

Aus der Universitätsklinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin  
der Medizinischen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Direktor: Prof. Dr. med. Bucher

**Inzidenz des Harnverhaltes nach Spinalanästhesie  
Vergleich zweier Techniken**

**Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Christoph Martin

geboren am 27.04.1980 in Gießen

Gutachter: 1. Prof. Dr. med. M. Bucher  
2. PD. Dr. med. M. Kornhuber  
3. Prof. Dr. med. J. Engel (Wetzlar)

Datum der Eröffnung: 08.10.2013

Datum der Verteidigung: 13.03.2014

„Meinen lieben Eltern gewidmet“

## Referat

Seit der ersten Anwendung der Spinalanästhesie durch August Bier im Jahre 1898 erlangten neben dem Nutzen für den medizinischen Gebrauch auch die speziellen Nebenwirkungen dieser Anästhesietechnik an Bedeutung. In der weiteren Entwicklung wurden bis in die Gegenwart die Inzidenzen der ihr klar zugeschriebenen Komplikationen wie postpunktioneller Kopfschmerz, arterielle Hypotension, Infektionen und spinale Hämatome nachhaltig durch Optimierung von Material und Prozedur reduziert. Der postoperative Harnverhalt erscheint dabei nahezu unbeachtet was sich auch in einer uneinheitlichen Definition widerspiegelt.

Ziel dieser Arbeit ist es durch einen Vergleich der bilateralen mit der unilateralen Technik der Spinalanästhesie die Annahme zu stützen, dass durch eine nur einseitige Blockade sakraler Efferenzen ein verminderter Eingriff in die neurogene und muskuläre Integrität der Blasenfunktion erreicht wird und damit die Inzidenz des Harnverhaltes gesenkt werden kann. Hierfür wurden 240 Patienten zur elektiven Spinalanästhesie prospektiv randomisiert einer unilateralen (Gruppe 1) oder bilateralen Spinalanästhesie (Gruppe 2) zugeordnet. Primäres Ziel war die Zeitdauer bis zur ersten spontanen Miktion nach Spinalanästhesie bzw. die Notwendigkeit einer Harnblasenkatheterisierung. Sekundär wurden die hämodynamischen Parameter erfasst.

Unsere Ergebnisse zeigten eine kürzere Zeit bis zur ersten Miktion nach unilateraler Spinalanästhesie gegenüber dem bilateralen Verfahren. Nach bilateraler Blockade war bei 16 Patienten (14%) eine Harnblasenkatheterisierung nach den festgelegten Kriterien erforderlich. Nach einseitiger Blockade war dies bei keinem Patienten erforderlich. Ferner war nach unilateraler Blockade eine stabilere Hämodynamik zu beobachten.

Damit liegt die Inzidenz des Harnverhaltes nach unilateraler Spinalanästhesie deutlich unterhalb der nach bilateralem Verfahren. Eine außerdem verminderte Kreislaufdepression kann die notwendige Gabe von intravenöser Flüssigkeit als weiteren Risikofaktor für das Auftreten eines Harnverhaltes reduzieren.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	S. 1
1.1	Physiologie der Harnblase	S. 1
1.1.1	Anatomie der Harnblase	S. 1
1.1.2	Innervation und Miktion	S. 2
1.2	Postoperativer Harnverhalt	S. 3
1.2.1	Epidemiologie und Diagnostik	S. 3
1.2.2	Risikofaktoren	S. 4
1.2.3	Anästhesieverfahren und postoperativer Harnverhalt	S. 6
1.2.4	Komplikationen des postoperativen Harnverhaltes	S. 7
1.2.5	Management des postoperativen Harnverhaltes	S. 8
1.3	Spinalanästhesie	S. 9
1.3.1	Grundlagen	S. 9
1.4	Komplikationen und Nebenwirkungen der Spinalanästhesie	S. 11
1.4.1	Postpunktioneller Kopfschmerz	S. 11
1.4.2	Arterielle Hypotension	S. 12
1.4.3	Hohe/totale Spinalanästhesie	S. 13
1.4.4	Infektion	S. 13
1.4.5	Intrakranielle Blutungen	S. 15
1.4.6	Arteria-spinalis-anterior-Syndrom	S. 15
1.4.7	Transiente neurologische Symptome	S. 16
1.4.8	Direkte Schädigung des Myelons	S. 17
1.4.9	Spinale Hämatom	S. 19
1.4.10	Neurologische Schäden	S. 20
1.5	Lokalanästhetika	S. 21
1.5.1	Pharmakologische Grundlagen	S. 21
1.5.2	Nebenwirkungen der Lokalanästhetika	S. 23
1.5.3	Andere Medikamente/Zusätze zu Lokalanästhetika	S. 25
1.5.4	Einfluss der Barizität von Lokalanästhetika	S. 26
<b>2</b>	<b>Zielstellung</b>	S. 28
2.1	Studie und Arbeitshypothese	S. 28
2.2	Definition einseitige Spinalanästhesie	S. 29
2.3	Technik der unilateralen Spinalanästhesie	S. 30
2.4	Pathophysiologische Auswirkungen auf die Blase	S. 32
<b>3</b>	<b>Material und Methode</b>	S. 33

<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	S. 37
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	S. 43
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	S. 49
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	S. 51
<b>8</b>	<b>Thesen</b>	S. 64
<b>9</b>	<b>Lebenslauf</b>	
<b>10</b>	<b>Selbstständigkeitserklärung</b>	
<b>11</b>	<b>Erklärung über frühere Promotionsversuche</b>	
<b>12</b>	<b>Danksagung</b>	

## Abkürzungen

<b>A.</b>	Arteria
<b>Aa.</b>	Arteriae
<b>Abb.</b>	Abbildung
<b>ACT</b>	Activated Coagulation Time
<b>aPTT</b>	aktivierte partielle Thromboplastin-Zeit
<b>ATP</b>	Adenosintriphosphat
<b>BDA</b>	Bund Deutscher Anästhesisten
<b>BPH</b>	Benigne Prostatahyperplasie
<b>bzw.</b>	beziehungsweise
<b>C</b>	Cervical(nerv)höhe
<b>CI</b>	Konfidenzintervall
<b>cm</b>	Zentimeter
<b>CSE</b>	combined spinal and epidural anaesthesia
<b>d</b>	Tag
<b>DGAI</b>	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin
<b>DGCH</b>	Deutsche Gesellschaft für Chirurgie
<b>DGGG</b>	Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe
<b>DGIM</b>	Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin
<b>ECT</b>	Ecarin Clotting Time
<b>ESA</b>	European Society of Anaesthesiology
<b>et al.</b>	und andere
<b>G</b>	Gauge
<b>h</b>	Stunde
<b>Hb</b>	Hämoglobin
<b>i.E.</b>	internationale Einheiten
<b>INR</b>	International Normalized Ration
<b>kg</b>	Kilogramm
<b>KG</b>	Körpergewicht
<b>L</b>	Lumbal(nerv)höhe
<b>LA</b>	Lokalanästhetikum
<b>M.</b>	Musculus
<b>Max.</b>	Maximum
<b>Mm.</b>	Musculi
<b>mg</b>	Milligramm
<b>min.</b>	Minute
<b>Min.</b>	Minimum
<b>ml</b>	Milliliter
<b>MW</b>	Mittelwert
<b>µg</b>	Mikrogramm
<b>N.</b>	Nervus
<b>Na<sup>+</sup></b>	Natrium
<b>Nn.</b>	Nervi
<b>n</b>	Anzahl
<b>nl</b>	Nanoliter
<b>OP</b>	Operation
<b>PDPH</b>	postdural puncture headache (postpunktioneller Kopfschmerz)
<b>PONV</b>	postoperative nausea and vomiting (postoperative Übelkeit und Erbrechen)
<b>S</b>	Sacral(nerv)höhe
<b>SD</b>	Standardabweichung
<b>Tab.</b>	Tabelle
<b>Th</b>	Thorakal(nerv)höhe
<b>TNS</b>	Transiente neurologische Symptome
<b>USA</b>	Vereinigte Staaten von Amerika
<b>V.</b>	Vena

**Vv.** Venae  
**ZNS** Zentralnervensystem

## 1) Einleitung

### 1.1) Physiologie der Harnblase

#### 1.1.1) Anatomie der Harnblase

Die Harnblase (Vesica urinaria) liegt als muskuläres Hohlorgan im kleinen Becken. Die drei Schichten der Tunica muscularis bilden den M. detrusor vesicae. Dieser setzt durch Anspannung den Blaseninhalt unter Druck und ist durch zusätzliche Erweiterung des Ostiums maßgeblich an der Blasenentleerung beteiligt. Die für die Harnkontinenz elementare Sphinktermuskulatur wird durch einen inneren, glatten M. sphincter vesicae internus und einen äußeren, quergestreiften M. sphincter vesicae externus gebildet. Letzterer wird durch den N. pudendus innerviert (Klinke et al., 2009).

Anatomisch unterscheidet man den Blasenscheitel (Apex vesicae), den Blasenkörper (Corpus vesicae) und den Blasengrund (Fundus vesicae). Als Rest des embryonalen Urachus zieht das Ligamentum umbilicale medianum vom Blasenscheitel zum Nabel. Lateral davon ziehen als Reste der Nabelarterien die Ligamenta umbilicalia medialis von den Seiten des Blasenkörpers zum Nabel.

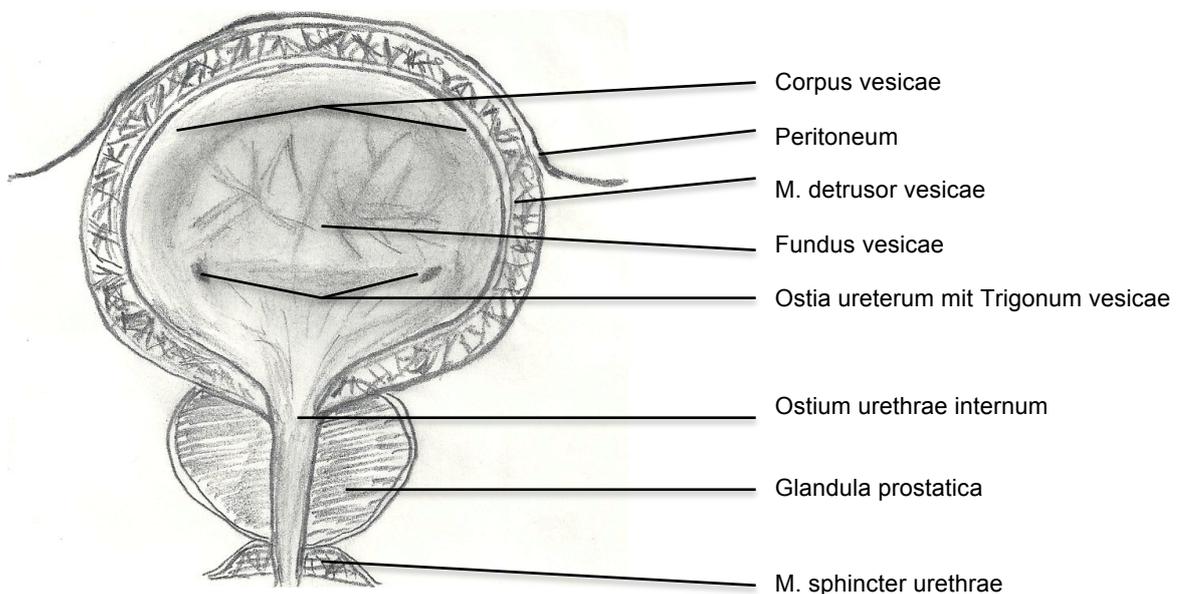


Abb. 1: Skizze der Vesica urinaria

Das auf der Innenseite des Blasengrundes liegende Trigonum vesicae wird von den Ostia ureterum und der Austrittsstelle der Urethra gebildet. In diesem Bereich liegt die Schleimhaut auch bei entleerter Harnblase straff an (Moll et al., 2006).

Die Ureteren münden in leicht geneigtem Winkel in die Ostia ureteris, die über eine Schleimhautfalte, die Plica interureterica, miteinander verbunden sind. Die Urethra beginnt mit dem Harnröhrenmund am Ostium urethrae internum. Das Blasenzipfchen (Uvula vesicae) ragt von dorsal als abdichtender Vorsprung in die Harnblase vor.

Durch den vom Blasenscheitel zum Blasenkörper ziehenden Peritonealüberzug liegt die Harnblase retroperitoneal. Beim Mann schlägt das Peritoneum am Scheitel der Samenblase (Vesicula seminalis) auf das Rektum um und bildet somit die Excavatio rectovesicalis. Bei der Frau hingegen wird durch Umschlag des Peritoneums auf den Uterus, welcher sich der Harnblase anlegt, die Excavatio vesicouterina gebildet (Lippert, 2006; Moll et al., 2006).

Ventral reicht die Harnblase an das Os pubis mit dem aus Bindegewebe bestehenden Spatium retropubicum. Nach kaudal besteht eine enge Lagebeziehung zum Levatorspalt und beim Mann zusätzlich zur Glandula prostatica. Lateral ist die Harnblase in das als Paracystium bezeichnete Bindegewebe eingebettet. Durch diese Begrenzungen wird eine überwiegende Ausdehnung nach ventral gewährleistet.

Durch die in Abhängigkeit der Füllung variable Lage der Harnblase ist diese nur im Bereich des Blasengrundes und des Blasenhalbes befestigt. Dabei verbindet das Ligamentum pubovesicale Symphyse mit Blasengrund. Bei der Frau ziehen die Septa rectovesicalia als Faserzüge vom Os sacrum und Rektum zur Harnblase. Beim Mann hingegen fixieren analog die Septa rectoprostatica die mit dem Blasengrund verbundene Prostata mit Os sacrum und Rektum und zusätzlich die Ligamenta puboprostatica Symphyse mit Prostata.

Die arterielle Blutversorgung wird über die Aa. vesicales superiores (aus der A. umbilicalis) et inferior (aus der A. iliaca interna) sowie der A. rectalis media (ebenfalls aus der A. iliaca interna) sichergestellt. Der venöse Abfluss erfolgt über ein Venengeflecht in die Vv. Iliacae internae (Moll et al., 2006; Klink et al., 2009).

### 1.1.2) Innervation und Miktion

In Abhängigkeit des individuellen Trainings weist das maximale Harnblasenvolumen eine große Variation auf. Ein Harndrang als Reflex der Blasendehnung entsteht ab einem Volumen von ungefähr 200-500 ml und kann bis zu einem Blasenvolumen von 1500 ml willkürlich zurückgehalten werden (Lippert, 2006; Moll et al., 2006).

Die Harnblase wird sympathisch über den Plexus vesicalis aus Th12-L1 und parasymphatisch über den Plexus hypogastricus inferior aus S2-S4 innerviert. Der M. detrusor vesicae wird dabei sympathisch gehemmt und parasymphatisch aktiviert. Durch ein komplexes Zusammenspiel mit dem über den N. pudendus innervierten M. sphincter vesicae externus wird eine gerichtete Blasenentleerung ermöglicht.

Ab einem bestimmten Schwellendruck werden über Dehnungsrezeptoren der Blase Afferenzen aktiviert, die als Miktionsreflex die parasymphatische Aktivität und damit den Tonus des M. detrusor vesicae erhöhen. Für die Harnblasenentleerung kontrahiert sich somit der M detrusor vesicae, wodurch die Ureteröffnungen verschlossen, der Blasenhal eröfnet und auf den Inhalt Druck ausgeübt wird. Zusätzlich erschlaft der M. sphincter vesicae und ein Anspannen der Bauchmuskulatur unterstützt die Entleerung (Moll et al., 2006; Klink et al., 2009).

Die entscheidende Aktivierung des Parasympathikus erfolgt beim Miktionsreflex über einen supraspinalen Reflexweg. Die Umschaltung der Afferenzen erfolgt in der ventrolateralen Formatio reticularis. Dieses auch pontine Miktionszentrum genannte Bindeglied steht unter inhibitorisch wirkenden zerebralen Impulsen, womit eine unwillkürliche Reflexentleerung vermieden wird (Klink et al., 2009).

## 1.2) Postoperativer Harnverhalt

### 1.2.1) Epidemiologie und Diagnostik

Mit einer Inzidenz zwischen 5 und 70% erscheint der postoperative Harnverhalt als häufiges Problem in der perioperativen Versorgung. Für die große Schwankungsbreite der Inzidenz wird die multifaktorielle Genese und eine fehlende einheitliche Definition verantwortlich gemacht (Baldini et al., 2009).

Vorbestehende patientenindividuelle Risikofaktoren, Art und Dauer der chirurgischen Intervention als auch das Anästhesieverfahren üben einen entscheidenden Einfluß auf die Entstehung eines Harnverhaltes in der postoperativen Phase aus. Dieser wird letztlich definiert als die Unfähigkeit eine volle Harnblase spontan zu entleeren. Ein fehlendes oder insuffizientes Management des Harnverhaltes kann so zu Frühkomplikationen wie Blasenüberdehnung, Harnwegsinfektion, Katheter-assoziierten Komplikation oder Spätkomplikationen wie Inkontinenz führen (Baldini et al., 2009).

Eine Diagnosesicherung erfolgt mittels klinischer Untersuchung und sonographischer Bildgebung. Klinisch führen die Symptome Schmerzen und Unterbauchbeschwerden unter Anurie und Harndrang, sofern dies z.B. unter eingeschränkter Vigilanz nach Allgemeinanästhesie oder eingeschränkter Sensibilität infolge Regionalanästhesie möglich ist. Die Palpation und Perkussion der angefüllten Harnblase erlaubt keine genaue Volumenbestimmung und kann zu einer Beschwerdezunahme mit Schmerzverstärkung und konsekutiven vagalen Reflexen wie Hypotonie und Bradykardie führen (Kemp und Tabaka, 1990).

Eine transurethrale Katheterisierung ist als diagnostische Methode weniger geeignet, da eine postoperative Anurie auch z.B. Folge einer inadäquat niedrigen Volumengabe sein kann und diese invasive Maßnahme im Hinblick auf Katheter-assoziierte Komplikationen wie Infektion und Perforation umgebener anatomischer Strukturen nicht gerechtfertigt erscheint (Tammela et al., 1986a,b).

Die sonographische Untersuchung hat sich hierbei durch eine hohe Sensitivität und Spezifität bei geringer Invasivität als Mittel der Wahl zur Bestimmung der Harnblasenfüllung erwiesen (Rosseland et al., 2002).

### 1.2.2) Risikofaktoren

Als Ursache werden in der Literatur viele mögliche Risikofaktoren benannt und diskutiert. Gesichert scheint ein gesteigertes Risiko bei männlichen Patienten ab einem Alter von 50 Jahren welches auf eine mögliche neuronale Degeneration und geschlechtsspezifische pathologische Prozesse wie beispielsweise die benigne Prostatahyperplasie zurückgeführt wird (Keita et al., 2005; Tammela et al., 1986a,b).

Ebenso müssen neurologische Erkrankungen wie Residualzustand nach zerebraler Ischämie, Multiple Sklerose, spinale Läsion und Polyneuropathien berücksichtigt werden (Tammela et al., 1986a,b; Toyonaga et al., 2006).

Zudem wird zwischen den verschiedenen operativen Disziplinen eine erhebliche Varianz bezüglich des Auftretens eines postoperativen Harnverhaltes beobachtet. Während die Inzidenz im allgemeinchirurgischen Patientenkollektiv bei 4% liegt (Tammela et al., 1986a,b), wird die Inzidenz nach anorektalen Eingriffen mit bis zu 52% beziffert (Toyonaga et al. 2006; Zaheer et al. 1998) und pathophysiologisch hierfür eine eventuelle Nervenläsion im pelvinen Bereich oder eine schmerzbedingte reflektorische Tonussteigerung der Spinktermuskulatur verantwortlich gemacht.

Auch eine bereits stattgehabte Operation im Beckenbereich kann über eine vorbestehende nervale Schädigung die Entstehung eines postoperativen Harnverhaltes begünstigen (Tammela et al., 1986a,b).

Ferner muss auch der Einfluss von anästhesiologischen Maßnahmen auf die Blasen- und Sphinktermuskulatur berücksichtigt werden. Beispielsweise kann durch in der perioperativen Phase verabreichte Pharmaka wie Anticholinergika,  $\beta$ -Blocker und Sympathomimetika eine Detrusorhypotonie oder Sphinkterhypertonie resultieren (Petros et al. 1991, Tammela et al., 1986a,b).

*Tab. 1: Risikofaktoren des postoperativen Harnverhaltes (nach Baldini et al., 2009)*

Präoperativ	<ul style="list-style-type: none"><li>- Alter &gt; 50 Jahre</li><li>- männliches Geschlecht</li><li>- präoperative Harnblasenfüllung / Restharn</li><li>- Status nach Operation im Beckenbereich</li><li>- bekannte urogenitale Obstruktion (BPH)</li><li>- bekannte neurologische Erkrankung (Neuropathie, Insult)</li><li>- perioperative Medikation mit <math>\beta</math>-Blocker, Anticholinergika</li></ul>
Intraoperativ	<ul style="list-style-type: none"><li>- Herniotomie, anorektale Chirurgie</li><li>- hohe intraoperative Flüssigkeitsapplikation (&gt;750ml)</li><li>- lange OP-Zeiten</li><li>- rückenmarksnahe Regionalanästhesie</li><li>- intrathekale / epidurale Gabe von Opiaten</li></ul>
Postoperativ	<ul style="list-style-type: none"><li>- Harnblasenvolumen bei Aufnahme im Aufwachraum &gt;270ml</li><li>- postoperative epidurale Analgesie</li></ul>

Einen hohen Stellenwert nimmt das perioperative Flüssigkeitsmanagement in Bezug auf die Entwicklung eines postoperativen Harnverhaltes ein. Ein liberales

Flüssigkeitsregime kann zu einer Überdehnung der Harnblase führen, welche konsekutiv die Detrusorfunktion stört.

