

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie
Direktor: Univ.- Prof. Dr. Dr. h.c. H.van Aken

Unilaterale hypobare Spinalanästhesie für Operationen
an der unteren Extremität:
Überprüfung der Effektivität einer einseitig
angelegten hypobaren Spinalanästhesie

INAUGURAL – DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae
der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms – Universität Münster

vorgelegt von
Welke, Wolfgang Christian
aus Arnsberg

2007

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen-
Wilhelmsuniversität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Volker Arolt

1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. H.van Aken

2. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. med. Thomas Brüssel

Tag der mündlichen Prüfung: 06.07.2007

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie
- Direktor: Univ.- Prof. Dr. Dr. h.c. H.van Aken -
Referent: Univ.- Prof. Dr. Dr. h.c. H.van Aken
Koreferent: Univ.- Prof. Dr. med. T. Brüssel

Zusammenfassung

Unilaterale hypobare Spinalanästhesie für Operationen an der unteren Extremität:
Überprüfung der Effektivität einer einseitig angelegten hypobaren Spinalanästhesie

Wolfgang Welke

Die an 95 ASA I-III Patienten durchgeführte Studie zur unilateralen hypobaren Spinalanästhesie belegt, dass die Kombination von entsprechenden Spinalkanülen (Micro-tip Spinalkanülen), der „air buffered injection technique“, einer ausreichend langen Injektionszeit (länger als 4 Minuten), einer ausreichend langen Dauer der Seitenlagerung (länger als 20 Minuten) und der Auswahl einer hypobaren Bupivacainlösung zu einer hohen Rate unilateraler Spinalanästhesien führt. Bei 61 von 95 Patienten (64,21 %) konnte eine „strikt einseitige“ Spinalanästhesie festgestellt werden, bei 87 von 95 Patienten (91,58%) zeigte sich ein einseitiger Ausfall der Motorik. Es liegt eine effiziente Methode zur Erzielung einer einseitigen Spinalanästhesie vor. Der entscheidende Faktor war hier nicht die Menge des injizierten Lokalanästhetikums sondern die Injektionsgeschwindigkeit. Dies bestätigen In-vitro-Vorversuche (siehe Anhang) für das hypobare Lokalanästhetikum. Nur eine sehr langsame Injektionszeit führt zum laminaren Ausstrom aus der Nadelöffnung. Der Einsatz einer vektoriellen Spinalkanüle mit seitlicher Öffnung ist in dieser Studie von Vorteil gewesen. Die applizierten Mengen des Lokalanästhetikums lagen bei 4,6mg (1,4ml) bis zu 6,6mg (2ml) 0,33%iges Bupivacain. Die längste erreichte Anästhesiedauer lag bei 260 Minuten. Es kam bei keinem Patienten zu Miktionsstörungen unabhängig von der Anästhesiedauer und von der Menge des applizierten Lokalanästhetikums (1,4 – 2 ml). Ob es auch bei der unilateralen hypobaren Spinalanästhesie einen Zusammenhang von Harnverhalt und größerer Menge des injizierten Lokalanästhetikums gibt, konnte in dieser Studie nicht nachgewiesen werden. Es trat keine Blasenentleerungsstörung auf. Bei der hier durchgeführten Studie kam ein modernes komplikationsarmes Verfahren zur Anwendung, das einen geringen praktischen Aufwand erfordert. Es liegt ein Verfahren vor, das sich auch für die Anwendung bei Patienten höherer Risikogruppen aufgrund seiner guten Verträglichkeit und Kreislaufstabilität empfiehlt. Rückenschmerzen, PDPH und Blasenentleerungsstörungen traten nicht auf, die Kreislaufstabilität war hervorragend. Die motorische Beweglichkeit war innerhalb von drei Stunden bei 99% der Studienteilnehmer wiederhergestellt. Die Anwendung der Methode empfiehlt sich daher auch für ambulante Eingriffe.

Tag der mündlichen Prüfung: 06.07.2007

Diese Dissertation möchte ich meinen Eltern, die mich immer unterstützt haben und meiner Ehefrau Silvia, die mir liebevoll motivierend zur Seite stand, widmen.

Danksagung:

Sehr geehrter Herr Professor Dr. med. T. Brüssel, ich möchte mich bei Ihnen ausdrücklich für Ihre hervorragende Unterstützung bedanken. Sie waren immer hilfreich mit Rat und Tat zur Stelle. Im Zeitalter der modernen Medien ist die Verbindung zwischen den Kontinenten kein großes Problem mehr. Trotzdem ist es keine Selbstverständlichkeit, dass Sie auch über eine so große Entfernung und über eine so lange Zeitspanne immer für mich erreichbar waren und mir diese wissenschaftliche Arbeit ermöglicht haben.

Inhaltsverzeichnis

1.0	Einleitung und Problemstellung	1
2.0	Methodik	14
2.1	Wahl der Injektionsgeschwindigkeit und des Injektionsvolumens	14
2.2	Auswahl des Nadeltyps und Einfluss der In-vitro-Versuche	15
2.3	Vorbereitung und Aufklärung der Patienten	16
2.4	Durchführung der unilateralen hypobaren Spinalanästhesie	17
2.5	Überwachungs- und Messphase nach der Injektion	18
2.6	Vermeidung eines frühzeitigen „Spillovers“	19
2.7	Postoperative Patientenbefragung	19
2.8	Untersuchung mit dem „Bladderscan“	20
2.9	Die Statistische Auswertung	21
2.10	Datenerfassung und Dokumentation mit den Erhebungsbögen - ideale Temperaturmesskurve -	22
3.0	Ergebnisse	26
3.1	Verteilung der Patienten nach Risikogruppen und Injektionsvolumina	26
3.2	Altersverteilung der Patienten	27
3.3	Durchschnittliche Operationsdauer und Anästhesiezeit	27
3.4	Messergebnisse der „Bladderscan“ Untersuchung	27
3.5	Bewertung durch Patienten, die schon einmal eine Spinalanästhesie erhalten hatten	28
3.6.	Ergebnis zum Untersuchungsgegenstand „Einseitigkeit“ bzw. „strikt einseitige“ Spinalanästhesie	29
3.7	Untersuchungsgegenstand „Kreislaufstabilität“	30

3.8	Ergebnisse zu Nebenwirkungen und Komplikationen	31
3.9	Abschlussbewertung durch die Patienten	31
4.0	Statistik	33
5.0	Diskussion	42
5.1	Definition des Kriteriums „strikt einseitig“, gibt es einen Unterschied zwischen Messung und Wahrnehmung der Patienten?	42
5.2	Einseitigkeit und Temperaturverlaufskurven	47
5.3	Einfluss von Injektionsvolumen und Injektionsgeschwindigkeit auf das Untersuchungskriterium „Einseitigkeit“	52
5.4	Einseitigkeit und Auswahl des Nadeltyps	55
5.5	Besteht ein Zusammenhang zwischen der Rate an einseitig anästhesierten Patienten und der Ausbreitungshöhe der unilateralen hypobaren Spinalanästhesie?	58
5.6	Hämodynamische Stabilität	61
5.7	POUR und unilaterale hypobare Spinalanästhesie	66
5.8	Wiederherstellung der motorischen Beweglichkeit nach der unilateralen hypobaren Spinalanästhesie	72
5.9	Häufigkeit postspinaler Kopfschmerzen	73
5.10	Zeitlicher Aufwand für die Durchführung der Methode	76
5.11	Bewertung durch die Patienten, den Anwender, die Operateure	77
5.12	Zusammenfassung	79
6.0	Anhang	81
I.	Historische Nadeltypen	81
II.	In der Studie verwendetes Material und In-vitro-Versuche	84
7.0	Literaturverzeichnis	89
8.0	Lebenslauf	96

1.0 Einleitung und Problemstellung

Die vorliegende Arbeit untersucht die Effektivität der einseitigen hypobaren Spinalanästhesie mit Micro-tip Pencil-point Spinalnadeln als Anästhesiemethode bei der Ausschaltung nur einer unteren Extremität ohne jegliche Betäubung der Gegenseite. Ein Jahrhundert der Entwicklung von Spinalkanülen geht dem Einsatz von distal konischen Spinalkanülen voraus, hierzu einige Anmerkungen zur geschichtlichen Entwicklung der Spinalanästhesie.

Die historische Entwicklung der Spinalanästhesie bis zur Durchführung einseitiger Spinalanästhesien mit modernen Micro-tip Spinalkanülen

Von Leonard Corning's erster durch Zufall am Hund durchgeführten Spinalanästhesie 1885 - er experimentierte mit Cocain als Lokalanästhetikum an Spinalnerven - bis zur Durchführung einer Spinalanästhesie am Menschen durch August Bier vergingen gerade einmal 14 Jahre. Bier ließ sich 1898 zunächst von seinem Assistenten Hildebrandt spinal punktieren, was in lancierenden Schmerzen und einer versehentlich diskonnektierten Spritze mit großem Liquorverlust resultierte, bevor er selbst Hand anlegte. In Folge entstanden schwere postspinale Kopfschmerzen unter denen August Bier einige Tage litt. Bier benutzte eine Quincke Nadel, deren Entwicklung auf Quinckes Veröffentlichung aus dem Jahre 1891 basierte. Quincke und Wynter experimentierten 1891 mit Patienten, die an tuberkulöser Meningitis und in Folge an erhöhtem Hirndruck litten, alle starben trotz der durchgeführten Liquorpunktionen zur Hirndruckentlastung. Die um die Jahrhundertwende benutzten Spinalnadeln hatten einen Durchmesser von ca. 1 mm und wahrscheinlich eine Rate an postspinalen Kopfschmerzen von ca. 50 - 70%.

Seit der Einführung der Spinalanästhesie durch Bier (39, 40, 41) hat es verschiedene Versuche der Modifikation gegeben. Die hyperbare Methode, seit Barker (1907) (27) bekannt, ist auch heute noch im klinischen Alltag allgegenwärtig. Die hypobare Technik ist ein eher weniger bekanntes Verfahren, das noch dazu den Ruf der schlechten Steuerbarkeit der Ausbreitung der spinalen Blockade hat. Babcock (1912) führte die

Methode ein (28), andere überprüften den Effekt bei seitlicher und sitzender Position des Patienten.

Eine Studie musste abgebrochen werden, weil bei Injektion des hypobaren Lokalanästhetikums im Sitzen zu viele Patienten eine hohe Spinalanästhesie mit den entsprechenden Komplikationen aufwiesen (25).

Die Häufigkeit des postspinalen Kopfschmerzes führte zur Entwicklung immer feinerer Kanülen mit aufwendiger Formung der Spinalkanülenspitze (22, 29, 55). Während Bier 1898 noch eine 15 G oder 17 G Kanüle einsetzte, benutzte Babcock 1914 schon eine feinere 20 G Gold- oder Platinnadel. Hoyt benutzte 1922 zum ersten mal eine Führungskanüle durch die eine noch feinere Nadel in den Liquorraum vorgeschoben wurde (55). Eine hohe Rate des Auftretens von Übelkeit und Erbrechen, von postspinalen Kopfschmerzen und letztlich eine hohe Mortalität in der geburtshilflichen Spinalanästhesie führten zu einem starken Rückgang der Durchführung von Spinalanästhesien in den dreißiger und vierziger Jahren (39). In dieser Zeit wurden verschiedene Arten des Kanülenzuschliffs untersucht und kamen zum klinischen Einsatz.

Die erste atraumatische Nadel wird Greene (1926) zugeschrieben (39, 55), sie hatte allerdings noch keine Pencil-point Spitze (26 G, 1950). Die erste directionale Nadel mit seitlicher Öffnung erfand Rovenstine 1944. Die erste Pencil-point Nadel entwickelte der Schwede Haraldson 1950 und wurde 1951 von Whitacre verfeinert (55), dem die Erfindung der Pencil-point Spinalkanülen fälschlicherweise zugeschrieben wurde. 1957 folgte als neuartige Entwicklung die Levy Nadel, die sehr der heute eingesetzten Ball-pen Pencil-point-Nadel ähnelt. 1987 wurde als Weiterentwicklung die Sprötte Spinalkanüle vorgestellt, deren PDPH (postdural puncture headache) Rate sehr niedrig war.

Mit der (55) Atraucan Nadel wurde 1993 das Pencil-point-design wieder verlassen. Dieser Nadeltyp wies eine PDPH Rate von weniger als 2,5% auf, die Nadelspitze hatte wieder ein schneidendes Design (siehe Tabelle 1).

Seit einigen Jahren hat sich die Pencil-point Nadelspitze mit seitlicher Öffnung wieder durchgesetzt, eine Modifikation ist die „Ball-pen needle“, deren Spitze ein Pencil-point Trokar ist, der nach Spinalpunktion entfernt wird. Die bisher interessanteste Spinalkanüle ist jedoch die hier in der Studie eingesetzte Micro-tip Pencil-point Kanüle (Anhang Abb.1) mit seitlicher directionaler Öffnung, deren Ende distal eine ca. 1 cm lange

konische Verjüngung aufweist, was zu einer Verbesserung des laminaren Ausstroms führt. Eine Auflistung der historischen Nadeltypen ist im Anhang vorhanden.

Die verschiedenen Möglichkeiten der Lagerung der Patienten sind gleichfalls untersucht worden (29). Insbesondere die Lagerungsdauer ist bei der seitenbetonten Spinalanästhesie immer wieder Anlass zur Diskussion gewesen.

Die Ergebnisse der einseitigen Spinalanästhesie sind teilweise enttäuschend (29). Bei genauer Betrachtung fällt allerdings auf, dass sich nur wenige Autoren mit der Kombination verschiedener Techniken befassen, die in der Summe zu einer Steigerung der Effizienz der einseitigen Spinalanästhesie führen könnten. Dies ist Thema der hier vorliegenden Studie. Um hier ein klares Studienergebnis zu erzielen, wurde eine Fallzahl von $n = 95$ Patienten gewählt. Als Studienteilnehmer wurden ASA I – III Patienten gewählt, die zuvor in einer Einwilligungserklärung ihre Zustimmung zur Studienteilnahme erteilt hatten. Die vorliegende Arbeit geht auf Fragen der Lagerung, der Injektionsgeschwindigkeit, der Auswahl eines neuen Nadeltyps, des Einsatzes einer bestimmten Injektionstechnik und der Herstellung und Verwendung einer bestimmten hypobaren Lösung ein und überprüft deren gemeinsamen Effekt und Ergebnis in einer klinischen Feldstudie in einem Stadtkrankenhaus.

***Störfaktoren bei der Durchführung von unilateralen hypobaren Spinalanästhesien.
Welchen Einfluss hat die Injektionsdauer? Kann diese Frage vernachlässigt werden?***

Auch heute noch bezweifeln einige Autoren, dass die Dauer der Injektion in den Subarachnoidalraum einen Effekt auf die Effizienz (29) einer einseitigen Spinalanästhesie haben könnte. In der Vergangenheit wurden Infusionspumpen (23) eingesetzt, um einen langsamen Ausstrom aus der Spinalkanüle zu erzielen und um möglichst eine Verwirbelung zu vermeiden. Andere Autoren verzichteten auf eine langsame Injektion, waren allerdings in der Erzielung einer einseitigen Anästhesie erfolglos. Erst die Arbeit von Enk (23) bemühte sich um die Entwicklung einer praktisch durchführbaren Injektionstechnik mit langsamem und konstantem Ausstrom des Lokalanästhetikums. Diese Technik wurde für die Durchführung der unilateralen

Spinalanästhesie in dieser Studie eingesetzt, um eine Optimierung des Ergebnisses zu erzielen. Aus den jüngsten Studien zum Thema einseitige Spinalanästhesie geht hervor (29), dass das Verfahren von einem Teil der Anästhesisten immer noch sehr kritisch betrachtet wird. Ausschlaggebend für eine positive Beurteilung einer einseitigen Spinalanästhesie ist deren praktische Anwendbarkeit und Patientenkomfort. Ist die Methode praktisch sinnvoll durchführbar (2, 3, 4, 31) ohne übermäßigen Zeitaufwand, in einer bequemen Lagerung des Patienten und einer reproduzierbaren Methodik des Anästhesisten?

Es gibt sehr viele Anwendungsmöglichkeiten speziell in der Traumatologie und Orthopädie (2, 3, 4). Ist es nicht viel angenehmer für die Patienten die Spinalanästhesie in bequemer Seitenlage auf der gesunden nicht schmerzhaften Seite durchzuführen?

Im klinischen Alltag ist die Lagerung auf die betroffene Seite besonders bei schmerzhaften Frakturen z.B. des Oberschenkelhals ein Problem. Häufig muss zusätzlich eine Analgosedierung oder sogar eine kurze Narkose zur Lagerung durchgeführt werden. Die Lagerung der frakturierten Extremität nach oben wäre für die Patienten sicherlich ein Vorteil. Es liegt nahe, die durchaus verlockende Idee einer einseitigen Spinalanästhesie für die hypobare Technik zu untersuchen, weil hier das verletzte oder zu behandelnde Bein oben liegend positioniert werden kann.

Studien, die die hypobare mit der hyperbaren unilateralen Methode vergleichen gibt es kaum, nur eine Studie im Jahr 2004 befasst sich mit diesem Vergleich (42). Hier wurde schon nach 15 Minuten eine Umlagerung in Rückenlage durchgeführt, so dass ein „Spillover“ zur nicht zu anästhesierenden Seite vorprogrammiert war.

Die hypobare Methode ist wesentlich schlechter untersucht als die hyperbare unilaterale Anästhesie, vielleicht aus Angst vor der Möglichkeit einer kranialen Ausbreitung der spinalen Blockade.

Einige Studien zur einseitigen hyperbaren Spinalanästhesie zeigen, dass eine Abhängigkeit von der Injektionsgeschwindigkeit und von der Dauer der Seitenlagerung besteht, obwohl die Meinung hier durchaus bei vielen Autoren unterschiedlich ist (14, 15, 16, 29). Die Dauer der Seitenlage ist durchaus disputabel.

Die Beeinflussung von Störfaktoren – welchen Einfluss hatten die Konzentration der Lösung, welchen Einfluss hatten In-vitro-Versuche?

Nach Voruntersuchungen (siehe Anhang) wurde als Konzentration der Lokalanästhetikallösung eine 0,33% Lösung gewählt. Eine noch geringere Konzentration würde eine zu geringe motorische Blockade zur Folge haben.

In der Vergangenheit wurden die unterschiedlichsten Konzentrationen und Volumina eingesetzt. Ältere Studien zeigen, dass die isobare 0,5%ige Bupivacain Lösung geringgradig hypobar ist. Dieser Effekt kann durch Zusatz von Aqua ad injectabilia noch verstärkt werden. Bei der Herstellung unserer 0,33% Bupivacainlösung wurde isobares Bupivacain mit Aqua ad injectabilia verdünnt. Die damit durchgeführten In-vitro-Versuche zeigten eindeutig, dass die entstandene Lösung hypobar ist (siehe Anhang Abb.8). Ein weiterer Grund zur Wahl hypobarer Lösungen ist, dass die Auswahl eines iso- oder hypobaren Lokalanästhetikums eine Reduktion des kardiovaskulären Komplikationsrisikos im Vergleich zur Anwendung hypobarer Lösungen darstellt (32). Schon die Lagerung zur Injektion hat Einfluss auf das Kreislaufverhalten. Die Injektion im Sitzen ist mit einer höheren Inzidenz von Blutdruckabfällen verbunden (43, 44, 54, 60). Welches minimale Injektionsvolumen für eine effiziente halbseitige Blockade ausreichend ist, ist eine weitere daraus folgende Fragestellung.

Die Studienteilnehmer wurden zur Klärung dieser Frage nach den unterschiedlichen Injektionsvolumina (ausgewählt je nach Art und Dauer des Eingriffs sowie Alter und Größe des Patienten) den vier Gruppen zugeteilt. Die In-vitro-Versuche (siehe Anhang) hatten das Ziel, Erkenntnisse über den idealen Nadeltyp, die Injektionsgeschwindigkeit, die richtige Konzentration des Lokalanästhetikums und Aspekte der Lagerung des Patienten zu sammeln, um schon vor Durchführung der Studie am Patienten eine Optimierung zu erreichen. Als Ergebnis resultiert das im Abschnitt Methodik beschriebene Verfahren.

Die folgende Studie belegt anhand der Rückmeldung der Studienteilnehmer in den Dokumentationsbögen, dass hier ein Verfahren mit hoher Patientenakzeptanz und guter praktischer Anwendbarkeit vorliegt.

Besteht auch bei der einseitigen Methode eine nachteilig beeinflusste Blasenentleerung?

Ein besonderes Augenmerk wurde bei dieser Studie auf die Inzidenz von Blasenentleerungsstörungen gelegt. Der Blaseninhalt der Studienpatienten wurde mittels „Bladderscan“ (46) nach dem operativen Eingriff bestimmt. Bei durchschnittlich ca. 1000 ml Infusionsvolumen bestand die interessante Frage, welches Blasenfüllvolumen nach dem Eingriff durchschnittlich besteht und ob bei dieser Infusionsmenge bei den Studienpatienten ein Harnverhalt auftritt (47).

Der Zusammenhang Spinalanästhesie und Harnverhalt ist wissenschaftlich wenig untersucht worden. Es fehlt insbesondere an Daten zum Thema Harnverhalt bei einseitiger Spinalanästhesie. Ein Verfahren, das hier zu einer deutlichen Verbesserung führt, würde sich nachhaltig empfehlen. Bisher wurde ein intravenöser Flüssigkeitsbedarf von 1000-1500 ml postuliert (44), um einen drastischen Blutdruckabfall zu vermeiden (43). Dies galt insbesondere für die Injektionstechnik im Sitzen.

Natürlich mussten bei der Vorinfusion von kristalloiden Infusionslösungen das Alter und die Vorerkrankungen des Patienten berücksichtigt werden (43, 44). Der Zeitpunkt der Flüssigkeitsgabe und die Menge der Preload-Infusion sind nach wie vor ein strittiges Thema.

Aus älteren Studien geht hervor, dass ein geringeres Blasenfüllvolumen nach Preload-Gabe weniger Probleme bei der postoperativen Blasenentleerung nach Spinalanästhesie verursacht (48, 49, 50). Wenn hier nun ein Verfahren vorliegen würde, welches einen geringeren Bedarf an Pre- oder Coload-Infusion zur Folge hätte, weil eine Kreislaufstabilität allein bedingt durch die Durchführung der hypobaren Technik resultiert, so wäre dies ein weiteres Argument für die Durchführung der Methode.

Mittels „Bladderscan“ lässt sich der durchschnittliche Blaseninhalt in Abhängigkeit von der infundierten Flüssigkeitsmenge bestimmen. Die Messung mit dem „Bladderscan“ unterschätzt die reale Harnmenge geringfügig im Vergleich zur Katheterisierung (47, 51). Es liegt also eine relativ genaue nicht invasive Messmethode vor, die in dieser Studie zum Einsatz kam.

Nach dem Eingriff wurden die Studienteilnehmer nach Ihrer ersten Blasenentleerung befragt. Die Durchführung der Ultraschallmessung mit dem „Bladderscan“ erwies sich als sinnvoll und für den Patienten kaum belastend.

Andere Studien belegen (1, 2, 3, 4), dass das Verschwinden der motorischen Blockade nach dem Eingriff in beträchtlichem zeitlichen Abstand vor der ersten Blasenentleerung auftritt. Würde sich dies auch bei der einseitigen hypobaren Spinalanästhesie bestätigen, obwohl nur eine halbseitige Betäubung vorliegt? Würde die erste Blasenentleerung sehr viel früher auftreten?

Einige Patienten hatten in der Vergangenheit Blasenentleerungsstörungen nach Durchführung einer konventionellen hyperbaren Spinalanästhesie. Was bei einseitiger Betäubung der Harnblase geschieht, ist eine Frage, die bisher kaum untersucht worden. Mit dem Erhebungsbogen wurde der Zeitpunkt der ersten Blasenentleerung nach Beendigung der Operation dokumentiert, um eine Antwort auf diese Frage zu erhalten. Besteht ein Zusammenhang zwischen der geringeren Konzentration des Lokalanästhetikums (0,33 %iges Bupivacain) und der Blasenentleerung?

Es gibt Hinweise, dass die Häufigkeit von Blasenentleerungsstörungen mit der Menge des applizierten Lokalanästhetikums korreliert (25). Das bedeutet auch, je ausgeprägter die motorische Blockade ist, umso ausgeprägter ist die Behinderung der Blasenentleerung. Bei der bilateralen Methode wird angenommen, dass eine behinderte Blasenentleerung in etwa bis zur Blockade bei Level S3 vorliegt. Für einseitige Spinalanästhesien liegen keine Daten zu diesem Sachverhalt vor. Es könnte eine interessante Fragestellung für eine weitere Studie sein, unterschiedliche hypobare Lösungen mit unterschiedlichen Konzentrationen und deren Effekte auf die Blasenentleerung zu vergleichen.

Welchen Einfluss haben Nadeltyp, Nadelgröße und Injektionsdauer auf die Effizienz der Methode?

Aus einigen Arbeiten zur einseitigen hyperbaren Methode geht hervor, dass eine Abhängigkeit vom Injektionsfluss besteht (14, 15). Daher ist es unverständlich, dass auf diese Tatsache in kürzlich durchgeführten Studien zur einseitig hyperbaren Methode nicht

eingegangen wird (29). Der Injektionsfluss d.h. die Injektionsgeschwindigkeit hat einen deutlichen Einfluss, sowohl bei Anwendung der hyperbaren, als auch bei der hypobaren Technik (23). Diese Tatsache wird von mehreren Autoren bestätigt (14, 15, 20, 23, 38). In der hier durchgeführten Studie wird dieser Sachverhalt berücksichtigt und bewusst eine langsame Injektionsgeschwindigkeit gewählt.

Die Frage, welche Form einer Spinalkanüle für einseitige Spinalanästhesien gewählt werden sollte, ist unzureichend erforscht. Es gibt zahlreiche Arbeiten, die sich mit den unterschiedlichen Spinalkanülen befassen, allerdings sind kaum Erkenntnisse vorhanden, ob dies auch ein entscheidender Faktor für die Effizienz der einseitigen hypobaren Spinalanästhesie ist (20, 22).

Es gibt eine Arbeit zum Effekt des Nadeltyps bei hyperbarer Spinalanästhesie. Hier erweist sich die Whitacre Nadel als eindeutig der Quincke Nadel überlegen (Casati et al. 1998, 33). Zu diesem Sachverhalt mag beitragen, dass für diese Studie eine Neuentwicklung verwendet wurde. Die Kombination einer extrem feinen Kanülenspitze, Pencil-point geschliffen, mit seitlicher Öffnung und einem distal konischen Verlauf der Nadel (engl. distal tapered needle, siehe Anhang), bewirkt einerseits einen schnellen Liquorrückfluss, andererseits einen sehr langsamen Ausstrom aus der Nadelöffnung.

Eine von Enk beschriebene Injektionsmethode (air buffered injection) für die hyperbare einseitige Spinalanästhesie wurde zur Erzielung eines langsamen Ausstroms für die hypobare einseitige Spinalanästhesie übernommen (20, 23).

Ist dieses Kombinationskonzept geeignet für die Durchführung einer einseitigen hypobaren Spinalanästhesie? Wenn eine einseitige Spinalanästhesie durchgeführt wird, ist es nur verständlich, dass eine Nadel mit seitlicher vektorieller Öffnung gewählt wird. Jede Turbulenz des Liquors sollte vermieden werden (siehe Anhang). Das bestätigen auch die In-vitro-Vorversuche. Je nach Barizität der Lösung sollte das Lokalanästhetikum den Liquor entweder über- oder unterschichten (20, 23, 38). Es darf keine Barbotage durchgeführt werden. Eine Injektion in nur wenigen Sekunden Geschwindigkeit ist hier zum Scheitern verurteilt. Dies kann an In-vitro-Modellen gezeigt werden und ist in älteren Studien (20, 23, 38) belegt.

Die Form der Spinalkanülenspitze ist wichtig für die Art des Austroms aus der Öffnung der Kanüle (siehe Anhang Abb. 8-10). In unserer Studie wurden Sprötte Kanülen und Pencil-point Micro-tip Kanülen benutzt. In-vitro-Versuche mit Quincke Kanülen zeigten, dass hier selbst bei langsamer Injektion schon eine Verwirbelung auftritt. Daher wurde diese Art der Spinalkanülen schon zu Beginn aus der Studie genommen.

Wie empfanden Patient und Anästhesist die Durchführung der Punktion in Seitenlage?

Ist die Durchführung der Punktion in Seitenlage für den Anästhesisten, der in der täglichen Routine mit der hyperbaren Methode gearbeitet hat, eine sinnvolle Umstellung? Kommt es zu häufigen Fehlpunktionen, die der Patient als unangenehm empfindet? Wird die Seitenlagerung als eher unbequem empfunden? Im Gegenteil, zwar dauerte die Injektion im Schnitt vier Minuten, der Anwender konnte dies jedoch durch bequemes Aufstützen des Ellenbogen an der Operationstischkante wieder ausgleichen. Es ergab sich eine Verfahrensweise, die sowohl für den Patienten, als auch für den Anästhesisten als angenehm eingestuft wurde.

Interessant war auch die Beantwortung der Frage, welche Anschlagszeiten für die Anästhesie der einen Extremität kalkuliert werden können. Die Studienpatienten wurden in Abständen von fünf Minuten nach der Injektion untersucht und befragt. Die Datenerhebung wird mit einem standardisierten Untersuchungsbogen durchgeführt. Anschließend wird die Dauer der Gefühllosigkeit und die Dauer der motorischen Blockade der einen Extremität ermittelt und tabellarisch festgehalten.

Für alle Studienteilnehmer ergab sich eine ausreichende Wirkdauer des Verfahrens. Die Studie schloss eine Schraubenentfernung von wenigen Minuten Dauer ein, aber auch eine Kreuzbandoperation von vier stündlicher Dauer.

Erlebt der Patient eine starke Beeinträchtigung des Körpergefühls? Gibt es Vorteile gegenüber der bilateralen Methode?

Ein wichtiger Aspekt der Studie war die Beurteilung des Verfahrens durch die Patienten. Das während der Spinalanästhesie erlebte Körpergefühl wird durchaus von einigen Patienten als unangenehm beurteilt. Die Idee nur eine Extremität zu anästhesieren und damit das Körpergefühl zu erhalten, nicht vom Bauchnabel abwärts gelähmt zu sein, ist sehr verlockend. In Studien, die mit hyperbarer Technik durchgeführt wurde, wird die Effektivität der einseitigen Methode angezweifelt (29).

Wie verhält es sich bei der einseitigen hypobaren Spinalanästhesie? Wird die Einseitigkeit auch von den Patienten so erlebt? Gibt es einen Unterschied zwischen der Messung der Hauttemperatur, d.h. der wissenschaftlichen Darstellung der einseitigen Sympathicolyse und der subjektiv vom Patienten wahrgenommenen Einseitigkeit der Spinalanästhesie? Oder ist eine Beteiligung des anderen Beins so ausgeprägt, dass sich der Aufwand für dieses Anästhesieverfahren nicht lohnt, weil keine Einseitigkeit zu erzielen ist? Auf diese Fragen sollte diese Studie eine Antwort finden.

Ist die hypobare einseitige Spinalanästhesie ein nebenwirkungsarmes Verfahren?

Die häufigsten Nebenwirkungen, die bei Durchführung von Spinalanästhesien dokumentiert werden (Herzrhythmusstörungen, Bradycardie, Blutdruckabfälle, Übelkeit, Erbrechen, hohe Spinalanästhesie etc.(31, 52, 54, 60) wurden mit o.a. Dokumentationsbogen festgehalten und statistisch ausgewertet.

Vergleiche mit älteren Studien zur herkömmlichen Spinalanästhesie sind hier durchführbar (31). Zur Zeit gibt es nur wenige Studien, die einen direkten Vergleich der unilateralen mit der bilateralen Methode zur Problemstellung der perioperativen Komplikationen führt (52). Die Dauer der motorischen Blockade und die Zeit, die verstrich bis die Studienteilnehmer für die erste Blasenentleerung aufstehen konnten, wurden auf dem Dokumentationsbogen festgehalten und ausgewertet.

Ist eine frühzeitige Mobilisation und frühzeitige Blasenentleerung möglich? Kann die Methode auch in der ambulanten Anästhesie eingesetzt werden (3, 6, 52, 53)? Dieser Sachverhalt müsste dann in einer weiteren Studie an ambulanten Patienten geklärt werden. Ist ein frühzeitiges Aufstehen innerhalb der ersten vier Stunden nach Operationsende (in Abhängigkeit von der Art des Eingriffs) bei Verwendung von den sehr dünnen Micro-tip Kanülen mit Pencil-point Nadelspitze sicher vertretbar? Fragen, die in der folgenden Diskussion behandelt werden.

Es müsste ein sehr großes Kollektiv untersucht werden, ob es bei frühzeitiger Mobilisation nicht doch zu einer Häufung von postspinalen Kopfschmerzen kommt. Sicher ist eine frühzeitige Mobilisation ein wichtiges Argument bei der Vorbeugung von Thrombosen und Lungenembolien. Es sind noch genug unbeantwortete Fragen für weitere wissenschaftliche Arbeiten in diesem Zusammenhang offen.

