrophe Pylorusstenose	2 (1,3%)	3 (1,4%)
Nierenaplasie	1 (0,7%)	1 (0,5%)
Harnleiterklappen	1 (0,7%)	0
WPW-Syndrom	2 (1,3%)	1 (0,5%)
Herzinsuffizienz	2 (1,3%)	1 (0,5%)
Williams-Beuren-Syndrom	1 (0,7%)	1 (0,5%)
Nekrotisierende Enterokolitis	2 (1,3%)	0
Cholestatische Hepatopathie mit zusätzlicher nekrot. Enterokolitis	4 (2,7%)	0
Meningitis/Cerebillitis	0	1 (0,5%)
Obstruktive Bronchitis	1 (0,7%)	4 (1,8%)
Mekoniumpfropfsyndrom	1 (0,7%)	1 (0,5%)
Lippen-Kiefer-Gaumenspalte	0	2 (0,9%)
Dextrokardie	0	1 (0,5%)
Balkenaplasie	0	1 (0,5%)
Di George-Syndrom	0	1 (0,5%)
Omphalozele	0	1 (0,5%)
Miliar-Tuberkulose	0	1 (0,5%)
Caudales Regressionssyndrom,Sacralanomalie	0	1 (0,5%)
Mitralklappenanomalie	0	1 (0,5%)
Dilat.rechte Niere+Hydronephrose, Megaureter links bei multizystisch dysplastischer Niere li.	0	1 (0,5%)
Choanalstenose	0	1 (0,5%)
Fallot'sche Tetralogie	0	1 (0,5%)
BWS-Fehlbildung	1 (0,7%)	0
Hypertrophe Kardiomyopathie	1 (0,7%)	0
Mekoniumileus bei zystischer Fibrose	0	1 (0,5%)
Pertussis	0	1 (0,5%)
Komplexe Herzfehlbildung	0	1 (0,5%)
Arthrogryposis multiplex congenita,Klumpfuß	0	1 (0,5%)

Tabelle 7: Assoziierte präoperative Risiko-Faktoren (Erkrankungen aus der Vorgeschichte der Patienten)

5. Diskussion

5.1 Historische Entwicklung der Spinalanästhesie

Seit der ersten Beschreibung der Spinalanästhesie zur Schmerzausschaltung bei Operationen durch Karl August Bier (1861-1949) im Jahr 1898 gehört diese mehr als 100 Jahre alte Methode zu den allgemein akzeptierten Techniken in der modernen Anästhesie.

Bier erprobte erstmals die Spinalanästhesie an erwachsenen Patienten, seinem Assistenten Hildebrandt und sich selbst mit Cocain. Es gelang Bier mit nur 5 mg Kokain etwa zwei Drittel von Hildebrandts Körper für 45 Minuten zu anästhetisieren. Wegen starker Kopfschmerzen, Erbrechen und Schwindel musste Hildebrandt, anschließend für 9 Tage das Bett hüten. [4]

Die erste Veröffentlichung über Spinalanästhesien bei Kindern im Alter zwischen 4 Monaten und 6 Jahren erfolgte durch Bainbridge im Jahr 1901. Bainbridge berichtete über die Durchführung der Spinalanästhesie mit Cocain 1-2 % in der Dosis von 1-2 mg/kg an 10 Kindern. Erfolgreiche Operationen (Dauer <1 Stunde) im Unterbauch (Leistenhernie) und an den unteren Extremitäten konnten so durchgeführt werden. [79]

Im Jahr 1909 folgten von Gray weitere Arbeiten über die Anwendung der Spinalanästhesie bei Kindern [30].

1950 beschrieben Slater und Stephen ihre Erfahrungen mit Pontocain hypobar für die Spinalanästhesie von 160 Kindern (2-17 Jahre) für Operationen infraumbilikal und für orthopädische Eingriffe. Diese Technik hatten sie nicht primär für Kinder vorgesehen. Sie legten viel Wert auf die Prämedikation mit Barbiturat, Morphin und Scopolamin. Nach Injektion des Lokalanästhetikums wurden sie in die Trendelenburg Position gelegt. Die Versagerquote lag bei 3,1%. Supplementierung erfolgte mit N₂O/O₂ (89,4%) und mit intravenösen Barbituraten (59,4%) [63].

Bis 1951 waren Amethocain (2%-5%) und Lidocain (4%) die meist verwendeten Lokalanästhetika für die Spinalanästhesie. Seit der Einführung von hyperbarem Tetracain durch Berkowitz und Green im Jahr 1951 wurde vermehrt dieses LA und weiter das Lidocain benutzt [3]. Heute ist Bupivacain (isobar oder hyperbar) das

LA der Wahl für die Spinalanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen [52].

Bis etwa Mitte der 50er Jahre erfreute sich diese Methode einer gewissen Beliebtheit, bevor sie durch die moderne Narkoseentwicklung zunehmend in Vergessenheit geriet.

Mitte der 80er Jahre erlebte die Spinalanästhesie in der Kinderanästhesie eine Renaissance, als nach Narkosen, insbesondere bei ehemaligen Frühgeborenen vor Erreichen der 50. postkonzeptionellen Woche, über schwerwiegende postoperative Atemstörungen berichtet wurde [49].