Eine rückenmarksnahe Regionalanästhesie steht als begünstigender Faktor im Focus da unter einer postoperativ noch bestehenden Blockadewirkung eine zunehmende Blasenfüllung vom Patienten nicht bemerkt und eine willkürliche Detrusorfunktion nicht ausgeübt werden kann.

Hinsichtlich des Harnblasenvolumens gilt nach aktueller Studienlage eine Blasenfüllung zum Zeitpunkt der Aufnahme im Aufwachraum von mehr als 270 ml als unabhängiger Risikofaktor für einen postoperativen Harnverhalt (Keita et al., 2005).

Bezügliches des Einflusses der OP-Dauer auf die Inzidenz des postoperativen Harnverhaltes gibt es differente Daten. Während Mulroy et al. ein proportionales Verhältnis zwischen OP-/Anästhesie-Dauer und Zeitdauer bis spontaner Miktions nach rückenmarksnaher Regionalanästhesie beschrieb, konnte Peterson et al. keine Korrelation feststellen (Mulroy et al., 2002; Petersen et al. 1991). Der Einfluss einer bei verlängerter OP-Dauer erhöhten Volumenapplikation und damit vermehrten Blasenfüllung bleibt wie beschrieben bestehen. Eine Übersicht der Risikofaktoren des postoperativen Harnverhaltes zeigt Tabelle 1.

### 1.2.3) Anästhesieverfahren und postoperativer Harnverhalt

Bei einer durch Baldini et al. durchgeführten MEDLINE-Recherche konnte unter Einbezug von 190 Studien eine signifikant niedrigere Inzidenz eines postoperativen Harnverhaltes nach Allgemeinanästhesie gegenüber der nach neuroaxialen Verfahren festgestellt werden (Baldini et al., 2009).

Jedoch weisen auch einige während einer Allgemeinanästhesie eingesetzten Pharmaka Interaktionen mit dem autonomen Nervensystem, der Detrusortätigkeit und des Miktionsreflexes auf. Zum Beispiel vermindern Benzodiazepine und Propofol die Detrusortätigkeit während volatile Anästhetika das pontine Miktionszentrum inhibieren (Combrisson et al., 1993; Matsuura et al., 2000). Genannte Präparate werden im Rahmen einer Allgemeinanästhesie häufig kombiniert eingesetzt wodurch eine Allgemeinanästhesie auch bei vergleichsweise niedrigerer Inzidenz einen postoperativen Harnverhalt nicht sicher verhindern kann.

Im Rahmen von neuroaxialen Verfahren wird der Harnverhalt durch die gewollte pharmakodynamische Wirkung der Lokalanästhetika auf Afferenzen und Efferenzen im

Bereich S2-S4 begünstigt (Axelsson et al., 1985; Kamphuis et al., 1998). Nach intrathekaler Injektion von Lokalanästhetika wird durch eine Reduktion der Detrusorkontraktion der Harndrang aufgehoben. Auch rückenmarksnah applizierte Opiode begünstigen durch Verminderung von Harndrang, Detrusorkontraktion, Zunahme der Blasenkapazität und Beeinflussung der Sphinkteraktivität die Entstehung des postoperativen Harnverhaltes (Kuipers et al., 2004). Der Einfluß von Injektionstechnik, Pharmaka und Dosierung werden zu einem späteren Zeitpunkt betrachtet.

Wenngleich der pathophysiologische Ansatz der gleiche ist, konnten *Faas et al.* eine niedrigere Inzidenz des postoperativen Harnverhaltes nach lumbaler Epiduralanästhesie gegenüber der Spinalanästhesie nachweisen (Faas et al., 2002). Dies ist überraschend, da auch bei einer geringeren epiduralen Dosis von einer sympathischen Blockade auszugehen ist. Eventuell ist eine fehlende kaudale Ausdehnung nach sakral (S2-S4) die Ursache.

#### 1.2.4) Komplikationen des postoperativen Harnverhaltes

Der postoperative Harnverhalt kann durch mögliche Komplikationen und Beeinträchtigungen zu einem verlängerten Krankenhausaufenthalt oder im angestrebten ambulanten Verfahren zu einer verzögerten Entlassung oder Wiederaufnahme führen.

Der durch die Blasendehnung entstehende Schmerz kann für autonomen Reaktionen wie Erbrechen, Herzrhythmusstörungen und Blutdruckdysregulation verantwortlich sein (Kamphuis et al., 1998). Ferner sind Frühkomplikationen wie Harnwegsinfektionen entweder als Folge der Harnretention oder der therapeutisch resultierenden Katheterisierung zu beobachten.

Eine Urosepsis als Maximalausprägung der Harnwegsinfektion weist auch bei zeitgerechter und optimaler Therapie gerade bei bestehenden Komorbiditäten auch heute noch eine bedeutsame Letalität auf (Wagenlehner et al., 2010).

Besondere Relevanz besitzt die im Rahmen eines postoperativen Harnverhaltes zu 44% resultierende Blasenüberdehnung welche auch zu persistierenden Funktionseinschränkungen der Harnblase im Sinne einer Spätkomplikation führen kann (Lamonerie et al., 2004). Im Tierversuch konnten für die eventuelle Entwicklung von Spätschäden eine Ischämie der überdehnten Harnblase und Abnahme der

muskarinergen Rezeptordichte mit resultierender Abnahme der Detrusorkontraktilität als Ursachen benannt werden (Kitada et al., 1989).

Unabhängig davon sind auch irreversible Schädigungen durch therapeutische Maßnahmen wie beispielsweise urogenitale Läsionen durch Katheterisierung zu berücksichtigen und verdeutlichen, dass Prävention und indikationsgerechte Therapie des postoperativen Harnverhaltes einer Beachtung im klinischen Alltag bedarf.

#### 1.2.5) Management des postoperativen Harnverhaltes

Zentrales Element sollte stets die Prävention des postoperativen Harnverhaltes sein. Präoperativ kann eine Identifikation potentiell gefährdeter Patienten anhand von patienteneigenen Risikofaktoren und Vermeidung prozedurenspezifischer Risikofaktoren (Tabelle 1) hilfreich sein. Perioperativ erscheint ein nach Möglichkeit restriktives Volumenmanagement hinsichtlich einer Prävention sinnvoll. Postoperativ steht neben einer suffizienten Analgesie die zeitnahe Diagnostik eines Harnverhaltes im Vordergrund.

Insgesamt verbleiben bei eingetretenem Harnverhalt wenige therapeutische Ansatzpunkte.

Postoperativer Schmerz ist, ebenso wie eine anorektale Dehnung im Rahmen eines entsprechenden chirurgischen Eingriffes ein Risikofaktor für einen postoperativen Harnverhalt. Pathophysiologisches Korrelat hierzu ist eine Sympathikusaktivierung mit Stimulation der  $\alpha$ -Rezeptoren. Der kausale medikamentöse Ansatz mit dem systemischen  $\alpha$ -Rezeptor-Antagonist Phenoxybenzamin zeigte jedoch unterschiedliche Ergebnisse und wird schon länger kontrovers diskutiert (Cataldo et al. 1991; Goldman et al. 1988a,b; Leventhal et al. 1978).

Die Standardtherapie des postoperativen Harnverhaltes stellt die transurethrale Katheterisierung dar. Indikation, Zeitpunkt und Liegezeit des Katheters müssen streng gestellt werden um mögliche Nebenwirkungen und Komplikationen durch die Katheterisierung zu minimieren. Wichtig für die Indikationsstellung erscheint auch, wie hoch das individuelle Risiko des Patienten ist und ob es sich postoperativ um eine stationäre oder ambulante Versorgung handelt. Besonders das gemessene Harnvolumen erscheint als direkte Ursache für eine Überdehnung der Harnblase mit möglicher Schädigung und Komplikation ein optimaler Indikationsfaktor für eine Katheterisierung.

Hinsichtlich des Harnblasenvolumens, welches zur Indikation einer Katheterisierung vorliegen muss gibt es in der Literatur differente Angaben. Einige Autoren empfehlen unter Vorliegen von Risikofaktoren bei einer sonographischen Blasenfüllung von 600 ml oder mehr eine Katheterisierung (Pavlin et al., 1999; Kreutziger et al., 2010). Andere Autoren empfehlen sogar eine frühere Katheterisierung ab einem Volumen von 300 ml (Luger et al., 2008).

Zur Technik der Katheterisierung konnten *Lau et al.* in einer prospektiv randomisierten Studie an 1448 chirurgischen Patienten mit einer Inzidenz des postoperativen Harnverhaltes von 4,1% (n=60) keine Vorteile einer Dauerkatheterisierung über 24 Stunden gegenüber der Einmalkatheterisierung feststellen (Lau et al., 2004).

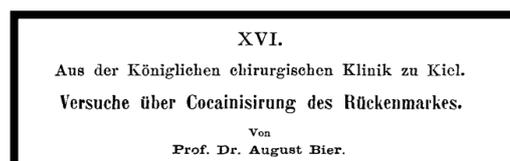
Im Hinblick auf weitere präventive Ansätze bietet die Anwendung verschiedener Anästhesieverfahren, Techniken und Substanzen die Möglichkeit die Inzidenz des postoperativen Harnverhaltes zu beeinflussen.

### 1.3) Spinalanästhesie

#### 1.3.1) Grundlagen

Die Spinalanästhesie beschreibt die subarachnoidale Applikation eines Lokalanästhetikums mit resultierender Blockade von Nervenwurzeln. Diverse technische und pharmakologische Entwicklungen sind als Meilensteine der Anästhesie in der geschichtlichen Entwicklung der Spinalanästhesie auch zugleich Voraussetzungen für die Etablierung dieser Technik im klinischen Alltag:

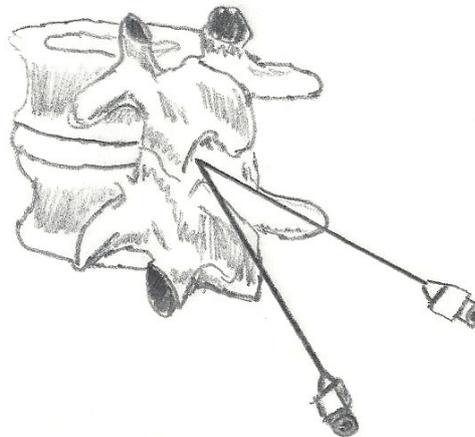
- 1853: Entwicklung der Hohlnadel durch Pravaz und Wood
- 1884: Erste Anwendung von Kokain als Lokalanästhetikum bei Augenoperationen durch Carl Koller (1857-1944)
- 1891: Beschreibung der Lumbalpunktion durch Quincke
- 24.08.1898: Durchführung der ersten Spinalanästhesie durch August Bier



*Abb. 2: Titelblatt der Publikation von August Bier*

Heute hat sich die Spinalanästhesie als technisch einfaches Verfahren mit niedriger Medikamentenbelastung für den Patienten bei exzellenter Anästhesiequalität und vergleichbar geringem Nebenwirkungsprofil als mögliche Alternative zur Allgemeinanästhesie im anästhesiologischen Alltag etabliert (Kochs et al., 2008; Van Aken und Wulf, 2010). Für die Sectio caesarea gilt sie als das anästhesiologische Verfahren der ersten Wahl und findet viele weitere Indikationen für infraumbilicale Eingriffe (Volk 2010).

Als mögliche Punktionsorte zur Durchführung einer Spinalanästhesie gelten die Intervertebralsräume L2 bis L5 über einen medianen oder paramedianen Zugangsweg (siehe Abb. 3). Eine Punktion unterhalb von L2 dient der sicheren Penetration des Duralsackes unterhalb des Conus medullaris. Nach intrathekaler Injektion eines Lokalanästhetikums kommt es schnell zu einer reversiblen Blockade der Erregungsleitung durch Blockade der  $\text{Na}^+$ -Kanäle und damit Hemmung des  $\text{Na}^+$ -Einstroms. An den spinalen Nervenwurzeln erfolgt dadurch eine Blockade von sensorischen Afferenzen, motorischen Efferenzen und sympathischen Nervenfasern. Zudem wird dieser Effekt auch an dorsalen Wurzelganglien und oberflächlichen Anteilen des Rückenmarkes beobachtet (Karow und Lang-Roth, 2010; Kochs et al., 2008).



*Abb. 3: Paramediane (links) und mediane (rechts) Punktionstechnik*

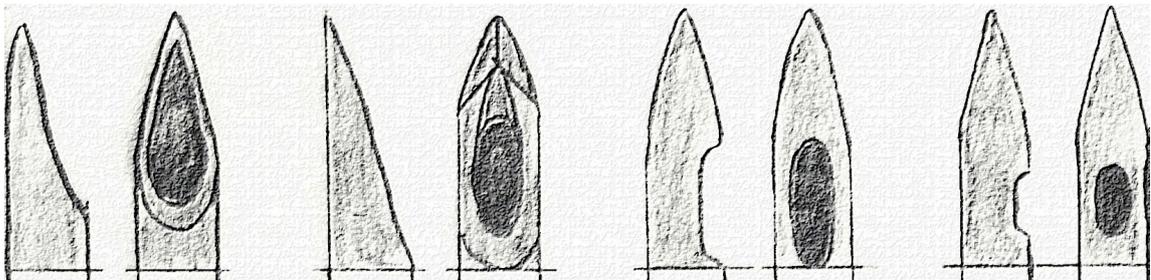
## 1.4) Komplikationen und Nebenwirkungen der Spinalanästhesie

### 1.4.1.) Postpunktioneller Kopfschmerz

August Bier beschrieb am Tag nach der ersten Spinalanästhesie einen am eigenen Leib erlebten lageabhängigen Kopfschmerz und führte diesen auf den Alkoholkonsum im Rahmen der Feierlichkeiten zurück.

Heutzutage spricht man definitionsgemäß von einem postpunktionellen Kopfschmerz (postdural puncture headache = PDPH), wenn sich dieser dumpfe bis ziehende okzipitale oder frontale Kopfschmerz innerhalb von 15 Minuten nach Lageänderung in die Senkrechte verstärkt bzw. innerhalb 15 Minuten nach Einnahme einer horizontalen Position bessert (Volk 2010). Diese Komplikation tritt gehäuft bei Frauen und jungen Menschen (vor dem 40. Lebensjahr) zwischen dem ersten und 7. Tag post punctioem auf und hält je nach Therapie zwischen 12 Stunden und 7 Tagen an (Choi et al., 2003).

Die Inzidenz ist abhängig von Durchmesser und Schliff der verwendeten Kanüle (Ghaleb et al., 2012). Besonders sind hierbei die atraumatischen Spinalnadeln mit einem Pencil-Point-Schliff nach Sprotte oder Whitacre von den traumatisch einschneidenden nach Quincke-Babcock oder Greene zu unterscheiden (siehe Abb. 4).



*Abb. 4: Skizze gebräuchlicher Spinalnadeln (Auswahl)*

Von links nach rechts: Greene, Quincke-Babcock, Sprotte, Whitacre

Für Spinalnadeln des Quincke-Typs werden Inzidenzen des PDPH zwischen 5,2 und 8,7% berichtet (Vallejo et al., 2000; Lambert et al., 1997). Nach einer Metaanalyse von *Choi et al.* wird jedoch selbst bei Verwendung einer 27G Pencil-Point-Nadel nach Whitacre eine Inzidenz von 1,7% beschrieben (Choi et al., 2003).

Die genaue Pathophysiologie ist nicht sicher geklärt. Neben einem Liquorverlust mit kaudaler Verlagerung des Gehirns und konsekutiver Aktivierung von dehnungssensiblen Nozizeptoren wird eine kompensatorische Vasodilatation zerebraler und meningealer Gefäße als Ursache in Betracht gezogen (Ghaleb et al. 2012, Van Aken und Wulf, 2010).

Wird das klinische Bild durch Übelkeit, Erbrechen und/oder Seh- und Hörstörungen ergänzt spricht man von einem postpunktionellen Syndrom. Führend ist oft eine Diplopie bedingt durch Dehnung des N. abducens mit seinem langen intrakraniellen Verlauf bei Kaudalverlagerung des Gehirns (Volk 2010).

Eine Therapieoption beim PDPH ist der sogenannte „Epidural Blood Patch“ (DiGiovanni et al., 1972). Hierbei wird im vorangegangenen Punktionsgebiet der Epiduralraum aufgesucht und 10-20 ml Eigenblut appliziert. Die Vorstellung einer bloßen Leckageabdichtung scheint hier nicht ausreichend. Andere Erklärungsansätze gehen davon aus, dass durch diese Maßnahme ein Druckgefälle zwischen V. cava inferior und dem Intrathekalraum verhindert wird (Kessler und Wulf 2008).

#### 1.4.2) Arterielle Hypotension

Durch die Blockade präganglionärer sympathischer Fasern kommt es im Rahmen einer Spinalanästhesie zu einer mehr oder weniger ausgeprägten Hypotension. *Hartmann et al.* konnten anhand einer Datenauswertung eines online-Narkosedatenprogrammes bei 3315 durchgeführten Spinalanästhesien eine Inzidenz von 5,4% nachweisen (Hartmann et al., 2002).

Eine arterielle Hypotension infolge einer Vasodilatation kann entweder durch Vergrößerung des intravasalen Volumens durch intravenöse Volumengabe oder durch Normalisierung des peripheren Gefäßwiderstandes mittels Vasopressoren behandelt werden (Kochs et al., 2008).

Zu beachten ist jedoch, dass Infusionsmengen von mehr als 1000 ml unter neuroaxialen Blockaden als unabhängiger Risikofaktor für einen postoperativen Harnverhalt erachtet wird (Feliciano et al., 2008; Mulroy und Alley, 2012; Toyonaga et al., 2006). Entsprechend steht das Risiko einer arteriellen Hypotension dem Risiko eines postoperativen Harnverhaltes hinsichtlich der Volumenapplikation gegenüber.

Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI), dem Berufsverband Deutscher Anästhesisten (BDA) und der Deutschen

Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (DGGG) sprechen sich im Rahmen der geburtshilflichen Anwendung der Spinalanästhesie zur Prophylaxe der Hypotension eindeutig für eine Kohydratation während der Punktion aus. Zu beachten ist jedoch, dass die Patientinnen nach Anlage der Spinalanästhesie zur erforderlichen Blasenentlastung zur Sectio caesarea standardisiert mit einem Blasenkatheter versorgt werden und so eine Blasenüberdehnung durch größere Infusionsvolumina nicht möglich ist. Ein früher angewendetes Verfahren der Prähydratation führt nicht zu einer geringeren Rate an Hypotonien und wird demnach nicht mehr empfohlen (Gogarten et al., 2009).

Bei eingetretener arterieller Hypotonie wird die Gabe von Phenylephrin oder alternativ Cafedrin-Theodrenalin (Akrinor®) empfohlen (Gogarten et al., 2009).

Während die Spinalanästhesie im Vergleich zur Allgemeinanästhesie eine geringere Inzidenz von postoperativer Übelkeit und Erbrechen (PONV) (6,9% vs. 22,2%) aufweist, stellt die arterielle Hypotension einen Risikofaktor für das Auftreten von PONV nach Spinalanästhesie dar (Volk, 2010, Bessa et al., 2012).

#### 1.4.3) Hohe/totale Spinalanästhesie

Auf dem Boden einer relativen Überdosierung mit rostraler Ausdehnung des applizierten Lokalanästhetikums bei einer Spinalanästhesie kann es zu einer hohen und bei letztlich kompletter Sympathikusblockade und Zwerchfellparese zu einer totalen Spinalanästhesie kommen. Das klinische Erscheinungsbild reicht dabei von Agitiertheit, Dyspnoe, Hypotension und Bradykardie bis zur Apnoe und Asystolie im Rahmen der kompletten Sympathikusblockade und Blockade der Atemmuskulatur in Höhe C3 bis C5 mit respiratorischer Insuffizienz (Volk 2010; Kochs et al., 2008; Larsen 2002).

#### 1.4.4) Infektion

Infektionen nach Spinalanästhesie mit Komplikationen wie Meningitis oder spinale Abszesse sind selten aber aufgrund einer hohen Funktionseinschränkung und Mortalität von bedeutsamer Prägnanz.

In der Literatur wird die Häufigkeit einer Meningitis mit 3,7/100.000 bis 7,2/100.000 angegeben (Kerwat et al, 2010; Volk, 2010). Das Auftreten von epidural-spinalen Abszessen wird mit 1:1.260.000 noch wesentlich seltener verzeichnet.

Tab. 2: Einteilung der Infektionsgrade (Sellmann et al., 2013; Morin et al. 2006)

Leichte Infektion (≥ 2 Kriterien müssen erfüllt sein)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rötung</li> <li>• Schwellung</li> <li>• Druckdolenz</li> </ul>
Mittelschwere Infektion (≥ 2 Kriterien müssen erfüllt sein)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pus an der Einstichstelle</li> <li>• erhöhte Entzündungsparameter (CRP, Leukozyten)</li> <li>• Fieber</li> <li>• erforderliche systemische Antibiotikatherapie</li> </ul>
Schwere Infektion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chirurgische Intervention erforderlich</li> </ul>

Außer von diversen patientenbezogenen Risikofaktoren (u.a. Diabetes mellitus, malignes Grundleiden, Alkoholismus) wird die Inzidenz von Infektionen auch von dem Punktionsgebiet beeinflusst. So treten Infektionen im thorakalen Bereich signifikant häufiger auf als im lumbalen Bereich (Cameron et al., 2007; Volk et al. 2009). Ursächlich hierfür ist vermutlich eine im thorakalen Bereich höhere Talgdrüsendichte (Sellmann et al., 2013).