Ist die einseitige hypobare Spinalanästhesie ein Traum in den Köpfen der Anästhesisten oder eine Empfehlung als praktikable Methode der Risikominimierung im Alltag des Anästhesisten?

Teilweise enttäuschende Ergebnisse der hyperbaren einseitigen Methode (29) führten zu der Idee eine hypobare Methode einzusetzen und zu untersuchen, ob die einseitige hypobare Spinalanästhesie nur ein Traum ist, der in den Köpfen der Anästhesisten seit langer Zeit besteht oder ob es sich um ein praktisch gut realisierbares und reproduzierbares Konzept handelt, welches zum Wohlbefinden des Patienten beiträgt und zu einer Verringerung der Nebenwirkungen von Spinalanästhesien führt.

Ergibt sich eine Kreislaufstabilität der Studienteilnehmer während der Anlage der Spinalanästhesie und während des Eingriffs? Kann die Methode auch sinnvoll für Patienten mit kardiovaskulärer Instabilität eingesetzt werden?

Dies war allerdings nicht Inhalt dieser Studie, die nur Patienten ASA I-III einschloss und müsste in einer weiteren Studie untersucht werden. Das Studiendesign und die Einwilligungserklärung zur Studienteilnahme wurde von der Ethikkommission der Westfälischen Wilhelms-Universität bewilligt.

Es wurde eine neue Entwicklung von Pencil-point Kanülen eingesetzt und eine Injektionstechnik die einen langsamen laminaren Ausstrom aus der Nadelöffnung bewirkt (siehe Abbildung 8 im Anhang).

Die Problematik des Harnverhalts wurde mittels Ultraschalluntersuchung („Bladderscan“) neu beleuchtet. Das Ergebnis der Kombination dieser Faktoren war zu Beginn der klinischen Studie völlig unklar und wird in der Diskussion abschließend ausgewertet.

Wie wurde das Verfahren in der täglichen Anwendung von Chirurgen und Anästhesisten beurteilt?

Die Studienbeobachtung musste in den täglichen Routineablauf einer Klinik integriert werden. Das bedeutete, dass eine gewisse praktische Anwendbarkeit von Anfang an gegeben sein musste, andernfalls wäre die Studie in einem Stadtkrankenhaus kaum durchführbar gewesen.

Die Temperaturmessung auf dem Fussrücken zur Verifizierung der einseitigen Sympathicolyse über 30 Minuten führte zu deutlichen Verzögerungen im Routineablauf des OP Bereichs. Die nach Beendigung der Studie durchgeführten unilateralen hypobaren Spinalanästhesien führten nicht mehr zu solchen Verzögerungen, die Patienten wurden frühzeitig zum OP gebracht, es genügt eine Vorlaufzeit von ca. 20 Minuten.

Kann die hier durchgeführte Methode daher als ein Verfahren angesehen werden, das auch in einem sehr geschäftigen Stadtkrankenhaus durchführbar ist? Wurde ein erster „harter“ Praxistest des Verfahrens überstanden und kann das Verfahren für die weitere Anwendung empfohlen werden?

Wie war die Akzeptanz des neues Spinalanästhesieverfahrens bei den Operateuren? Welche Rückmeldungen gab es bei den Visiten von den Patienten und vom Stationspflegepersonal?

Das Pflegepersonal auf den Stationen, die von der frühzeitigen Mobilisation und Blasenentleerung der Studienpatienten zuerst erfuhren, war sehr angetan. Man war von den bilateralen Spinalanästhesien gewöhnt, gelegentlich Blasenkatheterisierungen

durchführen zu müssen, nicht jedoch bei den 95 Studienteilnehmern, die eine einseitige hypobare Spinalanästhesie erhielten.

Ob sich das Verfahren in einem Ambulatorium mit z.B. zahlreichen Kniearthroskopien bewähren würde, wäre sicherlich ein Thema für eine Fortführung der Untersuchung. Grundsätzlich ist ein Spinalanästhesieverfahren mit hoher Kreislaufstabilität und guter Verträglichkeit ein für die ambulante Anästhesie empfehlenswertes Verfahren, insbesondere wenn eine frühzeitige Mobilisation möglich ist.

2.0 Methodik

95 ASA I-III Patienten werden in den vier Gruppen mit den entsprechenden Injektionsvolumina 1,4, 1,6, 1,8 und 2,0 ml untersucht. Es stellte sich die Frage, ob eine einseitige oder bilaterale Spinalanästhesie nach der Injektion in hypobarer Technik eintreten wird. Es wird untersucht, ob eine bestimmte Menge des injizierten Lokalanästhetikums ausschlaggebend für das Erzielen einer einseitigen Betäubung eines Beins ist oder ob die Menge des Lokalanästhetikums verglichen mit anderen Störgrößen ein relativ unerheblicher Faktor ist.

Mögliche andere Störgrößen sind z.B. die Injektionsgeschwindigkeit, der Nadeltyp, der Nadeldurchmesser, die Dauer der Seitenlagerung und die Einstichhöhe.

2.1. Wahl der Injektionsgeschwindigkeit und des Injektionsvolumens

Die Ermittlung der Anzahl an einseitigen bzw. nicht einseitigen Spinalanästhesien ist das zentrale Untersuchungsziel dieser Arbeit. Die Ausbreitung der Spinalanästhesie mit hypobarer Lokalanästhetikalösung ist von der Art des erzielten Flows aus der Nadelöffnung im Subarachnoidalraum abhängig. Entsteht ein turbulenter Flow im Liquor, so ist mit einer bilateralen Ausbreitung der Spinalanästhesie zu rechnen (14, 20, 23).

Aus Voruntersuchungen geht hervor, dass ein Injektionsvolumen von 1,4 ml der standardisierten Lokalanästhetikalösung (hypobares Carbostesin 0,33%) zu einer ausreichenden einseitigen Anästhesie führt. Die Injektionsgeschwindigkeit muß sehr langsam gewählt werden, da es andernfalls zu turbulenter Strömung kommt deren Folge das Entstehen einer beidseitigen Spinalanästhesie ist.

Die Auswahl der unterschiedlichen Injektionsvolumina richtet sich auch nach der Fragestellung, wie das Injektionsvolumen die Wirkdauer beeinflusst. Es wurde eine Einteilung in vier Gruppen gewählt. Als Injektionsvolumina wurden 1,4, 1,6, 1,8 und 2 ml gewählt. Die Zuteilung in die einzelnen Gruppen erfolgte nach Körpergröße, Alter, Art und Dauer des Eingriffs.

Es wurde untersucht, welchen Einfluss die Injektionsmenge auf die Häufigkeit einer einseitigen oder nicht angestrebten beidseitigen Anästhesie hat. Als Dauer der Injektionsgeschwindigkeit wurde vier Minuten gewählt. Dies ist nach den Voruntersuchungen als eine sinnvolle Zeitspanne anzusehen, nachdem mehrere Patienten bei Injektion über zwei Minuten einen bilateralen Block zeigten.

2.2. Auswahl des Nadeltyps und Einfluss der „In-vitro“-Versuche

Aus weiteren Voruntersuchungen und früheren Arbeiten ergibt sich, dass die Verwendung möglichst feinumiger Pencil-point Nadeln mit distal konischer Verjüngung für die Vermeidung von Turbulenzen im Liquorraum notwendig ist.

Für die Untersuchung der hyperbaren unilateralen Methode wurden 29 G Quincke Kanülen eingesetzt (38). Aus den In-vitro-Versuchen ging eine gleichmäßige Unterschichtung des Liquors hervor. Das gleiche Phänomen wurde bei der hypobaren Technik im In-vitro-Versuch festgestellt (siehe Anhang). Daher wurden auch im klinischen Versuch Pencil-point Nadeln der Größe 27 G, 28 G und 29 G verwendet. Es handelte sich dabei um Micro-tip Pencil-point Kanülen, die in der praktischen Anwendung einen sehr schnellen Liquorrückfluß ohne lange Wartezeit erzielten. Dieser Vorteil wird bei diesen Kanülen durch eine konische Verjüngung der Nadelspitze erreicht.

Bei den extrem feinen 29 G Kanülen ergibt sich ein Nachteil für die praktische Handhabung der Kanüle. Bei Knochenkontakt kann es schnell zum Verbiegen der verjüngten Nadelspitze kommen, was zu einer höheren Verlustrate bei den sehr dünnen 29 G Micro-tip Nadeln führen kann. Die Auswertung der Ergebnisse berücksichtigt auch diese praktischen Erwägungen, d.h. welcher Nadeltyp bietet einen günstigen Kompromiss zwischen Handhabung und erfolgreicher unilateraler hypobarer Spinalanästhesie?

Eine Auswertung der Effizienz der Methode bezogen auf die unterschiedlichen Spinalkanülen ist in dieser Arbeit eingeschlossen. Zur Vermeidung des Verbiegens der Micro-tip Spinalkanülen wurde die Führungskanüle in der Mittellinie zwischen den Dornfortsätzen wenn möglich sehr tief bis in das Ligamentum flavum eingeführt, so dass die Wegstrecke bis zum Subarachnoidalraum nur sehr kurz ist. Es wurde untersucht, welchen

Einfluss der Nadeldurchmesser auf die Häufigkeit der einseitigen hypobaren Spinalanästhesie hat.

Zum Vergleich wird bei einigen Patienten eine herkömmliche Sprötte Nadel verwendet.

2.3. Vorbereitung und Aufklärung der Patienten

Am Vortag der Operation werden die Patienten unter Verwendung eines standardisierten Einwilligungsbogens, der zuvor von der Ethikkommission der WWU Münster begutachtet und bewilligt worden war, über die Studienteilnahme aufgeklärt. Die Studienteilnehmer sind ASA I-III Patienten, bei denen eine Infektion zuvor ausgeschlossen wurde. Präoperativ wurde den Patienten standardisiert ein Benzodiazepin (25–50mg Tranxilium) zur Prämedikation verabreicht.

Am Tag vor der Operation wird das Verfahren ausführlich beschrieben und auf mögliche Nebenwirkungen und Komplikationen hingewiesen. Am OP-Tag werden die Patient im Anästhesieeinleitungsraum an EKG, Blutdruckmessung und Pulsoximetrie angeschlossen. Die Blutdruckmessung erfolgt manuell durch Auskultation der Korotkowschen Töne in Abständen von fünf Minuten. Ein Ausgangswert der Blutdruckmessung wurde vor Beginn der Injektion dokumentiert.

Der arterielle Mitteldruck wird kalkuliert. Ein venöser Zugang wird angelegt und 1 Liter kristalloide Lösung (Sterofundin) angeschlossen. Die Gesamtmenge der applizierten kristalloiden Lösung wird am Ende des Eingriffs dokumentiert und ein Durchschnittswert ermittelt.

Die Umgebungstemperatur wird konstant bei 23° Celsius \pm $0,5^{\circ}$ Celsius gehalten. Thermistoren werden zur Temperaturmessung zwischen os metacarpale D1 und D2 auf beiden Fußrücken angebracht. Die Füße werden bequem verschränkt gelagert, um eine Interferenz bei der Messung durch die Körperwärme der Gegenseite zu vermeiden.

Die Anästhesieeinwilligung, die Einwilligung zur Studienteilnahme, der Zeitpunkt der präoperativen Heparinabgabe, die üblichen Laborparameter, insbesondere die Gerinnungswerte und die Thrombocytenkonzentration werden vor Anlage der unilateralen hypobaren Spinalanästhesie kontrolliert. Danach wird der Studienteilnehmer noch einmal ausführlich

über die Durchführung der Spinalanästhesie informiert und jeder weiterführende invasive Schritt vorher angekündigt. Die Patienten wurden noch einmal darauf hingewiesen, dass die Methode ca. 30 Minuten ruhiges und bequemes Liegen in Seitenlage erfordert.

2.4. Durchführung der hypobaren unilateralen Spinalanästhesie

Der Patient wird auf die Seite gelagert, die Einstichstelle aufgesucht, steril abgedeckt und mit Desinfektionsmittel desinfiziert. Die 0,33%ige hypobare Bupivacainlösung wird in einer 10 ml Spritze hergestellt, hierzu werden 4 ml Carbostesin 0,5% isobare Lösung mit 2ml Aqua ad injectabilia gemischt. Von dieser Lösung werden 2 ml in eine 5 ml Spritze umgefüllt. Über diese Lösung werden weitere 2 ml Luft in der 5 ml Spritze aufgezogen, so erhält man ein Luftpolster zwischen Spritzenstempel und Lemniskus der 0,33% igen Lösung. Der Drei-Wege-Hahn wird nun mit der in der 10 ml Spritze verbliebenen Lösung gefüllt und entlüftet, anschließend wird die vorbereitete 5 ml Spritze mit dem Drei-Wege-Hahn verbunden. Die Injektion ist nun vorbereitet. Es muss nur noch die Verbindung von der Spinalkanüle zum Drei-Wege-Hahn erstellt werden. Dies geschieht im 90° Winkel (siehe Anhang) damit die 5 ml Spritze bei der Injektion senkrecht gehalten werden kann. Dieses Verfahren wird als „air buffered injection technique“ bezeichnet. Die Punktion des Liquorraumes erfolgt in Seitenlage, wobei nicht wie sonst üblich aspiriert werden darf. Es darf auch keine Barbotage durchgeführt werden, da dann eine Überschichtung des Liquors unmöglich wäre. Nach Punktion des Subarachnoidalraums erscheint klare Flüssigkeit im Lupenglas der Spinalkanüle, die Kanüle wird noch einen weiteren Millimeter vorgeschoben und bei Drehung der Kanüle in andere Ebenen muss weiterhin ein deutlicher Rückfluss von Liquor erkennbar sein. Erst jetzt kann mit der Injektion begonnen werden. Die vorbereitete 5ml Spritze mit der 0,33 % igen hypobaren Bupivacainlösung wird über den Drei-Wege-Hahn im 90° Winkel zur Spinalkanüle an die Micro-tip Pencil-point Nadel konnektiert. Es empfiehlt sich, sich mit dem linken Ellbogen auf dem OP-Tisch abzustützen und die Spinalkanüle mit der linken Hand in ständigem Kontakt zum Rücken des Patienten zu fixieren, weil die Injektion über 4 Minuten ein sehr ruhiges Halten der Spinalkanüle erfordert, jedes Verrutschen muss vermieden werden. Es kann bei der „air buffered

injection“ zu akzidenteller schneller Injektion kommen. Aus diesem Grund wurde die Zeit während der Injektion gemessen und vom Hilfspersonal jede halbe Minute angesagt. Es ergab sich ein Injektionsfluß von ca. 0,5 ml pro Minute in den vier Gruppen. Bei der „air buffered injection“ werden jeweils 2 ml Lösung in der 5 ml Spritze aufgezogen und darüber ein 2 ml Luftpolster erstellt. Die Entleerung dieser Lösung in die Spinalkanüle erfolgt durch intermittierendes Drücken des Spritzenstempels in senkrechter Position zur Nadelspitze über einen Drei-Wege-Hahn. Dabei wird der Spritzenstempel jeweils um ca. einen halben Teilstrich (entspricht 0,05 ml) bewegt.

Das Luftpolster unter dem Spritzenstempel bewirkt einen sehr langsamen gleichmäßigen Ausstrom aus der Spinalkanüle, dies konnte in In-vitro-Versuchen sicher nachgewiesen werden und wurde so auch klinisch durchgeführt. Bei den In-vitro-Versuchen wurde die 0,33% Lösung mit Methylenblau gemischt und anschließend in eine Infusionsflasche mit 0,9% NaCl Lösung injiziert. Bei sehr langsamer Injektion in der angegebenen Technik (0,5 ml pro Minute) unter Verwendung feinumiger Pencil-point Nadeln kann man ein Aufsteigen und Überschichten der blau gefärbten hypobaren Lösung (Abb.8 im Anhang) erkennen. Bei schneller turbulenter Injektion verfärbt sich der gesamte Inhalt der Kochsalzlösung blau.

2.5. Überwachungs- und Messphase nach der Injektion

Nach der Injektion wird der Patient für 30 Minuten in strikt lateraler Position gelagert und ein Überwachungsprotokoll geführt. Bei der Seitenlagerung muss besonders auf den horizontalen Verlauf der Wirbelsäule, d.h. parallel zum OP – Tisch geachtet werden, um einen unkontrollierten Anstieg der Spinalanästhesie zu vermeiden.

Als Anzeichen einer Sympathicusblockade wird ein Temperaturanstieg der Hauttemperatur von mehr als 0,5° Celsius am Fußrücken definiert. Die Messung erfolgt mittels Thermistoren, die am Fußrücken angebracht werden.

Die Temperaturveränderung wird in Zwei-Minuten-Abständen dokumentiert, tabellarisch festgehalten und als Temperaturkurve dargestellt. Jede Reduktion der Beweglichkeit von Hüfte, Knie und Sprunggelenk auf der Gegenseite wird als bilaterale Spinalanästhesie bewertet. Hierzu wurde der Patient in fünfminütigen Intervallen aufgefordert, Bewegungen

in den o.a. Gelenken auszuführen. Ebenso wird die Temperaturdiskrimination und die Empfindlichkeit auf Nadelstich bzw. Kältespray (Alkoholaerosol) in den einzelnen Dermatomen auf beiden Seiten in fünfminütigen Intervallen untersucht.

2.6. Vermeidung eines frühzeitigen „Spillover“

Die Dauer der Seitenlage ist in mehreren Studien mit unterschiedlichen Ergebnissen untersucht worden (Chohan et al., Esmaglu et al., 52, 54). Die Studiendaten beziehen sich allerdings meist auf die hyperbare Methode. Zur hypobaren Methodik gibt es wenig verlässliche Aussagen in der vorhandenen Literatur. Um hier möglichst wenig Auswirkungen einer vorzeitigen Rückenlagerung zu erhalten, wird die Dauer der Seitenlage mit 20 Minuten großzügig bemessen. Vorversuche hatten eindeutig ergeben, dass eine Umlagerung noch vor 15 Minuten eine Umverteilung des Lokalanästhetikums zur Gegenseite zur Folge hat (spillover), weil noch ausreichend ungebundenes Lokalanästhetikum im Liquor vorhanden ist. Dies hat einen bilateralen Block zur Folge und sollte vermieden werden. Jede auch nur geringfügige Einschränkung der Fähigkeit das gegenseitige Bein anzuheben, wird als bilaterale Spinalanästhesie gewertet. Die Patienten werden ausdrücklich auf diesen Sachverhalt hingewiesen. Der Einfluss der Spinalanästhesie auf die Hämodynamik wird auf dem Überwachungsbogen und dem Narkoseprotokoll festgehalten. Das Auftreten von Blutdruckabfällen, Bradycardie, Asystolie, Schmerz, die Notwendigkeit der Einnahme von Schmerzmitteln, die Gabe eines Vasopressors, Übelkeit, Erbrechen, Kopf- und Rückenschmerz, das Auftreten von Blasenentleerungsstörungen werden auf dem Überwachungsprotokoll vermerkt, sofern diese Symptome auftreten.

2.7. Postoperative Patientenbefragung

Die Dauer der Anästhesie bis zum Auftreten von Druckschmerz verursacht durch die Staumanschette wird dokumentiert und für die unterschiedlichen Injektionsvolumina ausgewertet. Die Patienten werden befragt, wann die Motorik und die

Berührungsempfindung wiederhergestellt ist, wann sie postoperativ das erste mal aufgestanden sind. Die Patienten werden am OP-Tag und am ersten postoperativen Tag anhand eines Dokumentations- und Untersuchungsbogen befragt. Sie werden aufgefordert jede Komplikation oder unangenehme Nebenwirkung anzugeben und zuletzt eine Bewertung mittels einer Bewertungsskala abzugeben, den Zeitpunkt der ersten Blasenentleerung zu notieren und diese Zeiten anschließend bei der postoperativen Befragung anzugeben.

2.8. Untersuchung mit dem „Bladderscan“

Blasenentleerungsstörungen sind eine nicht seltene aber umso unangenehmere Komplikation bei Spinalanästhesien. Einige Studienteilnehmer hatten in der Vergangenheit einen Harnverhalt nach der Durchführung einer herkömmlichen Spinalanästhesie erlitten und mussten katheterisiert werden. Diese Patienten werden noch einmal gesondert darauf hingewiesen, jegliche Blasenentleerungsstörung nach Durchführung des neuen Verfahrens der einseitig angelegten hypobaren Spinalanästhesie anzugeben. Nach Beendigung des operativen Eingriffs wird der Harnblaseninhalte mittels „Bladderscan“ sonographisch bestimmt, um einen möglichen Zusammenhang zwischen Füllung der Harnblase und möglichem Harnverhalt sicher festhalten zu können. Die Durchführung eines „Bladderscans“ bietet einige Vorteile für den Patienten. In der Studie sollte der durchschnittliche Harnblaseninhalte bezogen auf die durchschnittlich infundierte Menge ermittelt werden, um daraus Schlüsse für ein sinnvolles Flüssigkeitsmanagement bei diesen elektiven unfallchirurgischen und orthopädischen Operationen zu erhalten.

In der Vergangenheit hatte sich gezeigt, dass der Einsatz des „Bladderscans“ die Häufigkeit von Katheterisierungen deutlich senkt und damit auch die Häufigkeit von Harnwegskomplikationen wie z.B. Infektion, Striktur, Urosepsis etc. und die daraus entstehenden Kosten. Durch frühzeitiges Scannen kann eine übermäßige Distension der Harnblase vermieden werden (Überdehnung der Harnblase tritt in etwa 5 – 35% aller Operationen auf).

Angesichts der Tatsache, dass gerade bei Spinalanästhesien gelegentlich Harnblasenüberdehnung und Harnverhalt auftreten, ist die Bestimmung des Blaseninhalts mittels „Bladderscan“ eine sinnvolle Methode, um die Einflüsse der neuen Methode, der einseitig angelegten hypobaren Spinalanästhesie auf diesen Sachverhalt festzuhalten.

Die Durchführung des Harnblasenultraschalls erfordert etwa eine Minute Aufwand und wird von den Patienten nicht als unangenehm empfunden.

Die Genauigkeit des „Bladderscans“ wird mit +/- 35 – 50 ml Volumen angegeben. Durchschnittlich unterschätzt die sonographische Messung mit dem „Bladderscan“ um ca. 7% den realen Blaseninhalt. Der Zeitpunkt der Messung ist direkt nach dem Operationsende. Der gemessene Blaseninhalt in Milliliter wird auf dem Display des „Bladderscan“ angezeigt und auf dem Erhebungsbogen festgehalten.

Interessant ist die Klärung der Frage, ob es auch bei der einseitigen hypobaren Spinalanästhesie postoperativ zu gehäuften Harnverhalten kommt und ob diese Harnverhalte mit einer übermäßigen Füllung (Overdistension) der Blase einhergehen. Die Patienten werden am Tag der Operation während des Eingriffs kontinuierlich überwacht und im Protokoll entsprechend befragt. Die Befragung wird am Abend nach dem Eingriff und am 1. postoperativen Tag wiederholt.

Persönliche Beurteilungen seitens der Studienpatienten werden gleichfalls auf dem Studienprotokoll für die spätere Auswertung vermerkt. Abschließend sei erwähnt, dass die Vermeidung von Turbulenzen im Liquorraum als entscheidendes Kriterium für eine effektive Methodik und Durchführung schon vor Beginn der Studie postuliert wird.

Den Arbeiten von Enk und Bourke für die hyperbare Spinalanästhesie (23, 38) folgend, sollte die Kombination von Seitenlagerung, neuartigen Micro-tip Spinalkanülen und die langsame Injektionstechnik das Ergebnis unserer Studie positiv beeinflussen.

2.9. Statistische Auswertung

Die anschließende statistische Auswertung der Studie überprüft die Stichprobe $n = 95$ Patienten auf eine einseitige oder bilaterale Spinalanästhesie. Als Kriterium für die Einseitigkeit wurde die Kombination der einseitigen Einschränkung bzw. Verlust von

Motorik und Sensorik, sowie das Auftreten einer einseitigen Sympathikolyse gewertet und mittels üblicher Testverfahren statistisch überprüft. Das Kriterium „Kreislaufstabilität“ unter einseitig hypobarer Spinalanästhesie wurde nach Ermittlung der Abweichung des MAP (mean arterial pressure) vom Ausgangswert überprüft und mittels Chi-Quadrat-Test statistisch ausgewertet. Die Datenerfassung erfolgte mit den üblichen Kalkulationsprogrammen Excel und Works. Im Anhang sind Abbildungen zum „Bladderscan“ (Anhang Abb.11), zu den unterschiedlichen Nadeltypen, zur „air buffered injection“ (Anhang Abb.7) und zu den In-vitro-Versuchen (Anhang Abb. 8-10) dargestellt.

2.10. Datenerfassung und Dokumentation mit den Erhebungsbögen

Im Folgenden werden eine ideale Messkurve bei unilateraler hypobarer Anästhesie und die dazu gehörigen Erhebungsbögen vorgestellt.

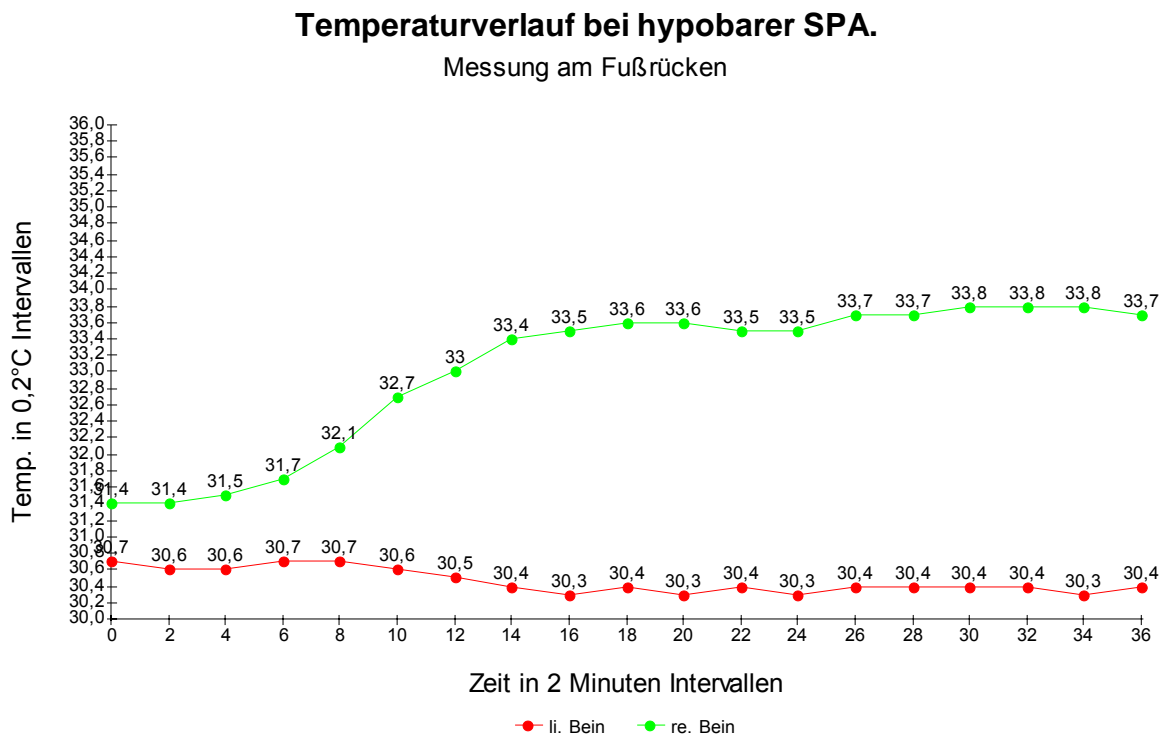


Abb.1: Ideale Temperaturverlaufskurve hier bei einer Hallux valgus Operation. Das rechte Bein wurde einseitig anästhesiert.

Auf den beiden folgenden Seiten sind exemplarisch die beiden Dokumentationsbögen dargestellt, die bei den 95 Studienteilnehmern genutzt wurden.

Das gelb gekennzeichnete Hautareal entspricht der höchsten Ausdehnung des Ausfalls der Temperaturempfindung, das rot gekennzeichnete Areal entspricht der höchsten Ausdehnung des Hautareals mit Ausfall der Pin-prick Empfindung. Aus praktischen Gründen wurde das rote Areal nicht auf das ganze Bein ausgedehnt. Es soll aber Folgendes impliziert sein: von den eingefärbten Flächen abwärts betrachtet ist die entsprechende Empfindung ausgefallen.

OP Tag - Datum:

20.02.2002

Patient

Name:L.

Vorname:M.

geb:18.12.1946

Eingriff:Hallux valgus re

Station:8

Spinalkanüle:

25 - 29 G Micro-tip needle

Größe: 163 cm

Gewicht:76 kg

ASA I II III

Seite: RE LI

Punktionsort: L2-3
L3-4
L4-5

Injektionsmenge: 1,4ml
 1,6ml
 1,8ml
() ml
Carbostesin 0,33% hypobar

Injektionsdauer: 2min
/3min 4min /5min

Injektionsbeginn - Uhrzeit:

0800 Uhr

OP - Beginn:

0845Uhr

OP - Ende:

1030Uhr

Komplikationen:

	ja	nein
Blutdruckabfall	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Bradycardie	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Asystolie	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Übelkeit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Erbrechen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vasoconstrictiva	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Akrinor 2:8: ml

OP -Tag Postoperativ:

erste Blasenentleerung:

3hpostOP

Einmalkatheter:

ja nein

Bewertung des Verfahrens durch den Patienten:

sehr gut

=Patientenkomfort

Einseitigkeit ja nein

Kopfschmerz

Harnverhalt

Rückenschmerz

Aufstehen nach:

xxx

vollständige motorische Wiederherstellung:

2h post OP

postoperativ

Übelkeit

Erbrechen

sonstige Auffälligkeiten:

Überlaufblase

Restharmenge, post OP:

623ml bladder scan

Restharmenge 3h post OP:

klinische WD: = wann wird die Staumanschette verspürt:

xxx

1. postoperativer Tag:

Bewertung durch den

Patienten: ja nein

Kopschmerz

Rückenschmerz

Blasenentleerungs-

störung

Analgetika-

bedarf

welches Analgetikum:

Bestehen neurologische

Auffälligkeiten?

ja nein

wenn ja, welche:

Bewertung der Beinkraft im

Seitenvergleich nach dem

Eingriff: (Punkte Von 0 – 100

z.B. 100 Punkte = volle Kraft)

re Bein: 20%

li Bein: 100%

T in min: li re

Name:L.
 Vorname:M.
 geb.:18.12.1946
 Eingriff:
 Hallux valgus re

5min nach Injektionsbeginn

Ausfall der Kälteempfindung
 gelb
 Ausfall der Pin-prick Empfindung
 rot

zu betäubendes Bein: ja nein

wird warm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wird taub	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wird schwer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wird leicht	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
HG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OSG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OSG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10min nach Injektionsbeginn

Ausfall der Kälteempfindung
 gelb
 Ausfall der Pin-prick Empfindung
 rot

zu betäubendes Bein: ja nein

wird warm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wird taub	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wird schwer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wird leicht	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
HG-Beugung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
HG-Streckung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
KG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OSG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OSG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15min nach Injektionsbeginn

Ausfall der Kälteempfindung
 gelb
 Ausfall der Pin-prick Empfindung
 rot

zu betäubendes Bein: ja nein

wird warm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wird taub	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wird schwer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wird leicht	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
HG-Beugung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
HG-Streckung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
KG-Beugung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
KG-Streckung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
OSG-Beugung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
OSG-Streckung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

20min nach Injektionsbeginn

Ausfall der Kälteempfindung
 gelb
 Ausfall der Pin-prick Empfindung
 rot

zu betäubendes Bein: ja nein

wird warm	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wird taub	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wird schwer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wird leicht	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
HG-Beugung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
HG-Streckung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
KG-Beugung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
KG-Streckung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
OSG-Beugung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
OSG-Streckung	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

nicht zu betäubendes Bein:
 ja nein

wird warm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
wird taub	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
wird schwer	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
wird leicht	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
HG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OSG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OSG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

nicht zu betäubendes Bein:
 ja nein

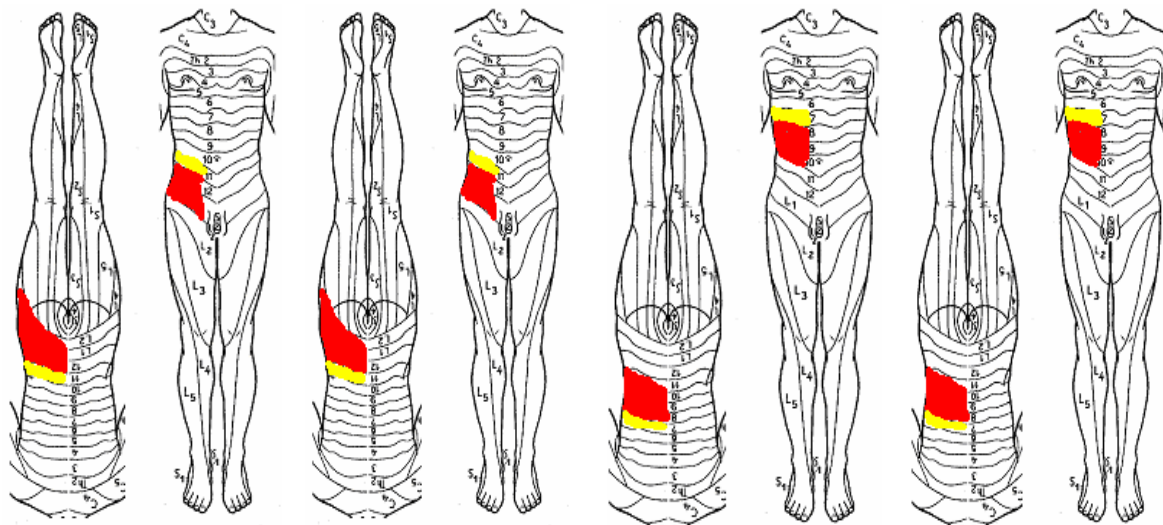
wird warm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
wird taub	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
wird schwer	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
wird leicht	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
HG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OSG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OSG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

nicht zu betäubendes Bein:
 ja nein

wird warm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
wird taub	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
wird schwer	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
wird leicht	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
HG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OSG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OSG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

nicht zu betäubendes Bein:
 ja nein

wird warm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
wird taub	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
wird schwer	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
wird leicht	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
HG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OSG-Beugung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OSG-Streckung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



3.0. Ergebnisse

In einer klinischen Feldstudie an 95 randomisiert ausgewählten Studienpatienten der Risikogruppen ASA I-III aus dem Krankengut einer unfallchirurgischen und allgemein-chirurgischen Abteilung wurde die Effektivität der hypobaren unilateralen Spinalanästhesie bei den Injektionsvolumina 1,4, 1,6, 1,8 und 2ml einer hypobaren 0,33% Bupivacainlösung untersucht. Erstaunlicherweise war die Effektivität der Methode weniger vom Injektionsvolumen als vielmehr von der Injektionsgeschwindigkeit bei der Durchführung der einseitigen hypobaren Spinalanästhesie abhängig. Die beiden folgenden Abbildung zeigen die Verteilung der Patienten auf die Risikogruppen nach ASA und auf die unterschiedlichen Injektionsvolumina.