Abajian und Mitarb. waren die ersten, die im Jahr 1984 über die Anwendung der Spinalanästhesie bei diesen „high-risk“-Säuglingen berichteten. Die Kinder wurden nicht mehr intravenös ernährt, sondern erhielten normale orale Kost bis 4 h vor dem Eingriff und wurden mit Atropin (0,02 mg/kg) prämediziert. Nach Anlage des Monitorings (EKG, Blutdruckmanschette, Pulsoxymeter und präkordiales Stethoskop) wurde der Säugling mit etwas gestrecktem Kinn in die laterale Dekubitusposition gebracht. Die Überstreckung des Kinns erleichtert das Management der oberen Luftwege und somit die Oxygenierung des Kindes während der Lumbalpunktion [1]. Lumbalpunktion erfolgte mit einer 22G Nadel (3,5-cm). Nachdem der freie Liquorabfluss identifiziert worden war, wurde das Lokalanästhetikum Tetracain 1% hyperbar mit Adrenalin 1:1000 appliziert. Nach Entfernen der Spinalnadel wurde der Patient in Rückenlage gebracht, und die Beine nach Zeichen der Paralyse untersucht, was innerhalb von 2 Minuten eintrat. Erst danach wurde eine intravenöse Infusion am anästhetisierten Fuß angelegt, da die Spinalanästhesie bei Säuglingen nur unwesentliche Veränderungen von Blutdruck und Pulsfrequenz verursacht [1].

Heute im Jahr 2004 hat sich die Spinalanästhesie als eine anerkannte Methode bei ehemaligen Frühgeborenen mit Leistenhernie etabliert.

Jahr	Ereignis	Autor
1901	Spinalanästhesie	Bainbridge
1920	Infiltrationsanästhesie	Farr
1933	Kaudalanästhesie	Campbell
1954	Lumbale und thorakale Epiduralanästhesie	Ruston
1984	Renaissance der Spinalanästhesie für Neugeborene und Säuglinge	Abajian

Tabelle 8: Meilensteine in der Geschichte der Regionalanästhesie bei Kindern

5.2 Vorteile und Nachteile der Spinalanästhesie

Das zentrale Problem bei der Diskussion um die geeignete Anästhesietechnik von ehemaligen Frühgeborenen mit Leistenhernie ist die Frage, ob bei der Durchführung der Spinalanästhesie die Vor- oder Nachteile überwiegen.

Folgende Argumente sprechen für die Anwendung der Spinalanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen:

- Verzicht auf Intubation und damit Vermeidung von Manipulationen an den Atemwegen. Fehlen von postoperativen prolongierten Apnoen. [26,64,36,62,57] Die Allgemeinanästhesie mit ihren inhalativen Anästhetika, Muskelrelaxantien und anderer Narkotika stellt eine Gefahr für postoperative respiratorische Probleme wie prolongierte Apnoe/Bradykardie und damit der Notwendigkeit der mechanischen Beatmung dar. [33,1,72,19]
- Durch Sympathikusblockade verursachte Komplikationen der Spinalanästhesie wie Bradykardie und Hypotension tritt bei Säuglingen aufgrund des unreifen vegetativen Nervensystems seltener auf. [52,25,33,54,22]
- Bei versehentlicher hoher Blockade (3-25%) kommt es nur zu paradoxen Bewegungen des Thorax, aber Ventilation und Oxygenation bleiben nahezu stabil [27].
- Trotz einer totalen Spinalanästhesie bleibt die kardiovaskuläre Stabilität aufgrund der Unabhängigkeit des Neugeborenen vom vasomotorischen Tonus [61] und der kompensatorischen Abnahme der vagalen Aktivität erhalten [53], und die Anästhesiewirkung vergeht bei diesen Patienten schnell [15].
- Risiko schwerwiegender Komplikationen (Krämpfe, Apnoen, totale Spinalblockade) sind insgesamt sehr gering (0,56%) [18].
- Profunde Blockade mit minimalsten Mengen von LA [37,25].
- Verminderte Stressantwort, da kein Anstieg der Stressparameter Adrenalin, Noradrenalin und Glukose unter der Spinalanästhesie nach Operationsbeginn [76].

- Enterale Ernährung kann postoperativ ohne Verzug aufgenommen werden [26,62].
- Kürzerer Krankenhausaufenthalt [64] mit Möglichkeit der ambulanten Versorgung (Kostenersparnis) [70,24].
- Kurze Anästhesiezeit, da kein Warten auf Extubation und Erwachen des Patienten [24].

Komplikationen/Gefahren der Allgemeinanästhesie:

1. Halothan unterdrückt die chemorezeptive Antwort auf eine Hypoxie und Hyperkapnie, verstärkt paradoxe Thoraxbewegungen und Distorsionen bei Kindern und führt zur Erschöpfung der Interkostalmuskulatur bei Beeinträchtigung der Interkostalnerven. Weiterhin unterdrückt es die Barorezeptorantwort [39].

Die Inhalationsnarkotika erniedrigen den Muskeltonus von Atemwegen, Brustwand und Zwerchfell. Auch die intravenösen Narkotika beeinflussen die Atemfunktion [14].

Opioide führen zu Depression des Atemzentrums mit der Folge von Nichtansprechbarkeit auf erhöhte PaCO₂-Werte [73].

2. Anästhesie mit Isofluran, Halothan, Fentanyl und Ketamin führt bei Frühgeborenen zu signifikanter Abnahme des systolischen und mittleren Blutdrucks [23].