Tab. 3: Hygieneempfehlungen mit obligaten „15 Geboten“ und „Kann“-Empfehlungen (nach Morin et al. 2006)

„15 Gebote“	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) allgemeine Hygienemaßnahmen nach Hygieneplan</li> <li>2) Durchführung in hygienisch geeignete Räumlichkeiten</li> <li>3) Personenzahl bei der Punktion auf das Notwendige beschränken</li> <li>4) Schmuck, Uhren und Ringe vor Punktionen ablegen</li> <li>5) Entfernung von Haaren im Punktionsbereich</li> <li>6) Entfetten und Säubern der Haut</li> <li>7) hygienische Händedesinfektion</li> <li>8) Punktionsbereich zentrifugal desinfizieren (Sprüh-Wisch-Sprüh-Technik)</li> <li>9) Mundschutz, Haube und bei Katheterverfahren zusätzlich sterile Kittel tragen</li> <li>10) großflächige, selbstklebende sterile Lochtücher verwenden</li> <li>11) nur frisch angesetzte Medikamentenlösungen und Punktions-Einmalartikel</li> <li>12) steriler Verband und Wechsel nur wenn erforderlich</li> <li>13) Katheter und Konnektionsstellen fixieren</li> <li>14) tägliche klinische Kontrolle der Punktionsstelle</li> <li>15) tägliche Prüfung der Indikationsstellung</li> </ol>
„Kann“	Einsatz von Bakterienfilter, Untertunneln von Kathetern, Verwendung von Polyamid-Kathetern, Desinfektion und ggf. Katheterkürzung nach Diskonnektion, Medikamente über Kanülenfilter aufziehen, bei lokalen Infektionszeichen Katheter entfernen und Katheterspitze der mikrobiologischen Diagnostik zuführen

Neben einer zeitnahen Diagnostik und Therapie ist die Prävention durch Hygienestandards elementar (Kerwat et al., 2010). Der Wissenschaftliche Arbeitskreis Regionalanästhesie hat dazu eine Hygieneempfehlung für die Anlage und weitere Versorgung von Regionalanästhesie-Verfahren erarbeitet. In dieser werden 15 obligate „Gebote“ und diverse „Kann“-Empfehlungen beschrieben (siehe Tab. 3) (Morin et al., 2006).

#### 1.4.5) Intrakranielle Blutungen

Analog bekannter Liquorunterdrucksyndrome, welche mit intrakraniellen Blutungen einhergehen wird dieses auch für die Spinalanästhesie postuliert. In der theoretischen Annahme kann eine Hypotension im Liquorsystem nach Punktion die transmurale intrazerebrale Gefäßspannung erhöhen und somit das Auftreten von intrakraniellen subduralen Hämatomen begünstigen. Eine Inzidenz dieser seltenen Komplikation kann nicht bestimmt werden. Nach einer Kasuistik und Literaturrecherche von *Zeidan et al.* konnten 46 Fällen einer postspinalen intrakraniellen Blutung beschrieben werden. (Zeidan et al., 2006).

#### 1.4.6) Arteria-spinalis-anterior-Syndrom

Aufgrund einer anatomisch schwachen vaskuläre Versorgung des Rückenmarkes aus Aa. vertebrales und Aorta descendens mit großem Abstand zwischen den radikulären Arterien kann es leicht zur ischämischen Minderversorgung kommen (siehe Abb. 5). Speziell die stets einseitig angelegte Arteria radicularis magna („Adamkiewicz-Arterie“) mit zwischen unterem Thorakal- und oberen Lumbalmark variabler Höhenlokalisierung und rechtwinkliger Krümmung in die Arteria spinalis anterior erscheint dabei besonders gefährdet (Van Aken und

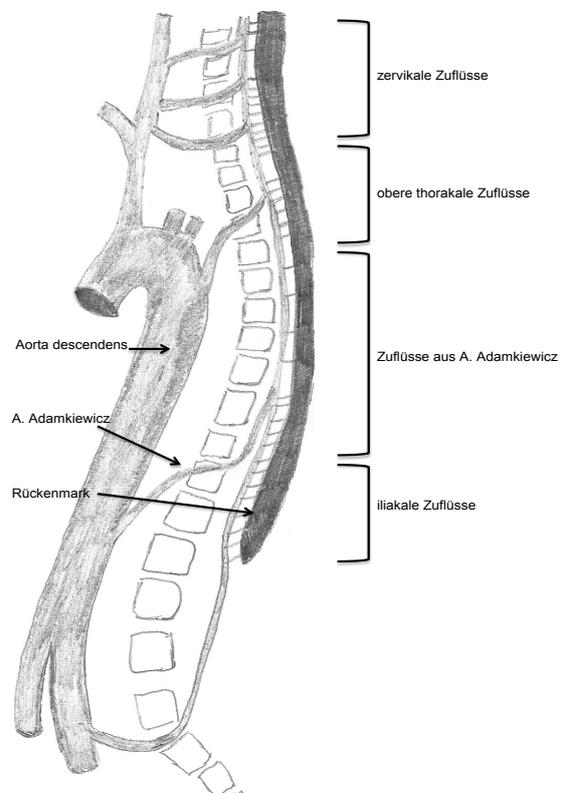


Abb. 5: Arterielle Versorgung des Rückenmarkes

Wulf, 2010). Begünstigende Faktoren wie vorbestehende Arteriosklerose und arterielle Hypotonie müssen beachtet und klinische Symptome wie gürtelförmiger oder radikulärer Schmerz nebst Querschnittssymptomatik und Verlust von Temperatur-, Schmerz- und Berührungsempfinden bei weiterhin erhaltener Druck-, Vibrations- und Tiefensensibilität einer weiterführenden Diagnostik zugeführt werden (Hermann und Tietze, 2011).

#### 1.4.7) Transiente neurologische Symptome

Das gemeinsame Auftreten von postpunktionellen Schmerzen mit Parästhesien oder Dysästhesien im Gesäß und den unteren Extremitäten wird erst seit Mitte der 1990er Jahre als eigenständiger Symptomkomplex bezeichnet. In der Regel entwickeln sich transiente neurologische Symptome (TNS) binnen 24 Stunden nach Punktion und dauern Tagen bis Wochen an.

Bei unklarer Pathogenese kann bisher vor allem eine Häufung nach Verwendung bestimmter Lokalanästhetika und Adjuvantien beobachtet werden. *Eberhart et al.* konnten anhand einer Metaanalyse unter Einschluß von 29 Untersuchungen mit insgesamt 2.813 Patienten eine deutlich höhere Inzidenz von TNS nach Spinalanästhesie unter Verwendung von Lidocain (16,9%) und Mepivacain (19,1%) gegenüber Bupivacain (1,1%) und Prilocain (1,7%) feststellen (Eberhart et al., 2002).

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten *Zaric und Pace* in einem 2009 publizierten Cochrane Review. Nach Auswertung von 16 Studien und Artikeln zwischen 1966 und 2008 mit insgesamt 1.467 Patienten war bei 125 Patienten (8,5%) ein TNS zu beobachten. Das Risiko eines TNS nach intrathekaler Applikation von Lidocain wird danach als signifikant höher eingeschätzt als nach Bupivacain, Prilocain oder Procain (Zaric und Pace 2009). Auch für die Anwendung von Ropivacain zur Spinalanästhesie wird eine geringere Inzidenz von TNS gegenüber Lidocain berichtet (Fanelli et al., 2009).

Transiente neurologische Symptome gelten als ungefährlich und hinterlassen meist keinerlei Einschränkungen. Die Therapie beschränkt sich auf symptomatische Maßnahmen.

#### 1.4.8) Direkte Schädigung des Myelons

Das Rückenmark endet beim Erwachsenen im Conus medullaris in der Regel im Bereich L1 bis L2. Um eine Schädigung des Myelons zu vermeiden erfolgt die primäre Punktion bei der Spinalanästhesie vorzugsweise unterhalb L2. Zur Identifikation des Punktionsortes wird oft die sogenannte Tuffier-Linie, eine radiologische Verbindungslinie zwischen den Cristae iliacae, verwendet.

Die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit dieser sich an einer äußeren anatomischen Landmarke orientierenden Methode wird nach diversen Studien kritisch betrachtet (Render, 1996; Snider et al., 2008; Margarido et al., 2011). Mitunter durch eine alters- und geschlechtsabhängige Variabilität gilt das Verfahren als unzuverlässig (Kim et al., 2003; Snider et al., 2008).

*Tab. 4: Schnittpunkt der Tuffier-Linie (nach Render, 1996)*

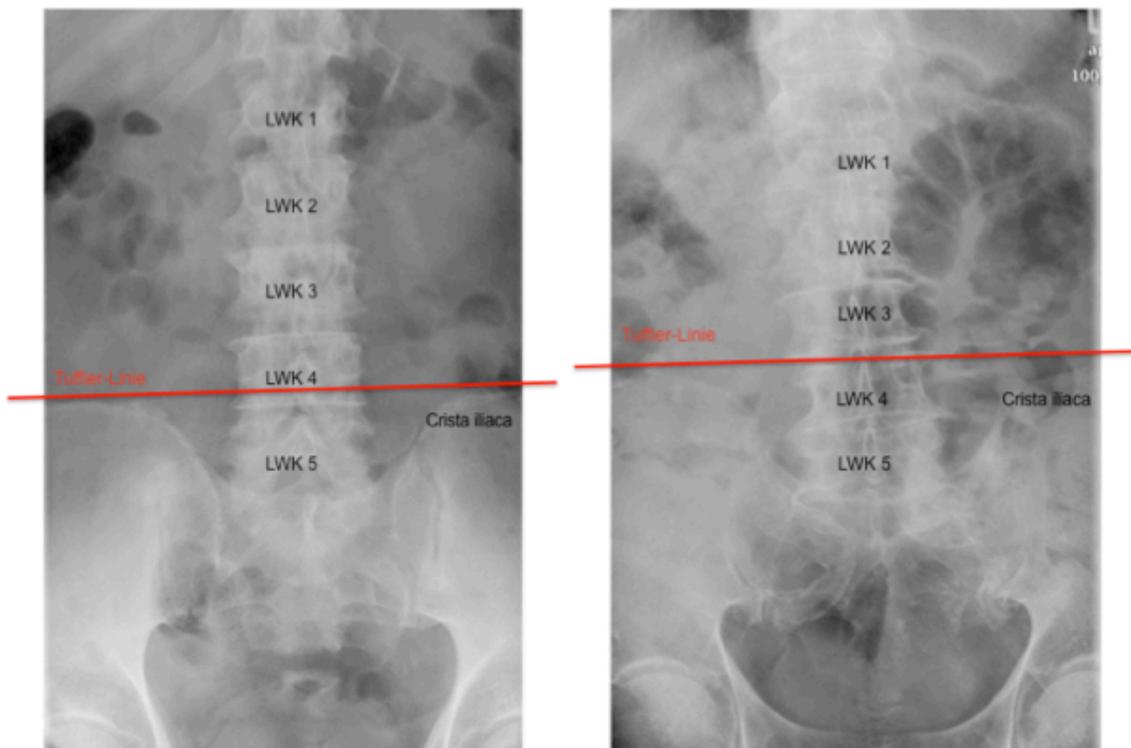
Höhe	Patienten (%)
Intervertebralraum L3/L4	3,7
Dornfortsatz L4	48,5
Intervertebralraum L4/L5	30,1
Dornfortsatz L5	14,1
Intervertebralraum L5/S1	3,7

Render zeigte nach radiologischem Vergleich an 163 Patienten, dass sich die Tuffier-Linie bei 78,6% der Patienten im Bereich des Dornfortsatzes von L4 oder im Zwischenraum L4/L5 projizierte. Jedoch war bei 3,7% der Patienten eine kraniale Abweichung nach L3/L4 zu beobachten (siehe Tab. 4). Demnach besteht selbst bei korrekter Anwendung mit angestrebter Injektion oberhalb der Tuffier-Linie die Gefahr einer direkten Schädigung des Myelons (Render, 1996).

Andere anatomische Orientierungspunkte wie Rippen, Os sacrum oder Spina iliaca anterior superior weisen ähnliche, oftmals anwenderabhängige Schwachpunkte auf (Chakraverty et al., 2007; Borghi et al., 2012). Eine Alternative zur Identifikation der Punktionsstelle anhand äußerer anatomischer Landmarken bietet die sonographisch geführte Technik, welche dem Anwender erstmalig eine Bestimmung der

Punktionstiefe und optische Führung der Kanüle ermöglicht (Conroy et al., 2013). Diese Technik ist jedoch zeitaufwendig und erfordert neben der technischen Ausstattung ein gewisses Maß an Übung.

Als weitere Faktoren für eine direkte Myelonschädigung kommen eine fehlerhafte Identifikation der anatomischen Landmarken bzw. Punktionsstelle und anatomische Varianten mit einer Ausdehnung des Conus medullaris bis L3 in Betracht (ein Beispiel zeigt Abb. 6).



*Abb. 6: Röntgenaufnahmen der LWS im anterior-posterioren Strahlengang von zwei männlichen Patienten im Alter von 70 Jahren. Links projiziert sich die eingezeichnete Tuffier-Linie im Bereich L4/L5. Rechts liegt diese jedoch wesentlich höher bei L3/L4.*

(Bildmaterial zur Verfügung gestellt mit freundlicher Unterstützung der Universitätsklinik für Diagnostische Radiologie Halle (Saale))

*Reynolds* berichtete über 7 Fälle einer direkten Myelonschädigung nach Spinalanästhesie und kombinierter Spinal- und Epiduralanästhesie (Combined spinal and epidural anaesthesia = CSE). In allen Fällen lag die angestrebte Punktionshöhe bei L2/L3. Klinisch persistierten bei den betroffenen Patienten sensorische Defizite im

Bereich L4 bis S1 nebst motorischen Schwächen und Störungen der Harnkontinenz (Reynolds, 2001).

#### 1.4.9) Spinale Hämatome

Die Ausprägung eines epiduralen, subduralen oder auch subarachnoidalen Hämatoms nach Spinalanästhesie wird aufgrund der häufig hochgradigen Funktionseinschränkung bis hin zur Querschnittslähmung als seltene aber schwerwiegende Komplikation eingestuft.

Als hauptsächliche Risikofaktoren gelten hierbei Mehrfachpunktion sowie eine angeborene oder (medikamentös) erworbene Gerinnungsstörung.

Das Risiko eines spinalen Hämatoms nach Spinalanästhesie wurde 1998 bei gleichzeitiger Applikation von niedermolekularen Heparinen in den USA mit 1:40.800 beziffert. In einer retrospektiven Datenanalyse im Zeitraum 1990 bis 1999 in Schweden wurde das Risiko nach Spinalanästhesie mit 1:156.000 angegeben (Moen et al., 2004; Gogarten et al., 2007).

Heute existieren bezüglich einer prophylaktischen oder therapeutischen Antikoagulation sowie antithrombotischen Medikation Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) und European Society of Anaesthesiology (ESA) hinsichtlich einzuhaltenden Zeitintervallen vor und nach rückenmarksnaher Punktion (siehe Tab 5.) (Gogarten et al., 2007; Gogarten et al., 2010). Diese Zeitintervalle sollen das Risiko eines spinalen Hämatoms reduzieren.

Hinsichtlich der Thrombozyten erscheint die qualitative Funktion von höherer Bedeutung als die reine Quantität. Bei im Verlauf stabiler Thrombozytenzahl, einer nicht beeinträchtigten Gerinnung und Thrombozytenfunktion wird eine Thrombozytenzahl von 80/nl als sicher bewertet (van Veen et al., 2010). Selbst unter durch Acetylsalicylsäure irreversibel gehemmter Thrombozytenfunktion ist, eine gesunde Knochenmarksfunktion vorausgesetzt, durch den hohen Thrombozytenumsatz bei normaler Thrombozytenzahl von einer weitestgehend normalen Hämostase auszugehen (Gogarten et al., 2007).

Tab. 5: Empfohlene Zeitintervalle vor und nach rückenmarksnaher Punktion bzw. Katheterentfernung (Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin 2007; modifiziert nach Empfehlungen der Europäischen Gesellschaft für Anästhesiologie nach Gogarten et al., 2010)

	Vor Punktion/ Katheterentfernung	Nach Punktion/ Katheterentfernung	Laborkontrollen
Unfraktionierte Heparine (Prophylaxe ≤15.000 i.E./d)	4-6 h	1 h	Thrombozyten bei Therapie >5 Tagen
Unfraktionierte Heparine (Therapie)	i.v. 4-6 h s.c. 8-12 h	1 h 1 h	aPTT, (ACT), Thrombozyten
Niedermolekulare Heparine (Prophylaxe)	12 h	4 h	Thrombozyten bei Therapie >5 Tagen
Niedermolekulare Heparine (Therapie)	24 h	4 h	Thrombozyten, (anti-Xa)
Fondaparinux	36-42 h	6-12 h	(anti-Xa)
Rivaroxaban	22-26 h	4-6 h	?
Apixaban	26-30 h	4-6 h	?
Dabigatran	Kontraindiziert	6 h	?
Vitamin-K-Antagonisten	INR <1,4	Nach Katheterentfernung	INR
Hirudine	8-10 h	2-4 h	aPTT, ECT
Argatroban	4 h	2 h	aPTT, ECT, ACT
Acetylsalicylsäure 100 mg	keine	keine	-
Clopidogrel	7 Tage	Nach Katheterentfernung	-
Ticlopidin	10 Tage	Nach Katheterentfernung	-
Prasugrel	7-10 Tage	6 h n. Katheterentfernung	-
Ticagrelor	5 Tage	6 h n. Katheterentfernung	-
Cilostazol	42 h	5 h n. Katheterentfernung	-
NSAR	keine	keine	-

#### 1.4.10) Neurologische Schäden

Eine Metaanalyse von Brull et al., welche im Zeitraum zwischen 1995 und 2005 32 Studien berücksichtigt, berechnet das Risiko nach rückenmarksnaher Regionalanästhesie neurologische Komplikationen zu erleiden mit weniger als 0,04% (Brull et al., 2007).

Die dabei zu beobachtenden neurologischen Komplikationen sind vor allem Neuro- oder Radikulopathien, Paraplegien und das Cauda-equina-Syndrom. Tabelle 6 zeigt eine Übersicht möglicher Komplikationen und Inzidenzen.

*Tab. 6: Komplikationen der Spinalanästhesie mit Inzidenzen*

- Postpunktioneller Kopfschmerz (1,7-8,7%)
- Arterielle Hypotension (5,4%)
- Totale Spinalanästhesie
- Infektion (Meningitis 3,7-7,2/100.000)
- Intrakranielle Blutungen
- Arteria-spinalis-anterior-Syndrom
- Transiente neurologische Symptome (1,1-19,1%)
- Direkte Schädigung des Myelons
- Spinale Hämatome (0,6-2,5/100.000)
- Neurologische Schäden (<0,04%)

## 1.5) Lokalanästhetika

### 1.5.1) Pharmakologische Grundlagen

Lokalanästhetika sind Substanzen, die durch eine reversible Blockade von Natriumkanälen den für die Ausbildung eines Aktionspotentials erforderlichen schnellen Natriumeinstrom hemmen. Mit zunehmender Konzentration des Lokalanästhetikums nehmen Häufigkeit und Ausmaß der Depolarisation an der Nervenzellmembran ab. Ab einem Schwellenwert wird eine vollständige Blockade der Informationsübertragung an Nervenendigungen, peripheren Nerven oder Spinalnervenwurzeln erreicht (Karow und Lang-Roth, 2010).

Um diesen Effekt zu erreichen durchdringt die nicht ionisierte Form die Zellmembran, während die ionisierte Form an den an der Innenseite der Membran gelegenen Rezeptorteil des Ionenkanals bindet (Ritchie et al., 1965; Hille, 1977).

Das chemische Grundgerüst eines Lokalanästhetikums besteht aus einer lipophilen Ringstruktur, einem hydrophilen Aminostickstoff und einer Zwischenkette (siehe Abb. 7). Letztgenannter Anteil ist neben der Wirkintensität für die Unterscheidung zwischen Ester- oder Amid-Lokalanästhetika und damit neben dieser Grundeinteilung für Abbau und Nebenwirkungspotential maßgeblich von Bedeutung.