3.1. Verteilung der Patienten nach Risikogruppen und nach den Injektionsvolumina

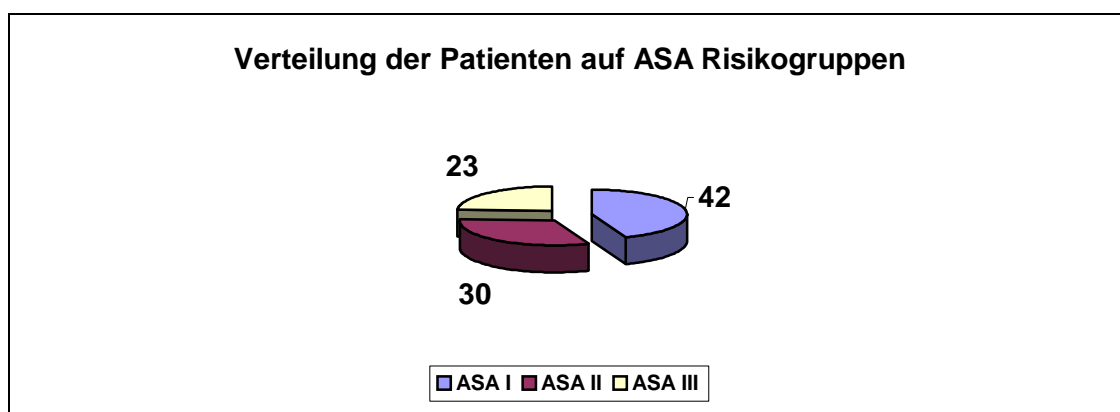


Abb.2

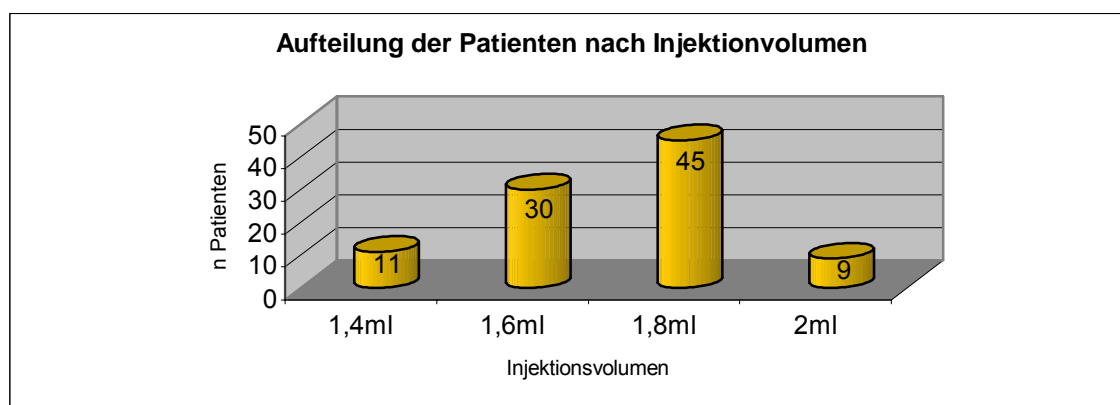


Abb.3

3.2. Altersverteilung der Patienten:

Das Durchschnittsalter der Patienten betrug im Mittel 52,3 Jahre, der älteste Patient war 92 , der jüngste 16 Jahre alt.

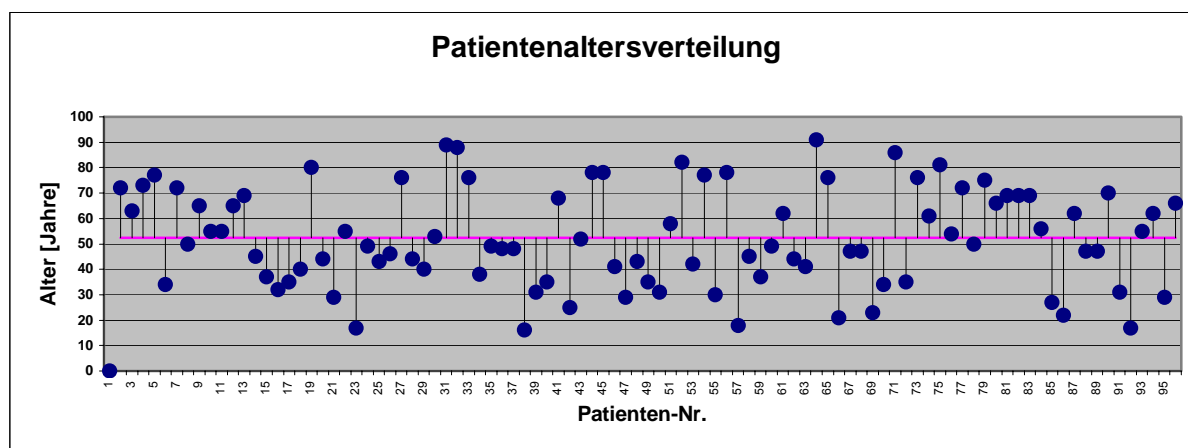


Abb.4

3.3. Die durchschnittliche OP-Dauer und Anästhesiezeit:

Die OP-Dauer betrug im Mittel 56,8 min. Die Summe aus OP- und Anästhesiezeit betrug im Mittel 107,6 min.

3.4. Messung mit dem „Bladderscan“:

Das mittlere während des Eingriffs intravenös infundierte Volumen betrug 1041 ml, der mittlere mittels „Bladderscan“ gemessene Blaseninhalt betrug am OP-Ende 383 ml, der geringste gemessene Blaseninhalt betrug 0 ml, der grösste gemessene Blaseninhalt betrug 868 ml. Kein Patient hatte Blasenentleerungsstörungen. Alle Patienten konnten innerhalb von 8 Stunden postoperativ ihre Blase entleeren. 93 Patienten entleerten ihre Blase innerhalb von 6 Stunden.

3.5. Bewertung durch Patienten, die schon einmal eine Spinalanästhesie erhalten hatten

24 Patienten hatten in der Vergangenheit eine herkömmliche bilaterale Spinalanästhesie erhalten. Davon favorisierten 23 bei der Befragung nach dem Eingriff die unilaterale hypobare Methode, ein Patient machte keine Angaben.

3.6. Ergebnis zum Untersuchungsgegenstand „Einseitigkeit“ bzw. „strikt einseitige Spinalanästhesie“

Das Kriterium „strikt einseitig“ wurde als Kombination des Ausfalls von Motorik, Berührungs- und Temperaturempfindung (erhoben mittels Pin-prick test und Kältespray) sowie des Vorhandenseins einer einseitigen Hauttemperaturerhöhung als Ausdruck einer einseitigen Sympathicolyse definiert. Nur die Patienten, die diese Kriterien erfüllten wurden als „strikt einseitig“ gewertet. Dies traf auf 61 von 95 Patienten zu.

71 von 95 Patienten zeigten die Kombination von einseitigem Berührungsausfall und einseitigem Ausfall der motorischen Beweglichkeit des zu anästhesierenden Beins. 74 von 95 Patienten wiesen eine einseitige Hauttemperaturerhöhung auf.

Bei 3 Patienten konnte keine nachweisbare Hauttemperaturerhöhung gemessen werden. Diese Patienten hatten klinisch eine eindeutig unilateral angelegte Spinalanästhesie, so dass die Zahl der Patienten mit unilateraler Anästhesie, die alle drei Kriterien erfüllen, auf 64 von 95 ansteigt.

67 von 95 Patienten gaben eine einseitige Betäubung in der Kombination von Ausfall der Motorik, Berührungs- und Temperaturempfindung an. Diese Patienten konnten nicht alle als strikt einseitig anästhesiert bewertet werden, weil sie teilweise einen beidseitigen Hauttemperaturanstieg von mehr als 0,5° Celsius aufwiesen. Diese 67 Patienten hatten zwar die Wahrnehmung einer einseitigen Betäubung, die Hauttemperaturmessung ergab allerdings ein anderes Ergebnis.

Eine Patientin hatte eine beidseitige Sympathektomie in der Vorgeschichte und daher keine messbare Hauttemperaturerhöhung. 87 von 95 Patienten hatten einen einseitigen Ausfall der

motorischen Beweglichkeit des zu anästhesierenden Beins. 8 Patienten hatten einen beidseitigen Ausfall der Motorik, also eine bilaterale Spinalanästhesie.

Vier Temperaturverlaufskurven

Die Hauttemperaturmessung ergab vier Temperaturverlaufskurven:

1. Die Hauttemperaturabweichung am nicht zu anästhesierenden Bein blieb $< 0,5^{\circ}\text{Celsius}$, während die Hauttemperatur am oben liegenden zu anästhesierenden Bein um $> 0,5^{\circ}\text{Celsius}$ anstieg, gemessen am Fußrücken der jeweiligen Extremität. Dieses Phänomen trat bei 74 Patienten ein.
2. Die Hauttemperatur stieg parallel an beiden Beinen über $0,5^{\circ}\text{Celsius}$. Dieses Phänomen trat bei 17 Patienten ein.
3. Es fand kein Hauttemperaturanstieg statt. Dieses Phänomen wurde nur bei 3 Patienten beobachtet, die 1,4-1,6 ml Injektionsvolumen erhalten hatten und eine Blockadeausdehnung unterhalb von Dermatome L1 aufwiesen.

Eine Patientin hatte eine beidseitige Sympathektomie (bei p.AVK.) in der Vorgeschichte und daher keinen Hauttemperaturanstieg.

4. Es fand zunächst ein Verlauf wie unter 1. beschrieben statt. Erst nach 18-20 Minuten kam es zu einem Temperaturanstieg $> 0,5^{\circ}\text{Celsius}$ am nicht zu anästhesierenden Bein. Dieses Phänomen trat bei 5 der 17 unter 2. beschriebenen Patienten ein. Die entsprechenden Messkurven sind im Diskussionsteil dargestellt.

Zum Nadeltyp: Es wurden vier verschiedene Nadelgrößen bzw. Nadeltypen eingesetzt, ein Typ erwies sich als mehr oder weniger unbrauchbar, zwei von drei Micro-tip Pencil-point Spinalnadeln erwiesen sich als ausgesprochen geeignet für die „air buffered injection“ Methode, die in dieser Studie zur Anwendung kam. Die 22-27G und die 24-28 G Nadeln waren sehr gut geeignet, während die 25-29 G Nadel eine zu hohe Ausschussrate hatte. Bezugskriterium war immer die Rate an „strikt einseitig“ anästhesierten Patienten (61 von 95).

Zur Einstichhöhe: Der Einfluss der Einstichhöhe (L2-3, L3-4, L4-5, je nach Patient unterschiedlich ausgewählt) auf die Einseitigkeit ist nicht signifikant. Auf den drei Einstichebenen ergeben sich vergleichbare Raten für das Kriterium strikte Einseitigkeit oder beidseitige Sympathicolyse als negative Kontrolle. Die Trefferquote liegt zwischen 50 und 66% bezogen auf die Einstichhöhe.

L2-L3: 62,5% Einseitigkeit, L3-L4: 66,6% Einseitigkeit; L4-L5: 50% Einseitigkeit.
Fazit: Einstichhöhe und Injektionsvolumen zwischen 1,4 und 2ml sind relativ unerhebliche Faktoren zur Erzielung einer unilateralen hypobaren Spinalanästhesie.

Zur Injektionsdauer: Beträgt die Injektionsdauer 3-4 Minuten, so ergeben sich für 50 bis 60% der Patienten ein strikt einseitig gemessener Block. Erst wenn die Injektionsdauer fünf Minuten beträgt, steigt die Rate für das Kriterium „strikt einseitig“ auf 86%. Es darf gefolgert werden, dass eine Verlängerung der Injektionszeit auf 5 Minuten und länger wahrscheinlich die Rate der Patienten, die das Kriterium „strikte Einseitigkeit“ erfüllen, noch weiter gesteigert hätte.

3.7. Untersuchungsgegenstand „Kreislaufstabilität“ der hypobaren unilateralen Spinalanästhesie

Als ein Kriterium für die Kreislaufstabilität wurde der MAP fortlaufend gemessen und kalkuliert. Der arterielle Mitteldruck (MAP) betrug im Mittel zu Beginn der Messung 92,79 mmHg und nach 30 Minuten im Mittel 91,35 mmHg, die mittlere MAP Abweichung war also weit geringer als 5% vom Ausgangswert.

2 Patienten erhielten 2 ml eines Vasopressors (Akrinor, mit NaCl Lösung 2:8 verdünntes Theodrenalin), weil die Blutdruckabweichung 20% überschritt. Es waren keine Symptome wie Übelkeit, Erbrechen oder Schwitzen aufgetreten. Die Gabe des Vasopressors erfolgte hier vorbeugend, weil eine MAP Abweichung von mehr als 20% vom Ausgangsmitteldruck zuvor als Grenzwert für die Vasopressorgabe definiert worden war.

3.8. Ergebnisse zu Nebenwirkungen und Komplikationen der Methode – Stichwort Verträglichkeit

Übelkeit, Erbrechen, Schmerz, Herzrhythmusstörungen, Asystolie, Bradycardie, postspinale Kopfschmerzen, chronische Rückenschmerzen, Blasenentleerungsstörungen oder Harnverhalt traten bei keinem Studienpatienten auf. Vier Patienten gaben einen Rückenschmerz als Schmerz am Einstichort an, dieser war nach spätestens zwei Tagen verschwunden. Der postoperative Einsatz von Analgetika hielt sich im Rahmen des normalen Bedarfs, es wurde entweder Novalgin (Novaminsulfon) oder Dipidolor (Piritramid) verabreicht oder beide Medikamente in Kombination. Die Mobilität der Patienten nach dem Eingriff war sehr gut, 89 Patienten konnten ohne Probleme innerhalb der ersten 6 Stunden nach dem Eingriff aufstehen. Bei Überschreitung dieser 6 Stunden bis zum ersten Aufstehen lag entweder Wundschmerz vor, so dass die Patienten noch nicht aufstehen wollten oder die Art des Eingriffs bzw. Schmerzen limitierten die Möglichkeit des Aufstehens.

Der bei 59 Studienpatienten eingesetzte „Bladderscan“ ermöglichte eine Ermittlung des Blaseninhalts innerhalb von einer Minute nach OP-Ende. Es ist eine kaum belastende Ultraschallmessmethode, die möglicherweise Kosten einsparen hilft, indem unnötige Harnblasenkatheterisierungen vermieden werden. Diese nicht-invasive Messmethode ermöglichte eine Aussage über die durchschnittlich vorhandene Blasenfüllmenge nach Infusion von ca. 1l kristalloider Lösung während des Eingriffs. Die Ergebnisse entsprachen den an größeren Studienkollektiven durchgeführten Bestimmungen des postoperativen Blasenvolumens, allerdings, im Gegensatz zu den Vergleichsstudien, ohne eine einzige Blasenentleerungsstörung vorzufinden und ohne eine einzige Katheterisierung zu erfordern.

3.9. Abschlussbewertung durch die Patienten

Nach Abschluss der Überwachungsphase dieser Studie wurden die Patienten gebeten, eine eigene Bewertung für das durchgeführte Verfahren einer unilateralen hypobaren Spinalanästhesie auf einer Skala von 1-6, 1 für ausgezeichnet, 6 für ungenügend, abzugeben.

Auch nach Beendigung der Studie gab es immer wieder Patienten, die bei Zweiteingriffen nach der unilateralen Methode fragten, weil sie gute Erfahrungen mit der einseitigen hypobaren Spinalanästhesie gemacht hatten.

Die Auswertung der Bewertungsbögen ergab folgendes Bild:

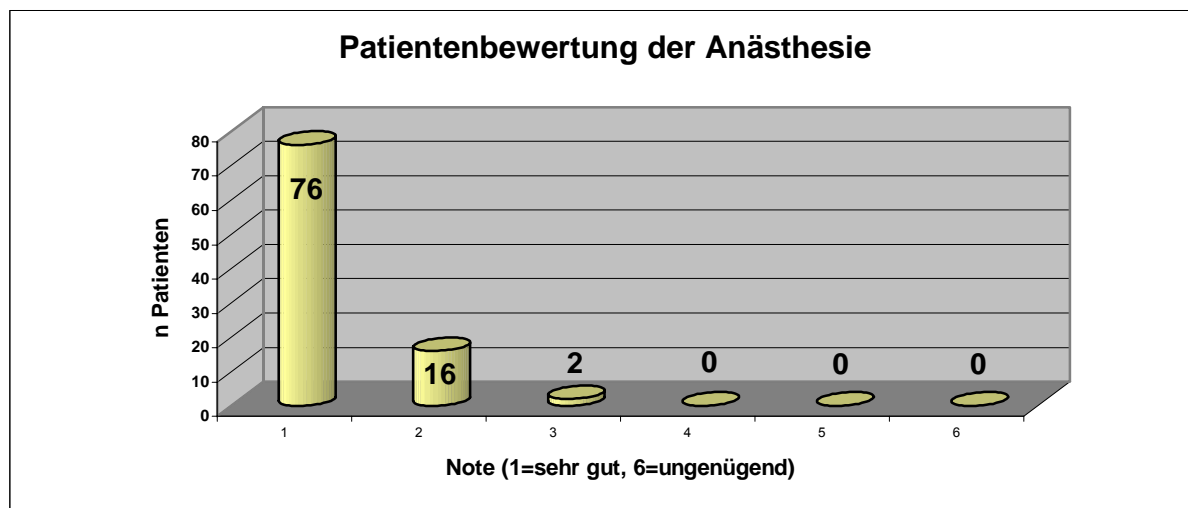


Abb.5

Ein Patient gab keine Bewertung des Verfahrens ab.

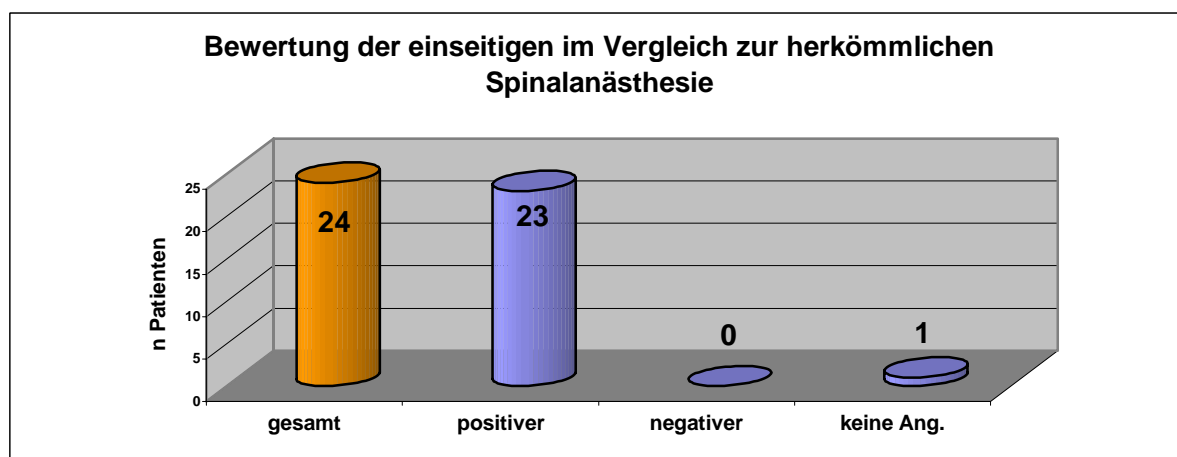


Abb.6

Wie oben angeführt hatten 24 von 95 Patienten schon einmal eine Spinalanästhesie erhalten, davon bewerteten 23 die unilaterale Spinalanästhesie als das angenehmere Verfahren insbesondere was den Erhalt des Körpergefühls betrifft. Ein Patient machte keine Angaben zur Fragestellung.

Unilaterale hypobare Spinalanästhesie

(1.) Bei der bilateralen Spinalanästhesie weisen 100% aller behandelten Patienten, bedingt durch die Behandlungsmethodik, eine beidseitige Blockade auf.

Zu überprüfende Aussage:

Bei der unilateralen Spinalanästhesie weisen weniger als 100% aller behandelten Patienten eine beidseitige Blockade auf.

Kriterien für die Einseitigkeit der Blockaden:

- einseitige Motorik und
- einseitige Sensorik und
- einseitige Sympathikolyse

Stichprobenumfang $n = 95$ behandelte Patienten

$$\text{Zufallsvariable } X_i = \begin{cases} 1, & \text{falls } i\text{-ter mit der unilateralen Spinalanästhesie} \\ & \text{behandelte Patient eine einseitige Blockade} \\ & \text{aufweist,} \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

damit folgt $X' = \sum_{i=1}^n X_i$ einer hypergeometrischen Verteilung mit den

$$\text{Parametern } H(95, N, N_1) \text{ mit } \frac{N_1}{N} = \pi .$$

Unter der Annahme, dass (1) $0,1 \leq \pi \leq 0,9$ und

$$(2) \quad n \cdot \pi (1 - \pi) \cdot \frac{N - n}{N - 1} > 9 \text{ gilt,}$$

kann die hypergeometrische Verteilung durch die Normalverteilung approximiert werden.

Mit $N \Rightarrow \infty$ gilt: $\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N - n}{N - 1} = 1$ und mithin ist die

Approximationsbedingung (2) $n \cdot \pi (1 - \pi) > 9$,
hier $95 \cdot \pi (1 - \pi) > 9$

mit $\pi \in [0,11 ; 0,89]$ ebenso wie Bedingung (1) erfüllt.

Mit $n = 95$ gilt somit

$$X' = \sum_{i=1}^n X_i \sim N(95 \cdot \pi; 95 \pi (1 - \pi) \left(1 - \frac{n}{N}\right)) \text{ sowie}$$

$$P_n = \bar{X}_n = \frac{X'_n}{n}, \text{ also hier } P_{95} = \bar{X}_{95} = \frac{X'_{95}}{95} \text{ und somit}$$

$$P_{95} \sim N\left(\pi; \frac{\pi(1 - \pi)}{95} \left(1 - \frac{95}{N}\right)\right) \text{ bzw. mit } \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n}{N} = 0,$$

wie im vorliegenden Fall auch $(P_{95} \sim N(\pi; \frac{\pi(1 - \pi)}{95}))$.

Anwendung eines parametrischen Schätzverfahrens, Ermittlung eines Konfidenzintervalls für den Anteilswert

Konfidenzniveau $1 - \alpha = 0,99$

mit $\frac{n}{N} \leq 0,05$ (hier gegeben) gilt:

$$P \left(P - \lambda_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} \leq \pi \leq P + \lambda_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} \right) = 1 - \alpha$$

mit $P = \frac{61}{95} = 0,64210526$ erhält man

$$\frac{61}{95} - \lambda_{0,995} \sqrt{\frac{61/95(1-61/95)}{95}} \leq \pi \leq \frac{61}{95} + \lambda_{0,995} \sqrt{\frac{61/95(1-61/95)}{95}}$$

$$0,64210526 - 2,58 \sqrt{\frac{0,64210526 \cdot 0,35789474}{95}} \leq \pi \leq$$

$$0,64210526 + 2,58 \sqrt{\frac{0,64210526 \cdot 0,35789474}{95}}$$

$0,64210526 - 2,58 \cdot 0,04918345 \leq \pi \leq 0,64210526 + 2,58 \cdot 0,04918345$, also

$$0,515 \leq \pi \leq 0,769 \text{ , d.h.}$$

bei einem Konfidenzniveau von 99% liegt der wahre, aber unbekannte Anteilswert, der mit der unilateralen Spinalanästhesie behandelten Patienten, die eine einseitige Blockade aufweisen, im Intervall [0,515 ; 0,769].

Die zuvor getroffenen Approximationsbedingungen sind somit erfüllt.

(2.) Gleiches Verfahren, jedoch nur mit Kriterien:

- einseitige Motorik
- einseitige Sensorik

es gilt $P = \frac{67}{95}$ und mithin

$$\frac{67}{95} - \lambda_{0,995} \sqrt{\frac{\frac{67}{95} \left(1 - \frac{67}{95}\right)}{95}} \leq \pi \leq \frac{67}{95} + \lambda_{0,995} \sqrt{\frac{\frac{67}{95} \left(1 - \frac{67}{95}\right)}{95}}$$

$$0,7053 - 2,58 \sqrt{\frac{0,7053 \cdot 0,2947}{95}} \leq \pi \leq 0,7053 + 2,58 \sqrt{\frac{0,7053 \cdot 0,2947}{95}}$$

$$0,7053 - 0,0468 \leq \pi \leq 0,7053 + 0,0468, \text{ also}$$

$$0,6585 \leq \pi \leq 0,7521, \text{ d.h.}$$

bei einem Konfidenzniveau von 99% liegt der wahre, aber unbekannte Anteilswert, der mit der unilateralen Spinalanästhesie behandelten Patienten, die eine einseitige Blockade aufweisen, im Intervall [0,6585 ; 0,7521].

Die zuvor getroffenen Approximationsbedingungen sind somit auch in diesem Fall erfüllt.

(3.) These: Die unilaterale Spinalanästhesie löst eine nur geringfügige Kreislaufbeeinträchtigung aus.

⇒ Zu überprüfende These: der mittlere, durch die unilaterale Spinalanästhesie ausgelöste Blutdruckabfall liegt bei weniger als 10%

Stichprobenumfang $n = 95$ Patienten

Zufallsvariable X_i = prozentualer Blutdruckabfall des i -ten mit der unilateralen Spinalanästhesie behandelten Patienten

Testverfahren/Vorgehensweise

- (1) χ^2 - Anpassungstest zum Test auf Normalverteilung der Gesamtheit zur Prüfung der Voraussetzungen zur Anwendung des Tests für den Mittelwert
- (2) Test für den Mittelwert ($H_0: \mu_x \geq 10\%$)

zu (1) χ^2 - Anpassungstest

Test der Hypothese, dass die Zufallsvariable X_i normalverteilt ist.

$$H_0: X_i \sim N(\mu; \sigma^2)$$

$$H_A: X_i \not\sim N(\mu; \sigma^2)$$

Dazu Schätzung der Verteilungsparameter aus der Stichprobe

$$\hat{\mu} = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i; \rightarrow \hat{\mu} = \bar{X} = 0,0067$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{n}{n-1} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2 - \bar{X}^2 \rightarrow \hat{\sigma}^2 = \frac{95}{94} \cdot \frac{1}{95} \cdot 0,9493 - 0,0067^2$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{94} \cdot 0,9493 - 0,0067^2$$

$$\hat{\sigma}^2 = 0,0100989 - 0,0000448$$

$$\hat{\sigma}^2 = 0,0101$$

Also hier: $H_0: X_i \sim N(0,0067; 0,0101)$

$H_A: X_i \not\sim N(0,0067; 0,0101)$

Überprüfung der Voraussetzungen:

- Es liegen stochastisch unabhängige Ereignisse vor, deren identische Verteilung gegeben ist.
- Zerlegung des Wertebereiches der Zufallsvariablen in k disjunkte Klassen, so dass π_i^0 die durch die Nullhypothese spezifizierte Wahrscheinlichkeit ist, dass die Zufallsvariable X_i Werte der i -ten Klasse annimmt.

Auswahl von k

Zur Approximation der Prüffunktion T (s.u.) durch die χ^2 -Verteilung muss gelten:

$$n \cdot \pi_i^0 \geq 10 \quad \text{mit} \quad i = 1 \text{ bis } k.$$

$$\text{Hier also:} \quad 95 \cdot \pi_i^0 \geq 10 \quad \text{bzw.} \quad \pi_i^0 \geq 0,105.$$

Mit $k = 8$ wird die größte gerade Anzahl von Klassen gewählt, die diese Bedingung erfüllt.

$$\underline{\text{Also:}} \quad \pi_i^0 = \frac{1}{8} = 0,125 \quad \text{für } i = 1, \dots, k$$

Für die Standardnormalverteilung gilt:

$$F_u(-1,15) = 0,1251$$

$$F_u(-0,67) = 0,2514$$

$$F_u(-0,32) = 0,3745$$

$$F_u(0) = 0,5$$

$$F_u(0,32) = 0,6255$$

$$F_u(0,67) = 0,7486$$

$$F_u(1,15) = 0,8749$$

Damit lassen sich folgende Klassen der Standardnormalverteilung bilden,

für die $f_u \doteq 0,125$ gilt

$$[-\infty; -1,15], [-1,15; -0,67], [-0,67; -0,32], [-0,32; 0]$$

$$[0; 0,32], [0,32; 0,67], [0,67; 1,15], [1,15; \infty]$$

Für die hier zu betrachtende $N(0,0067; 0,0101)$ werden aus der $N(0;1)$ die Klassengrenzen wie folgt hergeleitet:

$$-1,15 \rightarrow -1,15 \sqrt{0,0101} + 0,0067 = -0,1089,$$

$$-0,67 \rightarrow -0,67 \sqrt{0,0101} + 0,0067 = -0,0606,$$

$$-0,32 \rightarrow -0,32 \sqrt{0,0101} + 0,0067 = -0,0255,$$

$$0 \rightarrow = 0,0067,$$

$$0,32 \rightarrow 0,32 \sqrt{0,0101} + 0,0067 = 0,0389,$$

$$0,67 \rightarrow 0,67 \sqrt{0,0101} + 0,0067 = 0,0740,$$

$$1,15 \rightarrow 1,15 \sqrt{0,0101} + 0,0067 = 0,1223.$$

die Klassen sind damit:

$$A_1 = [-\infty; -0,1089] \quad A_5 = [0,0067; 0,0389]$$

$$A_2 = [-0,1089; -0,0606] \quad A_6 = [0,0389; 0,0740]$$

$$A_3 = [-0,0606; -0,0255] \quad A_7 = [0,0740; 0,1223]$$

$$A_4 = [-0,0255; 0,0067] \quad A_8 = [0,1223; \infty] \quad \text{stellt sich wie folgt dar:}$$

Die Stichprobenverteilung der Patienten, also die Anzahl n_i , ($i = 1$ bis 8) der Merkmalsträger in den Klassen A_1 bis A_8 stellt sich wie folgt dar:

$$n_1 = 9$$

$$n_2 = 8$$

$$n_3 = 11$$

$$n_4 = 33$$

$$n_5 = 11$$

$$n_6 = 7$$

$$n_7 = 5$$

$$n_8 = 11$$

$$\sum = 95$$

Die Prüffunktion $T = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - n \cdot \pi_i^{\circ})^2}{n \cdot \pi_i^{\circ}}$ ist unter H_0 approximativ χ^2 -verteilt mit

$$\nu = k-1 = 7 \text{ Freiheitsgraden.}$$

Ermittlung des Wertes der Prüffunktion:

$$\begin{aligned} t = & \frac{(9 - 95 \cdot 0,1251)^2}{95 \cdot 0,1251} + \frac{(8 - 95 \cdot 0,1263)^2}{95 \cdot 0,1263} + \frac{(11 - 95 \cdot 0,1231)^2}{95 \cdot 0,1231} + \\ & \frac{(33 - 95 \cdot 0,1255)^2}{95 \cdot 0,1255} + \frac{(11 - 95 \cdot 0,1255)^2}{95 \cdot 0,1255} + \frac{(7 - 95 \cdot 0,1231)^2}{95 \cdot 0,1231} + \\ & \frac{(5 - 95 \cdot 0,1263)^2}{95 \cdot 0,1263} + \frac{(11 - 95 \cdot 0,1251)^2}{95 \cdot 0,1251} = 45,44 \end{aligned}$$

H_0 ist zu verwerfen, falls $t = 45,55 \geq \chi^2_{1-\alpha; 7}$

mit $\alpha = 0,01$ gilt: $\chi^2_{0,99; 7} = 18,48 < 45,44$, d.h.

bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ wird H_0 verworfen, d.h. es gibt keinen Grund, daran zu zweifeln, dass die Zufallsvariable X_i normalverteilt mit den Parametern $\mu = 0,0067$ und $\sigma^2 = 0,0101$ ist.