3. Atelektasen, Trauma, Aspiration, Infektion, Verschlechterung präexistenter Lungenerkrankungen, subglottische Stenose (Postintubationsstenose), Granulationen am Tubusende können einen Ventilmechanismus mit Airtrapping verursachen, Pneumothorax [48]. Krupp ähnlicher Husten und Stridor bei Extubation, nach schwieriger Intubation und bei Verwendung eines zu „großen“ Tubus. [33,64,48]

Folgende Argumente sprechen gegen die Anwendung der Spinalanästhesie:

- Technische Schwierigkeiten: die Versagerquote durch Nichtidentifikation des Subarachnoidalraums steigt je kleiner die anatomischen Gegebenheiten sind. [1,52,25,71,26,74,27,21,57]. Je häufiger man fehlpunktiert, desto schwieriger wird es und die Belastung für den kleinen Patienten steigt erheblich an. [1,27]
- Fehlende postoperative Analgesie wegen der kurzen Wirksamkeit. [52,37,57]
- Die kurze Wirkdauer führt zu Zeitdruck und damit möglicherweise zum hektischen und traumatischen Vorgehen. [37,52,14]. Eventuell reicht sie nicht für eine beidseitige Herniotomie aus, und damit ist ein zweizeitiges Vorgehen nötig.[52,33,1,71,10]
- Sie erfordert eine enge zeitliche Zusammenarbeit zwischen Kinderchirurgen und Anästhesisten. [52,33,21,22]
- Mögliche Versager mit der Notwendigkeit zur Umstellung auf die Allgemeinanästhesie. [37,52,25,19,26,74,62,27]
- Pharmakokinetik der LA und deren Toxizität bei Säuglingen wenig untersucht. Im Vergleich zu den Erwachsenen ist die Ausbreitung des Lokalanästhetikums nicht vorhersehbar, so dass in 12% die totale Spinalanästhesie [77,57] oder eine inadäquate Anästhesie mit der Notwendigkeit der Supplementierung resultiert [26].
- Bei Supplementierung der Spinalanästhesie wegen z.B. komplizierter beidseitiger Leistenhernie und bei Zug an dem Funiculus spermaticus mit sedierenden Medikamenten wie z.B. Ketamin [72], Clonidin, topische Anwendung von LA und Opiate hebt man die Vorteile der Spinalanästhesie gegenüber der Narkose auf (Risiko von Atemstörungen ist dann äquivalent zu einer Halothan/Lachgasnarkose). [19,72,48] Auch die mehrmalige Nachinjektion des LA oder die Kombination mit einer Kaudalanästhesie wegen unzureichender Dauer birgt die Gefahr der hohen bis zur totalen Spinalanästhesie. [33,26,47]

- Die Technik der Spinalanästhesie bei Neugeborenen und Säuglingen erfordert eine sowohl in der Kinderanästhesie als auch in der Regionalanästhesie erfahrenen Anästhesisten. Nur so kann man eine gute Erfolgsquote erreichen und damit von den Vorteilen dieser Methode profitieren. [52,27,57]
- Postoperative Apnoeanfälle sind bei korrekter Überwachung unproblematisch zu behandeln. Meist sind sie selbstlimitierend d.h. ohne therapeutische Intervention kommt es wieder zur Spontanatmung. [22,11]

Komplikationen/Gefahren der Spinalanästhesie:

1. Totale Spinalanästhesie mit Ausfall der Spontanatmung und Notwendigkeit einer Intubation bei Verwendung hyperbarer Lokalanästhetika. [27,52]
2. Postspinale neuronale Läsion? Paraplegie bei Verletzung der Adamkiewicz Arterie.[5]
3. Aseptische Meningitis (selten) [16] oder bakterielle Meningitis. [50]
4. Epidermales Gewebe, das während der Lumbalpunktion in den subduralen Raum gelangt, kann epidermoide Tumoren induzieren mit der Folge der Nervenkompression [7].
5. Die Inzidenz von Postpunktionskopfschmerzen bei Säuglingen ist nicht eruierbar: da sie unfähig sind Schmerzen zu verbalisieren [61].
6. (Selten) Durch die Lumbalpunktion besteht die Gefahr der Hämatomentstehung (Frage nach Koagulopathien), insbesondere bei exzessiver Nadeleinstichtiefe gelangt man in den vorderen Epiduralraum und verletzt dabei den epiduralen Venenplexus [47].
7. Erniedrigung des cerebralen Blutflusses bei ehemaligen Frühgeborenen bei gleichzeitiger Erhöhung des cerebral arteriellen Widerstandes? [6]

Diskussion der eigenen Ergebnisse

Aus unserer Erfahrung können wir sagen, dass die Spinalanästhesie mit 0,5% Bupivacain isobar eine adäquate Anästhesie für Leistenhernienreparationen bei Risikokindern unter 6 Monaten mit einem Höchstgewicht von 5700 Gramm ermöglicht.

Fast alle Untersuchungen seit Abajian haben die beiden Anästhesietechniken primär unter dem Aspekt der intra- und postoperativen Komplikationsrate (prolongierte Apnoe, Bradykardie, Desaturationen) verglichen. In unserer Arbeit interessierten uns die sekundären Parameter wie z.B. Operations- und Anästhesiezeit, um daraus eventuelle Konsequenzen zu ziehen.

Eingeschränkt wird unsere statistische Auswertungsmöglichkeit dadurch, dass die beiden Gruppen unterschiedlich besetzt wurden, d.h. Kinder mit Vorbelastungen erhielten von vornherein die Spinalanästhesie und gesunde Kinder primär die Intubationsnarkose.

Im Wesentlichen hat diese Untersuchung gezeigt, dass die Spinalanästhesie im Vergleich zu der Intubationsnarkose zu kürzeren Operations- und Anästhesiezeiten führt.