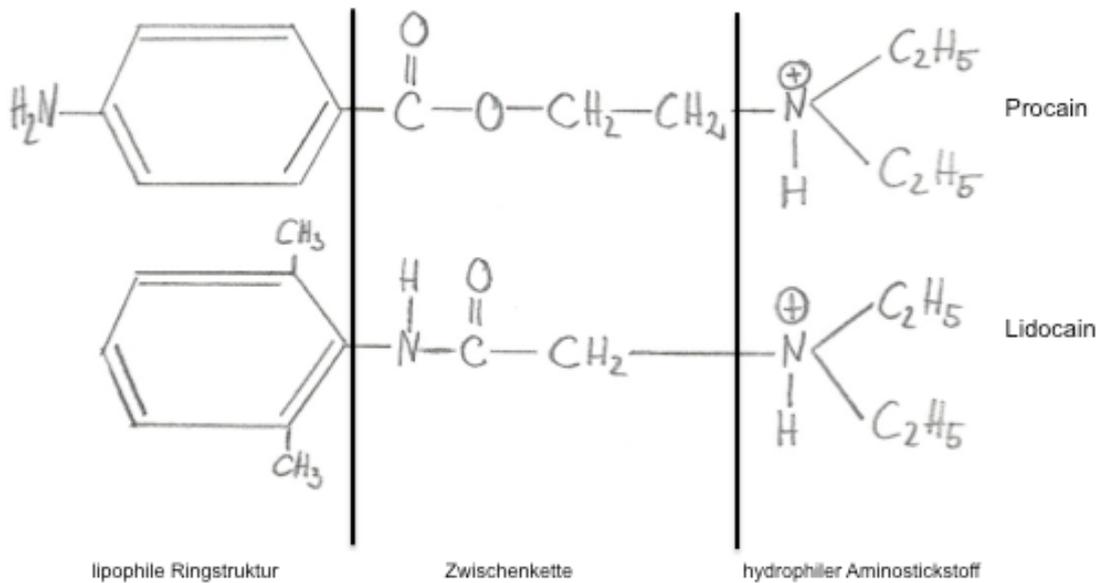


Abb. 7: Chemische Struktur der (Amino-) Ester-Lokalanästhetika (oben) und (Amino-) Amid-Lokalanästhetika (unten)

Während (Amino-) Amidverbindungen in der Leber durch N-Dealkylierung oder Hydrolyse abgebaut werden ist für die plasmatische Hydrolyse der (Amino-) Esterverbindungen die Pseudocholinesterase verantwortlich. Dieser Metabolismus weist ein höheres allergenes Potential auf (Karow und Lang-Roth, 2010; Geddes, 1971).

Die Potenz eines Lokalanästhetikums wird multifaktoriell bestimmt. Zum einen ist die Lipidlöslichkeit von großer Bedeutung. Je höher die Lipidlöslichkeit desto geringer ist die Resorption und damit der Abbau in der Leber. Ferner bestimmen pKa-Wert und Grad der Proteinbindung die Geschwindigkeit und Dauer der Wirkung. Tabelle 7 zeigt eine Übersicht ausgewählter Lokalanästhetika.

Neben Dosis und Konzentration des gewählten Lokalanästhetikums beeinflusst die Applikationsart des Lokalanästhetikums die Resorption und damit Wirkungsdauer. Die durch die größte Entfernung zum vaskulären System geringste Absorptionsrate ist

nach intrathekaler Applikation zu beobachten. Dies bedingt eine längere Wirkungsdauer als nach subkutaner, plexusnaher oder epiduraler Anwendung (Dullenkopf und Borgeat, 2003).

Tab. 7: Übersicht der Lokalanästhetika (nach Karow und Lang-Roth, 2010)

	Freiname/ Handels- name	analge- tische Potenz	Wirk- beginn	Wirk- dauer	pKa- Wert (25°C)	Toxi- zität	Protein- bindung (%)	Chrakteristika
Ester	Procain	gering (1)	langsam	kurz	9,05	gering		-sehr geringe Toxizität
	Tetracain	hoch (8)	langsam	lang	8,46	hoch	75	-höchste Toxizität aller LA
Amide	Lidocain	mittel (2)	schnell	mittel	7,91	1	64	
	Prilocain	mittel (2)	schnell	mittel	7,9	0,5	56	-geringste Toxizität aller Amid-LA -ausgeprägt sensorisch, gering motorisch wirksam -Met-Hb-Bildner
	Mepivacain	mittel (2)	schnell	mittel	7,6	1	77	
	Bupivacain	hoch (8)	langsam	lang	8,16	4	96	-höchste Toxizität der Amid-LA -langsamer Wirkungseintritt -kardiotoxisch -LA der Wahl in der Geburtshilfe (nur gering plazentagängig)
	Etidocain	hoch (6)	schnell	lang	7,7	2	94	-gute motorische Blockade
	Ropivacain	hoch (6-8)	mittel- schnell	lang	8,05	2	95	-geringere Kardiotoxizität als Bupivacain -LA der Wahl in der Geburtshilfe

Die Art der klinischen Wirkung der Natriumkanal-Blockade an den Nervenfasern ist von deren Myelinisierungsgrad als zu überwindende Diffusionsstrecke abhängig. Deshalb beginnt die Blockade zunächst an den Sympathikusfasern, gefolgt von Schmerzfasern, sensiblen und motorischen Nerven (Karow und Lang-Roth, 2010).

#### 1.5.2) Nebenwirkungen der Lokalanästhetika

Neben dem bereits beschriebenen allergenen Potential der vor allem (Amino-) Esterverbindungen sind neurologische und kardiale Effekte der Lokalanästhetika durch Bindung an dortige Natriumkanäle von großer Bedeutung. Hierbei ist die

Plasmakonzentration entscheidend, welche direkt abhängig ist von Aufnahme, Dosis, Bindung, Abbau und Ort der Injektion. Betreffend des Injektionsortes ist dabei analog der Wirkdauer die Entfernung zum vaskulären System entscheidend wobei hier eine gute Vaskularisierung eine höhere Gefahr hoher Plasmaspiegel zur Folge hat (Dullenkopf und Borgeat, 2003).

Durch Zusatz von vasokonstriktiven Pharmaka wie Adrenalin, Phenylephrin oder Noradrenalin kann die Resorptionsrate vermindert werden, welches neben einer verlängerten Wirkdauer auch eine Reduktion von Plasmaspiegeln und damit toxischen Effekten zur Folge hat. Eine Injektion in Endarteriengebiete sollte aufgrund der Nekrosegefahr durch Ischämien unterbleiben und ein Einsatz bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit, Mitral- oder Aortenklappenstenose kritisch beurteilt werden (Feng et al., 2012, Mather et al., 1979).

Da lipophile Lokalanästhetika wie beispielsweise Bupivacain eine hohe Diffusionsgeschwindigkeit aufweisen und selbst vasodilatierend wirken, besitzen vasokonstriktive Zusätze eine nur untergeordnete Bedeutung. Eine Ausnahmestellung nimmt Ropivacain ein, dem eine eigene vasokonstingierende Komponente zugeschrieben wird (Kochs et al., 2008).

Als Frühsymptome der zentralnervös-toxischen Wirkung gelten ein periorales Taubheitsgefühl mit metallischem Geschmack sowie Kribbelparästhesien und Schwindel. Weitere Spätsymptome sind Seh- und Sprachstörungen, Muskelkrämpfe, generalisierte Krampfanfälle und Koma mit zentraler Atemlähmung (siehe Tab.8).

Die kardiale Toxizität tritt zumeist erst bei höheren wenn auch nicht fest zu definierenden Plasmaspiegeln auf und hat neben arterieller Hypotension und Inotropieabnahme eine proarrhythmogene Wirkung mit Induktion von Herzrhythmusstörungen jeglicher Art mit Kammerflimmern und Asystolie als Endstrecke zur Folge (Karow und Lang-Roth, 2010).

Das therapeutische Vorgehen sollte entsprechend den Empfehlungen der DGAI systematisch erfolgen. Zunächst muß die Lokalanästhetikazufuhr unterbunden und eine adäquate Oxygenierung bzw. Beatmung sichergestellt werden. Antikonvulsiva sollten gegeben werden und bei Kreislaufstillstand die kardiopulmonale Reanimation nach aktuellen Leitlinien erfolgen. Ferner kann die Applikation von Lipidlösung erwogen werden, welche im Tierversuch und nach Fallberichten gute Ergebnisse gezeigt hat. Als Ultima Ratio kann außerdem eine extrakorporale Zirkulation die

Reanimationsmaßnahmen ergänzen (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, 2009a).

*Tab. 8: Nebenwirkungen der Lokalanästhetika*

<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Zentralnervös<ul style="list-style-type: none"><li>• Perorales Taubheitsgefühl</li><li>• Kribbelparästhesien</li><li>• Metallischer Geschmack</li><li>• Sprach-/Sehstörungen</li><li>• Muskelzittern</li><li>• Generalisierter Krampfanfall</li><li>• Koma, zentrale Atemlähmung</li></ul></li><li>➤ Kardiovaskulär<ul style="list-style-type: none"><li>• Arterielle Hypotonie</li><li>• Herzrhythmusstörungen</li><li>• Inotropieabnahme</li><li>• Kreislaufstillstand</li></ul></li></ul>
--

Davon abzugrenzen ist die kardiotoxische Wirkung von Lokalanästhetika durch Hemmung der Adenylatzyklase und damit der direkte Einfluß auf den mitochondrialen Stoffwechsel. Vor allem Bupivacain und Ropivacain supprimieren dabei die ATP-Synthese bei einer Konzentration von 3mmol/l zu 100 bzw. 40% (Sztark et al., 1998).

### 1.5.3) Andere Medikamente / Zusätze zu Lokalanästhetika

Durch das Hinzufügen von sogenannten Adjuvantien lassen sich Ausbreitung, Resorption, Anschlagszeit und Wirkdauer eines Lokalanästhetikums beeinflussen.

Der  $\alpha_2$ -Rezeptoragonist Clonidin kann ebenso wie Opioide zwecks Verlängerung der Blockadewirkung bzw. Verlängerung der Analgesiewirkung und Reduktion der erforderlichen Lokalanästhetikadosierung hinzugefügt werden (Litz und Koch, 2007). Durch lokale und systemische Rezeptorwirkung kann es neben der Hauptwirkung auch zu denen für diese Substanzen typischen Nebenwirkungen kommen. Clonidin kann arterielle Hypotensionen und bradykarde Herzrhythmusstörungen auslösen. Unter dem

Einsatz von Morphin, Fentanyl oder Sufentanil als Zusatz zu Lokalanästhetika kann auch nach intrathekaler Applikation neben einem zum Teil ausgeprägten Pruritus auch zeitverzögert Sedation und Emesis beobachtet werden (Vercauteren et al., 1994; Dullenkopf und Borgeat, 2003; Graf und Martin, 2001).

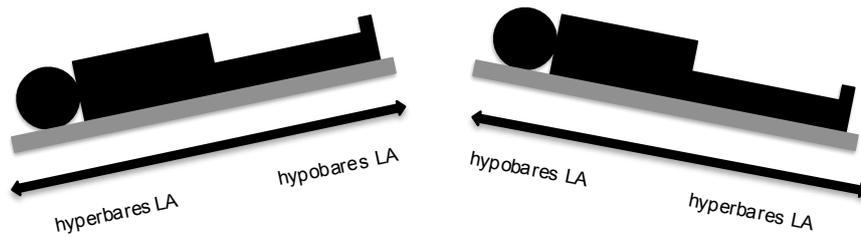
Um die Anschlagszeit eines Lokalanästhetikums zu verkürzen wird versucht durch zum Beispiel Zugabe von Kohlendioxid oder Natriumbikarbonat eine Alkalisierung zu erreichen. Bei kontroverser Datenlage wird die klinische Relevanz als fragwürdig eingeschätzt. Dagegen erscheint die Erwärmung des Lokalanästhetikums auf 37°C ein probates und risikoarmes Mittel zu sein, die Anschlagszeit entsprechend dem Diffusionsgesetz zu verkürzen (Graf und Martin, 2001).

#### 1.5.4) Einfluss der Barizität von Lokalanästhetika

Zur Veränderung des spezifischen Gewichtes und damit der Barizität kann einem Lokalanästhetikum entweder Glukose oder Aqua destillata zugesetzt werden.

Beispielsweise liegt Bupivacain bei Körpertemperatur als hypobare Substanz vor und ist damit leichter als Liquor. Durch Zusatz von Glukose wird ein Gemisch erreicht, welches eine höhere Dichte als Liquor aufweist und damit hyperbar ist. Nach intrathekaler Applikation kann die Ausbreitung eines hyperbaren Lokalanästhetikums durch Lagerungsmanöver der Schwerkraft folgend beeinflusst werden (siehe Abb. 8.1 und 8.2) (Hallworth et al., 2002).

Analog dazu ermöglicht ein durch Zusatz von destilliertem Wasser hypobares Lokalanästhetikum eine Steuerung der Anästhesiehöhe entgegengesetzt der Schwerkraft in aufsteigender Richtung. Die Höhe der Anästhesieausbreitung ist dabei abhängig von dem Grad der Lagerung nach Applikation und der injizierten Dosis. Wenn eine Oberkörperhochlagerung eingenommen wird um eine hohe Anästhesieausdehnung zu erzielen besteht die Gefahr einer unkontrolliert hohen Blockade mit totaler Sympathikolyse und entsprechender Kreislaufdysregulation (Greene, 1985). Aufgrund der schlecht kontrollierbaren Ausdehnung hat sich diese Methode im täglichen klinischen Gebrauch nicht durchgesetzt.



*Abb. 8.1: Lageabhängige Verteilung von hypobaren und hyperbaren Lokalanästhetika in Rückenlage*



*Abb. 8.2: Lageabhängige Verteilung von hypobaren und hyperbaren Lokalanästhetika in Seitenlage*

Ein in seiner Barizität verändertes Lokalanästhetikum ist Grundvoraussetzung zur Durchführung der einseitigen Spinalanästhesie. Dabei kann durch die Einhaltung der Seitenlage nach Injektion des Lokalanästhetikums für mindestens 15 Minuten eine seitenbetonte oder einseitige Blockade erreicht werden. Bei Verwendung eines hyperbaren Lokalanästhetikums wird die zu operierende Seite unten und bei Verwendung eines hypobaren Präparates entsprechend oben gelagert (siehe Abb. 8.2).

In unserer Studie verwendeten wir zur unilateralen Spinalanästhesie ein hyperbares Lokalanästhetikum, da nach aktueller Datenlage bei hyperbaren Substanzen die Rückverteilungstendenz nach Aufhebung der Seitenlage weniger ausgeprägt zu sein scheint als bei hypobaren Präparaten (Kaya et al., 2004; Kaya et al., 2010). Die Rate an einseitigen Blockaden dürfte demnach nach intrathekaler Applikation eines hyperbaren Lokalanästhetikums am höchsten sein.

## 2) Zielstellung

### 2.1) Studie und Arbeitshypothese

Die Spinalanästhesie hat als technisch einfaches und sicheres Verfahren mit exzellenter Anästhesiequalität einen hohen Stellenwert als Routineverfahren im anästhesiologischen Alltag (Litz und Koch, 2007). Das Nebenwirkungsprofil ist bekannt und konnte durch technische Verbesserungen und Verfahrensoptimierungen stetig reduziert werden (Volk, 2010). Die Inzidenz des postpunktionellen Kopfschmerzes konnte so nachweislich durch atraumatische Spinalnadeln mit geringem Durchmesser gesenkt werden (Choi et al., 2003). Ein standardisiertes aseptisches Vorgehen durch Hygienerichtlinien soll das Risiko für Infektionen nachhaltig senken (Morin et al., 2006). Komplikationen, wie beispielsweise spinale Hämatome, welche nicht präventiv oder prozedural reduziert oder ausgeschlossen werden können, sollen durch Aufklärung und Nachsorge frühzeitig erkannt und entsprechend behandelt werden (Volk, 2010).

Die Problematik des postoperativen Harnverhaltes stand lange Zeit weniger im Focus und blieb daher von präventiven Maßnahmen unberührt. In den letzten Jahren ist eine Zunahme von Publikationen, welche sich mit der Problematik des Harnverhaltes nach rückenmarksnaher Regionalanästhesie befassen, zu beobachten. Dabei wird systematisch versucht, Faktoren im Rahmen von neuroaxialen Anästhesieverfahren zu bestimmen die durch einen verlängerten Einfluss auf die Blasenfunktion die Inzidenz des Harnverhaltes erhöhen (Choi et al., 2012). Eine uneinheitliche Definition des Harnverhaltes und damit schwankende Angaben von Inzidenz erschweren dabei eine Prävention und Therapie (Baldini et al., 2009).

Mögliche Komplikationen eines postoperativen Harnverhaltes wie Harnwegsinfektionen oder Blasenüberdehnungen, welche auch zu persistierenden Funktionseinschränkungen wie Inkontinenz führen können, zeigen dessen Prägnanz auf (Lamonerie et al., 2004).

Zudem gewinnt die Verringerung des postoperativen Harnverhaltes hinsichtlich des steigenden Kostendruckes an Bedeutung. Ein Harnverhalt nach Spinalanästhesie im ambulanten Bereich ist ein häufige Ursache für eine verzögerte Entlassung bzw. ungeplante stationäre Aufnahme (Mulroy und Alley, 2012)

Nach dem pathophysiologischen Erklärungsansatz, dass ein postoperativer Harnverhalt nach Spinalanästhesie durch prolongierte beidseitige Blockade von sakralen Efferenzen verursacht sein könnte (Axelsson et al., 1985; Kamphuis et al.,

1998) könnte eine unilaterale Spinalanästhesie die Inzidenz deutlich reduzieren. *Kuusniemi et al.* beschrieb nach unilateraler Spinalanästhesie an 60 ambulanten Patienten im Rahmen eines Vergleiches von „low-dose“ hyperbaren und isobaren Lokalanästhetika keinen Fall eines postoperativen Harnverhaltes (Kuusniemi et al., 2000). Wobei die dabei gewählte Lokalanästhetikadosierung von 6 mg nur im Rahmen von Kurzeingriffen eine ausreichende Anästhesie bietet.

Diverse Studien bezüglich Vergleiche verschiedener Lokalanästhetika, Dosierungen, Anschlagszeit, Dauer und Qualität der Blockade existieren, Vergleichsstudien der bi- und unilateralen Spinalanästhesie hinsichtlich der Zeit bis zur spontanen Miktion und des Auftretens eines Harnverhaltes sind jedoch selten. Dies soll in der nachfolgend berichteten prospektiv randomisierten Studie erfolgen. Wobei wir bewusst auch höhere Dosierungen verwendeten, welche eine ausreichende Anästhesiequalität auch für Eingriffe über 120 Minuten ermöglichen.

## 2.2) Definition einseitige Spinalanästhesie

Für die unilaterale Spinalanästhesie existiert keine einheitliche Definition. Die Technik alleine erscheint dabei für eine Definition nicht ausreichend.

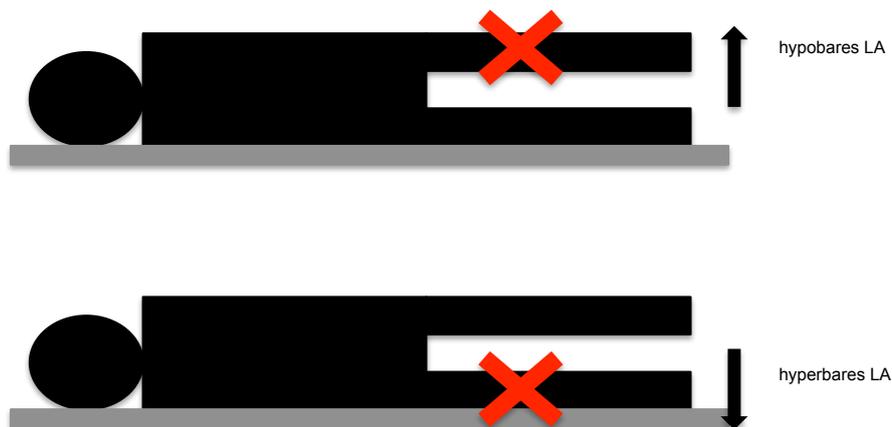
Die Verwendung eines hyperbaren oder hypobaren Lokalanästhetikums an einem in Seitenlage befindlichen Patienten und anschließende Einhaltung der Seitenlage für mindestens 15 Minuten beschreibt dabei lediglich die Voraussetzung um eine einseitige Blockade zu erreichen.

Vielmehr ist das Ergebnis einer unilateralen Spinalanästhesie mit kombiniertem einseitigen Ausfall von Motorik, Sensorik und Sympathikolyse maßgebend für die Definition (Enk et al., 2001; Welke, 2007).

In Anlehnung an diese Definition sprechen andere Autoren aufgrund der grundsätzlichen Rückverteilungstendenz des Lokalanästhetikums nach Aufhebung der Seitenlage und damit einhergehender Mitblockade der anderen Extremität nicht von einer unilateralen, sondern von einer lateralisierten Spinalanästhesie (Litz und Koch, 2007).

### 2.3) Technik der unilateralen Spinalanästhesie

Die unilaterale oder einseitige Spinalanästhesie erweist sich vor allem im ambulanten Bereich als vorteilhaft gegenüber dem konventionellen beidseitigen Verfahren. Bei im Niedrigdosisbereich kürzerer motorischer und sensibler Blockade ist einerseits eine frühere Mobilisation möglich und andererseits die Sturzgefahr reduziert. Eine Entlassung ist dabei früher möglich und eine ungeplante stationäre Wiederaufnahme aufgrund eines Harnverhaltes seltener (Borghini und Wulf, 2010). *Esmoğlu et al.* konnten in einer randomisierten Studie an 70 Patienten mit bilateraler bzw. unilateraler Spinalanästhesie zu ambulanten Kniearthroskopie eine kürzere Blockadewirkung und schnellere Krankenhausentlassung in der unilateralen Gruppe feststellen. In der bilateralen Gruppe kam es nach 15 mg hyperbaren Bupivacain bei drei Patienten zu einem interventionspflichtigen Harnverhalt und bei fünf Patienten dieser Gruppe wurden Kreislaufstörungen verzeichnet. Nach unilateraler Spinalanästhesie mit 7,5 mg hyperbaren Bupivacain wurde keine dieser Komplikationen beobachtet (*Esmoğlu et al.*, 2004).