Der „Blutdruckabfall in %“ der mit der unilateralen Spinalanästhesie behandelten Patienten ist wohl $N(0,0067; 0,0101)$ verteilt.

(2) Test für den Mittelwert

Mit dem zuvor vorgenommenen χ^2 -Anpassungstest ist die Hypothese der

$N(0,0067; 0,0101)$ -Verteilung der Zufallsvariablen X_i bereits angenommen worden. Die Behauptung, dass der mittlere, durch die unilaterale Spinalanästhesie ausgelöste

Blutdruckabfall bei weniger als 10% (0,1) liegt, ist durch die Bestätigung des Stichprobenparameters $\bar{X} = 0,0067$ als Schätzwert für den Parameter μ der Gesamtheit bereits bekräftigt worden.

Anhand der durch den χ^2 -Anpassungstest gewonnenen Erkenntnis der wohl zugrundeliegenden Normalverteilung der Zufallsvariablen X_i kann die These noch einmal anhand eines trennscharfen Tests für den Mittelwert überprüft werden. (Für die Anwendung dieses Tests ist die Annahme der Normalverteilung der Gesamtheit Voraussetzung).

$$H_0 : \mu_x \geq 0,1 \quad H_1 : \mu_x < 0,1$$

Prüffunktion ist $T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\hat{\sigma}_x} \sqrt{n}$, (mit $\hat{\sigma}_x^2$ als Standardabweichung der Stichprobe), die

unter H_0 t-verteilt ist mit $\nu = n - 1$ Freiheitsgraden.

$$\text{Hier ist } t = \frac{0,0067 - 0,1}{\sqrt{0,0101}} \cdot \sqrt{95} = \frac{-0,0933}{\sqrt{0,0101}} \cdot \sqrt{95} = -9,049$$

Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,01$ ergibt sich für $K_{0,01}$

mit $\nu = n - 1 = 94$

$$t_{0,01;\nu} = -2,36$$

da $t = -9,05 < -2,36$, gilt, ist H_0 zu verwerfen.

Es ist damit wohl so, dass der mittlere, durch die unilaterale Spinalanästhesie ausgelöste Blutdruckabfall bei weniger als 10% des Ausgangswertes liegt.

5.0. Diskussion:

Die herkömmliche Spinalanästhesie blickt auf eine Tradition von mehr als 100 Jahren Anästhesieerfahrung seit Bier (39, 40, 41) zurück. August Bier war wohl der erste Arzt, der 1898 eine Spinalanästhesie durchführte und an den Folgen eines postspinalen Kopfschmerzes litt. Schon damals nahm Bier an, dass diese Kopfschmerzen mit dem Liquorverlust zusammenhängen müssten und lenkte die Aufmerksamkeit auf diese erste mögliche Komplikationsmöglichkeit, die heutzutage bekannt ist und durch Entwicklung spezieller Spinalkanülen minimiert wurde (55).

Seit Beginn der Durchführung von Spinalanästhesien wurden sehr unterschiedliche Lokalanästhetika benutzt. Die Lagerung und Positionierung zur Injektion waren Gegenstand einiger Untersuchungen (1). Die Nebenwirkungen und Komplikationen sind gut bekannt und seit Einführung spezieller radiologischer Untersuchungen (CT, MRT, Szintigraphie...) noch besser erforscht. In der Geburtshilfe hat die Durchführung von Spinalanästhesien die Komplikationsrate für Mutter und Kind, die bei Durchführung von Allgemeinanästhesien bekannterweise hoch waren, in den letzten 20 Jahren drastisch gesenkt (57, 58). Zusammenfassend kann man sagen, dass die Spinalanästhesie ein komplikationsarmes Verfahren ist. Wo gibt es da noch Spielraum für Verbesserungen?

Insbesondere die Häufigkeit von postspinalen Kopfschmerzen (55, 56) wurde durch den Einsatz von Pencil-point Nadeln gesenkt. Daher wurden in dieser Studie ausschließlich Nadeln mit Pencil-point Spitze verwendet. Eine neue Variante dieser Nadeln, die Micro-tip Pencil-point Spinalnadel (siehe Anhang Abb.1) wurde eingesetzt, weil sie einen schnellen Liquorrückfluss zum Lupenglas der Spinalkanüle aufweist, weniger traumatisierend ist und bei In-vitro-Versuchen gezeigt hatte (siehe Anhang Abb.8), dass in Kombination mit der „air buffered injection technique“ bei hypobarer Injektionslösung ein laminares Überschichten der Kristalloidlösung bei langsamer Injektionstechnik zuverlässig eintritt. Vorstudien hatten ergeben, dass es bei der hyperbaren Technik eine Abhängigkeit von der Injektionsgeschwindigkeit gibt. Die Injektionsgeschwindigkeit war ein weiteres Untersuchungskriterium in dieser Studie, weil einige Studien zur einseitigen hyperbaren Technik enttäuschende Ergebnisse hatten (29). Teilweise weil die Injektionsgeschwindigkeit

zu hoch gewählt worden war, weil die Seitenlagerung zu kurz gewählt worden war oder weil statt Bupivacain das geringer lipophile Mepivacain gewählt wurde (29).

Bupivacain, ein Lokalanästhetikum mit hoher Lipophilie, ist das Standardlokanästhetikum für hyperbare oder hypobare Techniken und wurde auch hier aus Gründen der Vergleichbarkeit mit anderen Studien gewählt.

Eine wichtige Frage war also, ob sich die Ergebnisse zur Injektionsgeschwindigkeit bei der hyperbaren Methode auf die hypobare unilaterale Spinalanästhesie übertragen lassen oder nicht.

Weiterhin bestehende Probleme bei der herkömmlichen Spinalanästhesie sind neben anderen Komplikationen das Auftreten von Kreislaufinstabilität und Harnverhalt. Dies war ein Untersuchungsgegenstand in der vorliegenden Studie. Ist die einseitige hypobare Spinalanästhesie leicht durchführbar, ohne großen technischen Aufwand (z.B. unter Einsatz von Infusionspumpen) und komplikationsarm? Werden Ergebnisse enttäuschender Vorstudien zur hyperbaren Technik bei Anwendung der hypobaren Technik revidiert oder bestätigt? Sind die Patienten frühzeitig mobilisierbar, sogar schneller als bei herkömmlichen Spinalanästhesien? Ist eine kürzere Bettruhe nach Durchführung der Spinalanästhesie mit Micro-tip Nadeln und einseitiger hypobarer Spinalanästhesie möglich, wodurch auch das Thromboembolierisiko positiv beeinflusst wird? Die Effizienz der Methode wurde unter Verwendung von vier verschiedenen Injektionsvolumina (1,4, 1,6, 1,8 und 2ml) untersucht. Die Barizität der Lösung hatte den Vorteil eines höheren Patientenkomforts, weil die Studienteilnehmer auf die gesunde Seite gelagert werden konnten. Spiegelte sich dies in der Patientenbewertung wieder? Im Folgenden werden die Ergebnisse bezogen auf die einzelnen Untersuchungskriterien vorgestellt.

5.1. Definition des Kriteriums „strikt einseitig“? Gibt es einen Unterschied zwischen Messung und Wahrnehmung der Patienten?

Sind die Vorteile einer einseitigen Spinalanästhesie Wunschvorstellung oder lässt sich durch Optimierung verschiedener Massnahmen eine einseitige Anästhesie der unteren Extremität erzielen? Schwerpunkt der Studie war also das zu untersuchende Kriterium „Einseitigkeit“.

Das Ausmaß der Beeinträchtigung der Motorik, der Berührungs- und Temperaturempfindung und der Sympathicolyse an den beiden unteren Extremitäten waren Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit. Während die ersten beiden Untersuchungskriterien von Patientenaussagen abhängig sind, die vom Untersucher im Erhebungsbogen festgehalten wurden, wurde das Kriterium Ausmaß der Sympathicolyse anhand der Hauttemperaturerhöhung in Folge der Vasodilatation an den unteren Extremitäten mittels am Fussrücken befestigter Thermistoren überprüft. Für unsere Studie wurden die Ergebnisse der drei Untersuchungskriterien zusammengefasst, so musste jeder Patient, der als „strikt einseitig“ eingestuft wurde, die drei Kriterien gleichzeitig erfüllen. Diese Einschätzung war völlig unabhängig von der subjektiv von den Patienten geäußerten Meinung über das Ergebnis der Spinalanästhesie. Nicht selten wurde eine eindeutig messbare Sympathicolyse von mehr als 0,5° Celsius Hauttemperaturerhöhung von den Patienten trotzdem als einseitige Betäubung eingeschätzt. Das folgende Diagramm zeigt nun die vom Untersucher nach dem Erhebungsprotokoll festgehaltenen ausgewerteten Messergebnisse einschließlich der Ergebnisse der Hauttemperaturmessung.

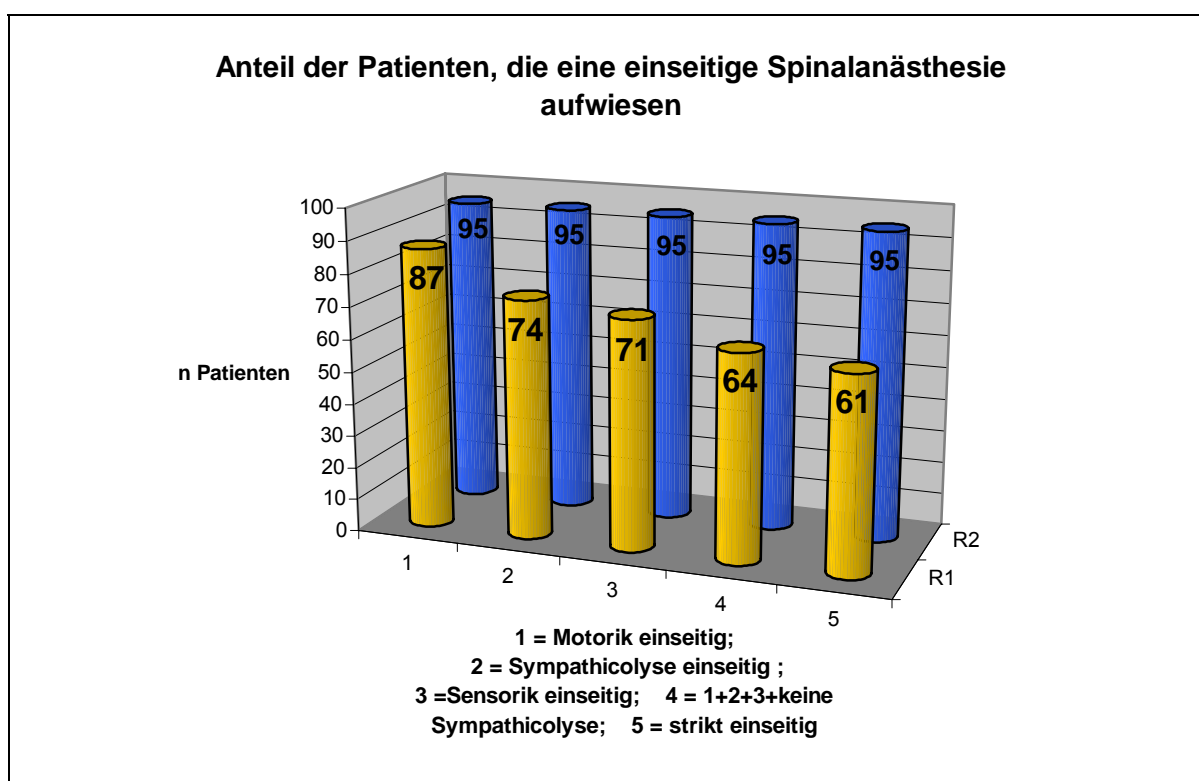


Abb.7

Die statistische Auswertung der Studie bezieht sich auf die im obigen Diagramm angeführten Ergebnisse, die in fünf Rubriken zusammengefasst wurden.

Rubrik 1: Von 95 Studienteilnehmern geben 87 einen einseitigen Verlust der Beinbeweglichkeit am zu anästhesierenden Bein an.

Rubrik 2: Von 95 Studienpatienten wurde bei 74 ein einseitiger Temperaturanstieg der Hauttemperatur über 0,5°Celsius gemessen.

Rubrik 3: Von 95 Studienteilnehmern geben 71 einen einseitigen Verlust der Berührungs- und Schmerzempfindung am zu betäubenden Bein an.

Rubrik 4: Von 95 Studienpatienten lag bei 64 ein Verlust der Motorik, der Sensorik und eine einseitige oder keine Sympathicolyse des zu betäubenden Beins vor.

Rubrik 5: Von 95 Studienpatienten lag bei 61 ein Verlust von Motorik und Sensorik vor und es kam zu einer einseitigen Sympathicolyse, die durch die entsprechende Temperaturmessung an der Extremität bestätigt wurde.

Erläuterung: Nur bei acht Patienten von 95 trat eine beidseitige Spinalanästhesie auf. Eine Beeinträchtigung der Berührungsempfindung auf der Gegenseite wurde als beidseitige Spinalanästhesie gewertet. Als Ursache wird eine zufällig zu schnell durchgeführte Injektion angenommen.

87 von 95 Patienten hatten einen einseitigen Ausfall der Beinbeweglichkeit. Die Patienten bewerteten den einseitigen Ausfall der Beweglichkeit als unilaterale Spinalanästhesie, erst die Untersuchung mit Kältespray und Pin-prick ergab, ob die Gegenseite mitbeteiligt war oder nicht. 74 von 95 Patienten hatten eine messbare einseitige Sympathicolyse von mehr als 0,5°Celsius Hauttemperaturanstieg.

71 von 95 Patienten hatten einen einseitigen Verlust der Berührungsempfindung der zu anästhesierenden Extremität.

Drei Patienten zeigten keinerlei Sympathicolyse, wahrscheinlich weil die erzielte Blockade unter Level L1 geblieben war. Dieser Effekt wurde in der Arbeit von Enk (38) schon für die hyperbare Methode festgestellt. Diese drei Patienten hatten allesamt einen Ausfall der Motorik und Sensorik auf der betroffenen Seite, die Gegenseite war vollständig unbeteiligt, können also als „einseitig anästhesiert“ gewertet werden. Da zu Beginn der Studie die

Kombination von einseitigem Ausfall der Motorik und Sensorik sowie das Auftreten einer strikt einseitigen Sympathicolyse der betroffenen Extremität als Untersuchungskriterium der strikten Einseitigkeit zusammengefasst wurde, wurde nicht bei 64, sondern bei 61 Patienten die strikte Einseitigkeit festgestellt.

Bei 64,21 % konnte eine „strikte Einseitigkeit“, (67,37% wenn man die 3 Patienten ohne Sympathicolyse hinzunimmt) festgestellt werden. 74,74% hatten einen einseitigen Ausfall der Berührungsempfindung. 77,89 hatten eine strikt einseitige Sympathicolyse. 91,58% hatten einen einseitigen Ausfall der Motorik.

Fazit

Das durch Patientenbefragung erhobene Kriterium „Einseitigkeit“ hängt nicht nur vom Ausfall der Berührungs- bzw. Temperaturempfindung (71 von 95) und der Motorik des zu anästhesierenden Beins ab (87 von 95 Patienten). Es waren einige Patienten mit Temperaturmessverläufen vorhanden, die auf eine beidseitige Sympathicolyse oder gar keine Sympathicolyse schließen lassen. Diese Patienten konnten nicht als „strikt einseitig anästhesiert“ eingestuft werden. Daher ist die Zahl der Patienten, die alle drei Untersuchungskriterien erfüllen, deutlich geringer (61 von 95 Patienten).

Die Anwendung statistischer Nachweisverfahren bezog sich sowohl auf das Kriterium „strikte Einseitigkeit“, als auch auf die klinisch erhobene Kombination der Ausschaltung von Berührungs- und Temperaturempfindung sowie der Motorik des zu anästhesierenden Beins. Die Aussage, dass zahlreiche Patienten die Betäubung nur einer Extremität wahrnahmen, obwohl die Hauttemperaturmessung teilweise beidseitige Temperaturanstiege zeigt, wurde überprüft und musste in jedem Fall eine Patientenanzahl von mehr als 61 ergeben und tatsächlich ergab sich eine Zahl von 67 Patienten, die einen gleichzeitigen Ausfall von Motorik, Sensorik und die Wahrnehmung der unilateralen Anästhesie unabhängig von der Sympathicolyse angaben.

So ist also auch nachgewiesen, dass die Wahrnehmung der Patienten eine andere sein kann, als die mittels Thermistoren gemessenen Hauttemperaturanstiege. Dieser Sachverhalt wurde ebenfalls statistisch untersucht und im Statistikeil erläutert.

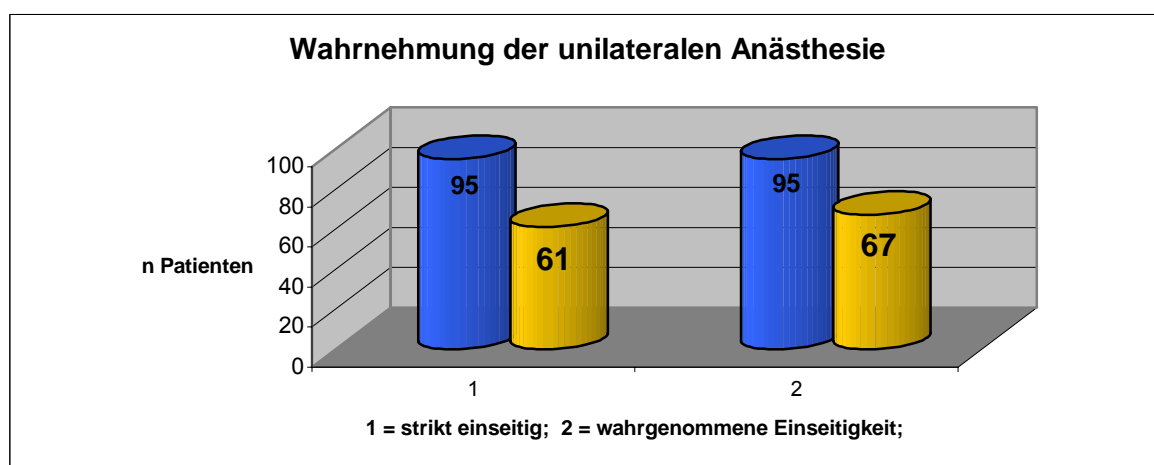


Abb.8

5.2. Einseitigkeit und Temperaturverlaufskurven

Die folgenden Diagramme stellen beispielhaft vier typische Temperaturverläufe bei einseitiger, beidseitiger oder nicht vorhandener Sympathicolyse dar. Bei vorzeitiger Umlagerung tritt der Temperaturanstieg an der nicht zu anästhesierenden Seite manchmal erst nach 15 bis 20 Minuten ein. Auch nach 20 Minuten Lagerung kann es noch zu einem „Spillover“ auf die Gegenseite kommen mit daraus resultierender bilateraler Spinalanästhesie. Einer Studie, die eine Lagerungsdauer von 10 – 15 Minuten vorsieht, wären hier von Anfang an schlechte Erfolgsaussichten beschieden (29), egal ob man nun ein hypo- oder hyperbares Verfahren einsetzt.

Um vergleichbare Messwerte zu erhalten, sollte die Seitenlagerung der Patienten mit verschränkten Beinen immer gleich durchgeführt werden, damit die Thermistoren nicht Werte durch die Hauttemperatur der Gegenseite verfälscht messen.

Die folgenden Temperaturmesswerte wurden am Fußrücken der Patienten gemessen (siehe Methodik).

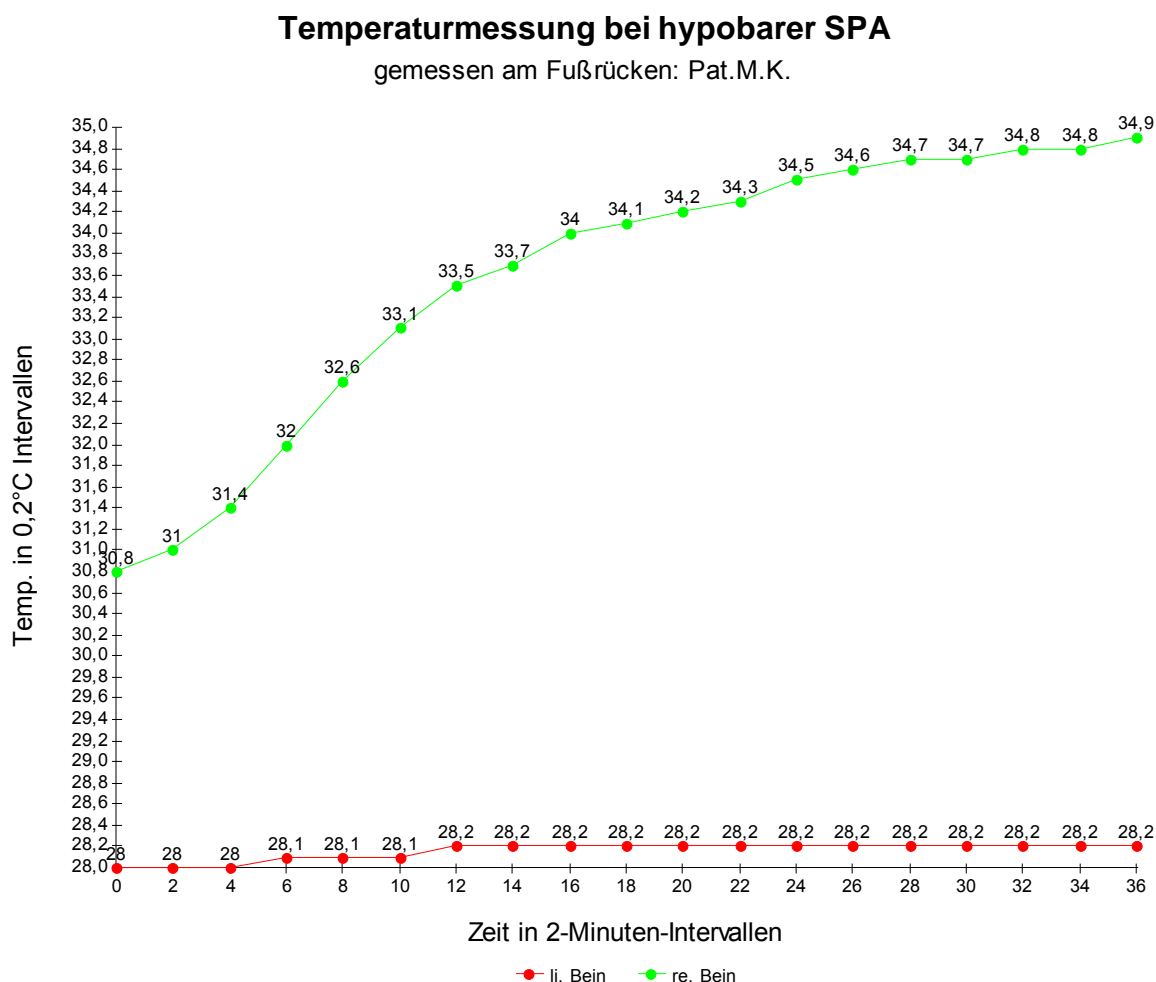


Abb.9

Bei diesem Patienten sieht man einen typischen Temperaturverlauf bei einseitiger Sympathicolyse, hier waren Motorik und Berührungsempfindung gleichermaßen einseitig ausgeschaltet. Im Sinne der Fragestellung dieser Studie handelt es sich hier um einen idealen Kurvenverlauf. Die Temperaturkurven hatten allesamt einen sigmaförmigen Verlauf. Nach einer initialen Verzögerung trat ein steiler Temperaturanstieg gefolgt von einer Phase relativ konstanter Hauttemperaturen ein, entsprechend der langsam einsetzenden Sympathicolyse und daraus folgender Vasodilatation.

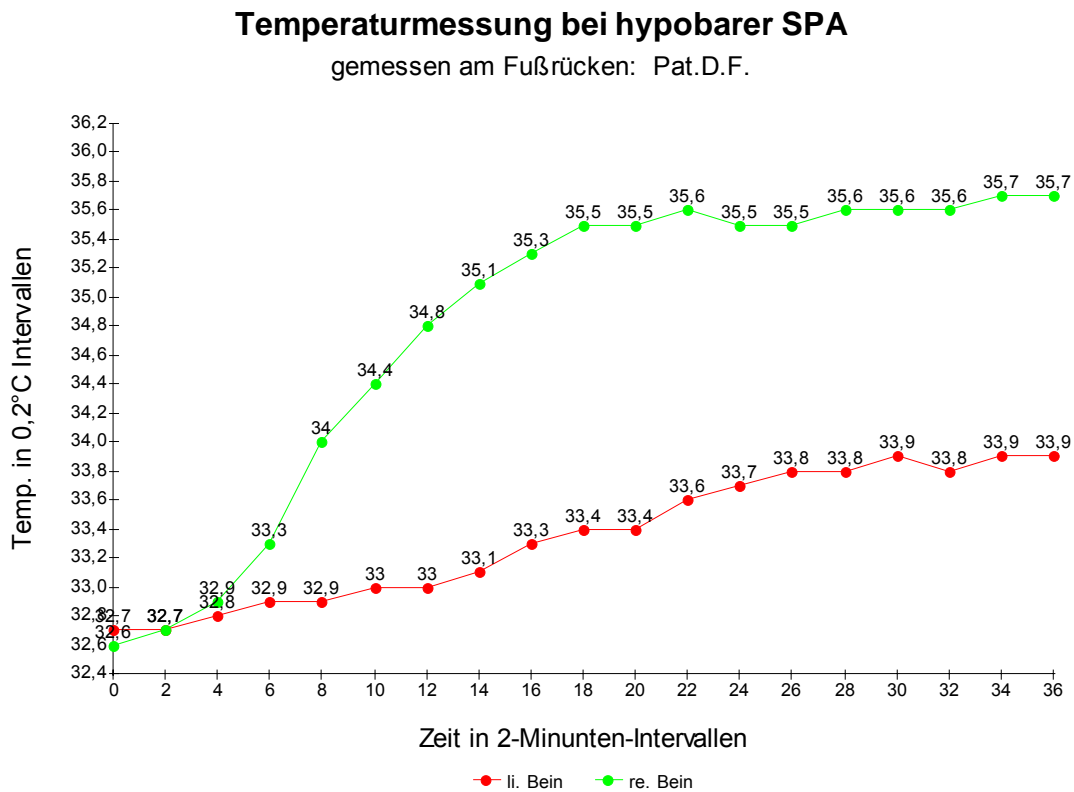


Abb.10

Bei diesem Patient trat eine beidseitige Sympathicolyse ein, das Kriterium „strikt einseitig“ ist nicht mehr erfüllt, der Temperaturanstieg gemessen am nicht zu anästhesierenden Bein übersteigt $0,5^{\circ}$ Celsius. Trotzdem gibt der Patient die Qualität der Blockade als einseitig an. Der Ausfall von Motorik und Berührungs- und Temperaturempfindung wird als einseitig angegeben.

Die Messung ergibt hier ein anderes Ergebnis, als die klinische Überprüfung. Daraus folgt, dass eine geringgradige beidseitige Sympathicolyse durchaus bei einseitiger Ausschaltung von Berührungs- und Temperaturempfindung und Motorik vorhanden sein kann. Der Patient empfindet dies jedoch nicht als Versagen der einseitigen Spinalanästhesie. Die drei Untersuchungskriterien, die für eine „strikte Einseitigkeit“ notwendig waren, waren hier jedoch nicht erfüllt.

Es gab eine gewisse Anzahl von Studienpatienten, die klinisch eine einseitige Spinalanästhesie angaben, jedoch durch die Temperaturmessung als eindeutig beidseitig (bzgl. Sympathicolyse) betroffen „entlarvt“ wurden.

Temperaturmessung bei hypobarer SPA

gemessen am Fußrücken; Pat.M.K.

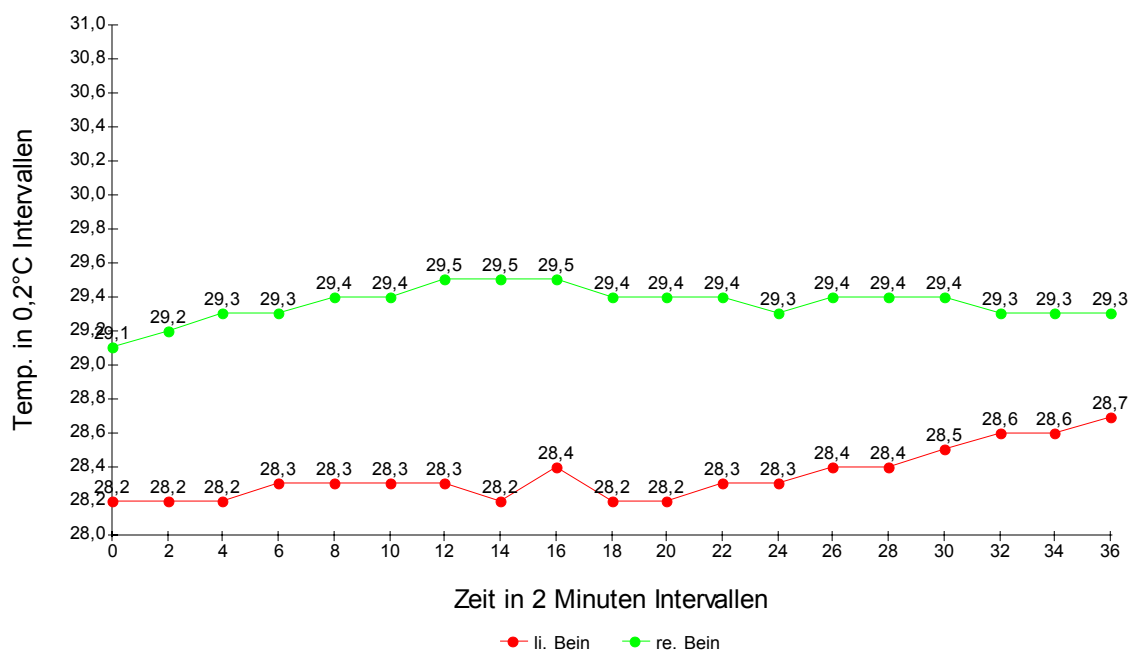


Abb.11

Die vorliegende Temperaturverlaufskurve zeigt eine Veränderung der Hauttemperatur im Bereich von $0,2^{\circ}$ – $0,5^{\circ}$ Celsius für beide Beine. Nach den zuvor festgelegten Untersuchungskriterien liegt hier keine deutliche Sympathicolyse vor. Bei der Untersuchung gab der Patient eindeutig eine einseitige Ausschaltung von Berührungs- oder Schmerzempfindung und der Motorik des zu anästhesierenden Beins an. Die Injektionsmenge betrug nur 1,4 ml des hypobaren Lokalanästhetikums. Die Ausbreitung des Ausfalls der Berührungsempfindung (Pin-prick-Test) lag sehr tief bei Dermatome L1. Dieser Effekt wurde schon in der Arbeit von Enk für hyperbare Lokalanästhetika festgestellt (23, 29).

Offensichtlich gibt es hier einen vergleichbaren Effekt, der von der Barizität der Lösung unabhängig ist, nicht jedoch von der Ausbreitungshöhe der Spinalanästhesie.

Bei 4 von 95 Patienten wurde kein Temperaturanstieg gefunden. Drei dieser Patienten hatten keine Beteiligung der Gegenseite, sie hatten geringe Injektionsvolumina von 1,4 – 1,6 ml erhalten. Die Ausschaltung der Berührungsempfindung lag bei 2 Patienten bei Dermatome

L2, bei einer Patientin bei Dermatome Th12. Eine Patientin hatte eine beidseitige Sympathektomie in der Vorgeschichte, hier entsprach die Messung dem Vorbefund. Bei der klinischen Untersuchung war das Kriterium der Einseitigkeit eindeutig erfüllt.

Die Ergebnisse bei den oben erwähnten drei Patienten entsprechen der von Enk angenommenen *Hypothese*: *Ein niedriges Injektionsvolumen bei langsamer Injektion mit daraus folgender niedriger Anästhesieausbreitung kann in einer fehlenden Sympathicolyse resultieren*. Die vierte Patientin (Initialen: St.E.) gehört zu den 8 Patienten, die auch beim Kriterium einseitiges Ausschalten der Motorik eine bilaterale Beteiligung angaben, hier war das Wunschziel Einseitigkeit absolut nicht erreicht worden. Die Injektion war wohl auch hier zu schnell durchgeführt worden, der Temperaturanstieg hatte deshalb sehr schnell eingesetzt und hatte frühzeitig ein konstant hohes Niveau an beiden Beinen erreicht, so dass die erste Phase des Temperaturanstiegs bei der Messung nicht erfasst wurde.