Leider haben nur wenige Autoren Operations- und Anästhesiezeit zwischen den beiden Techniken statistisch ausgewertet. Zudem sind die wenigen Arbeiten wegen Ungleichheiten (Verschiedene Definitionen der Parameter) nicht vergleichbar. Zum Beispiel wurden im Gegensatz zu dieser Studie bei Welborn et al., Krane et al. und Williams et al. Patienten ausgeschlossen, die bestimmte Vorerkrankungen hatten [72,74,41].

Kim et al. fand in der eigenen retrospektiven Studie zwischen den beiden Anästhesieverfahren keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Operationszeit. Die mittlere Operationszeit lag in der Allgemeinanästhesiegruppe bei $65 \pm 15,6$ Minuten, und in der anderen Gruppe lag sie bei $66,3 \pm 17$ Minuten [78].

Auch bei Williams et al. und Welborn et al. zeigte die Operationszeit in ihren Untersuchungen keine statistische Signifikanz. In der Arbeit von Williams war die Operationzeit 26 (10-45) Minuten in der Allgemeinanästhesiegruppe, und 28 (12-48) Minuten in der Spinalanästhesiegruppe [74]. Die Zeitspanne Minimum/Maximum der

Operationsdauer zeigte in allen Gruppen von Welborn 35-55 Minuten [72].

Auch die Studie von Huang et al. widerlegte unsere Ergebnisse, da keine signifikanten Unterschiede in der Operations- und Anästhesiedauer herauskam. Die Operationdauer (Anästhesiedauer) mit der Allgemeinanästhesie betrug bei ihm 71 ± 24 (129 ± 34) Minuten und mit der Spinalanästhesie lag sie bei 71 ± 28 (127 ± 29) Minuten [36].

Fast alle Autoren kritisieren die Schwierigkeit der Lumbalpunktion bei dieser Patientengruppe. [1,52,25,71,26,74,27,21] Dementsprechend müsste aufgrund der mehrmaligen Punktionsversuche die Anästhesiezeit verlängert sein.

Aber Frumiento et al. konnte zeigen, dass die Zeit zwischen Ankunft des Patienten und Schnitt in beiden Verfahren gleich lang ist. Am Ende der Operation spart man mit der Spinalanästhesie viel Zeit, weil der wache und spontanatmende Patient sofort auf die Station verlegt werden kann. Hingegen muss der Anästhesist mit der Intubationsnarkose so lange warten bis extubiert werden kann [24].

Dies kann die verkürzte Anästhesiezeit in der Spinalanästhesiegruppe erklären.

Craven kritisierte in seiner Analyse, dass in keiner Studie die Zufriedenheit des Operateurs untersucht worden ist. Seine Überlegung war, ob mit wachen Kindern unter der Spinalanästhesie für den Chirurgen eine größere Herausforderung besteht die Operation fortzusetzen als unter der Allgemeinanästhesie[14].

Die Spinalanästhesie hat sich in kontrolliert randomisierten [64,72] und unkontrollierten Studien durch wenige Komplikationen ausgezeichnet. Es gibt nur sehr wenige Autoren, die keinen Unterschied zwischen beiden Methoden sehen. Trotzdem liefert es keine überzeugenden Ergebnisse, die die Überlegenheit der Spinalanästhesie gegenüber der Allgemeinanästhesie bei Risikokindern beweisen können. [22,14,37]

Die vorhandenen wissenschaftlichen Untersuchungen umfassen nur sehr wenige Patienten, die verwendeten Kriterien sind uneinheitlich, und die meisten Studien sind unkontrolliert [45,49]. Zudem sind die

Ergebnisse sehr von lokalen Verhältnissen und persönlichen Vorlieben und Fähigkeiten abhängig.

Nach Cravens Berechnung bräuchte man zum Beispiel ca. 300 Patienten, um signifikante Aussagen über die Effektivität der Komplikationssenkung der Spinalanästhesie im Vergleich zu der Intubationsnarkose zu machen [14].

5.3 Schlußbetrachtung und eigene Empfehlung zur Durchführung der geeigneten Anästhesietechnik

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Frage nach der besten Anästhesietechnik für Leistenhernienreparationen sich nicht eindeutig beantworten lässt. Die Spinalanästhesie ist eine elegante Möglichkeit Risikokinder minimal invasiv zu anästhesieren. Besonders das ehemalige Frühgeborene mit chronisch respiratorischen Schwierigkeiten profitiert von dieser Methode. Denn es entgeht dem Risiko einer prolongierten mechanischen Beatmung, wenn Leistenhernienreparationen erfolgreich ohne endotracheale Intubation durchgeführt werden können. Ausserdem erholen sich die Kinder nach einer Spinalanästhesie viel schneller und können ohne Verzug die Nahrung wieder aufnehmen.

Charles Coté konnte in seiner Metaanalyse zeigen, dass das Komplikationsrisiko nach einer Allgemeinanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen umgekehrt proportional sowohl zum Gestationsalter als auch zum postkonzeptionellen Alter (Gestationsalter plus Lebensalter) ansteigt [11].

Mit zunehmender Reife sinkt zusätzlich die zentral-atemregulatorische Ansprechbarkeit auf hemmende und steigt für stimulierende Einflüsse [27].