*Abb. 9: Lagerung bei Verwendung von hypobaren bzw. hyperbaren Lokalanästhetika zur unilateralen Spinalanästhesie*

Wichtig für den Erfolg der unilateralen Spinalanästhesie sind Lagerung des Patienten, Dosis und Barizität des Lokalanästhetikums, Typ der Spinalnadel und Injektionsgeschwindigkeit. Grundsätzlich muss sich die Dichte des injizierten Lokalanästhetikums von der des Liquors unterscheiden um durch Lagerungsmanöver eine einseitige Ausbreitung zu erreichen. Bei Verwendung eines hyperbaren

Lokalanästhetikums muss die zu operierende Seite unten und entsprechend bei hypobaren oben gelagert werden (siehe Abb. 9).

*Al Malyan et al.* konnte nachweisen, dass eine Anlage in Seitenlage der in sitzender Position mit anschließender Seitenlage hinsichtlich der Zuverlässigkeit einer unilateralen Blockade überlegen ist (Al Malyan et al., 2006). Wie lange der Patient in dieser Lagerung bis zur Fixierung verweilen muss hängt wiederum von der Dosis des Lokalanästhetikums ab. Während bei niedrigen Dosierungen (4-8 mg Bupivacain hyperbar) 15 Minuten Seitenlage zur Fixierung als ausreichend beschrieben werden kann im höheren Dosisbereich eine Fixierungszeit von bis zu 60 Minuten erforderlich sein um eine einseitige Spinalanästhesie zu erzielen (Borghi et al., 2003; Borghi und Wulf, 2010).

Hinsichtlich des Typs der zu verwendenden Spinalnadel zeigen sich Pencil-Point-Nadeln als vorteilhaft gegenüber scharf geschliffenen Spinalnadeln. Spinalnadeln nach Whitacre oder Sprotte ermöglichen durch die einseitige Öffnung eine richtungsgezielte Injektion mit weniger turbulenter Verteilung (Litz und Koch, 2007). *Casati et al.* konnte bei einem Vergleich von Whitacre- und Quincke-Nadeln zur unilateralen Spinalanästhesie einen zuverlässigeren sensorischen einseitigen Block in der Gruppe der Whitacre-Nadel zeigen (Casati et al., 1998a). Eine Studie von *Kuusniemi et al.* konnte hingegen im Vergleich zwischen Whitacre und Quincke-Nadeln keinen Unterschied hinsichtlich Anästhesieausdehnung, Patientenzufriedenheit und Nebenwirkung feststellen (Kuusniemi et al., 2012).

Auch die Injektionsgeschwindigkeit zeigt einen bedeutsamen Einfluß auf die intrathekale Ausbreitung und damit die Zuverlässigkeit eine unilaterale Blockade zu erreichen. Eine schnelle Applikation begünstigt demnach eine turbulente und damit breitere Verteilung des Lokalanästhetikums (Litz und Koch, 2007). Über die ideale Injektionsgeschwindigkeit existieren in der Literatur differente Angaben, wobei gute Ergebnisse im Bereich 0,5-3 ml/min. berichtet werden (Enk et al., 2001; Borghi und Wulf 2010; Borghi et al 2003).

Letztendlich haben Dosis und Konzentration des verwendeten Lokalanästhetikums entscheidenden Einfluß auf Ausdehnung und Dauer der Blockade. Mit steigenden Konzentrationen scheint dabei der Erfolg der unilateralen Spinalanästhesie abzunehmen. Bei einer prospektiv randomisierten Studie lag der Erfolg einer einseitigen Spinalanästhesie nach Verwendung von Bupivacain 1% bei 53% gegenüber 80% bei Bupivacain 0,5% (Casati et al., 1998b). Hinsichtlich der zu applizierenden Menge zeigt eine niedrigere Dosierung (4 mg Bupivacain 0,5%

hyperbar) zwar einen langsameren Wirkeintritt, jedoch eine schnellere Regression bei mindestens ebenso verlässlicher einseitiger Blockade im Vergleich zu höheren Dosierungen (6 oder 8 mg Bupivacain 0,5% hyperbar) (Borghi et al. 2003; Valanne et al., 2001). Auch bei Verwendung von hypobaren Bupivacain konnte eine unilaterale Spinalanästhesie mit niedrigen Dosierungen (4,5 mg Bupivacain 0,15% hypobar) am häufigsten erreicht werden (Imbelloni et al. 2009).

#### 2.4) Pathophysiologische Auswirkungen auf die Blase

Dehnungsrezeptoren der Blase aktivieren ab einem bestimmten Füllungszustand Afferenzen, die als Miktionsreflex über einen supraspinalen Reflexweg die parasympathische Aktivität und damit den Tonus des M. detrusor vesicae zur notwendigen Harnblasenentleerung erhöhen. Eine Unterbrechung der Sensorik und oder motorischen Integrität, im Rahmen einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie kann das Auftreten eines Harnverhaltes begünstigen.

*Axellson et al.* beschrieb eine kurz nach intrathekaler Injektion eintretende Blockade des Miktionsreflexes (Axellson et al., 1985). *Lanz und Grab* wiesen in einem Vergleich von Lidocain und Bupivacain zur Spinalanästhesie eine Gesamtinzidenz des Harnverhaltes von 42% in den ersten 24 Stunden nach. Damit stellt der Harnverhalt nach Spinalanästhesie eine der häufigsten Nebenwirkungen innerhalb der ersten 24 Stunden dar. Auffallend war vor allem eine Große Differenz zwischen den verwendeten Substanzen mit 56% in der Bupivacain-Gruppe gegenüber 27% in der Lidocain-Gruppe. Dies wurde ursächlich auf die längere Blockade der den M. detrusor innervierenden parasympathischen Fasern zurückgeführt. Zur Vermeidung einer in der Folge möglichen urogenitalen Infektion oder Blasenüberdehnung sollte unter anderem nach Möglichkeit auf langwirksame Lokalanästhetika verzichtet werden (Lanz und Grab, 1992).

Ein anderer Ansatzpunkt zur Vermeidung eines postoperativen Harnverhaltes bieten Ergebnisse von *Kuusniemi et al.*, welcher nach „low-dose“ unilateraler Spinalanästhesie mit langwirksamen Bupivacain an 60 ambulanten Patienten keinen Fall eines postoperativen Harnverhaltes verzeichnen konnte (Kuusniemi et al., 2000).

### 3) Material und Methode

Nach Zustimmung der Ethikkommission wurden 240 Patienten im Alter zwischen 18 und 91 Jahren (Mittelwert 51; Standardabweichung 18), welche für einen elektiven chirurgischen Eingriff der unteren Extremität vorgesehen waren, nach schriftlicher Einwilligung in die Studie eingeschlossen. Nachfolgend wird der Mittelwert als MW und die Standardabweichung als  $\pm$  SD abgekürzt. Patienten mit Kontraindikationen gegen eine Regionalanästhesie, bestehender psychiatrischer Erkrankung, Inkontinenz oder chirurgische Indikation einer Harnblasenkatheterisierung wurden ausgeschlossen. Das Kollektiv wurde computergestützt randomisiert und die Patienten demnach entweder der unilateralen Gruppe mit Bupivacain 0,5% hyperbar (Gruppe 1) oder der bilateralen Gruppe mit Bupivacain 0,5% isobar (Gruppe 2) zugeordnet.

Die intrathekale Dosis wurde der angesetzten OP-Dauer angepasst. In Gruppe 1 erhielten die Patienten 10 mg für eine OP-Dauer bis 120 Minuten und 12,5 mg über 120 Minuten. In Gruppe 2 wurden für eine OP bis 90 Minuten 10 mg, für 90 bis 120 Minuten 12,5 mg und für eine chirurgische Zeit über 120 Minuten 15 mg verwendet. 15 mg wurde in Gruppe 1 aufgrund einer notwendigen Dosislimitierung der unilateralen Technik nicht verwendet. Diese Dosierungen basieren auf den Erfahrungen der täglichen klinischen Praxis.

Die Patienten erhielten am Vorabend und am Tag der Operation eine medikamentöse Prämedikation mit 10 mg Dikaliumclorazepat (Tranxilium®, Sanofi-Aventis Pharma GmbH, Deutschland). Ambulant am OP-Tag einbestellte Patienten erhielten diese Prämedikation auf Wunsch am OP-Tag. Alle Patienten wurden aufgefordert kurz vor der Operation die Blase zu entleeren.

Alle Studienpatienten erhielten entsprechend dem anästhesiologischen Standard ein kontinuierliches elektrokardiographisches Monitoring der Ableitung II, eine Pulsoxymetrie und oszillometrische Blutdruckmessung. Nach Anlage einer Venenverweilkanüle wurde eine kristalline Infusionslösung mit niedriger Tropfengeschwindigkeit zum offen halten der Verweilkanüle angeschlossen.

Anschließend erfolgte die präoperative Bestimmung des Harnblasenvolumens mittels Sonographie (Pre-OP-Scan)(Bladder Scan® BVI 6100, Diagnostic Ultrasound, Deutschland)

Patienten der Gruppe 1 wurden in Seitenlage mit der zu operierenden Seite nach unten gelagert. Anschließend wurde die Wirbelsäule palpiert und die Punktionsstelle

markiert. Der Patient wurde fortan durch Ausrichtung des Operationstisches strikt horizontal gelagert.

Die Spinalpunktion wurde im Zwischenraum L2/L3 oder L3/L4 mittels einer 26 G Pencil-Point-Kanüle (B. BRAUN, Melsungen AG, Deutschland) vorgenommen. Nach spontanem Rückfluss von klarem Liquor wurde die Kanülenöffnung zur abhängenden Körperpartie gedreht und die entsprechende Dosis Bupivacain 0,5% hyperbar über 60-75 Sekunden (entsprechend einer Injektionsgeschwindigkeit von ca. 2 ml/min.) injiziert.

Um eine einseitige Fixierung zu ermöglichen wurde die Seitenlage für 15 Minuten aufrecht gehalten bevor der Patient wieder in die Rückenlage gebracht wurde.

Patienten der Gruppe 2 wurden zur Spinalpunktion in eine sitzende oder liegende Position verbracht. Auch hierbei wurde zunächst die Wirbelsäule palpirt und die vorgesehene Punktionsstelle markiert. Anschließend wurde die Spinalpunktion auf Höhe L2/L3 oder L3/L4 mit einer 26G Pencil-Point-Kanüle (B. BRAUN, Melsungen AG, Deutschland) durchgeführt. Nach ungehindertem klarem Liquorrückfluss wurde die vorgesehene Menge Bupivacain 0,5% isobar über 20-30 Sekunden (entsprechend einer Injektionsgeschwindigkeit von ca. 6 ml/min.) injiziert.

Anschließend wurden die Patienten unverzüglich in Rückenlage zurück verbracht.

Die hämodynamischen Parameter wurden während der ersten 20 Minuten nach intrathekaler Applikation alle 2 Minuten und danach alle 5 Minuten bis zur Verlegung in den Aufwachraum erfasst. Eine Hypotension wurde definiert als ein Abfall des Blutdruckes um mehr als 30% gegenüber dem Ausgangswert oder einem Absolutwert von weniger als 90 mmHg systolisch und wurde mittels Bolusgaben von 5 bis 10 µg Noradrenalin (Arterenol®, Sanofi-Aventis Pharma GmbH, Deutschland) intravenös und Volumengabe von 500 ml kolloidaler Infusionslösung (HES 6% 130/0.4 Serum-Werk Bernburg AG, Deutschland) behandelt. Klinisch relevante bradykarde Herzrhythmusstörungen, definiert als ein Abfall der Herzfrequenz unter 45/min, wurde mit 0,5 bis 1,0 mg Atropinsulfat (Atropin®, B. BRAUN, Melsungen AG, Germany) therapiert.

Das Flüssigkeitsregime für die perioperative Phase beinhaltete neben 500-1000 ml kristalliner Infusionslösung auch einen Bolus von 100 ml NaCl 0,9% für eine einmalige intravenöse Antibiotikagabe. Alle Patienten durften nach Verlegung aus dem postoperativen Aufwachraum Flüssigkeit oral zu sich nehmen.

Die Blockade der Sensibilität wurde erstmals 30 Minuten nach intrathekalen Injektion anhand des Verlustes der Kälteempfindung in der Medioklavikularlinie beidseits überprüft. Zusätzlich wurde die motorische Blockade der nicht zu operierenden Seite in der unilateralen Gruppe anhand eines modifizierten Bromage Score erfasst (0 = motorische Blockade in Hüft-, Knie- und Sprunggelenk; 1 = motorische Blockade in Hüft- und Kniegelenk; 2 = motorische Blockade nur in Hüftgelenk; 3 = keine motorische Blockade in Hüft-, Knie- und Sprunggelenk).

Eine ausreichende Qualität der Spinalanästhesie wurde überprüft und anhand der erforderlichen zusätzlichen analgetischen Maßnahmen eingeschätzt (siehe Tabelle 9).

*Tab. 9: Erfolg der Spinalanästhesie*

Einschätzung der Spinalanästhesie	erforderliche Maßnahme
adäquat	keine
inadäquat	zusätzliche Analgesie erforderlich (Remifentanil 0.1-0.2 µg/kgKG/min) (Remifentanil®, B. BRAUN, Melsungen AG, Germany)
kein Erfolg	Allgemeinanästhesie erforderlich

Eine adjuvante Sedierung erfolgte, wenn erforderlich mit 1-5 mg Midazolam (Dormicum®, Roche Pharma AG, Grenzach-Wyhlen, Deutschland) als Bolus oder 1-2 mg/kgKG/h Propofol (Disoprivan 1%®, Astra Zeneca GmbH, Wedel, Deutschland) per continuitatem intravenös.

Das Kriterium einer einseitigen Spinalanästhesie in Gruppe 1 galt als erfüllt wenn der Bromage-score der nicht zu operierenden Seite als  $\geq 2$  nach 30 Minuten (15 Minuten nach Einnahme der Rückenlage) einzustufen war.

Nach Abschluss der chirurgischen Maßnahmen erfolgte eine Re-Evaluation durch eine erneute sonographische Bestimmung des Blasenvolumens (Post-OP-Scan) und des Bromage-scores der nicht zu operierenden Seite. Die Verlegung auf Normalstation erfolgte gemäß den Empfehlungen der DGAI (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, 2009b) erst nach Rückgang des sensorischen Blockes um mindestens zwei Dermatome auf eine Höhe unterhalb Th 10.

Dokumentiert wurde das Zeitintervall ab intrathekalen Applikation bis entweder eine spontane Miktion erfolgte oder aufgrund eines Harnverhaltes eine transurethrale Harnblasenkatheterisierung erforderlich wurde. Ein Harnverhalt wurde hierbei als

Dysurie unter Harndrang und einem sonographisch bestimmten Blasenvolumen von über 500 ml definiert. Ein Schmerzzustand als Folge des chirurgischen Eingriffes wurde zuvor sicher ausgeschlossen.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels Microsoft® Excel® für Mac 2011 (Microsoft® Corporation, Redmond WA, USA). Die kontinuierlichen Variablen wurden als Mittelwert (MW)  $\pm$  Standardabweichung (SD) und die bestimmten Daten in Prozent (%) angegeben. Zur Berechnung des p-Wertes diente der Studentsche-t-Test. Ein  $p < 0,05$  wurde als statistisch signifikant gewertet.

#### 4) Ergebnisse

Hinsichtlich der anthropometrischen Daten bestand zwischen beiden Gruppen annähernd Strukturgleichheit (siehe Tabelle 10).

Sechs Patienten (davon jeweils drei in jeder Gruppe) wurden von der Studie ausgeschlossen. In Gruppe 1 hatten zwei Patienten einen BMI > 45 kg/m<sup>2</sup> und erwiesen sich damit als ungeeignet für die zur Anlage erforderliche Seitenlage. Ein Patient dieser Gruppe benötigte aufgrund der unzureichenden Wirkung der Spinalanästhesie eine Allgemeinanästhesie. In Gruppe 2 benötigten drei Patienten eine Allgemeinanästhesie, wovon zwei eine unzureichende Wirkung der Spinalanästhesie aufwiesen und sich bei einem Patienten die OP-Dauer unvorhergesehen wesentlich verlängerte.

Tab. 10: Anthropometrische Daten

	Gruppe 1 (n=117)	Gruppe 2 (n=117)
Alter (Jahre)	50 ± 19 95% CI [47-53]	51 ± 17 95% CI [48-54]
Gewicht (kg)	81 ± 17 95% CI [78-84]	84 ± 17 95% CI [81-87]
Größe (cm)	172 ± 10 95% CI [170-174]	173 ± 9 95% CI [171-175]
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27 ± 5 95% CI [26-28]	28 ± 5 95% CI [27-29]
Geschlecht m/w	63/54	70/47
ASA I/II/III	54/43/20	54/50/13
Chirurgische Dauer (min)	131 ± 41 95% CI [124-138]	125 ± 53 95% CI [115-135]
Miktionsproblemen in der Eigenanamnese	25 (21%)	18 (15%)

Die Anzahl der Patienten mit Miktionsproblemen in der Eigenanamnese betrug 25 (21%) in Gruppe 1 und 18 (15%) in Gruppe 2. Von den 18 Patienten mit Miktionsproblemen in der Eigenanamnese der Gruppe 2 erlitten zwei (11%) einen Harnverhalt im Rahmen der Studie.

Die Dauer bis zur ersten spontanen Miktion war in Gruppe 1 signifikant kürzer (273 min.  $\pm$  61 min.; 95% CI [262-284 min.]) als in Gruppe 2 (340 min.  $\pm$  71 min.; 95% CI [327-353 min.])  $p < 0,05$  (siehe Tab. 11 und Abb. 10). Insgesamt konnten 75% der Patienten innerhalb 311 Minuten in Gruppe 1 und innerhalb 384 Minuten in Gruppe 2 spontan urinieren.

Tab. 11: Zeit bis zur ersten spontanen Miktion nach Gruppe und Dosierung

	Gruppe 1 10 mg	Gruppe 1 12,5 mg	Gruppe 2 10 mg	Gruppe 2 12,5 mg	Gruppe 2 15 mg
Min. (min.)	165	174	176	166	169
Max. (min.)	412	430	428	462	554
MW (min.)	259	288	323	336	360
SD (min.)	55	63	59	63	82
95%CI (min.)	245-273	272-304	304-342	316-356	334-386

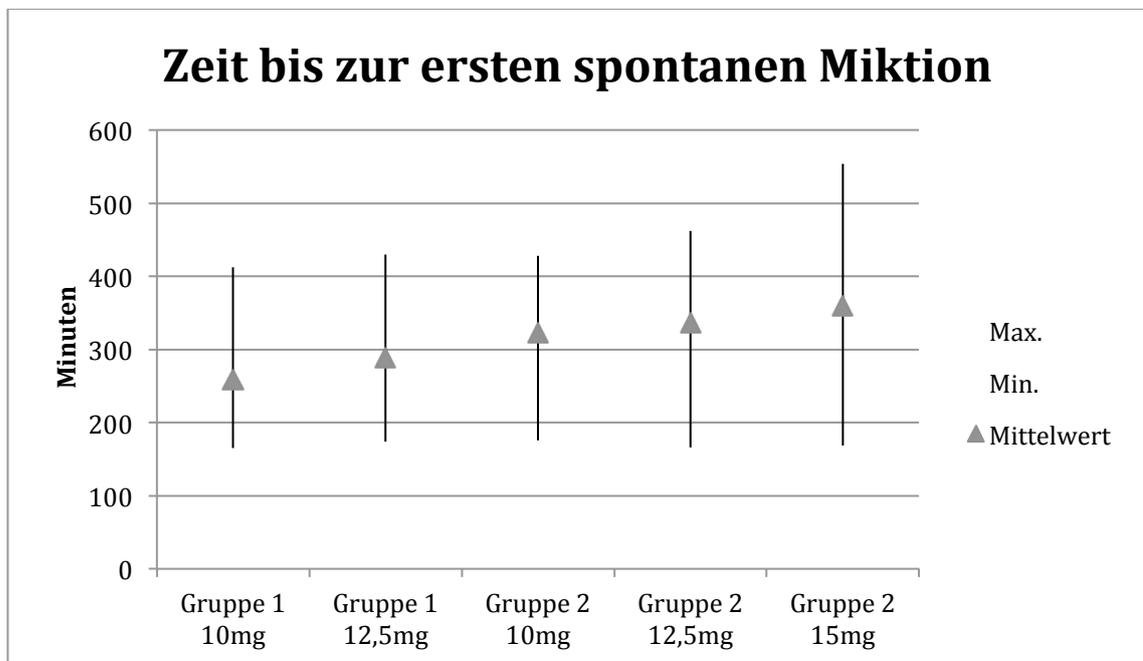
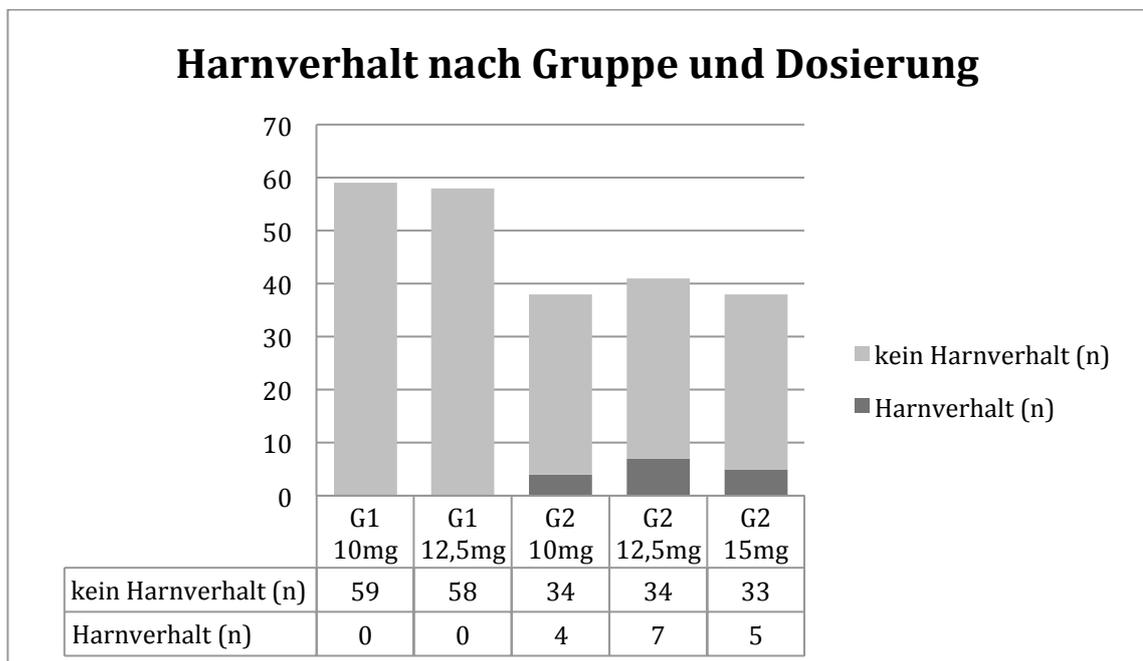


Abb. 10: Zeitspanne bis zur ersten spontanen Miktion nach Gruppe und Dosierung

In Gruppe 2 benötigten 16 Patienten (14%) eine Harnblasenkatheterisierung infolge eines Harnverhaltes nach  $307 \pm 78$  Minuten 95% CI [269-345 min.]. Eine erhöhte statistische Inzidenz des Harnverhaltes in einer der drei Lokalanästhetikadosierungen der Gruppe 2 war nicht zu beobachten. Nach Applikation von 10 mg Bupivacain waren 4 von 38 (11%), nach 12,5 mg 7 von 41 (17%) und nach 15 mg 5 von 38 Patienten (13%) von einem Harnverhalt betroffen (siehe Abb. 11).