Eine vierte Gruppe von fünf Patienten hatte erst spät, meist erst nach 18 Minuten Lagerungsdauer einen späten Temperaturanstieg. Die Anzahl 5 bezogen auf 95 Studienteilnehmer ist sehr klein, verglichen mit den Ergebnissen von Enks Arbeiten (23, 38).

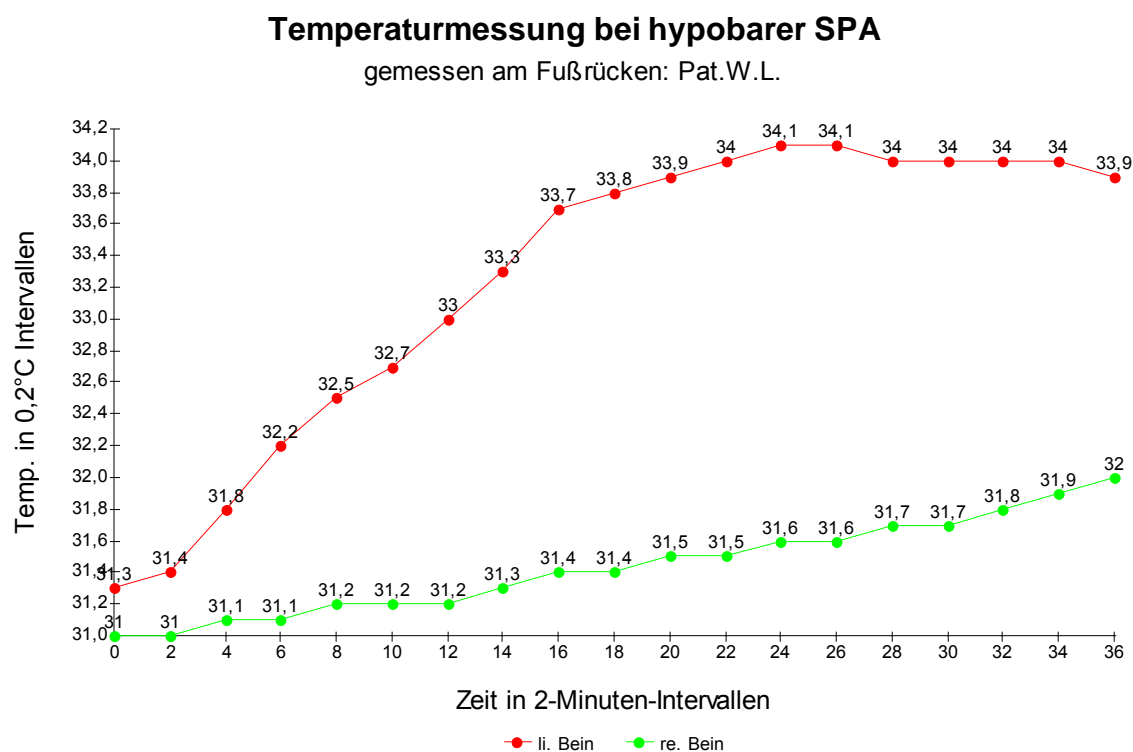


Abb.12

Von 17 Patienten mit beidseitiger Sympathicolyse trat der Temperaturanstieg bei 5 Patienten um mehr als 0,5°Celsius erst nach durchschnittlich 18 Minuten am nicht zu anästhesierenden Bein ein (siehe Abb. oben). Diese Patienten nahmen die Betäubung subjektiv als einseitig für die Berührungs- und Temperaturempfindung und den Ausfall der motorischen Beweglichkeit war. Das Messergebnis der Temperaturmessung war auch hier das einzige Ausschlusskriterium für das Ergebnis „strikt einseitig“.

5.3. Einfluss der unterschiedlichen Injektionsvolumina und der Injektionsgeschwindigkeit auf das Untersuchungskriterium Einseitigkeit

Es stellt sich die Frage, wie sich das Kriterium „strikte Einseitigkeit“ bei den verschiedenen Injektionsvolumina verhält. Kommt es bei geringeren Injektionsvolumina eher zur Ausbildung „strikt einseitigkeit“ oder nicht? Das folgende Diagramm veranschaulicht diesen Sachverhalt:

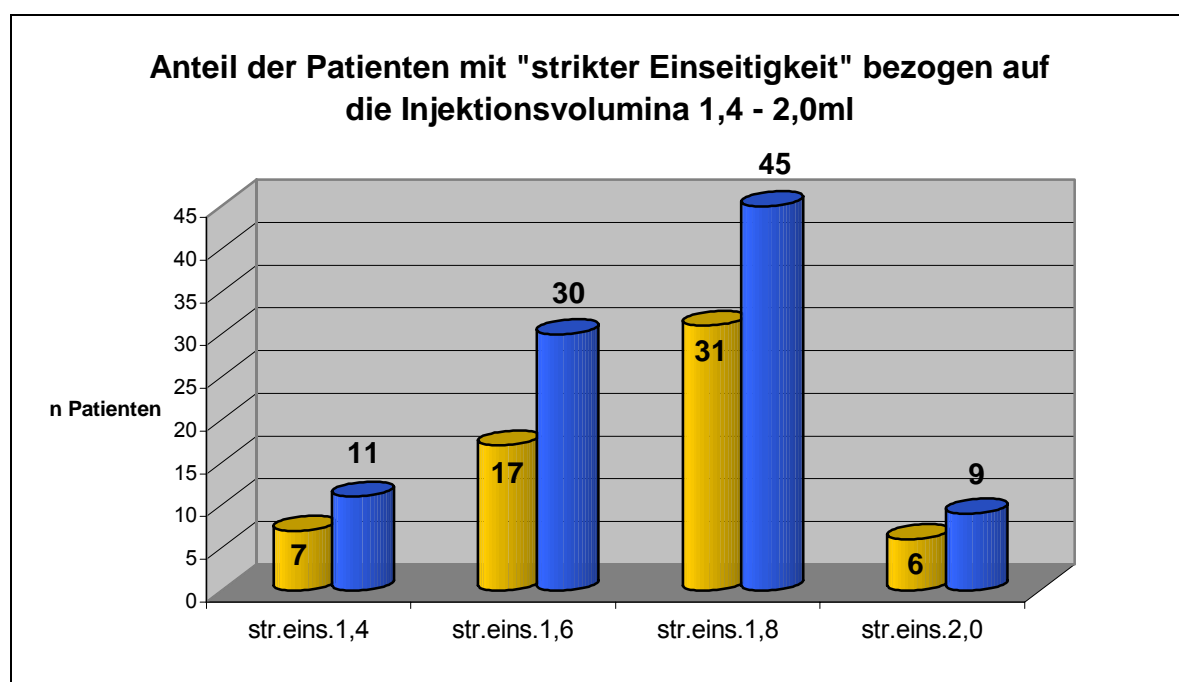


Abb.13

Aus dem Diagramm geht hervor, dass der Anteil der strikt einseitig anästhesierten Studienpatienten bei den unterschiedlichen Injektionsvolumina annähernd gleich ist. Bezogen auf die Effizienz der Methode kann man schließen, dass die Injektionsmenge nicht ausschlaggebend ist für eine erfolgreiche unilaterale hypobare Spinalanästhesie. Es stellt sich die Frage, ob die Anzahl der Patienten mit strikter Einseitigkeit bei längeren Injektionszeiten zunimmt.

Die vorgegebene Injektionszeit von 4 Minuten wurde bei ca. zwei Drittel der Patienten eingehalten, ein kleiner Teil hatte eine kürzere bzw. längere Injektionszeit.

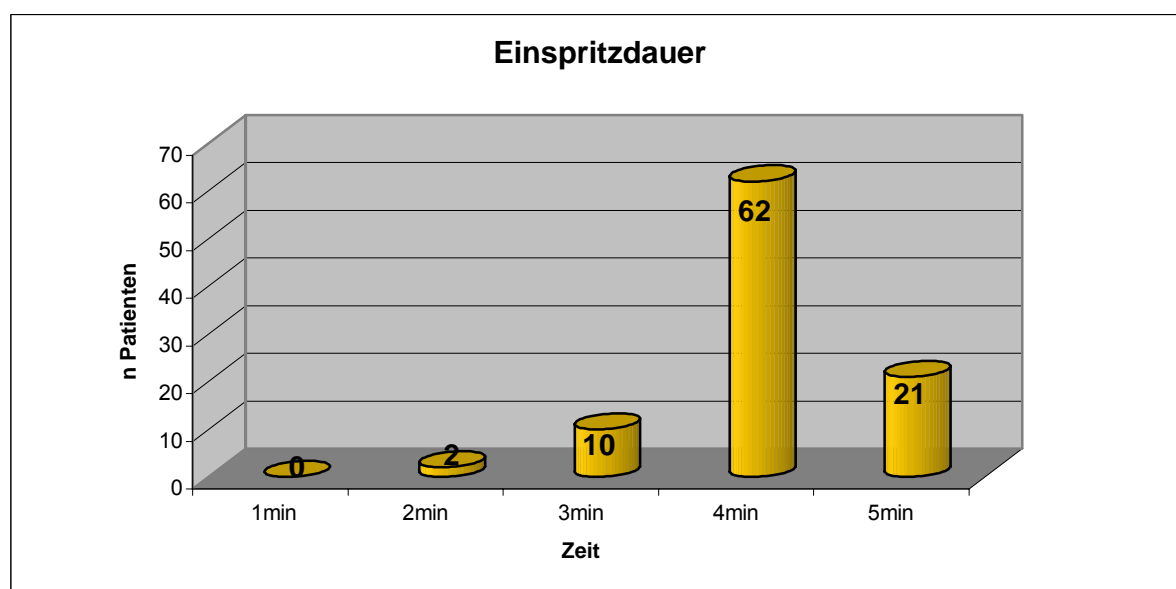


Abb.14

Interessant war die Frage, ob in der Gruppe der Patienten mit 5 und 2-3 Minuten Einspritzdauer ein besseres bzw. schlechteres Ergebnis zu erwarten sei.

In der klinischen Anwendung bestätigt sich hier also eindeutig, dass ein langsamer Einstrom des Lokalanästhetikums zu einem laminaren Überschichten des Liquors führt (siehe Anhang Abb 8). Ähnliches wurde auch für die hyperbaren Lösungen in der Vergangenheit angenommen (23). Es empfiehlt sich sogar eine Einspritzdauer von 5 Minuten. Bis etwa 4 Minuten Einspritzdauer liegt die „Trefferquote“ bei 50 – 60 %, erst in der 5 Minuten – Patientengruppe steigt die Trefferquote auf 87% für das Kriterium „strikt einseitig“.

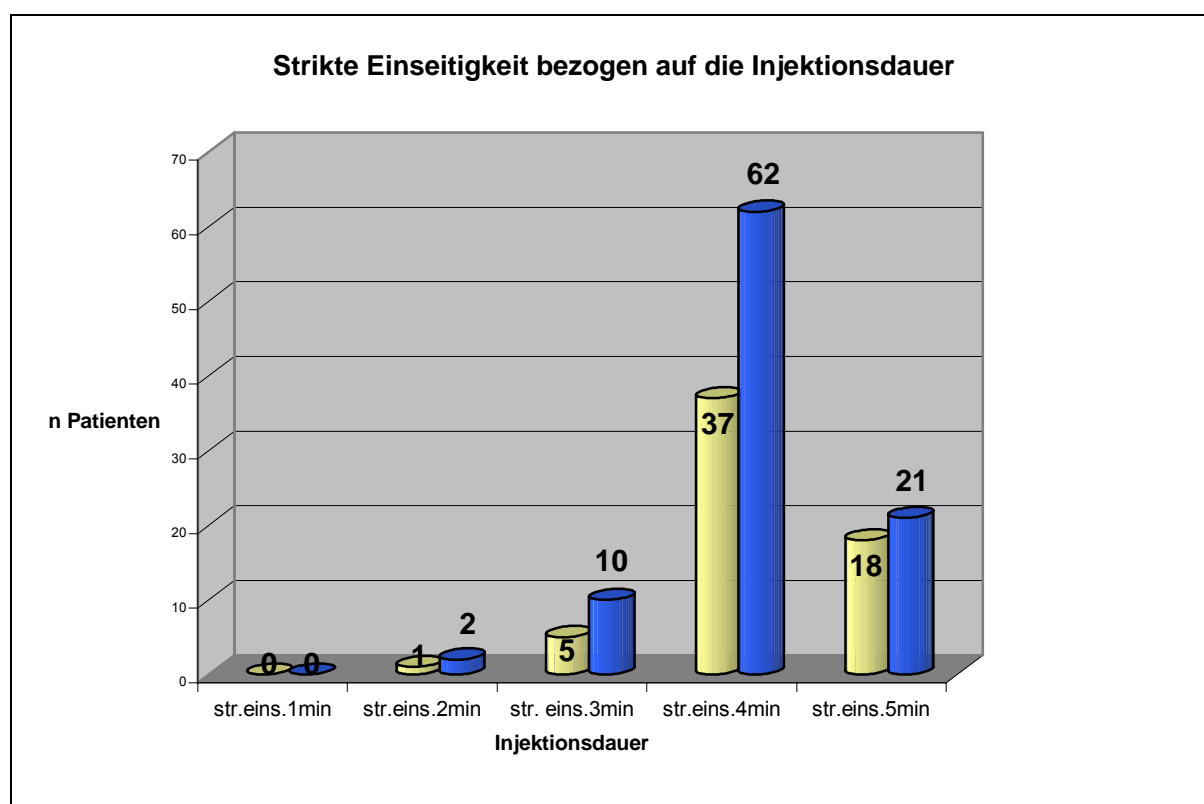


Abb.15 Die blauen Säulen geben die absolute Anzahl an, die gelben Säulen den Anteil der Patienten mit strikt einseitig vorliegender Spinalanästhesie.

Fünf Minuten Einspritzdauer scheint eine sehr lange Zeitspanne zu sein. Mit der „air-buffered injection“ nach Enk (23) ist die Durchführung für den Anwender und für die Patienten bequem gewesen. Die strikte Einhaltung der Einspritzzeit ist im klinischen Alltag ein schwer durchhaltbares Vorgehen. Es empfiehlt sich eine zweite Person mit der Zeitmessung zu betrauen, die die Einspritzzeit in Minutenabständen ansagt und die Stoppuhr laufend kontrolliert, während sich der Anwender ganz auf die Durchführung der Injektion konzentriert. Jedenfalls zeigen die Messergebnisse, dass die Erkenntnisse, die zum „injection flow“ von Enk (23, 38) für die hyperbare Methode gefunden wurden, für die hypobare unilaterale Spinalanästhesie in diesem Zusammenhang als ähnlich angenommen werden können. Der Ausstrom aus der Nadelöffnung sollte so langsam wie möglich erfolgen, damit keine Turbulenz wie in Abbildung 10 im Anhang ersichtlich auftritt, die unweigerlich eine bilaterale Anästhesie zur Folge hätte.

5.4. Einseitigkeit und Auswahl des Nadeltyps

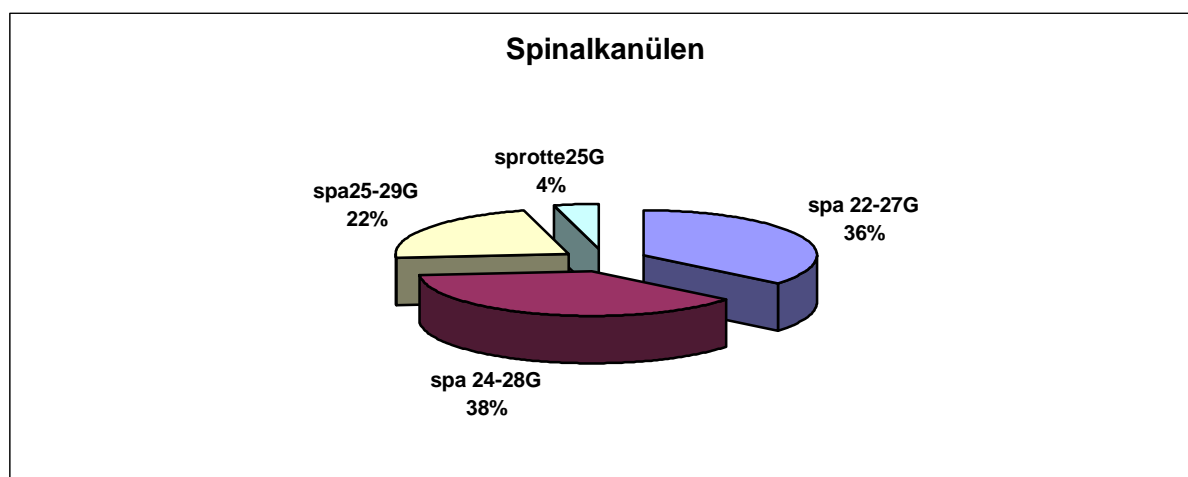


Abb.16

Bei allen Studienteilnehmern wurde die Spinalanästhesie mit Pencil-point Spinalkanülen durchgeführt (siehe Anhang). Schon im Hinblick auf die Häufigkeit von postspinalen Kopfschmerzen, die seit Einführung solcher Spinalkanülen deutlich gesenkt wurde (39, 55, 56), sollte heutzutage wenn möglich nur dieser Nadeltyp eingesetzt werden. Vier Patienten wurden mit Sprotte, 91 Patienten mit Micro-tip Pencil-point Kanülen anästhesiert.

Es wurden drei verschiedene Nadeldurchmesser gewählt: 22-27, 24-28 und 25-29 Gauge Micro-tip Kanülen, die Sprotte Kanülen hatten einen Durchmesser von 25 Gauge. Da bei den Sprotte Kanülen schon bei den ersten Patienten eine zu hohe Rate (50%) an bilateralen Spinalanästhesien auftrat wurde darauf verzichtet, eine größere Anzahl von Spinalanästhesien mit diesen Spinalkanülen durchzuführen.

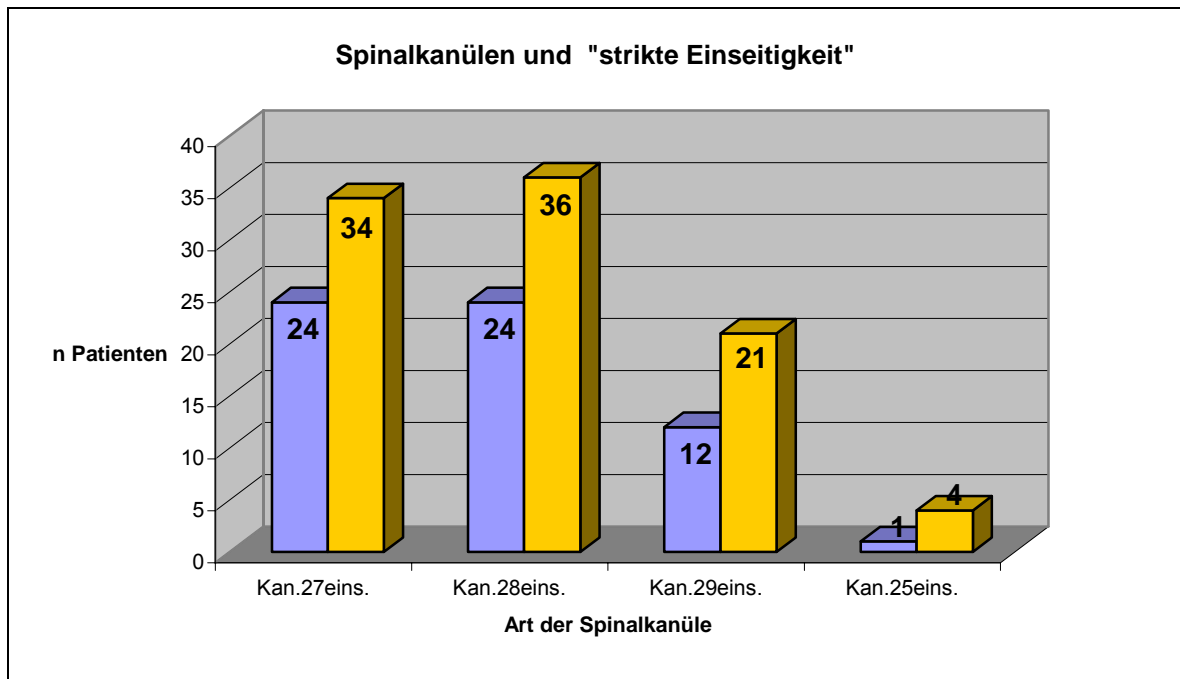


Abb.17

Die Frage, ob die Auswahl einer bestimmten Spinalkanülengröße für das Erzielen einer „strikt einseitig“ durchgeführten hypobaren Spinalanästhesie eine wichtige Einflussgröße ist, lässt sich mit dem oben angeführten Diagramm erläutern: Die gelben Säulen geben die absolute Anzahl an, die blauen Säulen den Anteil von Patienten die eine „strikt einseitige“ Anästhesie aufwiesen.

1. Die 27 und 28 Gauge Micro-tip Pencil-point Kanülen erzielten eine „Trefferquote“ von 70% respektive 66 %, die 29 Gauge Kanülen von 56%.
2. Die Trefferquote der Sprötze Kanülen lag bei nur 25 %.

Es wurden hier nur die 61 Studienpatienten betrachtet, die das Kriterium „strikt einseitig“ erfüllten.

Erstaunlicherweise erzielte die dicklumigere 22-27 Gauge Micro-tip Kanüle das beste Ergebnis, gefolgt von der 24-28 Gauge Micro-tip Kanüle. Die sehr dünne 25-29 Gauge Micro-tip Kanüle war in der Anwendung nicht sehr handlich, es traten häufig Verbiegungen der Nadelspitze auf, insbesondere bei Knochenkontakt mit Dornfortsatz und Wirbelbögen. Die Verlustrate war zu hoch.

Die Penetration der Dura wurde bei allen drei Kanülenarten hervorragend als “Klick-Phänomen“ gespürt, auch die Schärfe dieser Nadeln ist ausgezeichnet. Die Patienten spürten kaum einen Schmerz beim Einstich und Vorschieben der Nadeln.

Die 22-27 Gauge Micro-tip Nadel zeigte wie die 24-28 Gauge Micro-tip Nadel einen schnellen Liquorrückfluss ins Lupenglas, während bei der 25-29 Gauge Micro-tip Nadel eine längere Wartezeit in Kauf genommen werden musste.

Das Ergebnis der Sprotte Kanüle war im Vergleich zu schlecht, wobei hier sicherlich ein größeres Vergleichskollektiv notwendig gewesen wäre. Allerdings war dies nicht primäres Ziel dieser klinischen Feldstudie. Die 22-27 Gauge Micro-tip Nadel bietet wohl den besten Kompromiss zwischen Trefferquote und guter praktischer Anwendbarkeit, der Unterschied zur 24-28 Gauge Micro-tip Nadel ist jedoch marginal. Beide Spinalkanülen waren empfehlenswert in der Anwendung.

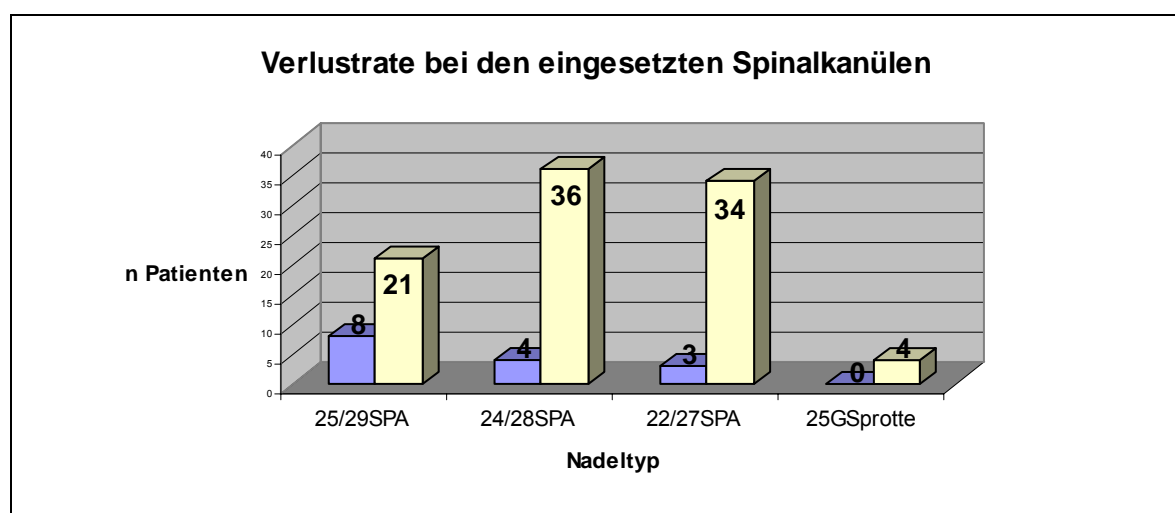


Abb.18 Die gelben Säulen geben die absolute Zahl, die blauen Säulen die Anzahl der verworfenen Spinalnadeln an.

Ein Vergleich mit Spinalkanülen vom Quincke Typ wurde in dieser Studie nicht geführt. Dieser Vergleich wurde als sinnlos erachtet, weil die In-vitro-Versuche bei den Quincke Kanülen einen turbulenten Ausstrom an der Nadelöffnung (siehe Anhang Abb. 10) zeigten und weil auch andere Studien die Wahl einer Quincke Kanüle als nachteilig im Vergleich zur Pencil-point Spinalkanüle herausstellten (33).

5.5. Besteht ein Zusammenhang zwischen der Rate an einseitig anästhesierten Patienten und der Ausbreitungshöhe der unilateralen hypobaren Spinalanästhesie?

Eine weitere wichtige Frage war, ob durch die hypobare Anästhesie ein häufiges Aufsteigen der Betäubung verursacht würde. Das entsprechende Dermatome mit höchster Anästhesieausbreitung wurde bei jedem Patienten im Überwachungsbogen festgehalten.

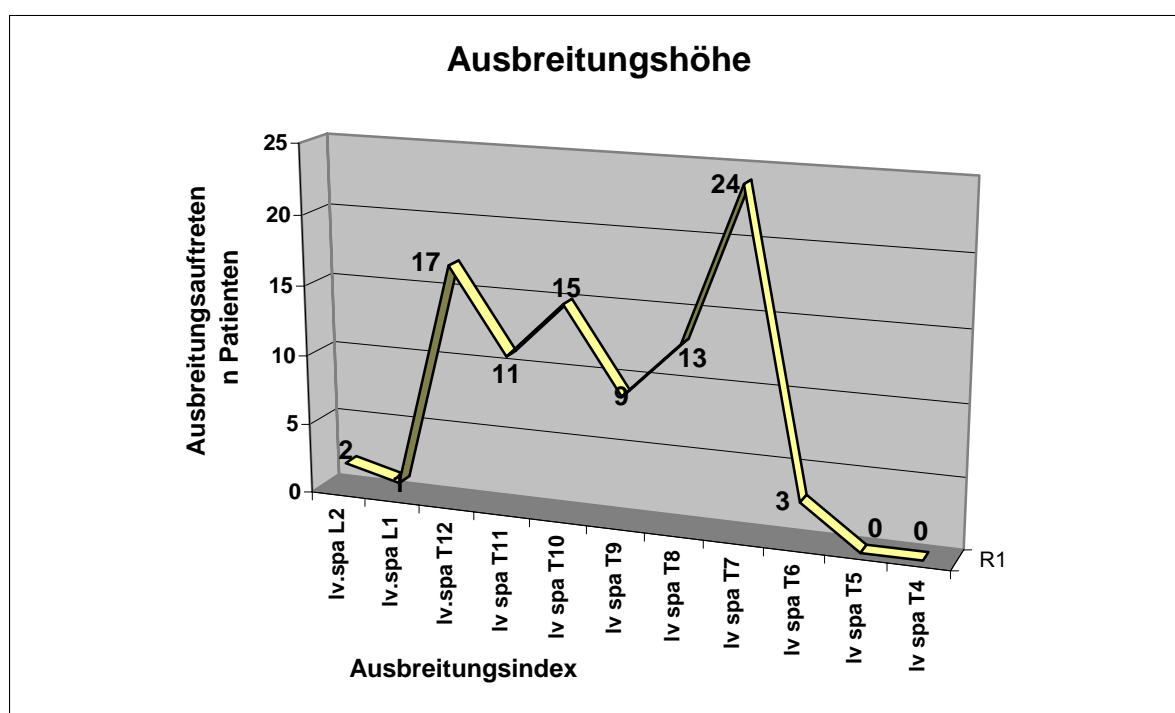


Abb.19

Meist waren die unteren thorakalen Segmente betroffen, als höchstes Dermatome war T6 bei drei Patienten betroffen. Bei diesen drei Patienten lag eine bilaterale Spinalanästhesie vor.

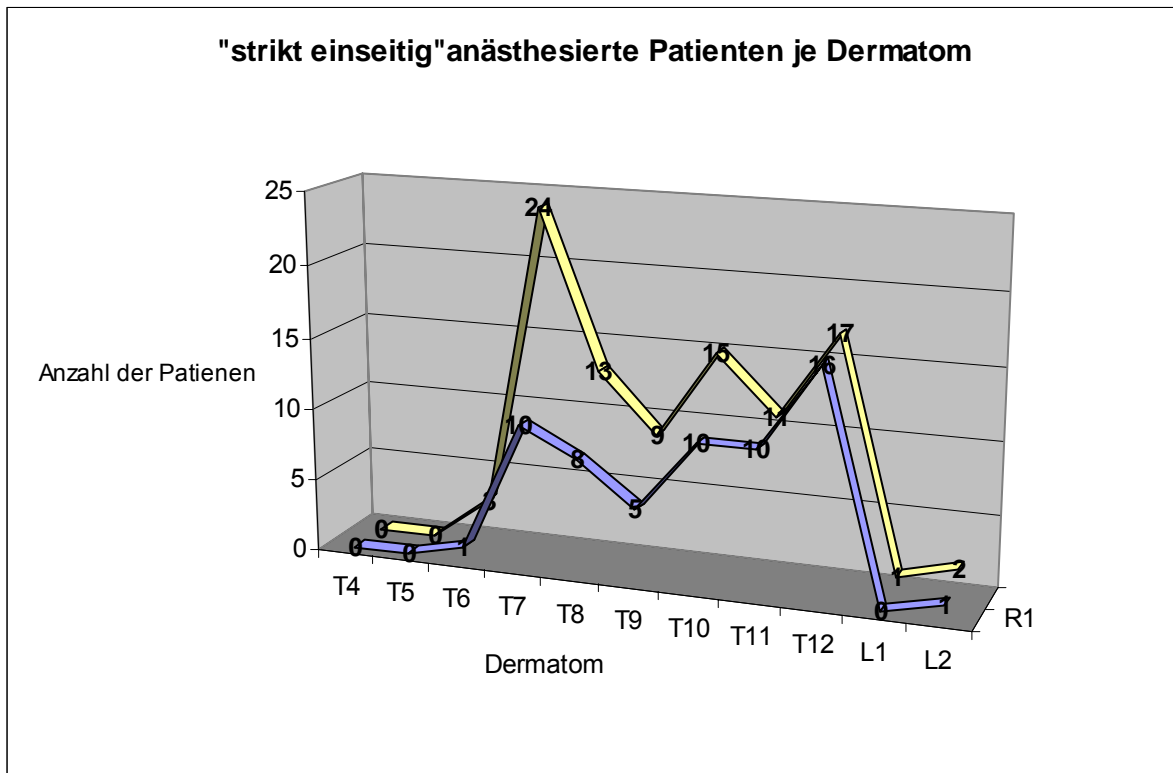


Abb.20

Die gelbe Kurve oder Datenreihe R2 (Abb.20) ergibt die Anzahl der Patienten, deren maximale Anästhesieausbreitung in einem bestimmten Dermatome liegt. Es handelt sich um das Dermatome mit der höchsten Anästhesieausbreitung betrachtet für alle 95 Studienpatienten.

Im Vergleich dazu zeigt die blaue Kurve oder Datenreihe R1 den Anteil der 61 strikt einseitig betäubten Patienten bezogen auf das betreffende Dermatome. Fazit: Man kann in diesem Diagramm sehr gut erkennen, dass in den oberen thorakalen Segmenten der Anteil der nicht einseitig betroffenen Patienten verhältnismäßig größer ist, als in den unteren Segmenten. Vermutlich nimmt der Anteil der Patienten mit beidseitiger Sympathicolyse in den oberen thorakalen Segmenten zu. Aus dem folgenden Diagramm geht dieser Sachverhalt eindeutig hervor.

Während der Anteil der strikt einseitig anästhesierten Patienten bei den Patienten mit maximaler Anästhesieausdehnung in den unteren thorakalen und oberen lumbalen Segmenten groß ist, nimmt der Anteil der Patienten mit beidseitiger Sympathicolyse bei den

Patienten, deren maximale Anästhesieausdehnung in den oberen thorakalen Segmenten auftritt, zu. Ein Sachverhalt der so auch erwartet worden war.