Da aber bei ehemaligen Frühgeborenen die Inzidenz an Inkarzerationen von Leistenhernien hoch ist, empfehlen die meisten Chirurgen so früh wie möglich zu operieren [42,69]. Deswegen ist es wichtig, dass ehemalige Frühgeborene eine angepasste Anästhesietechnik erhalten. Die mit einer Anästhesie verbundenen respiratorischen Komplikationen (lebensbedrohliche postoperative Apnoen und Bradykardien) sind eher nach einer Allgemeinanästhesie zu erwarten, so dass hier die reine Spinalanästhesie eine sichere Alternative bietet. Wesentliche Voraussetzungen für eine erfolgreiche und stressfreie Spinalanästhesie bei ehemaligen Frühgeborenen sind zum einen Kompetenz und Erfahrung des Anästhesisten und zum anderen muss der Chirurg zügig operieren können. Sie erfordert zwischen beiden Disziplinen eine gute Zusammenarbeit und gegenseitige Rücksichtnahme.

Mit zunehmender Verbreitung der Spinalanästhesie und ihrer Anwendung werden aber leider auch Berichte über Komplikationen und Versagerquoten folgen.

Auch im Vergleich zu anderen Regionalanästhesietechniken, wie die Kaudalanästhesie, zeigt die Spinalanästhesie Vorteile: schnellere Einwirkzeit, qualitativ bessere Blockade, niedrige Dosierung von Lokalanästhetika und Bestätigung der richtigen Lage der Nadel durch Liquorfluss [62,57].

Alternativ bei Unmöglichkeit der Spinalanästhesie empfiehlt Gerber et al. die Kombination einer oberflächlichen mit Sevofluran oder Desfluran durchgeführten Inhalationsanästhesie und der Kaudalanästhesie mit Bupivacain 0,125% in der Dosierung 1,5 ml/kg mit Adrenalinzusatz 1:200000. Angestrebte Ziele hierbei sind: atraumatische Narkoseeinleitung, Erhalt mit möglichst geringer Substanzmenge, rasche und vollständige Elimination der Anästhetika am Narkoseende und gute postoperative Analgesie ohne zentrale Dämpfung. Cave: Nach misslungener Spinalanästhesie mit unmerklicher Perforation der Dura könnte es bei der nachfolgenden Kaudalanästhesie zu einer totalen Spinalanästhesie kommen [27].

Bei Verzicht auf die Allgemeinanästhesie und jeglicher Supplementierung bei komplizierter beidseitiger Leistenhernie mit Überschreitung der Wirkzeit einer zuerst angelegten Subarachnoidalblockade, berichtete Cassady et al. in seiner Arbeit die Möglichkeit der Durchführung einer einmaligen Kaudalanästhesie mit Bupivacain 0,25% und Adrenalin 1:2000000 vor der Operation der zweiten Seite. Komplikationen wie totale Spinalanästhesie oder Apnoen/Bradykardien traten bei seinen zwei veröffentlichten Fällen nicht auf. [10]

Die meisten der untersuchten postoperativen respiratorischen Störungen resultieren aus der Kombination der Frühgeburtlichkeit selbst, der verwendeten Anästhesiemittel und der erhöhten endogenen Opioidproduktion (Endorphine) bis zu 72 Stunden postoperativ [45].

Wie schon erwähnt können Apnoen auch durch andere Faktoren (Hypoglykämie, Sepsis, Anämie (Hämatokrit<30%), Hyper- und Hypothermie, Hypokalzämie, gastroösophagealer Reflux) ausgelöst werden. [27,40,13]

Aufgrund dieser Tatsache ist unabhängig von der gewählten Anästhesietechnik für mindestens 24 Stunden ein kardiorespiratorisches Monitoring unter stationären Bedingungen bei jedem Frühgeborenen/Ex-Frühgeborenen nach Leistenhernienoperationen angezeigt. Auch nach komplikationslosen Berichten über die Spinalanästhesie sollten Risikokinder nicht ambulant betreut werden.

Bei gesunden Kindern ohne Vorbelastungen bringt die Spinalanästhesie offensichtlich kein Nutzen.

In einer Klinik mit erfahrenen Anästhesisten der Regionalanästhesie von Kindern sollte primär die Subarachnoidalblockade bei Risikokindern durchgeführt werden, ansonsten spricht nichts gegen eine gut durchgeführte Allgemeinanästhesie. In jedem Fall eine Spinalanästhesie zu erzwingen, bedeutet für das Kind viel mehr Stress als mit der Allgemeinanästhesie.

Nach gründlicher Recherche komme ich zu dem Schluss, dass in der Literatur ein Mangel an gut randomisierten großen Studien gibt, die neuere Narkotika wie Sevofluran, Desfluran und Isofluran mit der Spinalanästhesie bei Risikokindern mit Leistenhernien vergleichen.

Ein wichtiger Grund für die Nichtrealisierung dieser Studien könnte sein, dass man es ethisch nicht vertreten kann, Risikokinder (ehemalige Frühgeborene mit Residuen einer Langzeitbeatmung wie bronchopulmonaler Dysplasie, Trachealstenose- oder malazie) mit der Intubationsnarkose zu gefährden.