In Gruppe 1 konnten alle Patienten spontan miktieren und es wurde demnach auch keine Harnblasenkatheterisierung erforderlich.



*Abb. 11: Inzidenz des Harnverhaltes nach Gruppe und Dosierung*

Ein postoperatives Blasenvolumen von 500 ml oder mehr wurde bei insgesamt 25 Patienten (11%) sonographisch bestimmt (davon 11 (44%) in Gruppe 1 und 14 (56%) in Gruppe 2). Von den 16 Patienten, die aufgrund eines Harnverhaltes einer Katheterisierung bedurften wiesen sechs (38%) ein postoperatives Blasenvolumen von mehr als 500 ml auf. Von den 218 Patienten ohne Harnverhalt konnten 19 Patienten (11 Patienten davon in Gruppe 1 (9%) und 8 Patienten in Gruppe 2 (7%)) auch ein Blasenvolumen von mehr als 500 ml spontan entleeren (siehe Abb. 12).

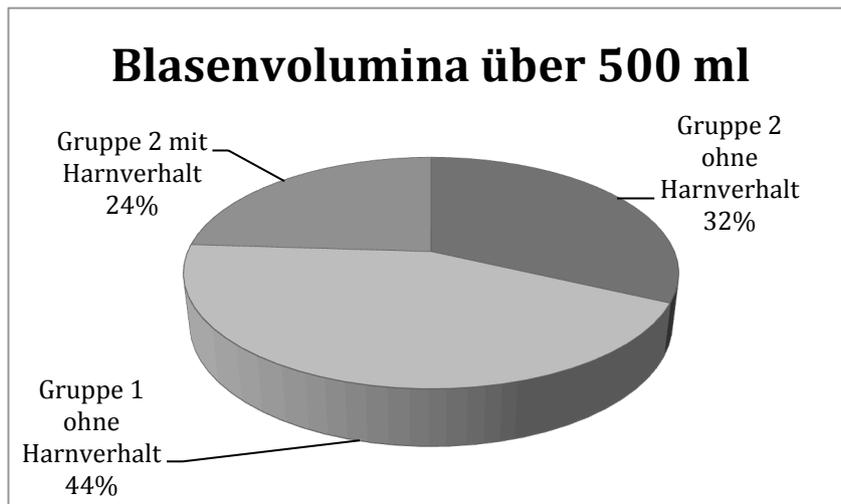


Abb. 12: Blasenvolumina über 500 ml nach Gruppe und Harnverhalt

Im Vergleich der erhobenen Blasenvolumina konnte weder präoperativ (PreOP-Scan) zwischen Gruppe 1 (90 ml  $\pm$ 86; 95% CI [74-106 ml]) und Gruppe 2 (97 ml  $\pm$ 95; 95% CI [90-114 ml]) ( $p=0,51$ ) noch postoperativ (PostOP-Scan) zwischen Gruppe 1 (284 ml  $\pm$ 157; 95% CI [255-313 ml]) und Gruppe 2 (289 ml  $\pm$ 168; 95% [CI 279-299 ml]) ( $p=0,80$ ) ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (siehe Tab. 12).

Tab. 12: Blasenvolumina prä- und postoperativ nach Gruppe und Dosierung

	Gruppe 1 10 mg	Gruppe 1 12,5 mg	
PreOP-Scan (ml)	84 $\pm$ 80 95% CI [64-104]	99 $\pm$ 92 95% CI [75-123]	
PostOP-Scan (ml)	264 $\pm$ 153 95% CI [225-303]	313 $\pm$ 157 95% CI [273-353]	

	Gruppe 2 10 mg	Gruppe 2 12,5 mg	Gruppe 2 15 mg
PreOP-Scan (ml)	89 $\pm$ 82 95% CI [63-115]	111 $\pm$ 104 95% CI [78-144]	107 $\pm$ 97 95% CI [77-137]
PostOP-Scan (ml)	219 $\pm$ 120 95% CI [181-257]	325 $\pm$ 188 95% CI [266-384]	341 $\pm$ 162 95% CI [291-391]

Zu beachten ist, dass die Lokalanästhetikadosis zuvor nach der zu erwartenden OP-Dauer gewählt wurde. Die Zeitspanne zwischen Injektion und zweiter Messung (PostOP-Scan) und damit auch die Urin-Sammelzeit war in den höheren Dosierungsgruppen verlängert. Demnach war in diesen Gruppen auch mit erhöhten postoperativen Blasenvolumina (PostOP-Scan) zu rechnen.

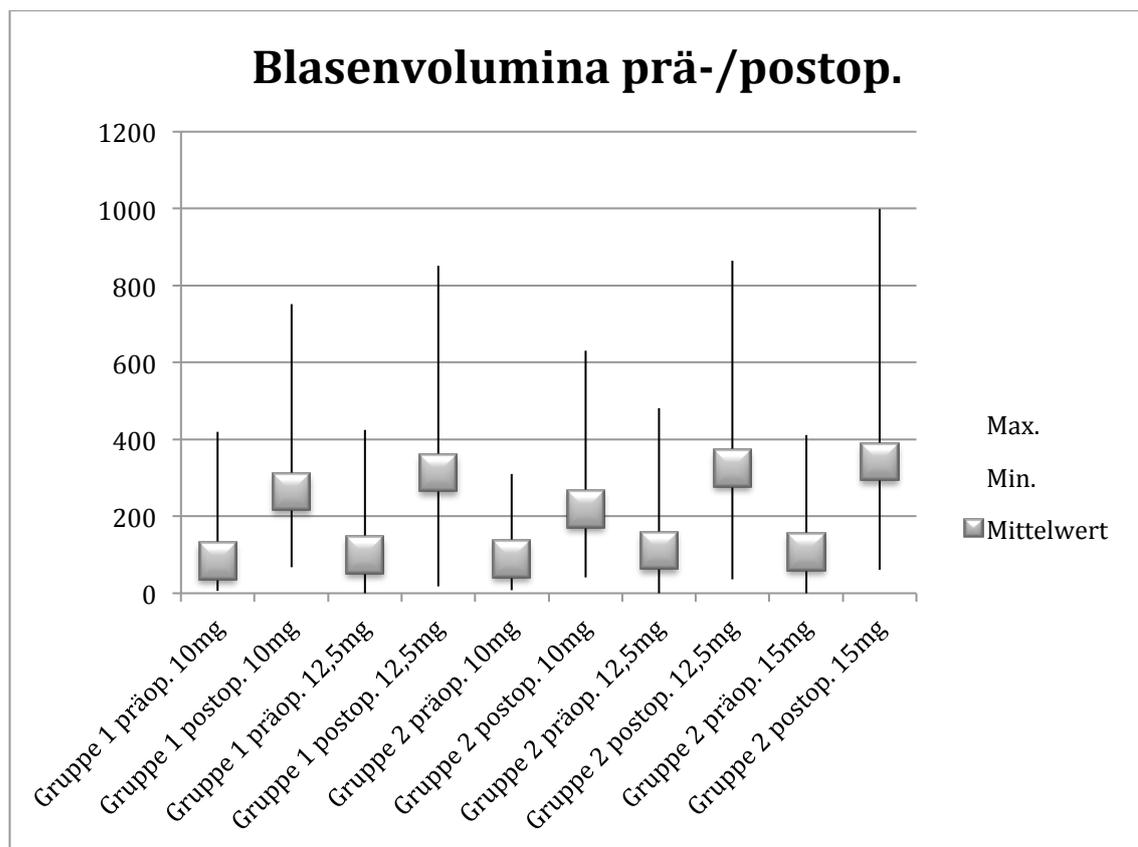
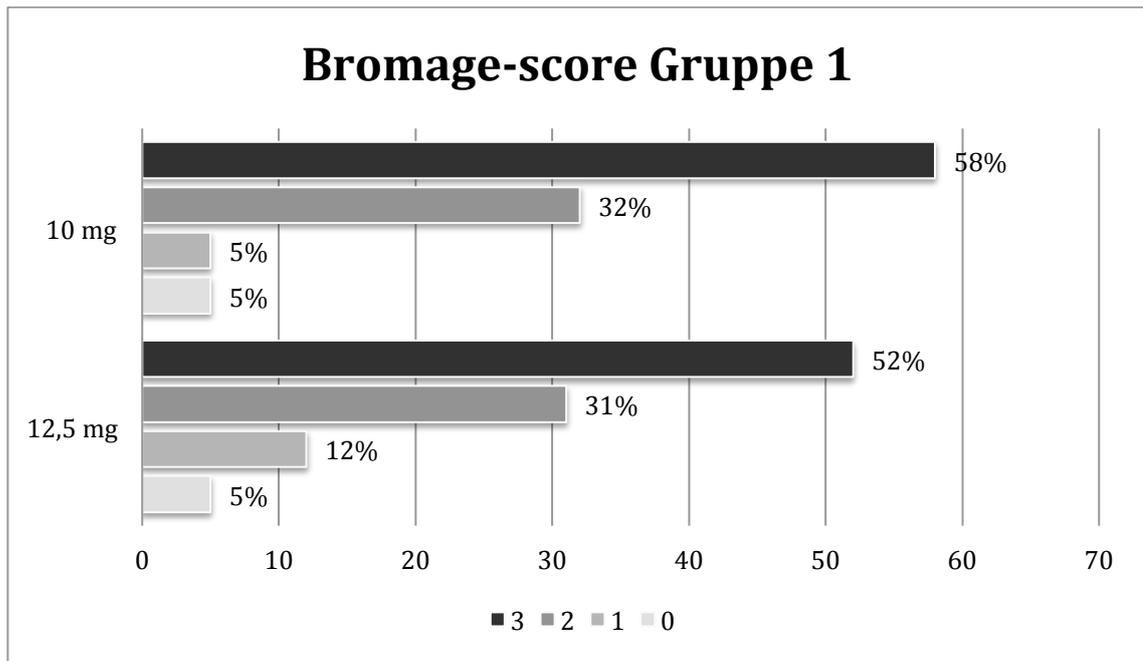


Abb. 13: Blasenvolumina prä- und postoperativ nach Gruppe und Dosierung

Die 30 Minuten nach Injektion erreichte sensorische Höhe der Blockade betrug in Gruppe 1 im Mittel Th 8 ±2 (10 mg: Th 8 ±2; 12,5 mg: Th 8 ±2) auf der zu operierenden Seite und in Gruppe 2 Th 8 ±2 (10 mg: Th 8 ±2; 12,5 mg: Th 8 ±2; 15 mg: Th 7 ±2). Postoperativ lag die Höhe in Gruppe 1 auf der zu operierenden Seite bei Th 10 ±2 (10 mg: Th 10 ±2; 12,5 mg: 9 ±2) und in Gruppe 2 bei Th 8 ±2 (10 mg: Th 9 ±2; 12,5 mg: Th 8 ±2; 15 mg: Th 8 ±2).



**Abb. 14: Bromage-score der Gruppe 1 nach Dosierung**

0 = motorische Blockade in Hüft-, Knie- und Sprunggelenk; 1 = motorische Blockade in Hüft- und Kniegelenk; 2 = motorische Blockade nur in Hüftgelenk; 3 = keine motorische Blockade in Hüft-, Knie- und Sprunggelenk

Insgesamt wiesen 30 Minuten nach Injektion 101 Patienten (86%) der Gruppe 1 einen Bromage-score  $\geq 2$  und fehlende sensorische Blockade der nicht zu operierenden Seite auf und erfüllten damit die gestellten Kriterien einer einseitigen Spinalanästhesie.

Aufgrund einer therapiepflichtigen arteriellen Hypotension benötigten 25 Patienten (21%) in Gruppe 2 einen Bolus an Volumen und Vasopressor. In Gruppe 1 war bei zwei Patienten (2%) eine Intervention erforderlich. Im Mittel betrug das intraoperativ applizierte Volumen  $1115 \text{ ml} \pm 239 \text{ ml}$ ; 95% CI [1072-1158 ml] in Gruppe 1 gegenüber  $1178 \text{ ml} \pm 280 \text{ ml}$ ; 95% CI [1127-1229 ml] in Gruppe 2. Der Unterschied in der applizierten Infusionsmenge war somit statistisch nicht signifikant ( $p=0,07$ ). Zu interventionsbedürftigen bradykarden Herzrhythmusstörungen mit Herzfrequenzen unter 45/min kam es bei zwei Patienten (2%) der Gruppe 1 und vier Patienten (3%) der Gruppe 2.

## 5) Diskussion

Potentielle Nebenwirkungen der Spinalanästhesie wie postpunktioneller Kopfschmerz, Infektion, Shivering, Übelkeit und Erbrechen oder Harnverhalt sind bekannt und werden mitunter aufgrund mutmaßlich niedriger Inzidenz unterschätzt. Zudem erreichen Optimierung von Prozeduren und anästhesiologischen Materialien eine Reduktion der Inzidenzen. Atraumatische Spinalnadeln, aseptisches Vorgehen, Wärmemaßnahmen und prophylaktische antiemetische Maßnahmen gehören dabei zum anästhesiologischen Standard.

Das Auftreten eines Harnverhaltes nach Spinalanästhesie ist dabei von diversen unterschiedlichen Faktoren wie Alter, Geschlecht, präoperative Blasenfüllung, bekannte urogenitale Obstruktion und perioperative Flüssigkeitsgabe abhängig.

*Lanz und Grab* beschrieben eine Inzidenz des Harnverhaltes nach Spinalanästhesie von bis zu 56% in Abhängigkeit des verwendeten Lokalanästhetikums (*Lanz und Grab, 1992*).

Auch wenn der Einfluß auf Patienten- und Eingriff- spezifische Risikofaktoren hinsichtlich eines Harnverhaltes begrenzt ist erscheint eine Identifikation von Risikopatienten und Reduktion des Risikos grundsätzlich als sinnvoll.

Die Harnblase steht in ihrer Funktion in Aufnahme, Speicherung und Abgabe von Urin unter der Kontrolle supraspinaler Zentren, sowie somatischen und viszeralen Nerven aus dem thorakalen, lumbalen und sakralen Rückenmark. Dehnungsrezeptoren der Blasenwand leiten Impulse über sakrale Afferenzen nach zentral, während parasymphatische Fasern aus S2-S4 den M. detrusor vesicae motorisch innervieren. Im pontinen Miktionszentrum erfolgt dann die parasymphatische Aktivierung im Sinne eines Miktionsreflexes. Durch Kontraktion des M. detrusor vesicae und Erschlaffung des durch den N. pudendus innervierten M. sphincter vesicae externus wird eine gerichtete Blasenentleerung ermöglicht.

Für die hohe Inzidenz eines Harnverhaltes nach Spinalanästhesie scheint die zeitnahe Blockade des Miktionsreflexes nach intrathekaler Applikation mit zeitlicher Latenz von ein bis fünf Minuten ein möglicher kausaler Ansatzpunkt zu sein (*Lanz und Grab, 1992; Axelsson et al., 1985*). *Kamphuis et al.* zeigte eine Abhängigkeit der Detrusorblockadedauer von der Wirkdauer des verwendeten Lokalanästhetikums. Dass diese zeitliche Abhängigkeit in direktem Bezug zu der Blockade der den M. detrusor innervierenden parasymphatischen Fasern steht wird durch die Erholung der

Blasenfunktion nach Rückgang der Blockade unterhalb des Dermatoms S3 deutlich (Kamphuis et al., 1998).

Komplikationen des Harnverhaltes wie Blasenüberdehnungen mit persistierenden Funktionseinschränkungen oder schwere septische Verlaufsbilder in Folge eines Harnwegsinfektes sind unabhängig von der Häufigkeit von großer Gewichtung. Als mögliche Ursache für einen verlängerten Krankenhausaufenthalt oder eine verzögerte Entlassung bzw. ungeplante Wiederaufnahme im ambulanten Setting stellt der Harnverhalt auch einen wichtigen gesundheitsökonomischen Aspekt dar.

Hinsichtlich der längeren Detrusorblockade durch langwirksame Lokalanästhetika empfehlen Studien den Einsatz dieser Lokalanästhetika nur auf entsprechende Indikationen wie absehbar lange OP-Zeiten zu beschränken und ansonsten kurzwirksame Lokalanästhetika zu bevorzugen (Axelsson et al. 1985; Kamphuis et al. 1998; Lanz und Grab 1992). Jedoch zeigen speziell Lokalanästhetika mit einer kurzen Anschlagszeit und Wirkdauer wie Lidocain und Mepivacain eine deutlich höhere Inzidenz von transienten neurologischen Symptomen (TNS) als länger wirksame Substanzen wie Bupivacain oder Prilocain. *Eberhart et al.* zeigte in einer Metaanalyse eine Inzidenz von TNS von 16,9% unter Lidocain und 19,1% unter Mepivacain gegenüber 1,1% unter Bupivacain (Eberhart et al., 2002, Salmela und Aromaa, 1998).

Alternative Substanzen wie Ropivacain und Levobupivacain haben niedrig dosiert eine dem Bupivacain unterlegene anästhetische Wirkung. In äquipotenten Dosierungen zeigen sich für Ropivacain eine höhere Rate an Nebenwirkungen und keine Vorteile für ambulante Patienten (Malinovsky et al., 2000; McDonald et al., 1999). Ropivacain weist zudem im Dosisbereich über 12 mg eine deutliche Zunahme in der Zeit bis zur ersten spontanen Miktion auf (Gautier et al., 1999). Levobupivacain scheint zwar eine geringere kardiale Toxizität zu besitzen, erweist sich aber hinsichtlich Wirkdauer und Nebenwirkungen ähnlich dem Bupivacain (Glaser et al., 2002).

Eine Zugabe von intrathekalen Opioiden ermöglicht eine Dosisreduktion von langwirksamen Lokalanästhetika wie Bupivacain. Eine Verringerung der Lokalanästhetikadosierung bei verlängerter Analgesie soll sich positiv auf die Inzidenz des Harnverhaltes auswirken. Einige Studien zeigen jedoch beispielhaft im Niedrigdosisbereich von Bupivacain (6 mg) bei gleichzeitiger Applikation von Morphin oder Fentanyl eine statistisch signifikante Verlängerung der Zeit bis zur spontanen Miktion gegenüber der Kontrollgruppe ohne Opioid. Zudem waren unter Opioidgabe Nebenwirkungen wie Juckreiz und Übelkeit zu verzeichnen (Gürkan et al., 2004).

Basierend auf der Annahme die sensorische und motorische Blockade auf die zu operierende Seite zu begrenzen und damit eine ungestörte Funktion auf der Gegenseite zu ermöglichen ist die unilaterale Spinalanästhesie Gegenstand der Betrachtung.

Die hier beschriebene prospektiv randomisierte Studie soll unter Einsatz von hyperbarem Bupivacain 0,5% zur unilateralen Spinalanästhesie eine der bilateralen Technik vergleichbare sensorische Blockade auf der zu operierenden Seite bei reduzierter motorischer und sensorischer Blockade der nicht zu operierenden Seite bieten. Primärer Zielpunkt ist eine Reduktion der Inzidenz des Harnverhaltes und eine verkürzte Zeit bis zur ersten spontanen Miktion gegenüber der bilateralen Spinalanästhesie. Entsprechend der von *Kamphuis et al.* berichteten Beeinträchtigung der Blasenfunktion bis zum Rückgang der sensorischen Blockade unterhalb des Dermatoms S3 (*Kamphuis et al.*, 1998) soll sich diese im Falle einer unilateralen Blockade nur einseitig auf die Blaseninnervation auswirken und damit eine nur begrenzte nervale Beeinträchtigung herbeiführen. Bisherige Studienergebnisse bestätigen diese Annahme einer nach unilateralen Spinalanästhesie reduzierten Inzidenz des Harnverhaltes (*Kuusniemi et al.*, 2000; *Valanne et al.*, 2001; *Esmoğlu et al.*, 2004).