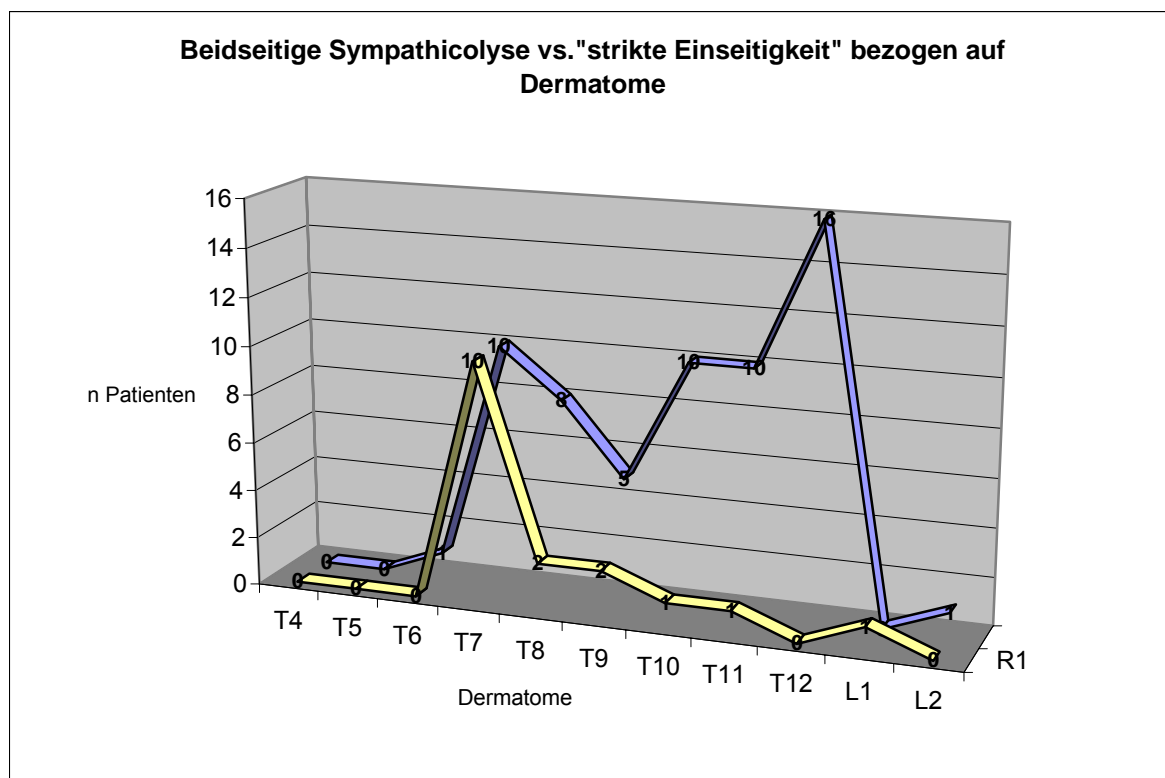


Abb.21 Die gelbe Kurve gibt hier den Anteil der bilateralen Anästhesien an.

Fazit:

Die bisher angeführten Daten und Diagramme zeigen, dass je höher die Anästhesieausdehnung ist, umso mehr Patienten nicht mehr strikt einseitig anästhesiert wurden und dass umso mehr Patienten eine beidseitige Sympathicolyse aufwiesen. Aus den Ergebnissen dieser Studie geht hervor, dass weniger die Menge des applizierten Lokalanästhetikums für den Anstieg des Lokalanästhetikums im Liquor nach kranial direkt verantwortlich ist, sondern vielmehr die Injektionsgeschwindigkeit. Dies deckt sich auch mit den In-vitro-Versuchen (siehe Anhang), die klar ergaben, dass eine Überschichtung der Testlösung durch das Lokalanästhetikum nur bei sehr langsamer Injektion eintritt (Abb.8 Anhang) und bestätigt die Ergebnisse für hyperbare Lösungen durch Enk (20, 23, 38). Im

Einzelfall mögen anatomische Strukturen für das Auftreten von bilateralen Spinalanästhesien in Abhängigkeit von der Lage der Nadelöffnung verantwortlich sein. Ausschlaggebend scheint jedoch die Ausstromgeschwindigkeit an der Nadelöffnung im Subarachnoidalraum zu sein (siehe In-vitro-Versuch im Anhang) . Die „air buffered injection“ hat sich als praktikable Möglichkeit der Erzielung eines langsamen Ausstroms auch für die hypobare Anästhesiemethode erwiesen.

5.6. Hämodynamische Stabilität

Ein bisher ungelöstes Problem bei Spinalanästhesien ist die durch Sympathicolyse induzierte Vasodilatation an den unteren Extremitäten, die insbesondere bei alten Patienten, Hypertonikern, Diabetikern und Patienten mit vegetativer Dysfunktion zu beträchtlichen Blutdruckabfällen führen kann (19, 22, 25, 30, 32). Bei allen Studienpatienten erfolgte eine engmaschige Blutdruckkontrolle in fünfminütigen Abständen, sei es durch manuelle, sei es durch die automatische Blutdruckmessung im Einleitungsraum vor und nach der Durchführung der Spinalanästhesie und anschließend im Operationssaal.

Bei allen Patienten wurde der arterielle Mitteldruck nach Messung der systolischen und diastolischen Werte kalkuliert und überprüft, ob eine mittlere Abweichung des MAPs geringer als 10% Abweichung vom Ausgangswert im Durchschnitt vorlag. Von 95 Patienten erhielten nur 2 Patienten eine geringe Menge eines Vasopressors (Akrinor 2:8, 2ml einmalige Gabe), alle anderen Patienten erhielten keinerlei vasoaktive Substanz. Schon dieser Sachverhalt spricht für eine Anästhesiemethode mit herausragender Kreislaufstabilität.

Dafür spricht auch, dass kein Patient irgendwelche klinischen Symptome einer Kreislaufbeeinträchtigung angab. Innerhalb der ersten dreißig Minuten fiel der arterielle Mitteldruck im Durchschnitt um weniger als 2 mmHg. Die beiden folgenden Diagramme geben diesen Sachverhalt wieder.

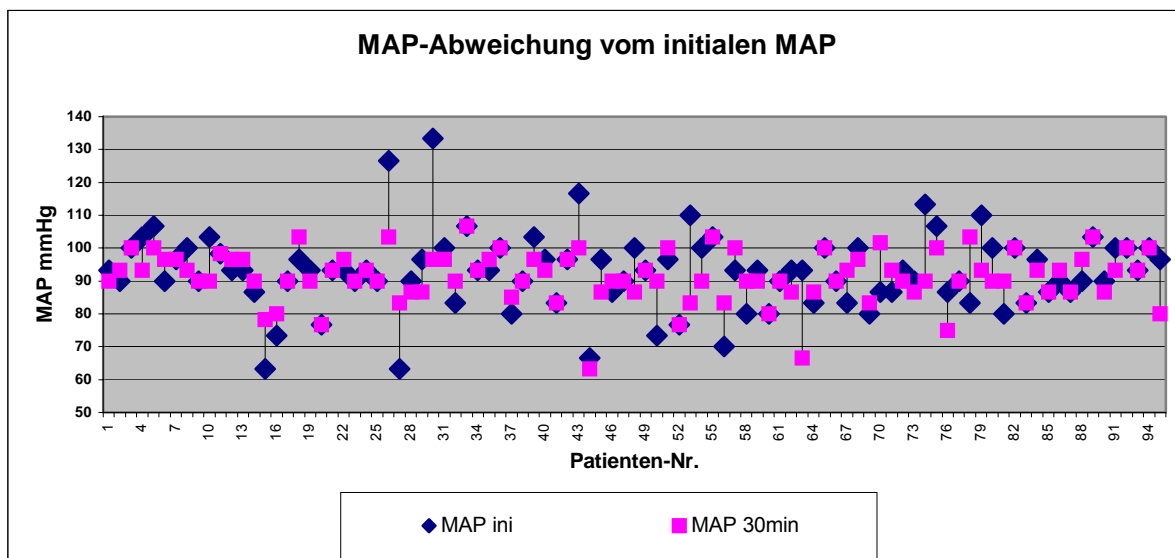


Abb.22

Zum Vergleich wurde der MAP nach Beendigung der initialen Messphase im Einleitungsraum mit der ersten MAP Messung im OP-Saal direkt nach Verlassen des Einleitungsraumes nach 30 Minuten gewählt.

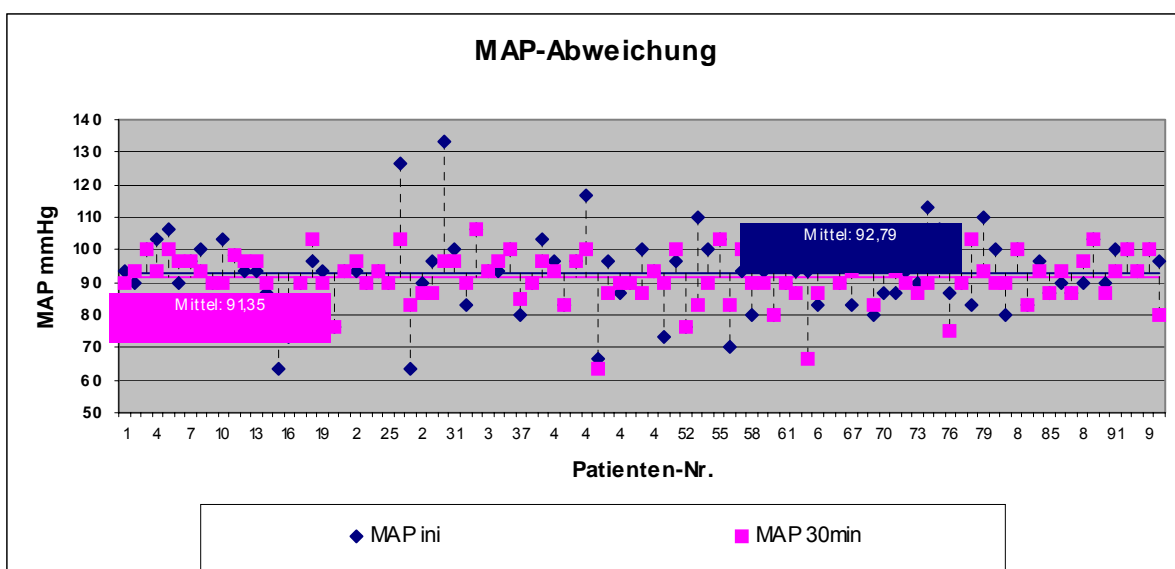


Abb.23

Aus dem Diagramm geht eine geringfügige Abweichung des MAPs im Durchschnitt von weniger als 5 % hervor. Dieser Sachverhalt wurde in der statistischen Auswertung geprüft.

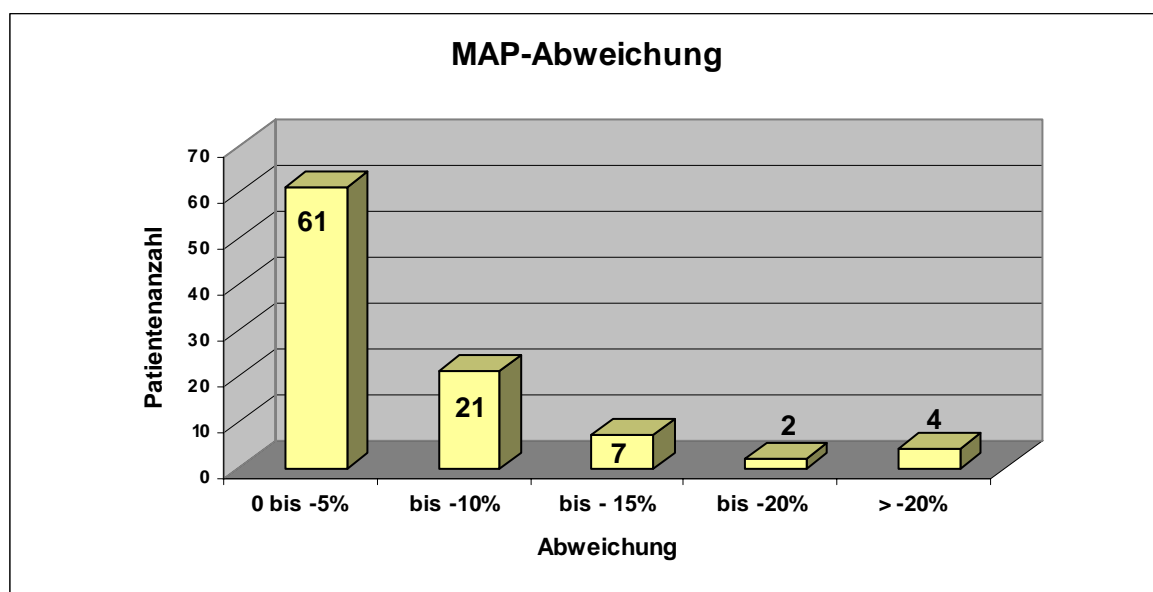


Abb.24

Bei 61 von 95 Patienten ergab sich eine Mitteldruckschwankung von weniger als 5 % vom Ausgangswert. Die Annahme, dass eine einseitige hypobare Spinalanästhesie ein geringeres venöses Pooling zur Folge hat, wird durch die gemessenen MAP-Werte unterstützt (27, 32, 36, 42, 43, 52).

Bei keinem Patienten trat als Anzeichen eines Kreislaufabfalls Unwohlsein, Übelkeit oder Erbrechen auf. Die durch die MAP Überwachung erhobenen Daten bestätigen die Annahme einer herausragenden Kreislaufstabilität, die die Anwendung des Verfahrens für Patienten mit ausgeprägter Kreislaufstabilität (54) interessant macht, insbesondere bei Patienten die auch von Allgemeinanästhesieverfahren aufgrund diverser Kontraindikationen ausgeschlossen oder stark eingeschränkt sind. Dies war allerdings keine Fragestellung für die hier vorgestellte Studie, die Patienten ASA I – III einschloss.

In einer von Casati et al. (36) veröffentlichten Arbeit wird eine Reduktion von klinisch relevanten Kreislaufreaktionen um den Faktor 4 für unilaterale Anästhesien im Vergleich zu herkömmlichen bilateralen Anästhesien konstatiert. Die geringe Menge von 4,62 bis 6,6mg des Lokalanästhetikums, die in dieser Studie pro Patient appliziert wurden, ergaben eine minimale MAP-Abweichung bei einer Effektivität von 92% für die motorische Blockade, 67,3% für das gleichzeitige Vorhandensein der drei Untersuchungskriterien.

Eine weitere Arbeit von Casati et al. (35), veröffentlicht 1999, vergleicht bilaterale und unilaterale Spinalanästhesien und deren Effekt auf die Hämodynamik. In der Patientengruppe die eine bilaterale Anästhesie erhielten war der Anteil der SAP-Abweichung 22,4%, in der Patientengruppe, die unilaterale Spinalanästhesien erhielten, nur 5%.

Die Arbeiten von Casati untersuchten die hyperbare Methode. Zur hypobaren unilateralen Spinalanästhesie gibt es kaum Daten in diesem Zusammenhang (54). Die Auswirkung der unilateralen hypobaren Spinalanästhesie auf die Hämodynamik der Studienpatienten kann als geringfügig bezeichnet werden. Kein Patient hatte irgendwelche Symptome bedingt durch die maximale MAP-Abweichung von ca. 20%. Die zweimalige Gabe eines Vasopressors bei zwei Studienpatienten erfolgte hier rein vorbeugend.

Es bleibt zu fragen, ob noch geringere Mengen des Lokalanästhetikums zu gleicher Effektivität der Methode führen und eine vergleichbare oder noch bessere Kreislaufstabilität zur Folge haben. Es ist der Eindruck des Anwenders, dass bei 4 mg = 1,4ml der 0,33 %igen Lösung ein unterer Grenzwert für die Effektivität der Methode bei ausreichender Kreislaufstabilität erreicht ist, andernfalls wäre die Blockadeausdehnung unterhalb von L2 anzusiedeln, was möglicherweise für eine große Zahl von Eingriffen nicht mehr ausreichen würde. Dies ist allerdings auch vom Patientenalter und von der Größe der Patienten abhängig.

Die hervorragende hämodynamische Stabilität der Studienpatienten erklärt sich auch in der maximalen Ausbreitungshöhe des sensorischen Blocks. Kein Patient erhielt eine Spinalanästhesie, die über das 5. thorakale Segment hinaus anstieg, also wurden keine höheren Sympathicusblockaden erzielt, die unweigerlich zu Blutdruckabfall und Bradycardie führen.

Allgemein wird natürlich jede Maßnahme zur Verhinderung einer hohen Spinalanästhesie empfohlen (32). Die Befürchtung, dass eine hypobare Methode zum Aufsteigen des Lokalanästhetikums, also vermehrt zu hohen Spinalanästhesien, führt hat sich nicht bestätigt. Das Gegenteil ist der Fall, die unilaterale hypobare Methode hat sich als Maßnahme zur Vorbeugung von Blutdruckabfällen bedingt durch eine Spinalanästhesie empfohlen.

Allgemeine Risikofaktoren wie hohes Alter, niedriger Ausgangsblutdruck, Bradycardie und Herzrhythmusstörungen etc. gelten natürlich auch für das hier untersuchte Patientenkollektiv (32). Andere beeinflussbare Risikofaktoren wie Höhe des Punktionsortes und Position des Patienten bei Durchführung der Anästhesie mögen das Ergebnis auch beeinflusst haben. Es ist bekannt, dass die sitzende Position bei der spinalen Injektion mit einer höheren Rate an Blutdruckabfällen verbunden ist als die Seitenlage. Die Punktionshöhe ist für das Auftreten einer einseitigen Anästhesie ein unerheblicher Faktor gewesen (s.o.).

Für das Auftreten von Blutdruckabfällen war die Punktionshöhe ebenfalls unerheblich auch weil kein Patient eine Injektion oberhalb vom Zwischenwirbelraum L2 erhielt .

Eine Injektion oberhalb von L2 führt bei der bilateralen Methode (32) zu einer Verdopplung der Rate an Blutdruckabfällen. Dies war schon im Vorfeld als mögliche Steigerung des Risikos für Hypotension erkannt worden und wurde daher vermieden (32).

Es ist schwierig einzelne Risikofaktoren zur Vermeidung von Hypotension zu untersuchen (30, 32, 35, 43). Zum Beispiel könnte man postulieren, dass die Barizität der Injektionslösung ein entscheidender Faktor zur Vermeidung einer Hypotension sei.

Wie schon erwähnt ist die Lagerung beim Einstich ein wichtiger Faktor und die erzielte Ausdehnung der Blockade auf obere thorakale Segmente (höher als das 5. Thorakalsegment) gleichfalls. In der vorhandenen Literatur gibt es zahlreiche Hinweise zur Optimierung einer Spinalanästhesie hinsichtlich der Kreislaufstabilität. Dazu muss auch die Bevorzugung einer langsamen Injektionsrate gezählt werden. Diese allgemeinen Vorsichtsmaßnahmen wurden auch hier befolgt, um eine hohe Spinalanästhesie zu vermeiden.

Die hier vorliegende Studie untersucht nicht die hämodynamische Stabilität von Hochrisikopatienten, sondern ASA I-III Patienten. In der Literatur konnten nur Ergebnisse zu Hochrisikopatienten, die mit der hyperbaren unilateralen Methode anästhesiert worden waren, gefunden werden (54). In dieser Studie wurde auch die Höhe der sympathischen Blockade als Hauptrisikofaktor für einen Blutdruckabfall definiert. Eine Reduktion des Volumens der hyperbaren Lösung wurde als Hauptfaktor zur Vermeidung einer hohen Spinalanästhesie und eines Blutdruckabfalls determiniert (54). Die Risikopatienten blieben bei Durchführung der unilateralen hyperbaren Methode kreislaufstabil, was als ein weiteres Argument für eine unilaterale Methode zu bewerten ist. Weitere Untersuchungen an Hochrisikopatienten mit der hypobaren unilateralen Methode wären sicherlich sinnvoll.

In der Summe der Maßnahmen war die beschriebene unilaterale hypobare Methode erfolgreich in der Vermeidung hämodynamischer Instabilität und muss als eine weitere Möglichkeit der Optimierung der Spinalanästhesie aufgefasst werden. Die Barizität der Lösung und die daraus resultierende Anwendungstechnik hat nur zu einer geringfügigen Schwankung der Hämodynamik geführt, die von den Studienpatienten als nicht beeinträchtigend empfunden wurde.

5.7. POUR (postoperative urinary retention = postoperativer Harnverhalt) und unilaterale hypobare Spinalanästhesie. Treten als Folge des Verfahrens gehäuft Harnverhalte auf?

Die Häufung von postoperativen Harnverhalten nach Spinalanästhesien ist ein oft unterschätztes Problem. Für die Patienten, die an dieser Studie teilnahmen wurde ein portables Ultraschallgerät vom Typ „Bladderscan“ (siehe Beschreibung im Anhang) benutzt, um die durchschnittliche Füllung der Harnblase zu ermitteln in Abhängigkeit von einer durchschnittlichen Infusionsmenge von ca.1000 ml (46 –51).

Die Messung erfolgte nach Eingriffsende im Operationssaal. Die Kombination von einer Harnblasenfüllung von mehr als 900 ml und ersten klinischen Symptomen eines Harnverhalts sollte zur Katheterisierung der Patienten führen. Eine Harnblasenfüllung von mehr als 900 ml ohne klinische Symptome sollte keine Katheterisierung zur Folge haben, allerdings eine Nachkontrolle mit dem „Bladderscan“ nach 6 Stunden, wenn bis dahin noch keine Blasenentleerung stattgefunden haben sollte.

Die postoperative Kontrolle und die Nachkontrolle nach 6 Stunden sollten einen Harnverhalt frühzeitig entdecken und wenn möglich unnötige Katheterisierungen vermeiden helfen. Das durchschnittlich infundierte Volumen kristalloider Infusionslösung betrug 1042 ml.

Bei zwei Patienten war die Blase nach dem Eingriff noch leer, der maximal gemessene Blaseninhalt betrug 868 ml. Der mittlere mit dem „Bladderscan“ gemessene postoperative Blaseninhalt betrug 383 ml, wobei insgesamt nur 59 Patienten gemessen werden konnten,

teilweise aus organisatorischen Gründen, teilweise weil schon präoperativ Blasenkatheter angelegt worden waren (z.B. wenn eine OP-Dauer länger als 2 Stunden erwartet wurde). D.h. die ermittelten Durchschnittswerte beziehen sich auf 59 mit dem „Bladderscan“ untersuchte Patienten.

Die Genauigkeit des Bladderscans zur Ermittlung des Blaseninhaltes ist in zahlreichen Studien belegt worden. Zur Kontrolle der Messgenauigkeit des Scans wurde das gemessene Harnblasenvolumen mit den Kathetermessungen verglichen und ergaben nur minimale Abweichungen (46).

Vorstudien ergaben eine geringere Inzidenz von Katheterisierungen und daraus folgenden Harnwegsinfektionen bei Einsatz des Bladderscans. Hier liegt ein weiterer Vorteil des Einsatzes eines Ultraschallgerätes (47-50).

Sechs Stunden nach dem Eingriff hatten bis auf drei Patienten alle Wasser gelassen, die verbliebenen drei Patienten konnten innerhalb von acht Stunden ihre Blase entleeren. Kein Patient hatte Symptome einer „overdistension“ wie zum Beispiel Unterbauchschmerz, Unruhe oder Bradycardie. Daher bestand bei keinem der 95 Studienpatienten die Indikation zur Anlage eines Blasenkatheters. Eine vielfach diskutierte Frage ist, bei welchem Blasenvolumen eine „overdistension“ eintritt, die funktionelle Kapazität der Blase variiert sehr stark (47), sie kann zwischen 250 und 1000 ml liegen.

Es fehlt eine eindeutige Definition für den postoperativen Harnverhalt. Stattdessen gibt es unterschiedliche Protokolle in unterschiedlichen Krankenhäusern, bei welchem Blasenfüllvolumen von einem Harnverhalt gesprochen werden kann. Teilweise reicht die Angabe des Patienten, die Blase nicht entleeren zu können, teilweise werden Grenzwerte für den Blaseninhalt von 500 – 900 ml ausgewählt, damit die Entscheidung zur Katheterisierung gefällt werden kann (47, 48).

Patienten, die schon im normalen Alltag seltener größere Harnmengen abgeben, haben wahrscheinlich eine größere Toleranz gegenüber größeren Harnblasenfüllmengen. Hier ist die präoperative Befragung der Patienten ein hilfreiches Mittel.

Je nach Definition gibt es eine Bandbreite von 3,8 – 60% Harnverhalte je nach Art der Operation, nach Alter, Geschlecht etc.... . Die Anzahl der Definitionen ist recht groß und hängt von den unterschiedlichsten Faktoren ab.

Unumstritten ist, dass die Anästhesie einen Effekt auf die vegetative Versorgung der Harnblase hat (48, 49). Bei länger andauernden Allgemeinanästhesien oder bilateralen Spinalanästhesien und bei großen Infusionsmengen ist eine erhöhte Inzidenz von POUR gleichfalls belegt (48). Sicherlich gibt es auch Effekte bei der einseitigen hypobaren Spinalanästhesie, ein Sachverhalt, der allerdings so gut wie gar nicht untersucht worden ist. Vielleicht gibt die Messung mit dem „Bladderscan“ weitere Aufschlüsse in diesem Zusammenhang. Es ist schon verwunderlich, dass selbst bei einem Blasenvolumen von 868 ml keine Katheterisierung notwendig gewesen ist.

Eine holländische Studie (46) zeigt die postoperativen Blaseninhalte von 600 Patienten, wobei 25% ein Volumen von über 400 ml und 8% ein Volumen von mehr als 700 ml hatten. Hier wurde nicht zwischen Allgemein- und Spinalanästhesie unterschieden. Eine andere Studie ergab 15% respektive 5% bei 300 Patienten (47).

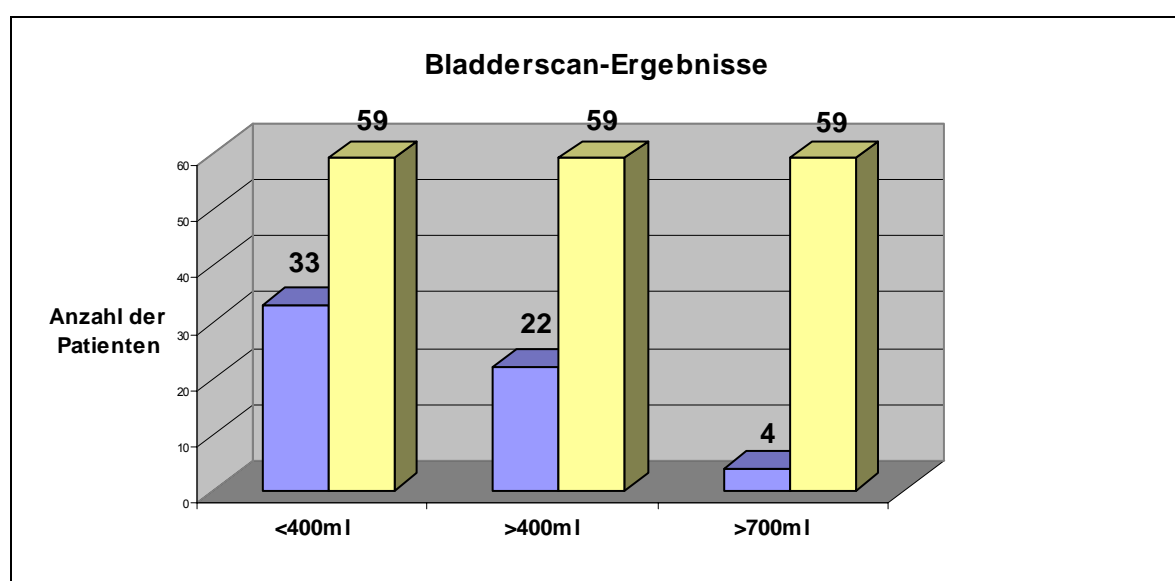


Abb.25

In unserer Studie zur einseitigen hypobaren Spinalanästhesie hatten 56% der Patienten ein postoperatives Blasenfüllvolumen von < 400 ml, 37% hatten ein Blasenfüllvolumen zwischen 400 ml und 700 ml und 7% hatten ein Blasenfüllvolumen von > 700 ml, es ergeben sich also ähnliche Daten in dieser Studie (47).

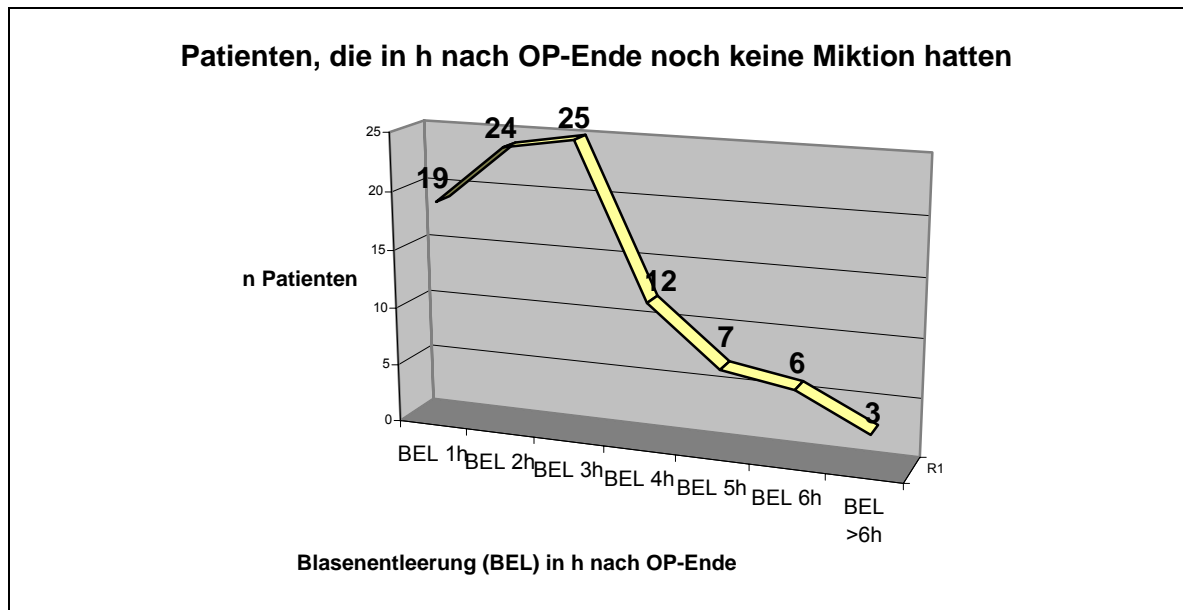


Abb.26 Alle Patienten hatten innerhalb von 8 Stunden Wasser gelassen.

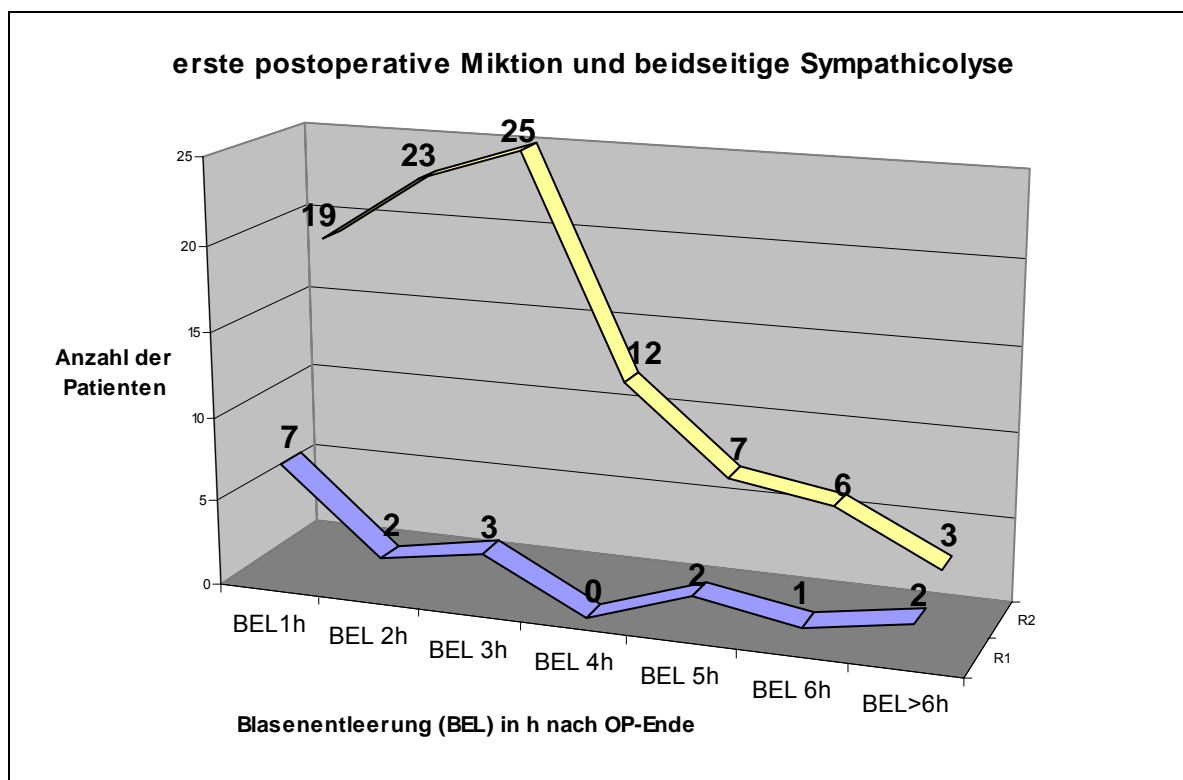


Abb.27

Der Anteil der Patienten mit beidseitiger Sympathicolyse nimmt mit zunehmender zeitlicher

Distanz zum OP-Ende wieder zu. Kann man daraus folgern, dass eine beidseitige Sympathicolyse die Harnblasenentleerung behindert? Noch besser veranschaulicht dies das folgende Diagramm. Hier ist das Auftreten der beidseitigen Sympathicolyse in den ersten postoperativen Stunden als Anteilswert von der absoluten Anzahl der Patienten, die noch keine postoperative Miktions hatten, dargestellt.