6 Anhang

Literaturverzeichnis

1. Abajian C., Mellish R.W.P., Browne A.F., Perkins F.M., Lambert D.H., Mazuzan J.E.: Spinal anesthesia for surgery in the high-risk infant. *Anesth Analg* 63: 359-362, 1984
2. Abel M.: Postoperative Apnoen- eine besondere Gefahr für ehemalige Frühgeborene. *Anästh. Intensivther. Notfallmed.* 25: 396-398, 1990
3. Berkowitz S., Green B.A.: Spinal anesthesia in children. *Anesthesiology* 12: 376-387, 1951
4. Bier A.: Versuche über Cocainisierung des Rückenmarkes. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 51: 361-369, 1899
5. Bissonnette B., Dalens B.: *Pediatric Anesthesia, Principles and Practice*, 2002
6. Bonnet M.P., Larousse E., Asehnoune K., Benhamou D.: Spinal anesthesia with bupivacain decreases cerebral blood flow in former preterm infants. *Anesth Analg* 98: 1280-1283, 2004
7. Broadman L.M.: Where should advocacy for pediatric patients end and concern for patient safety begin? *Regional Anesthesia* 22: 205-208, 2000
8. Bryan M.H., Jardie M.J., Reilly B.J., Swyer P.R.: Pulmonary function studies during the first year of life in infants recovering from the respiratory distress syndrome. *Pediatrics* 52: 169-178, 1973
9. Bühring M., Braun R., Schuler M., Hoffmann A.: GK3, in: *Anästhesiologie und Intensivmedizin*, Thieme Verlag, 2001
10. Cassidy Jr J.F., Lederhaas G.: An alternative for avoidance of general anaesthesia for infants when bilateral inguinal herniorrhaphy outlasts subsarachnoid blockade. *Paediatric Anaesthesia* 10: 674-677, 2000
11. Coté C.J., Zaslavsky A., Downes J.J., et al.: Postoperative apnea in former preterm infants after inguinal herniorrhaphy. A combined analysis. *Anesthesiology* 82: 809-822, 1995
12. Covino B.G., Scott D.B., Lambert D.H.: *Spinalanästhesie*, Gustav Fischer Verlag, 1995
13. Cox R.G., Goresky G.V.: Life-threatening apnea following spinal anesthesia in former premature infants. *Anesthesiology* 73: 345-347, 1990
14. Craven P.D., Badawi N., Henderson-Smart D.J., O'Brien M.: Regional (spinal, epidural, caudal) versus general anaesthesia in preterm infants undergoing inguinal herniorrhaphy in early infancy (Cochrane Review). *Cochrane Database Syst Rev.* 3, 2003
15. Dohi S., Naito H., Takahashi T.: Age-related changes in blood pressure and duration of motor block in spinal anesthesia. *Anesthesiology* 50: 319-323, 1979
16. Easley R.B., George R., Connors D., Tobias J.D.: Aseptic meningitis after spinal anesthesia in an infant. *Anesthesiology* 91: 305-307, 1999
17. Egres R.L.: Local anaesthetic agents in infancy. *Paediatric Anaesthesia* 5: 213-218, 1995
18. Flandin-Blety C., Barrier G.: Accidents following extradural analgesia in children. The results of a retrospective study. *Paediatr Anaesth* 5: 41-46, 1995
19. Fösel T., Larsen R., Schwaiger C.: Spinalanästhesie zur Operation von Leitenhernien bei respiratorisch gefährdeten Säuglingen- Erste Erfahrungen bei 12 Patienten. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 27: 403-405, 1992
20. Fouckardt-Bradt B., Steffan U., Hanekop G., Kettler D.: Spinal anaesthesia for inguinal hernia repair and other minor surgery below the umbilicus in preterm and term infants. *BJA* 74(Suppl.1): A327, 1995
21. Frei F.: Leistenoperation bei Frühgeborenen: die Allgemeinanästhesie ist auch vertretbar. *Anaesthesist* (Editorial) 51: 447, 2002
22. Frei F.J., Jonmarker C., Werner O.: *Kinderanästhesie*, Springer Verlag, 1999
23. Friesen R.H., Henry D.B.: Cardiovascular changes in preterm neonates receiving isoflurane, halothane, fentanyl, and ketamin. *Anesthesiology* 64: 238-242, 1986
24. Frumiento C., Abajian Ch., Vane D.W.: Spinal anesthesia for preterm infants undergoing inguinal hernia repair. *Arch Surg* 135: 445-451, 2000
25. Gallagher T.M., Crean P.M.: Spinal anaesthesia in infants born prematurely. *Anaesthesia* 44: 434-436, 1989
26. Gerber A.Ch., Baitella L.C., Dangel P.H.: Spinal anaesthesia in former preterm infants. *Paediatric Anaesthesia* 3: 153-156, 1993
27. Gerber A.Ch., Weiss M.: Das ehemalige Frühgeborene mit Leistenhernien. Welches Anästhesieverfahren? *Anaesthesist* 51: 448-456, 2002
28. Gingrich B.K.: Spinal anesthesia for a former premature infant undergoing upper abdominal surgery. *Anesthesiology* 79: 189-190, 1993
29. Gleason C.A., Martin R.J., Anderson J.V., Carlo W.A., Sanniti K.J., Fanroff A.A.: Optimal position for a spinal tap in preterm infants. *Pediatrics* 71: 31-35, 1983