Bezüglich der Definition einer strikt einseitigen Spinalanästhesie existieren differente Angaben und Daten. Während *Enk et al.* neben der einseitigen motorischen und sensorischen Blockade eine ebenso einseitige sympathische Blockade voraussetzt, definieren andere Autoren die einseitige Ausdehnung nur über die klinisch messbare sensorische und motorische Blockade (*Enk et al.*, 2001, *Valanne et al.*, 2001, *Esmoğlu et al.*, 2004).

In dieser Studie wurde die unilaterale Verteilung über die motorische und sensorische Blockade definiert. Hierzu erfassten wir die Blockade der Sensibilität in der Medioclavicularlinie und die motorische Blockade der nicht zu operierenden Seite in der unilateralen Gruppe anhand eines modifizierten Bromage-scores. Das Kriterium einer einseitigen Spinalanästhesie galt als erfüllt wenn neben einer fehlenden sensorischen Blockade der Bromage-score der nicht zu operierenden Seite  $\geq 2$  30 Minuten nach intrathekaler Injektion einzustufen war.

Trotz einer in der Literatur uneinheitlichen Definition erscheint die Technik der unilateralen Spinalanästhesie gut untersucht. Zur Punktion ist die Seitenlage der sitzenden Position mit anschließender Umlagerung in die Seitenlage überlegen. *Al Malyan et al.* erzielte in primärer Seitenlage einen wesentlich höheren einseitigen

Erfolg (80%) gegenüber der sitzenden Position (12,5%) (Al Malyan et al., 2006). Auch wir nutzten Barizität und Schwerkraft in primärer Seitenlage zur unilateralen Ausbreitung und konnten mit 86% einseitigen Blockaden nach den gestellten Kriterien ein vergleichbares Ergebnis erzielen.

Jedoch sichert die Seitenlage nicht als einziger Faktor die unilaterale Verteilung wie eine von *Martin-Salvaj et al.* durchgeführte Studie zeigte. Dieser konnte aufgrund einer durchweg bilateral fixierten Blockade nicht den angestrebten Einfluß der Seitenlagedauer aufzeigen. Bei Injektion von 2,5 ml Tetracain hyperbar über eine 25-Gauge Nadel wurde mit 15 ml/min jedoch eine viel zu hohe Injektionsgeschwindigkeit gewählt (Martin-Salvaj et al., 1994; Bourke et al., 1995). Verglichen mit den in unserer Studie erreichten 86% an unilateralen Blockaden bei einer Injektionsgeschwindigkeit von 2 ml/min. zeigten diverse vorangegangene Studien ähnliche Ergebnisse von 80% und mehr bei einer Injektionsgeschwindigkeit von maximal 3 ml/min. (Pittoni et al., 1995; Casati et al., 1998b).

Ein weiterer positiver Effekt der unilateralen Spinalanästhesie ist in der geringeren subarachnoidalen Ausbreitungs- und damit Resorptionsfläche begründet. Dabei kann nach *Infante et al.* bei gleichbleibender Dosierung eine längere Blockadewirkung erzielt werden (Infante et al., 2000). Die zielgerichtete Injektion durch Drehung der Pencil-Point-Kanülenöffnung in Richtung der zu blockierenden Seite verstärkt diesen Effekt zusätzlich (Urmeijer et al., 1997). Verglichen mit der beidseitigen Spinalanästhesie lässt sich bei der einseitigen Technik mit einer reduzierten Lokalanästhetikadosis eine hinsichtlich Ausdehnung und Dauer vorteilhafte Blockade erzielen (Casati und Fanelli, 2001).

Auch hinsichtlich der Kreislaufdepression durch Sympathikolyse zeigt die unilaterale Spinalanästhesie deutliche Vorteile. Nach bilateraler Technik werden signifikant mehr Blutdruckabfälle verzeichnet (Fanelli et al., 2000; Esmoglu et al., 2004; Akhtar et al., 2012). Auch wir konnten einen entsprechenden Unterschied in der Inzidenz hämodynamischer Instabilität mit 2 Patienten (2%) der Gruppe 1 nach unilateraler gegenüber 25 Patienten (21%) der Gruppe 2 nach bilateraler Spinalanästhesie feststellen. Da neben vasoaktiven Substanzen vor allem Mengen von 500-1000 ml Infusionslösungen zur Stabilisierung eines durch relativen Volumenmangel verursachten Blutdruckabfalles benötigt werden, kann die notwendige Volumengabe durch die unilaterale Spinalanästhesie nachhaltig reduziert werden. In der Annahme, dass das perioperative Flüssigkeitsregime ein maßgeblicher Risikofaktor für einen Harnverhalt darstellt, könnte ein volumenrestriktives Vorgehen auch die Inzidenz von

Harnverhalt nach Spinalanästhesie reduzieren. Entsprechend war festzustellen, dass 5 der 16 Patienten (31%) mit Harnverhalt aus Gruppe 2 unserer Studie aufgrund hämodynamischer Instabilität zuvor zusätzliche Flüssigkeit erhalten hatten.

Unsere Ergebnisse bezüglich der sonographischen Untersuchung decken sich mit denen von Pavlin et al., wonach eine sonographische Bestimmung der Blasenfüllung zwar das Ergebnis bezüglich eines Harnverhaltes bzw. der erforderlichen Harnblasenkatheterisierung nicht beeinflusst, aber die Indikation und den Zeitpunkt für eine Katheterisierung bei Risikopatienten erleichtert (Pavlin et al., 1999). Bei 6 der 16 Patienten (37%) die eine Harnblasenkatheterisierung benötigten wurde ein postoperatives Harnblasenvolumen von mehr als 500 ml ( $680 \text{ ml} \pm 186 \text{ ml}$ ) festgestellt. Jedoch waren 19 weitere Patienten (9%) mit einem Harnblasenvolumen von mehr als 500 ml ( $617 \text{ ml} \pm 92 \text{ ml}$ ) in der Lage die Blase spontan zu entleeren. Unter Berücksichtigung des sonographischen Harnblasenvolumens als einziges Kriterium für einen postoperativen Harnverhalt läge die Inzidenz beim Gesamtkollektiv mit 15% wesentlich höher als bei unserer kombinierten Definition (Dysurie unter Harndrang und Harnblasenvolumen über 500 ml) mit 7%. Entsprechend konnte bei 19 Patienten eine Harnblasenkatheterisierung vermieden werden.

Einen Unterschied in der Inzidenz des postoperativen Harnverhaltes bezüglich der verwendeten Lokalanästhetikadosierung konnten wir nicht feststellen.

Die Entlassungskriterien für ambulante Patienten entsprechend der Leitlinie für ambulantes Operieren und der Empfehlung zur Überwachung nach Anästhesieverfahren der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) fordern die Fähigkeit zur spontanen Miktion und ein Rückgang der Blockade unterhalb des Dermatoms Th 10. Eine bestehende Blockade der operierten Seite galt dabei nicht als Kriterium, da die Patienten entsprechend in der Schonung dieser Seite angewiesen und die Überwachung der neurologischen Funktion anhand der anderen Seite möglich war. Ein Postanesthetic Recovery Score nach Aldrete von  $\geq 9$  wurde dabei stets eingehalten (Aldrete und Kroulik, 1970). Unsere Ergebnisse, dass nach unilateraler Spinalanästhesie oftmals eine schnellere Entlassung erreicht werden kann als nach bilateraler Technik deckt sich auch mit Ergebnissen vorangegangener Studien (Fanelli et al., 2000; Esmoğlu et al., 2004; Diallo et al., 2009). Ebenso wie in vorangegangenen Studien verlangten wir die Fähigkeit zur spontanen Harnblasenentleerung als Entlassungskriterien für ambulante Patienten (Valanne et al., 2001; Korhonen et al., 2003).

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die geforderten Entlassungskriterien wie hämodynamische Stabilität, Fähigkeit zur spontanen Miktion und Rückgang der Blockade bei 80% der Patienten um 35 Minuten früher in der Gruppe der unilateralen Spinalanästhesie erreicht werden als in der bilateralen Gruppe.

## 6) Zusammenfassung

Die Spinalanästhesie hat sich als technisch einfaches Verfahren als Alternative zur Allgemeinanästhesie für viele operative Indikationen etabliert. Bekannte Nebenwirkungen konnten durch Optimierung von Material, Technik und Standards nachhaltig reduziert werden.

Ziel dieser Arbeit ist der Vergleich der unilateralen und der bilateralen Spinalanästhesie hinsichtlich der Inzidenz des Harnverhaltes.

Dazu wurden 240 Patienten, zu einem elektiven chirurgischen Eingriff, randomisiert und erhielten entweder eine unilaterale Spinalanästhesie mit 0,5% Bupivacain hyperbar (Gruppe 1) oder eine bilaterale Spinalanästhesie mit 0,5% Bupivacain isobar (Gruppe 2). Die Lokalanästhetikadosis wurde an die geplante OP-Dauer angepasst. Neben den hämodynamischen Parametern wurde sowohl präoperativ, als auch postoperativ das Harnblasenvolumen sonographisch bestimmt. Endpunkte wie Harnverhalt mit erforderlicher Harnblasenkatheterisierung und Zeit bis zur ersten spontanen Miktion ab intrathekaler Injektion wurden dokumentiert. Harnverhalt definierten wir als Dysurie unter Harndrang bei einem sonographischen Harnblasenvolumen größer 500 ml.

Während in Gruppe 2 16 Patienten (14%) einer Harnblasenkatheterisierung aufgrund der von uns gestellten Kriterien für einen Harnverhalt bedurften, war dies bei keinem der Patienten in Gruppe 1 der Fall. In Gruppe 1 war die ermittelte Zeitspanne bis zur ersten spontanen Miktion ( $273 \pm 61$  min.) deutlich kürzer als in Gruppe 2 ( $340 \pm 71$  min.). Eine therapiebedürftige Hypotension wurde bei 25 Patienten der Gruppe 2 (21%) und 2 Patienten (2%) der Gruppe 1 beobachtet.

Nach unseren Ergebnissen ist die Inzidenz des Harnverhaltes nach unilateraler Spinalanästhesie mit hyperbarem Bupivacain deutlich geringer gegenüber der beidseitigen Technik. Eine stabilere Hämodynamik, wie nach unilateraler Spinalanästhesie beobachtet, kann nicht nur die Krankenhausverweildauer verkürzen sondern auch die intraoperative Flüssigkeitsmenge reduzieren und damit einen weiteren Risikofaktor für einen Harnverhalt reduzieren. Eine frühere Verlegung aus der anästhesiologischen Betreuung auf Normalstation und speziell für ambulante Patienten eine schnellere Entlassung in die häusliche Umgebung bietet neben patientenzentrierten Vorteilen auch wichtige gesundheitsökonomische Aspekte. Zudem empfiehlt sich mit diesen Ergebnissen die unilaterale Spinalanästhesie für die

anästhesiologische Versorgung von Risikopatienten hinsichtlich Harnverhalt und hämodynamischen Komplikationen.

## 7) Literaturverzeichnis

**Akhtar MN, Tariq S, Abbas N, Murtaza G, Nadeem Naqvi SM** (2012) Comparison of haemodynamic changes in patients undergoing unilateral and bilateral spinal anaesthesia. *J Coll Physicians Surg Pak* 22(12):747-750.

**Aldrete JA, Kroulik D** (1970) A postanesthetic recovery score. *Anesth Analg* 49(6):924-934.

**Al Malyan M, Becchi C, Falsini S, Lorenzi P, Boddi V, Marsili M, Boncinelli S** (2006) Role of patient posture during puncture on successful unilateral spinal anaesthesia in outpatient lower abdominal surgery. *EJ Anesth* 23(6):491-495.

**Axelsson K, Mollefors K, Olsson JO, Lingardh G, Widman B** (1985) Bladder function in spinal anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 29:315-321.

**Baldini G, Bagry H, Aprikian A, Carli F** (2009) Postoperative Urinary Retention – Anesthetic and Perioperative Considerations-. *Anesthesiology* 110:1139-1157.

**Bessa SS, Katri KM, Abdel-Salam WN, El-Kayal el-SA, Tawfik TA** (2012) Spinal versus general anesthesia for day-case laparoscopic cholecystectomy: a prospective randomized study. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 22(6):550-555.

**Bier A** (1899) Versuche über die Cocainisierung des Rückenmarks. *Dtsch Z Chir* 51:361-368.

**Borghi B, Stagni F, Bugamelli S, Pains MB, Nepoti ML, Montebugnoli M, Casati A** (2003) Unilateral spinal block for outpatient arthroscopy: a dose-finding study. *J Clin Anesth* 15:351-356.

**Borghi B, Tognù A, White PF, Paolini S, Van Oven H, Aurini L, Mordenti A, Spada S, Bosco M.** (2012) Soft tissue depression at the iliac crest prominence: a new landmark for identifying the L4-L5 interspace. *Minerva Anestesiol* 78(12):1348-1356.

**Borghi B, Wulf H** (2010) Vorteile der unilateralen Spinalanästhesie. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 45:182-186.

**Bourke DL, Sprung J, Harrison C, Thomas P** (1995) High injection speed overwhelms other maneuvers for controlling the spread of spinal anesthesia. *Anesth Analg* 81:424-435.

**Cameron CM, Scott DA, McDonald WM, Davies MJ** (2007) A review of neuroaxial epidural morbidity: experience of more than 8.000 cases at a single teaching hospital. *Anesthesiology* 106:997-1002.

**Casati A, Fanelli G** (2001) Unilateral spinal anesthesia. State of the art. *Minerva Anestesiol* 67(12):855-862.

**Casati A, Fanelli G, Cappelleri G, Aldegheri G, Leonie A, Casaletti E, Torri G** (1998a) Effects of spinal needle type on lateral distribution of 0,5% hyperbaric bupivacaine. *Anesth Analg* 87(2):355-359.

**Casati A, Fanelli G, Cappelleri G, Borghi B, Berti, Cedrati V, Torri G (1998b)** Low dose hyperbaric bupivacaine for unilateral spinal anaesthesia: evaluation of solution concentration. *Can J Anaesth* 45:850-854.

**Cataldo PA, Senagore AJ (1991)** Does alpha sympathetic blockade prevent urinary retention following anorectal surgery? *Dis Colon Rectum* 34:1113-1116.

**Chakraverty RC, Pynsent PB, Westwood A, Chakraverty JK (2007)** Identification of the correct lumbar level using passive intersegmental motion testing. *Anaesthesia* 62(11):1121-1125.

**Choi PT, Galinski SE, Takeuchi L, Lucas S, Tamayo C, Jadad AR (2003)** PDPH is a common complication of neuroaxial blockade in parturients: a meta-analysis of obstetrical studies. *Can J Anaesth* 50:460-469.

**Choi S, Mahon P, Awad IT (2012)** Neuroaxial anesthesia and bladder dysfunction in the perioperative period: a systematic review. *Can J Anesth* 59:681-703.

**Combrisson H, Robain G, Cotard JP (1993)** Comparative effects of xylazine and propofol on the urethral pressure profile of healthy dogs. *Am J Vet Res* 54:1986-1989.

**Conroy PH, Luyet C, McCartney CJ, McHardy PG (2013)** Real-time ultrasound-guided spinal anaesthesia: a prospective observational study of a new approach. *Anesthesiol Res Pract* Vol. 2013, Article ID 525818, 7 pages.

**Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)**

(2009a) Empfehlungen zur Lipidbehandlung bei der Intoxikation mit Lokalanästhetika, [http://www.dgai.de/eev/EEV\\_2011\\_S\\_191-196.pdf](http://www.dgai.de/eev/EEV_2011_S_191-196.pdf) ; (01.09.2013). Anästh Intensivmed 50:698-702.

**Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)**

(2009b) Empfehlungen zur Überwachung nach Anästhesieverfahren, [http://www.dgai.de/aktuelles/Empf\\_Anaesthesieverf\\_07.07.09.pdf](http://www.dgai.de/aktuelles/Empf_Anaesthesieverf_07.07.09.pdf) ; (21.03.2013). Anästh Intensivmed 50:485-488.

**Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) (1999)**

Leitlinie für ambulantes Operieren bzw. Tageschirurgie, <http://www.reanitrain.de/notfalltraining/leitlinien/operative%20Eingriffe/ambulante%20OOPs%20%20zahnaerztliche%20Eingriffe/Leitlinie%20fuer%20ambulantes%20Operieren%20bzw.Tageschirurgie.pdf> ; (25.03.2013). Anästh Intensivmed 39:201 f.

**Diallo T, Dufeu N, Marret E, Covill F, Sin-Lie M, Gentili M** (2009) Walking in PACU after unilateral spinal anesthesia a criteria for hospital discharge: a 100 outpatient survey. Acta Anaesthesiol Belg 60(1):3-6.

**DiGiovanni AJ, Galbert MW, Wahle WM** (1972) Epidural injection of autologous blood for postlumbar puncture headache. II: Additional clinical experiences and laboratory investigation. Anesth Analg 51:226-232.

**Dullenkopf A, Borgeat A** (2003) Lokalanästhetika- Unterschiede und Gemeinsamkeiten der „-caine“. Anaesth 52:329-340.

**Enk D, Prien T, Van Aken H, Mertes N, Meyer J, Brüssel T** (2001) Success rate of unilateral spinal anesthesia is dependent on injection flow. Reg Anesth Pain Med 26: 420-427.

**Eberhart LH, Morin AM, Kranke P, Geldner G, Wulf H (2002)** Transiente neurologische Symptome nach Spinalanästhesie - Eine quantitative systematische Übersicht (Metaanalyse) randomisierter kontrollierter Studien. *Anaesth* 51:539-546.

**Esmaglu A, Karaoglu S, Mizrak A, Boyaci A (2004)** Bilateral vs. unilateral spinal anesthesia for outpatient knee arthroscopies. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 12:155-158.

**Faas CL, Acosta FJ, Campbell MD, O`Hagan CE, Newton SE, Zagalaniczny K (2002)** The effects of spinal anesthesia versus epidural anesthesia on 3 potential postoperative complications: Pain, urinary retention and mobility following inguinal herniorrhaphy. *AANA J* 70:441-447.

**Fanelli G, Borghi B, Casati A, Bertini L, Montebugnolli M, Torri G (2000)** Unilateral bupivacaine spinal anesthesia for outpatient knee arthroscopy. Italian study group on unilateral anesthesia. *Can J Anaesth* 47(8):746-751.

**Fanelli G, Danelli G, Zasa M, Baciarello M, Di Cianni S, Leone S (2009)** Intrathecal ropivacaine 5 mg/ml for outpatient knee arthroscopy: a comparison with lidocaine 10 mg/ml. *Acta Anaesthesiol Scand* 53(1):109-115.

**Feliciano T, Montero J, McCarthy M, Priester M (2008)** A retrospective descriptive, exploratory study evaluating incidence of postoperative urinary retention after spinal anesthesia and its effect on PACU discharge. *J Perianesth Nurs* 23:394-400.

**Feng SW, Cao Y, Wang WG, Liu YS, Shen XF (2012)** Addition of adrenaline to chlorprocaine provides a moderate duration time for epidural anaesthesia in elective caesarean section. *J Int Med Res* 40(3):1099-1107.

**Gautier PE, De Kock M, Van Steenberge A, Poth N, Lahaye-Goffart B, Fanard L, Hody JL** (1999) Intrathecal ropivacaine for ambulatory surgery: A comparison between intrathecal bupivacaine and intrathecal ropivacaine for knee arthroscopy. *Anesthesiology* 91(5):1239-1245.

**Geddes IC** (1971) Local anaesthetics. *Laval Medical* 42:787-793.

**Ghaleb A, Khorasani A, Mangar D** (2012) Post-dural puncture headache. *Int J Gen Med* 5:45-51.

**Glaser C, Marhofer P, Zimpfer G, Heinz MT, Sitzwohl C, Kapral S, Schindler I** (2002) Levobupivacaine versus racemic bupivacaine for spinal anesthesia. *Anesth Analg* 94(1):194-198.

**Gogarten W, Van Aken H, Büttner J, Riess H, Wulf H, Bürkle H** (2007) Rückenmarksnahe Regionalanästhesie und Thromboembolieprophylaxe / antithrombotische Medikation. 2. Überarbeitete Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin. *Anästh Intensivmed* 48:109-124.

**Gogarten W, Van Aken H, Kessler P, Wulf H, Vetter K, Marcus MAE, Bremerich D** (2009) Durchführung von Analgesie- und Anästhesieverfahren in der Geburtshilfe. 2. Überarbeitete Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin und des Berufsverbandes Deutscher Anästhesisten in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe. *Anästh Intensivmed* 50 (Supl.2):490-495.

**Gogarten W, Vandermeulen E, Van Aken H, Kozek S, Llau J, Samama CM**

(2010) Regional anaesthesia and antithrombotic agents: Recommendations of the European Society of Anaesthesiology. *Eur J Anaest* 27(12): 999-1015.

**Goldman G, Leviav A, Mazor A, Kashtan H, Aladgem D, Greenstein A,**

**Wiznitzer T** (1988a) Alpha-adrenergic blocker for posthernioplasty urinary retention. Prevention and treatment. *Arch Surg* 123:35-36.

**Goldman G, Kahn PJ, Kashtan H, Stadler J, Wiznitzer T** (1988b) Prevention and

treatment of urinary retention and infection after surgical treatment of colon and rectum with alpha adrenergic blockers. *Surg Gynecol Obstet* 166:447-450.