Anteil der Patienten mit beidseitiger Sympathicolyse, die noch noch keine postoperative Miktions hatten

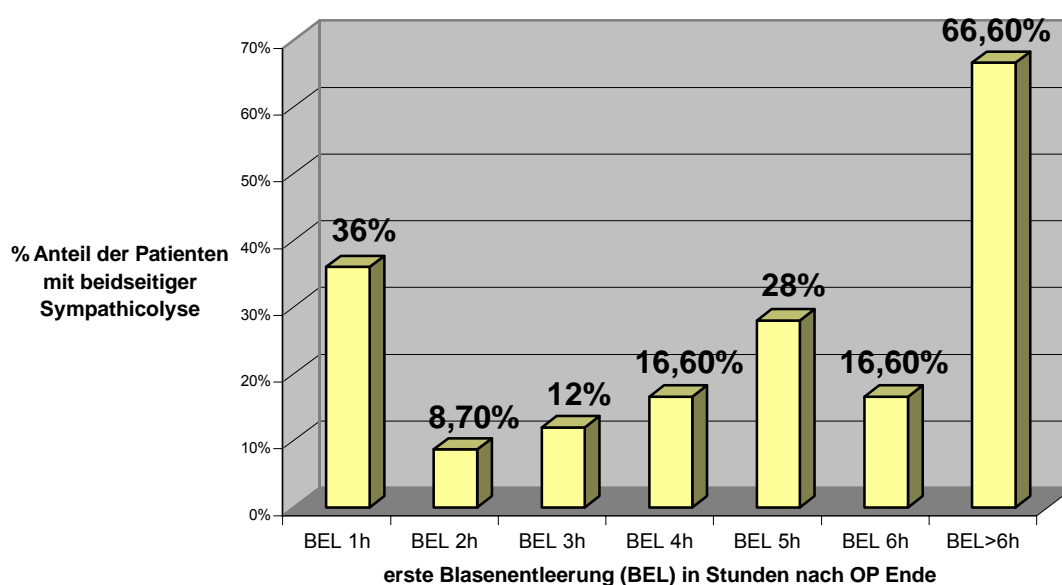


Abb.28

Der relative Anteil der Patienten mit beidseitiger Sympathicolyse nimmt also mit zunehmender zeitlicher Distanz vom OP-Ende bei den Patienten, die noch nicht Wasser lassen konnten zu. Dies wurde nur an einer verhältnismäßig kleinen Anzahl von 59 Patienten untersucht. Ein größeres Studienkollektiv wäre hier wünschenswert, weil die Inzidenz von Blasenentleerungsstörungen bei der unilateralen hypobaren Spinalanästhesie wohl sehr gering ist.

Als positives Ergebnis kann festgehalten werden, dass kein Studienteilnehmer irgendwelche Blasenfunktionsstörungen beklagte, was sicherlich einen großen Anteil an der positiven Gesamtbewertung des Verfahrens durch die Patienten hat. Der Einsatz des „Bladderscans“ kann als vorbeugende Maßnahme, um Katheterisierungen zu vermeiden, empfohlen werden (46-51). Die Verweildauer im OP vom Ende der spinalen Injektion bis zum OP-Ende betrug durchschnittlich 107 min in dieser Studie, die minimale Verweildauer betrug 45 min, die maximale Verweildauer betrug 260 min (Kreuzbandplastikoperation). Auch die Patienten mit langer OP-Dauer konnten ohne Beschwerden Wasser lassen. Die Annahme, dass eine lang andauernde Spinalanästhesie vermehrt zu Harnverhalten (32) führen kann, kann nach dieser Studie nicht für die hier mit der einseitigen hypobaren Spinalanästhesie anästhesierten Studienpatienten bestätigt werden. Eine mögliche Erklärung ist ein früheres Verschwinden der sakralen Blockade unterhalb von Segment S3 bei einseitiger hypobarer Technik.

Ein weiterer interessanter Aspekt ist die Frage nach der Auswahl des Lokalanästhetikums. Eine 1998 veröffentlichte holländische Studie untersucht den unterschiedlichen Einfluss von Bupivacain und Lidocain auf die Wiederkehr der postoperativen Harnblasenfunktion (47) bei bilateral durchgeführten herkömmlichen Spinalanästhesien. Dabei war die Blasenfunktion bei Anwendung des länger wirksamen Bupivacains länger und ausgeprägter behindert als bei Anwendung von Lidocain hyperbar. Daraus wurde geschlossen, dass ein kurz wirksames Lokalanästhetikum zu bevorzugen sei, zumal die Dauer der spinalen Blockade mit der Häufigkeit des Auftretens von Blasenfunktionsstörungen korreliere und ein schnelles Absinken des Blocks auf den Level des dritten Sakralsegments für die Wiederkehr der Blasenfunktion notwendig sei. Das in der Biscoping-Studie (29) verwendete Mepivacain hatte eine zu geringe Erfolgsquote und wurde vom Anwender selbst als zu wenig lipophil eingestuft, d.h. es treten zu viele bilaterale Anästhesien auf, weil zu viel freies Mepivacain im Liquor ungebunden vorhanden ist.

Bei der hypobaren Technik, die in dieser Studie eingesetzt wurde, wurde Bupivacain verwendet, das eine weitaus höhere Quote von Einseitigkeit zur Folge hatte, ohne jegliches Miktionsproblem. Vielleicht wird die Blasenfunktion weniger bei Anwendung eines hypobaren Lokalanästhetikums behindert, weil es nicht zum Pooling von Lokalanästhetika im Bereich der sakralen Spinalnerven kommt, wie es gelegentlich für hyperbare Lokalanästhetika beschrieben wird (42).

5.8. Wiederherstellung der motorischen Beweglichkeit nach Durchführung der unilateralen hypobaren Spinalanästhesie.

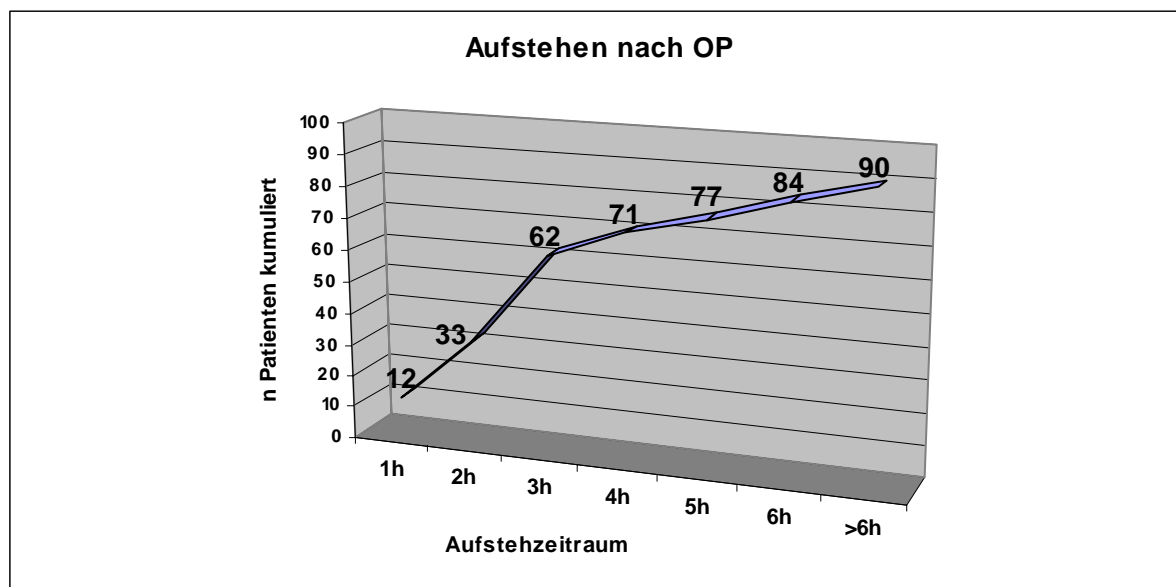


Abb.29

Von 95 Patienten konnten am OP-Tag 90 das Bett verlassen, 84 von 95 Patienten verließen das Bett innerhalb von 6 Stunden. Alle 95 Studienpatienten haben innerhalb der ersten vier Stunden ihre vollständige motorische Beweglichkeit der zuvor anästhesierten Extremität laut Befragung wiedererlangt.

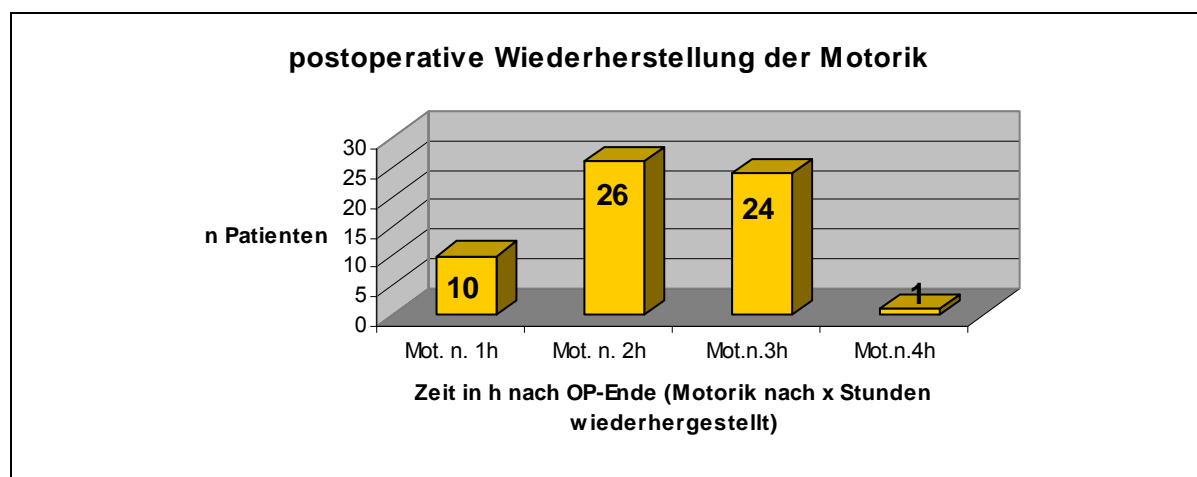


Abb.30

Die 61 strikt einseitig anästhesierten Patienten erlangten alle innerhalb von vier Stunden die volle motorische Beweglichkeit (siehe Abb.), bis auf ein Patient sogar innerhalb von 3 Stunden. Natürlich ist eine frühzeitige Mobilisierbarkeit der Patienten eine wichtige Thromboseprophylaxe und ermöglicht die Anwendung der Methode für ambulante Eingriffe. Dies wäre ein Untersuchungsthema für eine weitere Studie, die nur an ambulanten Patienten durchgeführt werden sollte. Inwieweit die Vorlaufzeiten für Injektions- und Lagerungszeit dies ermöglichen ist noch zu klären, dies ist wohl eher ein organisatorisches Problem. Eine Antwort auf diese Fragen konnte diese Arbeit nicht geben.

5.9. Häufigkeit postspinaler Kopfschmerzen

Die in dieser Studie aufgenommenen Patienten waren angehalten, die vollständige Rückkehr der motorischen Funktion zu dokumentieren und bei den postoperativen Befragungen wiederzugeben. Jede Art von Kopfschmerz sollte angegeben werden, zunehmende Kopfschmerzen insbesondere beim Aufrichten des Oberkörpers oder beim Aufstehen wurde als PDPH (Post-dural-puncture headache) gewertet.

Es gab kein zeitliches Limit für den Zeitpunkt des ersten Aufstehens. Mögliche Einschränkung war der postoperative Wundschmerz bzw. eine Limitierung durch die Art des Eingriffs z.B. bei einer belastungsinstabilen Fraktur. Es wurden ausschließlich atraumatische Spinalkanülen eingesetzt, da hier ein größerer Schutz vor postspinalen Kopfschmerzen erwartet wurde, wie aus mittlerweile zahlreichen Studien bekannt (39, 41).

Ein frühzeitiges Aufstehen war wünschenswert, um ein Ergebnis für einen möglichen Einsatz der Methode für ambulante Eingriffe zu erhalten. Kein Patient, der an dieser Studie teilgenommen hat, wies eine PDPH (Post-dural-puncture headache = postspinaler Kopfschmerz) auf, die Patienten hatten frühzeitig ihre volle motorische Beweglichkeit wiedererlangt, 99% der „strikt einseitig“ anästhesierten innerhalb von 3 Stunden nach OP-Ende.

Die Ergebnisse sprechen für einen positiven Einfluss der Auswahl von Micro-tip Pencil-point Spinalkanülen, deren Spitze durch ein spezielles Produktionsverfahren noch einmal im Durchmesser verringert wird, so dass eine noch feinere Nadelspitze resultiert z.B.

24-28 Gauge. Die Nadelspitze hat einen Durchmesser von 28 Gauge (siehe Abbildung 1. im Anhang). Patientenalter und der Nadeldurchmesser gelten bisher als die größten Einflussfaktoren für das Auftreten von PDPH (39, 41, 55).

Ein nicht zu unterschätzender Faktor ist auch das Verbiegen und die Deformierung der Spinalkanüle speziell der Nadelspitze, die dann zu einem Einriss der Dura führen kann. Solche Risse sollten wenn möglich vermieden werden (39) und die Nadel nach Knochenkontakt verworfen werden. Insbesondere aus diesem Grund musste die 25-29 G Micro-tip Kanüle in dieser Studie häufig verworfen werden. Alle Daten weisen darauf hin, dass die Häufigkeit von PDPH umso geringer ist, je kleiner die Dura-Öffnung ist. Je dünner der Nadeldurchmesser ist, desto geringer ist die Häufigkeit von PDPH. Die Pencil-point Nadelspitze scheint außerdem eine höhere Resistenz gegen Deformation aufzuweisen als Quincke Nadeln gleichen Durchmessers (39). Der Zusammenhang von Nadeldurchmesser, Form der Nadelspitze und PDPH ist in folgender Tabelle wiedergegeben:

Nadeltyp	Nadelgröße in G	Häufigkeit der PDPH
Quincke 1898	14-16	50 – 70%
Quincke	25	3 – 25%
Quincke	26	0,3 – 20%
Quincke	29	<2%
Quincke	32	<0,4%
Sprotte	24	0 – 9,6%
Whitacre	25	0 – 14,5%
Whitacre	27	0%
Atraucan	26	2,5-4%
Touhy	16	70 %

Tab.1. Aus Turnbull and Shepard BMJ 2003

Die modernen Pencil-point Spinalkanülen einschließlich der hier eingesetzten Micro-tip

Spinalkanülen sind in dieser Tabelle nicht enthalten, weisen allerdings eine noch geringere Häufigkeit von postspinalen Kopfschmerzen auf.

Die Folgen eines postspinalen Kopfschmerzes sind nicht zu unterschätzen. Es ist existiert hier eine nicht unerhebliche Morbidität und auch Mortalität. Als Ursache wird eine protrahierte intrakranielle Hypotension bedingt durch Liquorverlust angenommen. Es gibt Fälle, die einen chronischen persistierenden Kopfschmerz über Jahre zurückbehielten. In seltenen Fällen erfolgte sogar der chirurgische Verschluss eines persistierenden Liquorlecks. Die Durchführung eines „epidural blood patch“ wird allgemein als die effektivste Methode angesehen. Die Erfolgsquote liegt bei ca. 70 – 98%. Auch eine Wiederholung des „blood patch“ hat noch eine sehr hohe Erfolgsquote.

Allerdings gibt es einige Berichte über sehr bedrohliche Komplikationen nach Durchführung eines „epidural blood patch“ (Sinusvenenthrombose, Krampfanfälle, Meningitis... etc. 65, 66, 67). Aufgrund der Möglichkeit solcher Folgen werden immer wieder medikamentöse Therapieoptionen gesucht.

Die Gabe von Desmopressin, Sumatriptan, Coffein, Dextran, epiduraler Kochsalzlösung und die Anwendung von Fibrinklebern hat zwar in einzelnen Fällen geholfen ist aber nicht in ausreichend großen Studien als hilfreich belegt.

Die Anlage intrathekaler Katheter nach Perforation mit einer Touhy Kanüle wird zur Induktion einer entzündlichen Dura-Reaktion teilweise empfohlen, ist allerdings umstritten und in ihrer Wirksamkeit nicht belegt (39).

Umso wichtiger ist es, ein Verfahren zu entwickeln oder zu verbessern, dass das Auftreten eines postspinalen Kopfschmerzes auf ein Minimum reduzieren oder sogar gänzlich verhindern kann. Der Einsatz von feinumigen Micro-tip Spinalkanülen mag dazu beitragen. Als Ergebnis dieser Arbeit kann festgehalten werden, dass in dieser Studie eine frühzeitige Mobilisation der Patienten nicht zum vermehrten Auftreten von PDPH geführt hat und sich die Methode daher auch für die ambulante Anwendung empfiehlt. Kein Patient, der eine Spinalanästhesie mit Micro-tip Spinalkanülen in Form einer hypobaren unilateralen Spinalanästhesie erhalten hatte, litt unter postspinalen Kopfschmerzen.

5.10. Zeitlicher Aufwand für die Durchführung der Methode

Im Zeitalter der Kosteneinsparungen im Gesundheitssystem und des zunehmend eng werdenden Zeitmanagements in den Operationsbereichen ist es interessant zu untersuchen, ob der zeitliche Aufwand für die Methode in Relation zur OP-Dauer noch in einem tolerablen Rahmen geblieben ist. Die durchschnittliche OP-Dauer betrug 56,8 Minuten, die Dauer von Anästhesie/Lagerungszeit und Operationsdauer lag im Durchschnitt bei 107,6 Minuten. Darin sind Vorlauf und Wartezeiten im OP, der zeitliche Aufwand für die Temperaturmessmethode enthalten.

Die OP-Dauer definiert den Zeitraum vom Hautschnitt bis zum Wundverschluss. Die durchschnittliche Differenzzeit betrug ca. 50 Minuten, davon müssen 30 Minuten für die Überwachung bedingt durch die Hauttemperaturmessmethode abgezogen werden. Es verbleiben 20 Minuten für Vorbereitung des Operationsfeldes im Operationssaal.

Dies gibt den zeitlichen Aufwand in unserem OP-Bereich realistisch wieder. Sicherlich gibt es Möglichkeiten der Zeiteinsparung im praktischen Alltag, besonders wenn die aufwändige Durchführung der Messphase wegfällt .

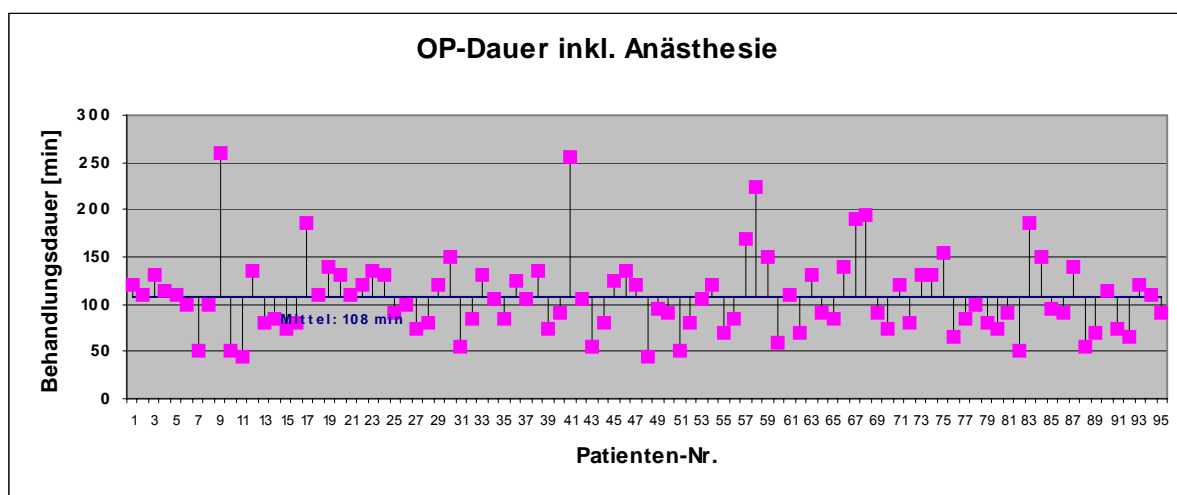


Abb.31

Im Vergleich dazu die reine OP-Zeit:

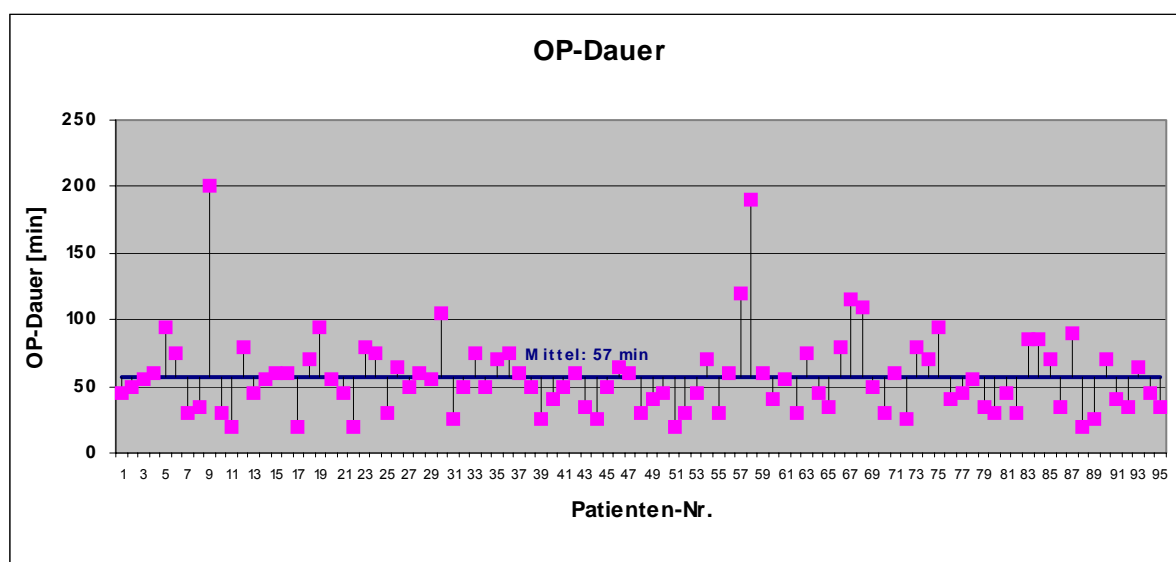


Abb.32

Die Organisation der Patientenbestellung muss sich natürlich an der etwas längeren Vorlaufzeit für die Durchführung der unilateralen hypobaren Spinalanästhesie orientieren, d.h. eine frühzeitige Bestellung der Patienten ist notwendig. Dies ist bei der Durchführung dieser Studie kein Problem gewesen und wurde auch nicht von den Operateuren bemängelt. Im Zeitalter von DRGs und kostenträchtiger OP-Zeiten ist die vorgestellte Methode durchaus einsetzbar und praktisch gut zu realisieren .

5.11. Bewertung durch die Patienten, den Anwender, die Operateure

Die hier durchgeführte unilaterale hypobare Spinalanästhesie wurde von den Patienten als komplikationsarme, halbseitige Anästhesie einer Extremität wahrgenommen. Die hohe Rate von 87 von 95 einseitigen motorischen Blockaden bestimmte sicherlich die Wahrnehmung der Patienten. Erst die genaue Überprüfung der Gegenseite nach dem standardisierten Untersuchungsbogen ergab die geringere Zahl von Studienpatienten, die gänzlich keine

Beeinträchtigung der Gegenseite hatten. Gerade die fast einhellige positive Bewertung der Patienten (23 von 24 Patienten), die schon einmal eine bilaterale Spinalanästhesie erhalten hatten, spricht für die Durchführung der hier untersuchten Anästhesiemethode.

Die Wahrnehmung der Methode als einseitige Anästhesie eines Beins wurde insbesondere durch diese Patienten bestätigt. Das Körpergefühl bleibt bei dieser Methode erhalten. Das erste Wasserlassen geschah ohne Probleme am Tage der Operation. Die Wiederherstellung der Motorik war innerhalb von 4 Stunden komplett. Die Lagerung auf die gesunde Seite war für die Patienten komfortabel, insbesondere bei schmerzhaften Frakturen.

Die Operateure nahmen das neue Verfahren positiv auf, da die Patienten bei den Visiten fast durchweg positive Meinungen zur Anästhesiemethode abgaben und schlugen teilweise sogar bei Risikopatienten die Durchführung der Methode vor.

Für den Anwender bereitete das Verfahren in der praktischen Durchführbarkeit keine Probleme, der Einsatz der Micro-tip Spinalkanülen erleichterte die Anwendung und empfiehlt sich für die Zukunft. Eine im Jahr 2002 veröffentlichte Studie (54) bei 40 ASA III und ASA IV Patienten bei denen die hyperbare unilaterale Methode angewandt wurde, ergab nur geringfügige hämodynamische Effekte bei den Studienpatienten. Ein ähnliches Ergebnis ist für die hypobare Methode bei Hochrisikopatienten zu erwarten und ist ein interessantes Untersuchungsthema für weitere Studien.

Zuletzt sei nun noch ein interessanter Vergleich mit der balancierten Sevoflurane-Anästhesie erwähnt (59). Natürlich muss sich eine hypobare unilaterale Spinalanästhesie auch dem Vergleich mit der Inhalationsanästhesie stellen. Speziell im orthopädischen Patientengut (z.B. beim Hüftgelenkersatz) findet sich ein Einsatzgebiet der hier vorgestellten Methode, da es sich hier oft um kardiovaskulär instabile sehr alte Patienten handelt.

Die von Casati et al. im Jahr 2003 (59) durchgeführte vergleichende Studie beschreibt die hyperbare unilaterale Methode im Vergleich zur Sevoflurane-Anästhesie. Interessant ist, dass in der Sevoflurane-Gruppe der intravenöse Flüssigkeitsbedarf zum Ausgleich von Hypotension um 40% höher war als in der unilateralen Spinalanästhesiegruppe. Casati erwähnt den Vorteil der unilateralen Methode, das heißt die Beschränkung der Anästhesie nur auf eine Seite, bzgl. klinisch relevanter Hypotension mit ca. 75%. Hinzu kommt die Verminderung des Bedarfs an autologer Bluttransfusion um annähernd 50% bei Durchführung einer unilateralen Spinalanästhesie statt einer Inhalationsanästhesie mit

Sevoflurane bei Hüftgelenksersatz. Ein Vergleich mit der hypobaren Methode steht hier noch aus, lässt aber mindestens ähnliche Werte erwarten.

5.12. Zusammenfassung:

Die an 95 ASA I-III Patienten durchgeführte Studie zur unilateralen hypobaren Spinalanästhesie belegt, dass die Kombination von entsprechenden Spinalkanülen (Micro-tip Spinalkanülen), der „air buffered injection technique“, einer ausreichend langen Injektionszeit (länger als 4 Minuten), einer ausreichend langen Dauer der Seitenlagerung (länger als 20 Minuten) und der Auswahl einer hypobaren Bupivacainlösung zu einer hohen Rate unilateraler Spinalanästhesien führt. Bei 61 von 95 Patienten (64,21 %) konnte eine „strikt einseitige“ Spinalanästhesie festgestellt werden, bei 87 von 95 Patienten (91,58%) zeigte sich ein einseitiger Ausfall der Motorik. Es liegt eine effiziente Methode zur Erzielung einer einseitigen Spinalanästhesie vor. Der entscheidende Faktor war hier nicht die Menge des injizierten Lokalanästhetikums sondern die Injektionsgeschwindigkeit. Dies bestätigen In-vitro-Vorversuche (siehe Anhang) für das hypobare Lokalanästhetikum. Nur eine sehr langsame Injektionszeit führt zum laminaren Ausstrom aus der Nadelöffnung. Der Einsatz einer vektoriellen Spinalkanüle mit seitlicher Öffnung ist in dieser Studie von Vorteil gewesen.

Die applizierten Mengen des Lokalanästhetikums lagen bei 4,6mg (1,4ml) bis zu 6,6mg (2ml) 0,33%iges Bupivacain. Die längste erreichte Anästhesiedauer lag bei 260 Minuten. Es kam bei keinem Patienten zu Miktionsstörungen unabhängig von der Anästhesiedauer und von der Menge des applizierten Lokalanästhetikums (1,4 – 2 ml).



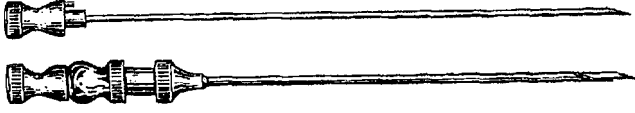
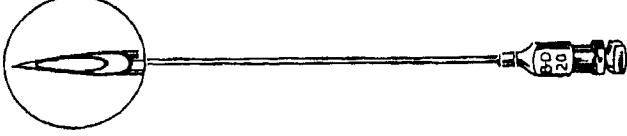
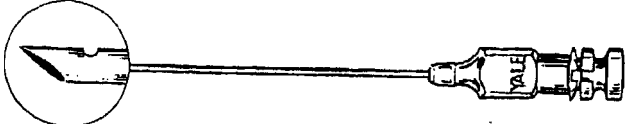


Ob es auch bei der unilateralen hypobaren Spinalanästhesie einen Zusammenhang von Harnverhalt und größerer Menge des injizierten Lokalanästhetikums gibt, konnte in dieser Studie nicht nachgewiesen werden. Es trat keine Blasenentleerungsstörung auf. Bei der hier durchgeführten Studie kam ein modernes komplikationsarmes Verfahren zur Anwendung, das einen geringen praktischen Aufwand erfordert. Es liegt ein Verfahren vor, das sich auch für die Anwendung bei Patienten höherer Risikogruppen aufgrund seiner guten Verträglichkeit und Kreislaufstabilität empfiehlt.

Rückenschmerzen, PDPH und Blasenentleerungsstörungen traten nicht auf, die Kreislaufstabilität war hervorragend. Die motorische Beweglichkeit war innerhalb von drei Stunden bei 99% der Studienteilnehmer wiederhergestellt.

Die Anwendung der Methode empfiehlt sich daher auch für ambulante Eingriffe.

6.0 Anhang

I. Historische Nadeltypen (55)

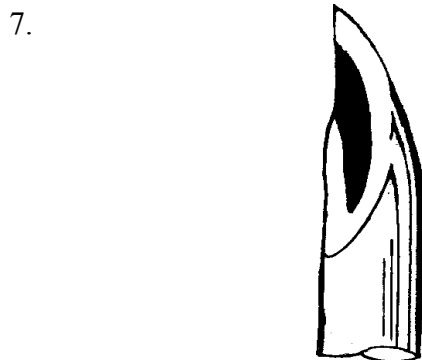
1.  Biers Nadel 1898
-  Cornings Nadel 1900
2.  Hoyt-Nadel 1922
Benutzung einer Führungskanüle
3.  Greene-Nadel 1923-1950
erste atraumatische Nadel
4. Kirschner-Nadel 1932 distal verschlossen
direktionale Öffnung
 Rovenstine-Nadel 1944
Übernahm das Kirschner Design
-  Whitacre-Nadel 1951
Erste Pencil-point Nadel 1951, aufgegriffen von Whitacre
5.  Variation: Levy-Nadel 1957

Weiterentwicklung zur „Ball-pen needle“

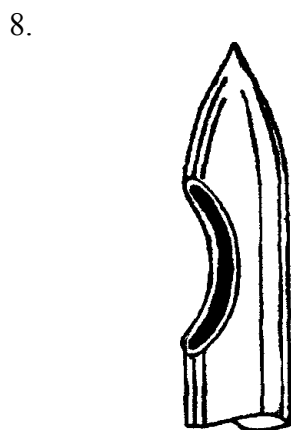


Ball-pen Nadel 2000

Rückkehr zur traumatischen Nadel



Atraucan-Nadel 1993



Sprotte 1987
Weiterentwicklung der
Whitacare-Nadel

9.

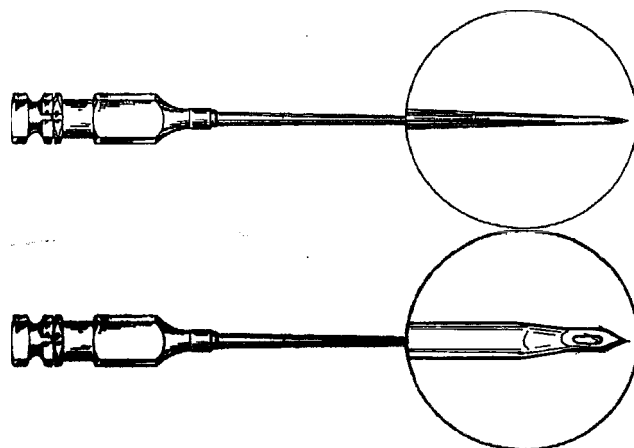


Double-hole Pencil-point-
Nadel 1996

Vorteil: schneller Liquor-
rückfluss

Konische Nadeln

10.