30. Gray H.T.: A further study of spinal anesthesia in children and infants. *Lancet* 2: 1611-1615, 1910
31. Gregory G.A., Steward D.J.: Life-threatening perioperative apnea in the "ex-premie". *Anesthesiology* 59: 495-498, 1983
32. Grosfeld J.L.: Current concepts in inguinal hernia in infants and children. *World J. Surg* 13: 506-515, 1989
33. Harnik E.V., Hoy G.R., Potolicchio S., Steward D.J., Siegelman R.E.: Spinal anesthesia in premature infants recovering from respiratory distress syndrome. *Anesthesiology* 64: 95-99, 1986
34. Hausdörfer J.: Regionalanästhesie bei Kindern: Kontra. *Anästhesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther.* 27: 443-444, 1992
35. Hrabovsky E.E., Sigmund W.R., Mullett M.K.: Inguinal hernia in the stressed premature infant. *Perinatol Neonatol* 7: 45-51, 1983
36. Huang J.J., Hirshberg G.: Regional anaesthesia decreases the need for postoperative mechanical ventilation in very low birth weight infants undergoing herniorrhaphy. *Paediatric Anaesthesia* 11: 705-709, 2001
37. Jöhr M.: *Kinderanästhesie*, Urban & Fischer Verlag, 2001
38. Karow T., Lang-Roth R.: Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie, in: *Anästhesie*, Pulheim 2001
39. Knill R.L., Gelb A.W.: Ventilatory responses to hypoxia and hypercapnia during halothane sedation and anesthesia in man. *Anesthesiology* 49: 244-252, 1978
40. Koletzko B.: *Kinderheilkunde und Jugendmedizin*, in: *Neonatologie*, Springer Verlag, 2004
41. Krane E.J., Haberkern C.M., Jacobson L.E.: Postoperative apnea, bradycardia, and oxygen desaturation in formerly premature infant: prospective comparison of spinal and general anesthesia. *Anesth Analg* 80: 7-13, 1995
42. Krieger N.R., Schocat S.J., McGowan V., Hartman G.E.: Early hernia repair in the premature infant: longterm follow-up. *Journal of Pediatric Surgery* 29: 978-982, 1994
43. Kruth C.D.: General anesthesia is the best method for former prematures undergoing inguinal hernia repair [editorial]. *Soc Pediatr Anesth Newslett* 10: 6-8, 1997
44. Kunst G., Linderkamp O., Holle R., Motsch J., Martin E.: The proportion of high risk preterm infants with postoperative apnea and bradycardia is the same after general and spinal anesthesia. *Can J Anesth* 46: 94-95, 1999
45. Kurth C.D., Spitzer A.R., Broennle A.M., Downes J.J.: Postoperative apnea in preterm infants. *Anesthesiology* 66: 483-488
46. Larsen R.: *Anästhesie*, in: *Anästhesie bei Kindern und Spinalanästhesie*, Urban & Fischer Verlag, 2002
47. Lederhaas G.: Spinal anaesthesia in paediatrics. *Best Pract Res Clin Anaesthesiology* 17: 365-376, 2003
48. List W., Osswald P.M., Hornke I.: *Komplikationen und Gefahren in der Anästhesie*, in: *Neugeborenes und Kleinkind*, Springer Verlag, 2003
49. Liu L.M.P., Cote C.J., Goudzoulian N.G. et al.: Life threatening apnea in preterm infants recovering from anesthesia. *Anesthesiology* 59: 506-510, 1983
50. Luz G., Büchele H., Innerhofer P., Maurer H.: Spinal anaesthesia and meningitis in former preterm infants: cause-effect? *Paediatric Anaesthesia* 9: 262-264, 1999
51. Mahe V., Ecoffey C.: Spinal anesthesia with isobaric bupivacain in infants. *Anesthesiology* 68: 601-603, 1988
52. Niesel H.Ch., Aken H.V.: *Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie*, Thieme Verlag, 2003
53. Oberlander T.F., Berde C.B., Lam K.H., Rappaport L.A., Saul J.P.: Infants tolerate spinal anesthesia with minimal overall autonomic changes: analysis of heart rate variability in former premature infants undergoing hernia repair. *Anesth Analg* 80: 20-27, 1995
54. Parkinson S.K., Little W.L., Malley R.A., Pecsok J.L., Mueller J.B., Whalen T.V.: Use of hyperbaric bupivacain with epinephrine for spinal anesthesia in infants. *Anesthesiology* 15: 86-88, 1990
55. Ramamoorthy C., Sukhani R., Black P.R.: Pediatric spinals without supplement: In search of the optimal drug and dose. *Anesthesiology* 75: A915, 1991
56. Rossaint R., Werner Ch., Zwißler B.: *Die Anästhesiologie*, in: *Anästhesie bei Kindern*, Springer Verlag, 2004
57. Rowney D.A., Doyle E.: Epidural and subarachnoid blockade in children. *Anaesthesia* 53: 980-1001, 1998
58. Schumpelick V.: *Hernien*, in: *Leistenhernie des Kindes und Epidemiologie*, Thieme Verlag, 2002
59. Schumpelick V., Bleese N.M., Mommsen U.: *Chirurgie*, in: *Kinderchirurgie*, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 1999
60. Scott D.B.: *Techniken der Regionalanästhesie*, Thieme Verlag, 1998
61. Sethna N.F., Berde C.B.: Pediatric regional anesthesia. In: Gregory G.A. (Ed.). *Pediatric Anesthesia*, 3rd ed. New York: Churchill Livingstone Inc.: 281-317, 1994