**Graf BM, Martin E** (2001) Periphere Nervenblockaden- Eine Übersicht über neue Entwicklungen einer alten Technik. *Anesth* 50:312-322.

**Greene NM** (1985) Distribution of local anesthetic solutions within the subarachnoid space. *Anesth Analg* 64:715-730.

**Gürkan Y, Canatay H, Ozdamar D, Solak M, Toker K** (2004) Spinal anesthesia for arthroscopic knee surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 48(4):513-517.

**Hallworth SP, Fernando R, Stocks G** (2002) Predicting the density of bupivacaine and bupivacaine-opioid combinations. *Anesth Analg* 94:1621-1624.

**Hartmann B, Junger A, Klasen J, Benson M, Jost A, Banzhaf A, Hempelmann**

**G** (2002) The incidence and risk factors for hypotension after spinal anaesthesia induction: an analysis with automated data collection. *Anesth Analg* 94:1521-1529.

**Hermann W, Tietze F** (2011) Neurologische Syndrome spinaler Notfälle und deren Verlauf. [www.nervenheilkunde-online.de](http://www.nervenheilkunde-online.de) (11.12.2012).

**Hille B** (1977) Local anesthetics: hydrophilic and hydrophobic pathways for the drug-receptor reaction. *Gen Physiol* 69:497-515.

**Imbellonie LE, Gouveia MA, Vieira EM, Cordeiro JA** (2009) A randomised, double-blind comparison of three different volumes of hypobaric intrathecal bupivacaine for orthopaedic surgery. *Anaesth Intensive Care* 37(2):242-247.

**Infante NEK, Van Gessel E, Forster A, Gamulin Z** (2000) Extent of hyperbaric spinal anesthesia influences the duration of spinal block. *Anesthesiology* 92(5):1319-1323.

**Kamphuis ET, Ionescu TI, Kuipers PW, de Gier J, van Venrooji GE, Boon TA** (1998) Recovery of storage and emptying functions of the urinary bladder after spinal anesthesia with lidocaine and with bupivacaine in men. *Anesthesiology* 88:310-316.

**Karow T, Lang-Roth R**: Pharmakologie und Toxikologie. 18. Aufl. Dr. Thomas Karow (Selbstverlag), Pulheim, 2010, S. 559-562.

**Kaya M, Oguz S, Aslan K, Kadiogullari N** (2004) A low-dose bupivacaine: a comparison of hyperbaric and hypobaric solutions for unilateral spinal anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 29(1):17-22.

**Kaya M, Oztürk I, Tuncel G, Senel GO, Eskicirak H, Kadiogullari N** (2010) A comparison of low dose hyperbaric and hypobaric levobupivacaine in unilateral spinal anaesthesia. *Anaesth Intensive Care* 38(6):1002-1007.

**Keita H, Diouf E, Tubach F, Brouwer T, Dahmani S, Mantz J, Desmots JM** (2005) Predictive factors of early postoperative urinary retention in the postanesthesia care unit. *Anesth Analg* 101:592-596.

**Kemp D, Tabaka N** (1990) Postoperative Urinary Retention: Part II –A retrospective study-. *J Post Anesth Nurs* 5:397-400.

**Kerwat K, Wulf H, Morin A** (2010) Spinalanästhesie – Hygienestandards bei Spinalanästhesie. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 45(3):196-198.

**Kessler P, Wulf H** (2008) Duraperforation – postpunktioneller Kopfschmerz. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 43:346-352.

**Kim JT, Bahk JH, Sung J** (2003) Influence of age and sex on the position of the conus medullaris and the Tuffier`s line in adults. *Anesthesiology* 99(6):1359-1363.

**Kitada S, Wein AJ, Kato K, Levin RM** (1989) Effect of acute complete obstruction on the rabbit urinary bladder. *J Urol* 141:166-169.

**Klinke R, Pape HC, Kurtz A, Silbernagl S**: Physiologie. 6. Aufl. Thieme, Stuttgart, 2009, S. 809-810.

**Kochs E, Adams HA, Spies C**: Anästhesiologie. 2. Aufl. Thieme, Stuttgart, 2008, S. 733-764.

**Korhonen AM, Valanne JV, Jokela RM, Ravaska P, Kortilla K** (2003) Intrathecal hyperbaric bupivacaine 3mg + fentanyl 10 microg for outpatient knee arthroscopy with tourniquet. *Acta Anaesthesiol Scand* 47(3):342-346.

**Kreutziger J, Frankenberger B, Luger TJ, Richard S, Zbinden S** (2010) Urinary retention after spinal anaesthesia with hyperbaric prilocaine 2% in an ambulatory setting. *Br J Anaesth* 104 (5):582-586.

**Kuipers PW, Kamphuis ET, van Venrooij GE, van Roy JP, Ionescu TI, Knape JT, Kalkman CJ** (2004) Intrathecal opioids and lower urinary tract function: A urodynamic evaluation. *Anesthesiology* 100:1497-1503.

**Kuusniemi K, Leino K, Lertola K, Pihlajamäki K, Pitkänen M** (2012) Comparison of two spinal needle types to achieve a unilateral spinal block. *J Anesth* 27(2):224-230.

**Kuusniemi K, Pihlajamaki KK, Pitkanen MT** (2000) A low dose of plain or hyperbaric bupivacaine for unilateral spinal anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 25(6):605-10.

**Lambert DH, Hurley RJ, Hertwig L, Datta S** (1997) Role of needle gauge and tip configuration in the production of lumbar puncture headache. *Reg Anesth* 22(1):66-72.

**Lamonerie L, Marret E, Deleuze A, Lember N, Dupont M, Bonnet F** (2004) Prevalence of postoperative bladder distension and urinary retention detected by ultrasound measurement. *Br J Anaesth* 92:544-546.

**Lanz E, Grab BM** (1992) Micturition disorders following spinal anesthesia of different durations of action (lidocaine 2% versus bupivacaine 0,5%). *Anaesth* 41(4):231-234.

**Larsen R:** Anästhesie. 8. Aufl. Urban und Fischer Verlag, München/Jena, 2002, S. 505-539.

**Lau H, Lam B** (2004) Management of postoperative urinary retention: a randomized trial of in-out versus overnight catheterization. ANZ J Surg 74(8):658-661.

**Leventhal A, Pfau A** (1978) Pharmacologic management of postoperative overdistention of bladder. Surg Gynecol Obstet 146:347-348.

**Lippert H:** Lehrbuch Anatomie. 7. Aufl. Elsevier Urban und Fischer, München, 2006, S. 391-397.

**Litz RJ, Koch T** (2007) Steuerbarkeit der Spinalanästhesie – nach wie vor ein ungelöstes Problem? Anästh Intensivmed 48:404-418.

**Luger TJ, Garoscio I, Rehder P, Oberladstätter J, Voelckel W** (2008) Management of temporary urinary retention after arthroscopic knee surgery in low-dose spinal anesthesia: development of a simple algorithm. Arch Orthop Trauma Surg 128:607-612.

**Malinovsky JM, Charles F, Kick O, Lepage JY, Malinge M, Cozian A, Bouchot O, Pinaud M** (2000) Intrathecal anaesthesia: Ropivacaine versus bupivacaine. Anesth Analg 91(6):1457-1460.

**Margarido CB, Mikhael R, Arzola C, Balki M, Carvalho JC** (2011) The intercrystal line determined by palpation is not a reliable anatomical landmark for neuroaxial anesthesia. Can J Anaesth 58(3):262-266.

**Martin-Salvaj G, Van Gessel E, Forster A, Schweizer A, Iselin-Chaves I, Gamulin Z** (1994) Influence of duration of lateral decubitus on the spread of hyperbaric tetracaine during spinal anesthesia: A prospective time-response study. *Anesth Analg* 79:1107-1112.

**Mather LE, Cousins MJ** (1979) Local anaesthetics and their current clinical use. *Drugs* 18(3):185-205.

**Matsuura S, Downie JW** (2000) Effect of anesthetics on reflex micturition in the chronic cannula-implanted rat. *Neurourol Urodyn* 19:87-99.

**Mc Donald SB, Liu SS, Spencer S, Kopacz DJ, Stephenson CA** (1999) Hyperbaric spinal ropivacaine: A comparison to bupivacaine in volunteers. *Anesthesiology* 90(4):971-977.

**Moen V, Dahlgren N, Irestedt L** (2004) Severe neurological complications after central neuraxial blockades in sweden 1990-1999. *Anaesthesiology* 101:950-959

**Moll KJ, Moll M**: Anatomie. 18. Aufl. Elsevier Urban und Fischer, München, 2006, S. 549-553.

**Morin AM, Buettner J, Geldner G, Kerwat KM, Koch T, Litz RJ, Lohoff M, Mutters R, Wulf H** (2006) Hygieneempfehlungen für die Anlage und weiterführende Versorgung von Regionalanästhesie-Verfahren. *Anästh Intensivmed* 47:372-379.

**Mulroy MF, Alley EA** (2012) Management of bladder volumes when using neuroaxial anesthesia. *Int Anest Clin* 50(1):101-110.

**Mulroy MF, Salinas FV, Larkin KL, Polissar NL** (2002) Ambulatory surgery patients may be discharged before voiding after short-acting spinal and epidural anesthesia. *Anesthesiology* 97:315-319.

**Pavlin DJ, Pavlin EG, Gunn HC, Taraday JK, Koerschgen ME** (1999) Voiding in patients managed with or without ultrasound monitoring of bladder volume after outpatient surgery. *Anesth Analg* 89:90-97.

**Pavlin DJ, Pavlin EG, Fitzgibbon DR, Koerschgen ME, Plitt TM** (1999) Management of bladder function after outpatient surgery. *Anesth* 91:42-50.

**Petros JG, Rimm EB, Robillard RJ, Argy O** (1991) Factors influencing postoperative urinary retention in patients undergoing elective inguinal herniorrhaphy. *Am J Surg* 161:431-433.

**Petersen MS, Collins DN, Selakovich WG, Finkbeiner AE** (1991) Postoperative urinary retention associated with total hip and total knee arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res* 269:102-108.

**Pittoni G, Toffoletto F, Calcarella G, Zanette G, Giron GP** (1995) Spinal anaesthesia in outpatient knee surgery: 22-gauge versus 25-gauge Sprotte needle. *Anesth Analg* 81(1):73-79.

**Render CA** (1996) The reproducibility of the iliac crest as marker of the lumbar spine level. *Anaesth* 51:1070-1071.

**Reynolds F** (2001) Damage to the conus medullaris following spinal anaesthesia. *Anaesthesia* 56:238-247.

**Ritchie JM, Ritchie B, Greengard P** (1965) The active structure of local anesthetics. *J Pharmacol Exp Ther* 150:152-159.

**Rosseland LA, Stubhaug A, Breivik H** (2002) Detecting postoperative urinary retention with an ultrasound scanner. *Acta Anaesthesiol Scand* 46:279-282.

**Salmela L, Aromaa U** (1998) Transient radicular irritation after spinal anesthesia induced with hyperbaric solutions of cerebrospinal fluid-diluted lidocaine 50mg/ml or mepivacaine 40mg/ml or bupivacaine 5mg/ml. *Acta Anaesthesiol Scand* 42(7):765-769.

**Sellmann TN, Kienbaum P, Meyer J** (2013) Inzidenz infektiologischer und neurologischer Komplikationen nach Anlage thorakaler und lumbaler Periduralkatheter an einem Krankenhaus der Schwerpunktversorgung in Deutschland. *Anästhesiologie Intensivmedizin* 54:6-12.

**Snider KT, Kribs JW, Snider EJ, Degenhardt BF, Bukowski A, Johnson JC** (2008) Reliability of Tuffier's line as an anatomic landmark. *Spine* 33(6):161-165.

**Sztark F, Malgat M, Dabadie P, Mazat JP** (1998) Comparison of the effects of bupivacaine and ropivacaine on the heart cell mitochondrial bioenergetics. *Anesthesiology* 88:1340-1349.

**Tammela T, Kontturi M, Lukkarinen O** (1986a) Postoperative Urinary Retention I. –Incidence and predisposing factors-. *Scand J Urol Nephrol* 20:197-201.

**Tammela T, Kontturi M, Lukkarinen O** (1986b) Postoperative Urinary Retention II. –Incidence and predisposing factors-. *Scand J Urol Nephrol* 20:257-260.

**Toyonaga T, Matsushima M, Sogawa N, Jiang SF, Matsumura N, Shimojima Y, Tanaka Y, Suzuki K, Masuda J, Tanaka M** (2006) Postoperative urinary retention after surgery for benign anorectal disease: Potential risk factors and strategy for prevention. *Int J Colorectal Dis* 21:676-682.

**Urmey WF, Stanton J, Bassin P, Sharrock NE** (1997) The direction of the whitacre needle aperture affects the extent and duration of isobaric spinal anesthesia. *Anesth Analg* 84:337-341.

**Valanne JV, Korhonen AM, Jokela RM, Ravaska P, Korttila KK** (2001) Selective spinal anesthesia: A comparison of hyperbaric bupivacaine 4mg versus 6mg for outpatient knee arthroscopy. *Anesth Analg* 93:1377-1379.

**Vallejo MC, Mandell GL, Sabo DP, Ramanathan S** 2000 Postdural puncture headache: a randomized comparison of five spinal needles in obstetric patients. *Anesth Analg* 91(4)916-920.

**Van Aken H, Wulf H:** Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie. 3. Aufl. Thieme, Stuttgart, 2010, S. 182-211

**Van Veen JJ, Nokes TJ, Makris M** (2010) The risk of spinal haematoma following neuraxial anaesthesia or lumbar puncture in thrombocytopenic individuals. *Br J Haematol* 148:15-25.

**Vercauteren MP, Vandeput DM, Meert TF, Adriaensen HA** (1994) Patient-controlled epidural analgesia with sufentanil following caesarean section: The effect of adrenaline and clonidine admixture. *Anaesthesia* 49:767-771.

**Volk T** (2010) Spinalanästhesie – Typische Komplikationen und wie man sie vermeiden kann. *Anästhesiolog Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 45:188-194.

**Volk T, Engelhardt L, Spies C, Steinfeldt T, Gruenewald D, Kutter B, Heller A, Werner C, Heid F, Bürkle H, Gastmeier P, Wernecke KD, Koch T, Vicent O, Geiger P, Wulf H** (2009) Infektionsinzidenz von Katheterverfahren zur Regionalanästhesie. Erste Ergebnisse aus dem Netzwerk von DGAI und BDA. *Anaesthesist* 58:1107-1112.

**Wagenlehner FME, Lichtenstern C, Weigand MA, Weidner W** (2010) Urosepsis und Therapie. *Urologe* 49:618-622.

**Welke WC** (2007) Unilaterale hypobare Spinalanästhesie für Operationen an der unteren Extremität: Überprüfung der Effektivität einer einseitig angelegten hypobaren Spinalanästhesie. <http://miami.uni-muenster.de/servlets/DocumentServlet?id=3777> (17.09.2012).

**Zaheer S, Reilly WT, Pemberton JH, Ilstrup D** (1998) Urinary retention after operations for benign anorectal diseases. *Dis Colon Rectum* 41:696-704.

**Zaric D, Pace NL** (2009) Transient neurologic symptoms (TNS) following spinal anaesthesia with lidocaine versus other local anaesthetics. *Cochrane Database Syst Rev* 15;(2):CD003006. doi: 10.1002/14651858.CD003006.pub3.

**Zeidan A, Farhat O, Maaliki H, Baraka A** (2006) Does postdural puncture headache left untreated lead to subdural hematoma? Case report and review of literature. *Int J Obstet Anesth* 15:50-58.

## 8) Thesen

Die Spinalanästhesie gilt als ein Standardverfahren der Anästhesie mit breitem Anwendungsgebiet. Schwerwiegende Komplikationen sind selten, jedoch können Nebenwirkungen wie der postoperative Harnverhalt für gravierende Komplikationen wie Harnwegsinfektion und persistierende Funktionseinschränkung verantwortlich sein. Speziell bei erhöhtem Risikoprofil für einen postoperativen Harnverhalt kann im Rahmen einer Nutzen-Risiko-Abwägung eine Anwendungsbeschränkung für dieses Anästhesieverfahren resultieren.

Im Rahmen einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie wird der Harnverhalt unter anderem durch die beidseitige Blockade von Afferenzen und Efferenzen im Bereich S2-S4 begünstigt (Axelsson et al., 1985; Kamphuis et al., 1998).

### Hauptthese:

Eine nur einseitige Blockade nach unilateraler Spinalanästhesie führt durch eine geringere Beeinträchtigung der neuromuskulären Funktion der Harnblase zu einer reduzierten Inzidenz an postoperativen Harnverhalten gegenüber der bilateralen Technik.

Im Rahmen der hier dargestellten prospektiv randomisierten Studie wird dies anhand der erforderlichen Harnblasenkatheterisierungen bzw. Zeitdauer bis zur ersten spontanen Miktion nach intrathekalen Injektion untersucht.

### Nebenthese:

Eine einseitige Blockade weist durch eine verminderte Sympathikolyse eine geringere Inzidenz an Blutdruckabfällen auf. Durch eine stabilere Hämodynamik kann durch ein restriktives Volumenmanagement ein weiterer unabhängiger Risikofaktor für einen postoperativen Harnverhalt reduziert werden.

Die Überprüfung dieser Thesen soll die Vorteile der unilateralen gegenüber der wesentlich häufiger angewendeten bilateralen Spinalanästhesie verdeutlichen. Das Verfahren der einseitigen Blockade kann und soll die beidseitige Technik im klinischen Alltag nicht ersetzen. Vielmehr kann dieses Verfahren eine Nische besetzen und sich als Mittel der Wahl bei Risikopatienten für beispielsweise einen postoperativen Harnverhalt oder hämodynamische Komplikationen etablieren.

## 9) Lebenslauf

### Persönliche Daten

- geboren 27.04.1980 in Gießen
- Eltern: Wilhelm Martin, Zahnarzt  
Renate Martin, Praxismanagerin
- Familienstand: verlobt
- Konfession: evangelisch

### Schulbildung

1986-1990 Grundschule Braunfels  
1990-1996 Gymnasium Philippinum Weilburg  
1996-1999 gymnasiale Oberstufe der Goetheschule Wetzlar  
**Allgemeine Hochschulreife**

### Ausbildung, Beruf und Weiterbildung

1999-2000 Zivildienst im Rettungsdienst des Malteser Hilfsdienstes Wetzlar  
2000-2002 berufsbegleitende Ausbildung zum **Rettungsassistenten**  
04/02-05/02 Weiterbildung zum **HEMS Crew Member** nach JAR-OPS 3.005  
Praktikum in Zermatt (Schweiz)  
06/02-07/02 Auslandsaufenthalt in Lima (Peru) mit Tätigkeit in Boden-, Luftrettung  
und Ausbildung von dortigem Rettungsfachpersonal

### Ehrenamt

1999-2009 Katastrophenschutz und medizinische Schnelleinsatzgruppe für  
Großschadenslagen des Malteser Hilfsdienstes e.V. in Wetzlar  
2002-2009 Aus-, Fort- und Weiterbildung von Laien, sowie Helfern und Personal  
von Katastrophenschutz und Rettungsdienst

### Studium

02/03-11/08 Studium der Humanmedizin an der Justus-Liebig-Universität Gießen  
08/04-09/04 **Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung**  
02/05-04/07 Famulaturen im Bereich Anästhesiologie, Innere Medizin, Urologie und  
Unfallchirurgie  
08/07-07/08 Praktisches Jahr im Klinikum Wetzlar mit Wahlfach Anästhesiologie  
10/08-11/08 **Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung**  
15.11.2008 **Approbation als Arzt**

### ärztlicher Werdegang

01/09-01/14 Weiterbildungsassistent der Abteilung für Anästhesiologie und Operative  
Intensivmedizin an der Martin Luther Universität Halle (Saale)  
(Mitgliedschaft in der DGAI)  
01/11-08/12 Operative Intensivstation (Anästhesie 2)

Qualifikationen

**Zusatzbezeichnung Notfallmedizin**  
**Kurs „Intensivtransport nach Empfehlungen der DIVI“**  
**Prüfarzt in klinischen Studien**  
**Tauchmedizin/Überdruckmedizin I und IIa nach GTÜM**

## 10) Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel „**Inzidenz des Harnverhaltes nach Spinalanästhesie – Vergleich zweier Techniken**“ selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Sie hat bislang weder in Teilen noch als Ganzes einem Promotionsverfahren zugrunde gelegen.

Halle, den

(Christoph Martin)

## 11) Erklärung über frühere Promotionsversuche

Hiermit erkläre ich, dass ich bisher keine früheren Promotionsversuche mit dieser oder einer anderen Dissertation unternommen habe. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Halle, den

(Christoph Martin)

## 12) Danksagung

An erster Stelle möchte ich meinem guten Freund und Mentor Dr. med. Ramin Ehrenberg danken. Nur durch sein hohes Maß an Geduld, Interesse und Kompetenz war es mir möglich, diese Dissertation fertig zu stellen. Ebenso möchte ich Prof. Dr. med. Michael Bucher meinen ganz besonderen Dank für die Unterstützung und Förderung bei der Bearbeitung der Dissertation zum Ausdruck bringen.

Eine mindestens ebenso große Hilfe war meine Verlobte Julia Schaefer, die mir in den Momenten des manchmal nachlassenden Arbeitseifers den nötigen Antrieb und Ansporn gegeben hat.

Den notwendigen familiären Rückhalt in Ruhemomenten habe ich bei meinen Eltern, Großeltern und meiner Schwester gefunden, weshalb auch ihnen mein ganz besonderer Dank gilt.