62. Shenkman Z., Hoppenstein D., Litmanowitz I., Shorer S., Gutermacher M., Lazar L., Erez I., Jedeikin R., Freud E.: Spinal anesthesia in 62 premature, former-premature or young infants-technical aspects and pitfalls. *Can J Anesth* 49: 262-269, 2002
63. Slater H.M., Stephen C.R.: Hypobaric pontocaine spinal anesthesia in children. *Anesthesiology* 11: 709-715, 1950
64. Somri M., Gaitini L., Vaida S., Collins G., Sabo E., Mogilner G.: Postoperative outcome in high-risk infants undergoing herniorrhaphy: comparison between spinal and general anaesthesia. *Anaesthesia* 53: 762-766, 1998
65. Steinau G., Treutner K.H., Feeken G., Schumpelick V.: Recurrent inguinal hernias in infants and children. *World J Surg* 19: 303-306, 1995
66. Steward D.J.: Preterm infants are more prone to complications following minor surgery than are term infants. *Anesthesiology* 56: 304-306, 1982
67. Tobias J.D., Flannagan J.: Regional anesthesia in the preterm neonate. *Clinical Pediatrics* 31: 668-671, 1992
68. Tobias J.D., Burd R.S., Helikson M.A.: Apnea following spinal anaesthesia in two former preterm infants. *Can J Anaesth* 45: 985-989, 1998
69. Uemura S., Woodward A.A., Amerena R., Drew J.: Early repair of inguinal hernia in premature babies. *Pediatr Surg Int* 15: 36-39, 1999
70. Veverka T.J., Henry D.N., Milroy M.J., Snyder M.E., Fabian E., Groch J.A., Cobb L.M.: Spinal anesthesia reduces the hazard of apnea in high-risk infants. *Am Surg* 57: 531-534, 1991
71. Webster A.C., McKishnie J.D., Kenyon C.F., Marshall D.G.: Spinal anaesthesia for inguinal hernia repair in high-risk neonates. *Can J Anaesth* 38: 281-286, 1991
72. Welborn L.G., Rice L.J., Hannallah R.S., Broadman L.M., Ruttimann U.E., Fink R.: Postoperative apnea in former preterm infants: Prospective comparison of spinal and general anesthesia. *Anesthesiology* 72: 838-842, 1990
73. Welborn L.G.: Perioperative complications in the former preterm infant. *Current Rev Nurs Anest* 19: 157-168, 1997
74. Williams J.M., Stoddart P.A., Williams S.A.R., Wolf A.R.: Post-operative recovery after inguinal herniotomy in ex-premature infants: comparison between sevoflurane and spinal anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia* 86: 366-371, 2001
75. Willital G.H., Lehmann R.R.: *Chirurgie im Kindesalter*, in: *Inguinale Chirurgie*, Balingen: Spitta Verlag, 2000
76. Wolf A.R., Doyle E., Thomas E.: Modifying infant stress response to major surgery: spinal vs extradural vs opioid analgesia. *Paediatr Anaesth* 8: 305-311, 1998
77. Wright T.E., Orr R.J., Haberkern C.M., Walbergh E.J.: Complications during spinal anesthesia in infants: high spinal blockade. *Anesthesiology* 73: 1290-1292, 1990
78. Kim G.S., Song J.G., Gwak M.S., Yang M.: Postoperative outcome in formerly premature infants undergoing herniorrhaphy: comparison of spinal and general anesthesia. *J Korean Med Sci* 18: 691-695, 2003
79. Bainbrige W.S.: A report of twelve operations on infants and young children during spinal analgesia. *Arch Pediatr* 18: 510-520, 1901
80. Cohen E.N.: Distribution of local anesthetic agents in the neuraxis of the dog. *Anesthesiology* 29: 1002, 1968
81. Schmidt R.F., Thews G.: *Physiologie des Menschen*, in: *Informationsvermittlung durch elektrische Erregung*, Springer-Verlag, 1997

Danksagung

Ich möchte mich bei allen bedanken, die mir durch fachliche und persönliche Unterstützung geholfen haben.

Besonderer Dank gilt Herrn Oberarzt Priv.-Doz. Dr. med. G. Steinau und Herrn Oberarzt Dr. med. J. Schnoor, die mir jederzeit für Fragen zur Verfügung standen und mit wertvollen Anregungen maßgeblich zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben.

Weiterhin möchte ich mich bei den Mitarbeitern der Medizinischen Statistik bedanken, die mir bei Schwierigkeiten der EDV-Technik geholfen haben.

Mein Dank richtet sich ferner an meine Eltern, die meinen Ausbildungsweg ermöglicht und gefördert haben. Hierbei möchte ich meinen Vater Musa und meine Schwester Meryem hervorheben, die mich in schwierigen Phasen stets zum Durchhalten ermuntert haben.

Duisburg, im Januar 2005

Zeynep Genis

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Zeynep Genis
Adresse: Ahrstraße 28
47139 Duisburg
Geburtsdatum: 8. Juni 1979
Geburtsort: Duisburg
Staatsangehörigkeit: türkisch
Familienstand: ledig

Schul Ausbildung:

1985 - 1989 Heisterbacher Grundschule, Duisburg-Beeckerwerth
1989 - 1995 Gustav-Stresemann Realschule, Duisburg-Beeck
1995 - 1998 Clauberg-Gymnasium, Duisburg-Hamborn
06/1998 Abitur

Studium/Beruf:

10/1998 Beginn des Studiums der Humanmedizin an der RWTH Aachen
09/2000 Ärztliche Vorprüfung
08/2001 1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
09/2003 2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
10/2003 Beginn des Praktischen Jahres an der Universitätsklinik der RWTH Aachen,
1. Tertial: Innere Medizin,
2. Tertial: Pädiatrie,
3. Tertial: Chirurgie
12/2004 3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
02/2005 Erteilung der Approbation
06/2005 Assistenzärztin Innere Medizin
(St. Walburga Krankenhaus, Meschede)