1. Design: Konisch über die
gesamte Nadellänge

2. Design: Distal-konisch

Nachteil: Die Pencil-point und andere nicht schneidende Nadeln wie auch die hier beschriebene distal-konische Micro-tip Variante haben eine gewisse Verbiegungstendenz und benötigen eine Führungskanüle.

Die Micro-tip Kanüle ist also eine Kombination von direkzionaler distal-konischer und Pencil-point Nadelspitze.

Vorteil: Die Micro-tip Kanüle zeichnet sich durch einen schnellen Liquorrückfluss zum Schauglas, eine niedrige Rate an postspinalen Kopfschmerzen aus und erzeugt bei Durchführung einer „air buffered injection“ bedingt durch das konische Design einen laminaren Ausstrom an der direkzionalen Nadelöffnung .

II. aktuell in dieser Studie eingesetzte Nadeltypen und In-vitro-Versuche

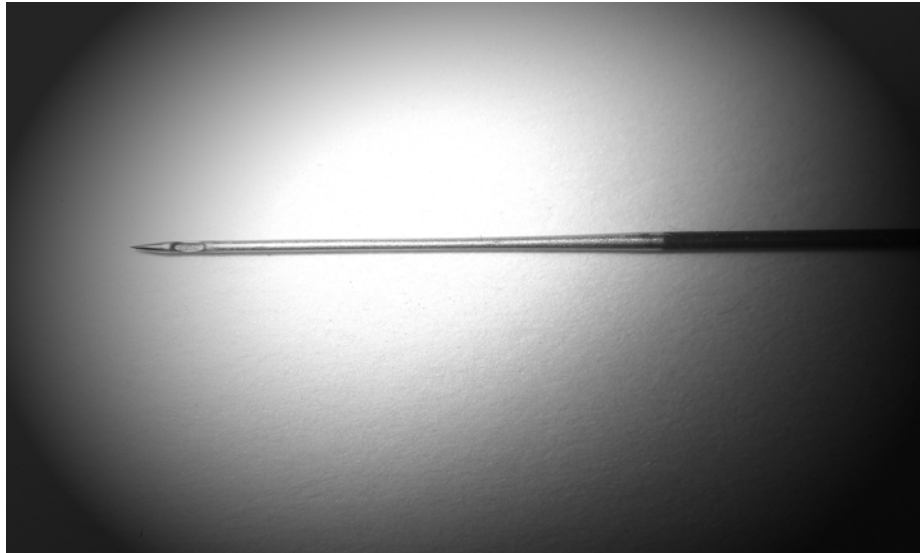


Abb.1 *Micro-tip Spinalkanüle. Am Ende der schwarzen Markierung beginnt die distale Verjüngung, das verjüngte Endstück der Nadel ist ca. 1 cm lang (im Lichtkegel).*



Abb. 2 27 G Micro-tip direktionale Kanülenspitze



Abb. 3 27 G Micro-tip direktionale Kanülenspitze

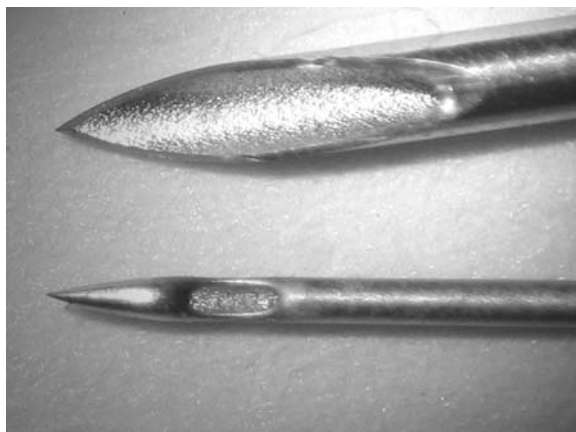


Abb. 4 27 G Micro-tip Kanüle und Führungskanüle



Abb. 5 29 G Micro-tip und Quincke 26 G Spinocan

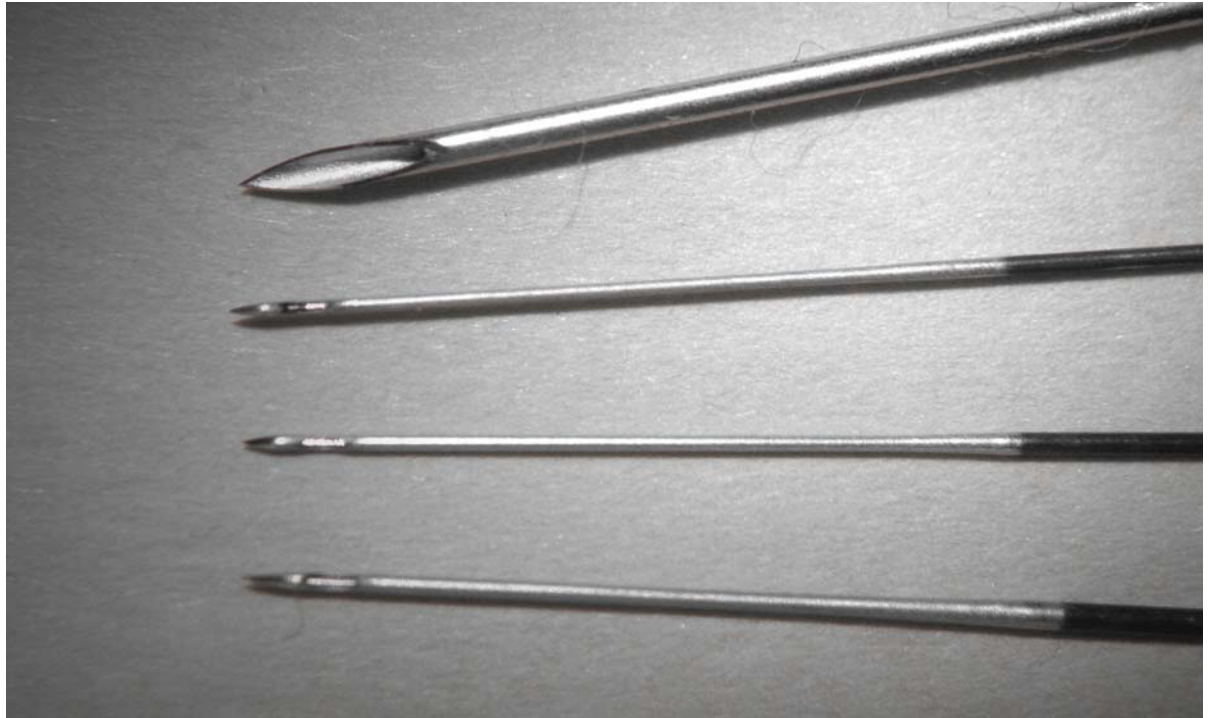


Abb. 6 Im Überblick: Die in dieser Studie eingesetzten Micro-tip Spinalkanülen in den drei Größen 22-27, 24-28 und 25-29 G, die erste Ziffer entspricht dem proximalen Diameter, die zweite Ziffer dem distalen Diameter.

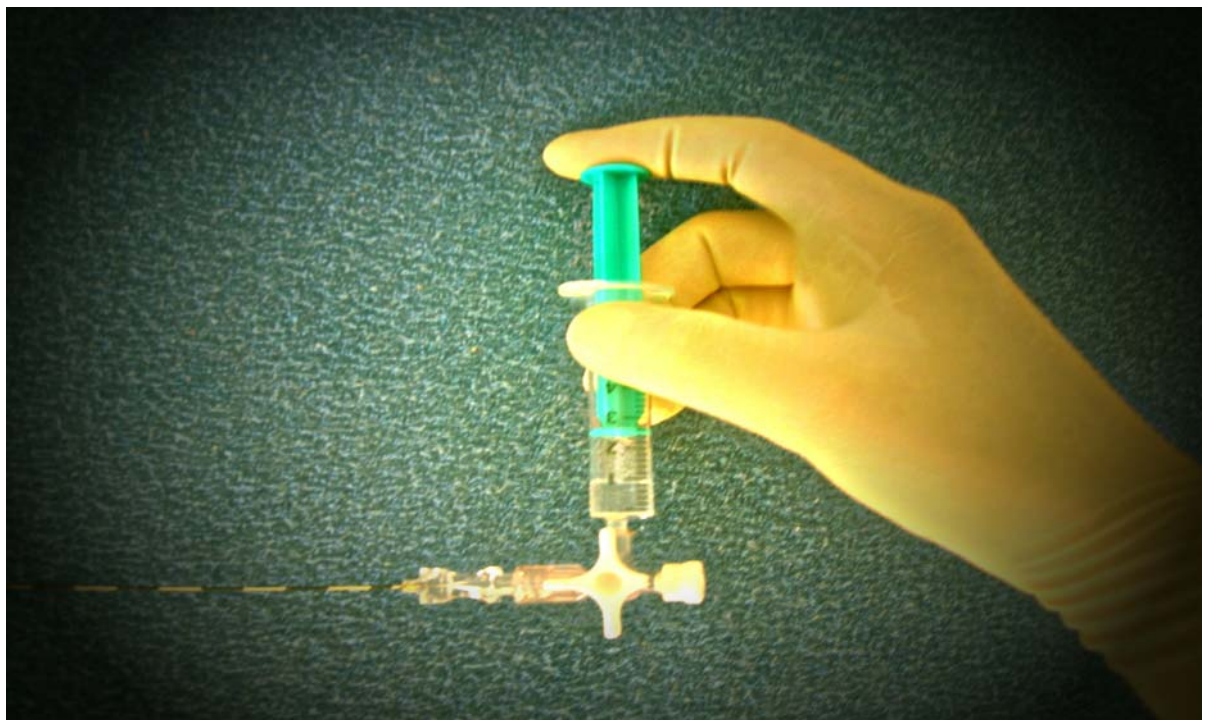


Abb. 7 Air buffered injection technique: Ein laminarer Ausstrom kann durch Stempeldruck auf ein Luftpolster von ca. 1-2ml über dem lemniscus in der Spritze erzielt werden, wie die folgenden Abbildungen zeigen.

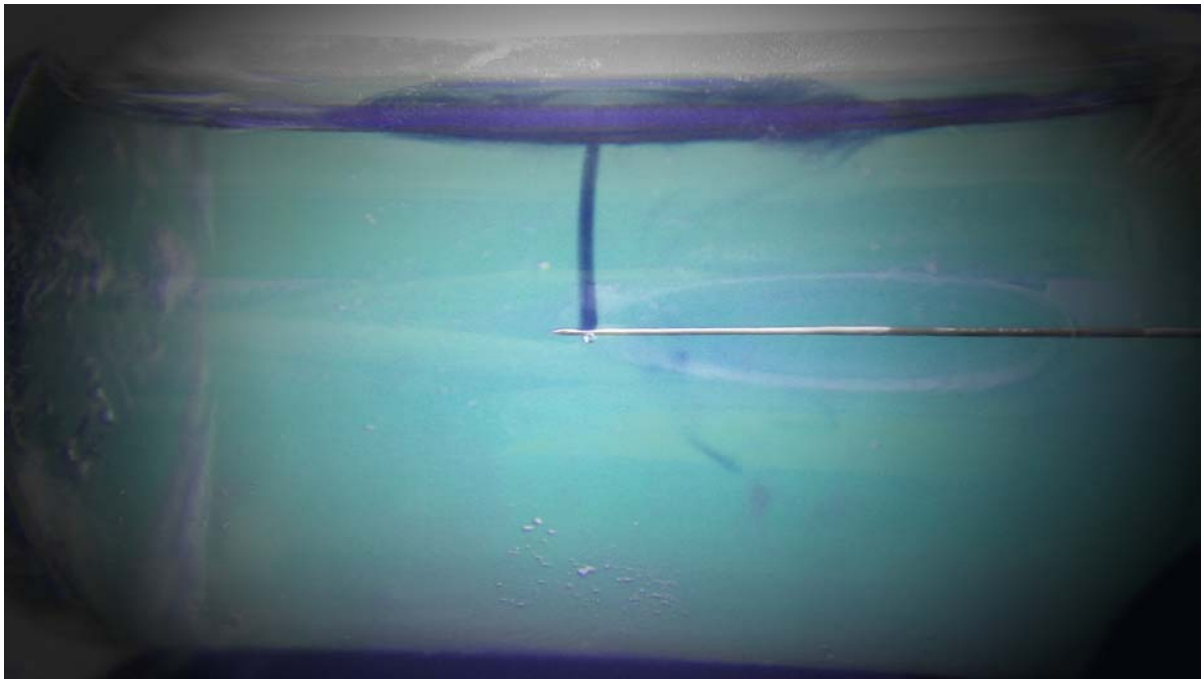


Abb.8 *In-vitro-Versuch: Zur Erstellung einer hypobaren Lösung: 0,33% hypobares Carbostesin mit Methylenblau als Indikator versetzt. Man erkennt wie die hypobare Lösung die isotone Lösung überschichtet, wie es für eine Injektion in Seitenlage notwendig ist.*

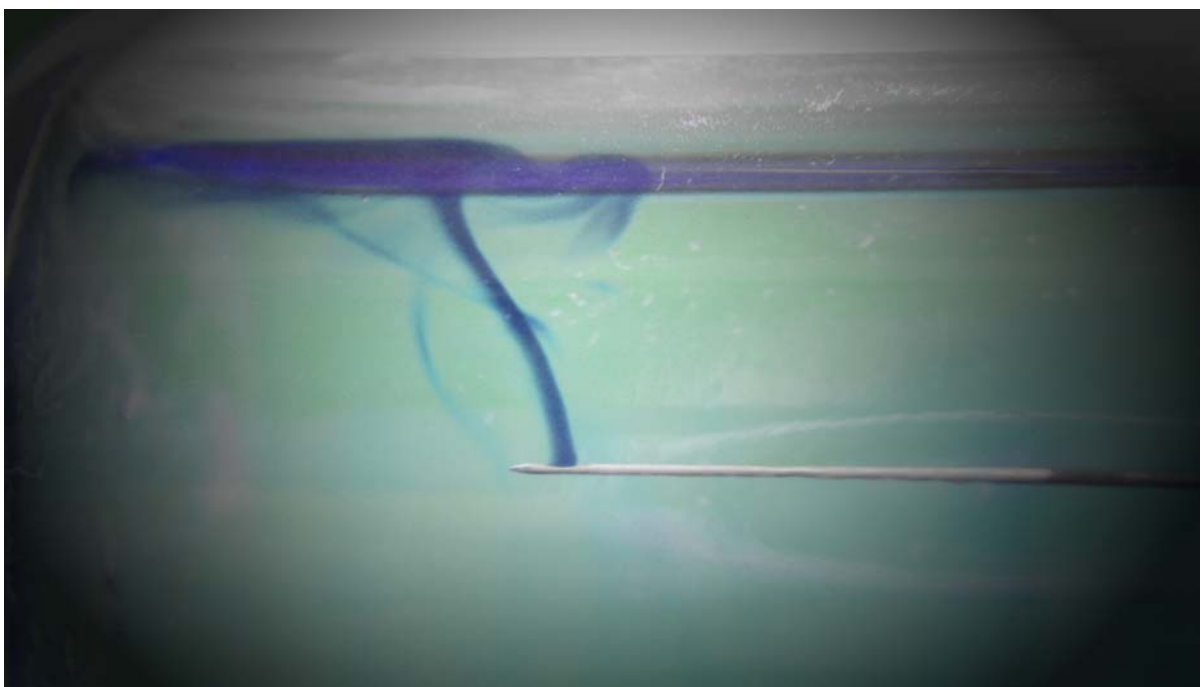


Abb.9 *In-vitro-Versuch: Bei zu schneller Injektion beginnen sich Turbulenzen zu bilden, die im Extremfall zu einer kompletten Blaufärbung der isobaren Lösung durch die hypobare Substanz führen. Mit der „air buffered injection method“ und den Micro-tip Spinalkanülen konnte dies meist vermieden werden.*

Unten sieht man zum Vergleich eine Injektion mit einer 26G Quincke Spinalkanüle. Man erkennt die Ausbildung von Turbulenzen.

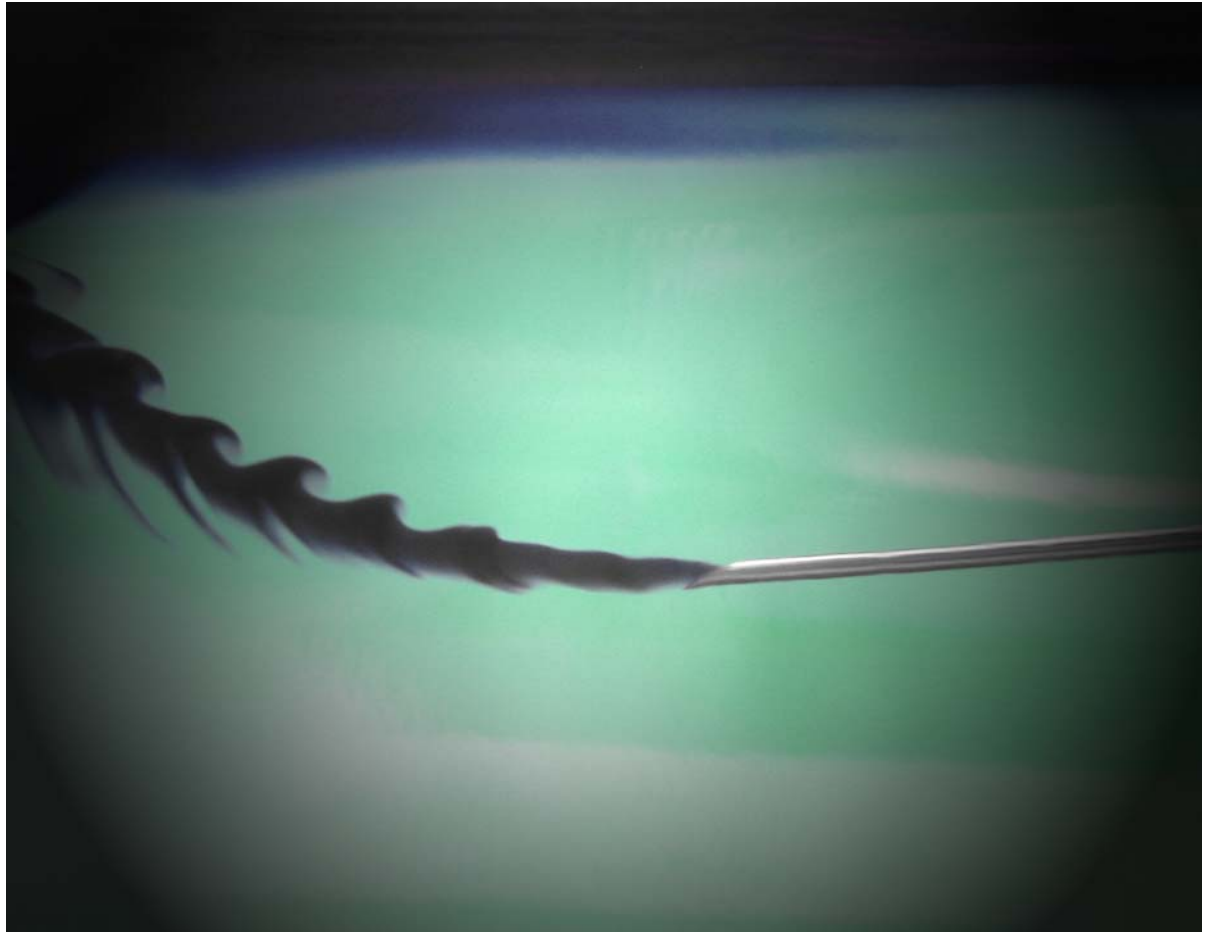


Abb. 10 Diese Spinalkanüle ist in Abb. 5 vergrößert dargestellt (26 G Quincke Schliff)



Abb. 11

Der „Bladderscan“, ein tragbares Ultraschallgerät zur nichtinvasiven Messung des Blaseninhalts, erfasst die Harnblase dreidimensional mittels 12 Schnittebenen in einem Messbereich von 0 bis 999ml Harnblasenvolumen. Die Abweichung der Ultraschallmessung von der Urinmengenbestimmung mit einem transurethralen Katheter liegt bei nur 7% (Studie nach Coombs und Millard). Ein 120° Schallaustrittswinkel und 20cm Eindringtiefe ermöglichen die Erfassung der gesamten Harnblase (Ausnahme: extrem adipöse Patienten). Es handelt sich um eine völlig atraumatische, infektionsfreie Messmethode des Harnblaseninhalts.

Bei nur ca. 20 Sekunden Messdauer ist die Untersuchung kaum belastend für die Patienten, ergibt bei den Studienpatienten einen verlässlichen postoperativen Messwert und vermeidet unnötige Blasenkatheterisierungen.

Die Ultraschalluntersuchung mit dem „Bladderscan“ empfiehlt sich als postoperatives Routinemonitoring speziell für Patienten, die eine rückenmarksnahe Anästhesie erhalten haben.

7.0 Literaturverzeichnis:

1. Spinal Anaesthesia With Hypobaric Bupivacaine for Knee Arthroscopies: Effect of Posture on Motor Block.
Kuusniemi KS, Pihlajamaki KK, Kirvela OA, Korkeila JE
Reg. Anesth. Pain Med. 2001 Jan - Feb; 26 (1): 30 - 4
2. Low-dose Bupivacaine: a Comparison of Hypobaric and Near Isobaric Solutions for Arthroscopic Surgery of the Knee.
Kuusniemi KS, Pihlajamaki KK, Kirvela OA, Korkeila JE
Anesthesia 1999 Jun.; 54 (6): 540 - 5.
3. Restricted Spinal Anaesthesia for Ambulatory surgery: a Pilot Study.
Kuusniemi KS, Pihlajamaki KK, Kirvela OA, Korkeila JE
Eur. J. Anesthesiol. 1999 Jan. ; 16 (1) : 2 – 6
4. A low-dose Hypobaric Bupivacaine Spinal Anaesthesia for Knee Arthroscopies.
Kuusniemi KS, Pihlajamaki KK, Pikanen MT, Korkeila JE.
Reg. Anesth. 1997 Nov. – Dec.; 22 (6): 534 - 8.
5. Density of Lumbar Cerebrospinal Fluid in Pregnant and Nonpregnant Humans.
Richardson MG, Wissler RN
Anesthesiology, 1996 Aug.; 85 (2): 326 - 30
6. Small-dose Hypobaric Lidocaine-fentanyl Spinal Anaesthesia for Short Duration Outpatient Laparoscopy a Randomised Trial With Conventional Dose Hyperbaric Lidocaine.
Chilvers CR, Vaghadia H, Mitchell GW, Merrick PM
Anesth. Analg. 1997 Jan.; 84 (1): 65 – 70
7. Intrathecal Hypobaric Versus Hyperbaric Bupivacaine With Morphine for Cesarean Section.
Richardson MG, Collins HV, Wissler RN
Anesth. Analg. 1998 Aug.; 87 (2): 336 – 40
8. Small-dose Hypobaric Lidocaine-fentanyl Spinal Anaesthesia for Short Duration Outpatient Laparoscopy. A Randomised Comparison With Conventional Dose Hyperbaric Lidocaine
Vaghadia H, McLeod DH, Mitchell Gw; Merrick PM, Chilvers CR.
Anesth. Anal. 1996 Dec.; 83 (6): 129 – 33
9. Hypobaric Spinal Anaesthesia With Bupivacaine (0,1%) Gives Selective Sensory Block for Anorectal Surgery.
Maroof M, Khan RM, Siddique M, Trip M
Can. J. Anesth. 1995 Aug.; 42 (8): 691 - 4.

10. Effects of Drug Dose, Volume And Concentration on Spinal Anaesthesia With Isobaric Tetracaine.
King HK, Wooten DJ
Reg. Anesth. 1995 Jan. – Feb.; 20 (1): 45 – 9
11. Distribution of Marcaine in an In-vitro-model of the Subarachnoid Space Conforming to Actual Spinal Column Geometries.
De Wachter DS, Verdonck PR, Verhoeven RF.
Technol. Health Care. Care 1997 Dec.; 5(6): 437 - 47
12. Spinal Anaesthesia With Hypobaric 0,19% or Plain 0,5% Bupivacaine.
Taivanen T, Tuominen M, Rosenberg PH
Br. J. Anesthesia 1990 Aug.; 65 (2): 234 - 6.
13. Comparison of Hypobaric, Hyperbaric and Isobaric Solutions of Bupivacaine During Continuous Spinal Anaesthesia.
Van Gessel EF, Forster A, Schweizer A, Gamulin Z
Anesth. Analg. 1991 Jun.; 72 (6): 779 – 84
14. Effect of Injection Rate on Sensory Level And Duration of Hypobaric Bupivacaine Spinal Anaesthesia for Total Hip Replacement.
Horlocker TT, Wedel DJ, Wilson PR
Anesth. Analg. 1994 Oct.; 79 (4): 773-7
15. Effect of Injection Rate of Level And Duration of Hypobaric Spinal Anaesthesia
Atchison SR, Wedel DJ, Wilson PR
Anesth. Analg. 1989 Oct.; (4): 496 – 500
16. Hypobaric Spinal Anaesthesia in the Operative Management of Orthopedic Emergencies in Geriatric Patients.
A Pollack D, Floman Y, Davidson JT
Isr. J. Med. Sci. 1984 Jul.; 20(7): 589 - 92 Sidi
17. Distribution of Local Anaesthetic Solution With the Subarachnoid Space.
Green NM.
Anesth. Analg. 1985; 64: 715 - 30
18. Die halbseitige Spinalanästhesie, eine wertvolle Methode bei Operationen im Greisenalter.
Rügheimer E.
Chirurg 1959; 30: 555 - 7
19. Spinal Hemianalgesia: an Evaluation of Methods Applicability, and the Influence on the Incidence of Hypotension.
Tanasichuk MA, Schulz EA, Matthews JH, Van Bergen FH.
Anesthesiology 1961; 22: 74 - 85

20. Unilateral Spinal Anaesthesia Using Low-flow Injection Through a 29 G Quincke Needle.
Meyer, Enk and Penner.
Anesth. Analg. 1996; 82: 1188 - 91
21. Skin Conductance Responses During Spinal Anaesthesia.
Bengtsson M, Lofstrom JB, Malmquist LA.
Acta Anaesthesiol. Scand. 1985; 29: 67 - 71
22. Intrathecal Anaesthesia in Patients Under 45 Years: Incidence of Postdural Puncture Symptoms After Spinal Anaesthesia With 27 G Needles. .
Brattebo G, Wisborg T, Rodt SA, Bjerkan B.
Acta Anesthesiol. Scand. 1993; 37 : 545 - 8
23. Eine modifizierte Injektionstechnik für die hyperbare Spinalanästhesie (abstract).
Enk D, Enk E.
Anästhesist 1995; 44 (Suppl. 1): 110
24. Neurological Deficitis Following Epidural or Spinal Anaesthesia.
Kane R E.
Anesthesia and Analgesia 1981; 60: 150 - 161
25. Complication During Spinal Anaesthesia: a Prospective Study.
Tarkkila PJ, Kaukinen S.
Reg. Anesth. 1991 Mar.-Apr.; 16(2): 101 - 6
26. Neurologic Complications of Neuraxial and Peripheral Blockade.
Horlocker T.
Can. Journal of Anesth. 48: R14 (2001)
27. Clinical Experiences With Spinal Anaesthesia in 100 Cases.
Barker AE.
Brit.Med.J. 1907
28. Spinal Anaesthesia: With Report of Surgical Clinics.
Babcock WW.
Surg. Gynaecol. Obstet.1912; 15: 606 - 610
29. Der Einfluss der Lagerungsdauer auf die Qualität der Hemi-Spinalanästhesie.
Frank, Schuster, Biscoping. AINS. 2002
30. Controllable Spinal Anaesthesia.
Pitkin G.
Am. J. Surg. 1928; 5: 537 - 542

31. Unilateral Spinal Anaesthesia.State of the Art;
Casati A, Fanelli G.;
Minerva Anest. 2001 Dec.; 67 (12): 855 - 62
32. Incidence of Risk Factors for Side Effect of Spinal Anaesthesia.
Carpenter RL, Caplan RA, Brown DL, Stephenson C, Wu R
Anesthesiology 1992 Jun.; 76 (6): 906 - 16
33. Effects of Spinal Needle Type on Lateral Distribution of 0,5% Hyperbaric Bupivacaine.
Casati et al.
Anesth. Analg. 1998 Aug.; 87 (2): 355-9
34. Low-dose Hyperbaric Bupivacaine for Unilateral Spinal Anaesthesia.
Casati et al.
Can. J. Anesth. 1998 Sep; 45 (9): 850-4
35. Frequency of Hypotension During Conventional or Asymmetric Hyperbaric Spinal Block.
Casati et al.
Reg. Anesth. Pain Med. 1999 May-Jun.; 24 (3): 214-9
36. Block Distribution And Cardiovascular Side Effects of Unilateral Spinal Anaesthesia by 0,5% Hyperbaric Bupivacaine. A Clinical Comparison With Bilateral Spinal Block.
Casati et al.
Minerva Anesthesiol. 1998 Jul.-Aug.; 64 (7-8): 307 - 12
37. The Effect of Needle Type And Immobilization on Postspinal Headache.
Hafer,Rupp, Wollbruck,Engel,Hempelmann;
Anästhesist 1997 Oct.; 46(10): 860 - 6
38. Success Rate of Unilateral Spinal Anaesthesia is Dependent on Injection Flow.
Enk D, Prien Th, Hugo van Aken, Mertes N, Meyer J, Brüssel Th;
Reg. Anesth. and Pain Medicine, Vol. 26 No5 (Sep.-Oct.) 2001; p. 420 - 427
39. Postdural Puncture Headache: Pathogenesis, prevention and Treatment.
Turnbull DK,Shepard DB
Br. J. Anaesth.2003 Nov.; 91(5): 718 - 29
40. History of Anaesthesia in Germany.
Wawersik J
Clin. Anesth. 1991 May-June; 3(3): 235 - 44
41. Lumbar Puncture Headache: a Review.
Raskin NH
Headache.1990 Mar.; 30(4): 197 - 200

42. A low-dose Bupivacaine: a Comparison of Hyperbaric And Hypobaric Solutions for Unilateral Spinal Anaesthesia.
M.Kaya, S.Oguz,K.Aslan,N.Kadiogullan
Reg. Anesth. Pain Med.2004 Jan. – Feb.: 29 (1): 17 - 22
43. Hypotension, Subarachnoid Block And the Elderly Patient.
Critchley LA.
Anesthesia 1996 Dec.; 51(12): 1139 - 43
44. Effects of Crystalloid and Colloid Preload on Blood Volume in Parturient Undergoing Spinal Anaesthesia for Elective Cesarean Section.
Ueyama H, He YL, Tanigami H, Mashimo T, Yoshiya I.
Anesthesiology 1999 Dec.; 91(6): 1565 - 7
45. Crystalloid Preload Versus Rapid Crystalloid Administration After Induction of Spinal Anaesthesia (Coload) for Elective Cesarean Section.
Dyer RA, Farina Z, Joubert IA, Du Toit P, Meyer M, Torr G, Wells K, James MF.
Anesth. Intensive Care. 2004 June; 32(3): 351 - 7
46. The Accuracy of Portable Ultrasound Scanning in the Measurement of Residual Urine Volume – Comparison to True Urinary Volume After Catheterisation -
Graham M. Coombes and Richard J. Millard
J. Urology. 1994 Dec.; 152(6pt 1): 2083 - 5
47. Validation of an Ultrasound Scanner for Determining Urinary Volumes in Surgical Patients and Volunteers - When Should Catheterisation Take Place? -
T.A. Brouwer, Eindhoven G. Epewa H, Henning H
J. Clin. Monit. 1999; 15: 379 - 385
48. Postoperative Urinary Retention. I. Incidence And Predisposing Factors.
Tammela T. Kouitturi M, Lukkarinen O.
Scan. J. Urol. Nephrol. 1986; 20: 197 - 201
49. Postoperative Urinary Retention. II. Micturition Problems After the First Catheterisation.
Tammela T. Kouitturi M, Lukkarinen O.
Scan. J. Urol. Nephrol. 1986; 2: 257 - 260
50. Postoperative Urinary Retention. III Why the Patient Can Not Void ?
Tammela T. Arjamaa O.
Scan. J. Urol. Nephrol. (suppl) 1995
51. The Accuracy of Portable Ultrasound Scanning in the Measurement of Residual Volume.
Coombes GM, Miljard RJ.
J. Urol. 1994; 152: 2083 - 5

52. Bilateral Vs. Unilateral Spinal Anaesthesia for Outpatient Knee Arthroscopies.
Esmoğlu A, Karaoğlu S, Mizrak A, Boyacı A.
Knee Surg Sports Traumatol. Arthrosc, 2004 Mar.; 12(2): 155 - 8
53. Unilateral Spinal Block (hyperbaric) for Outpatient Knee Arthroscopy: a Dose Finding Study.
Borghi B, Stagni F, Bugamelli S, Painsi MB, Nepoti ML, Montebugno, Casati A
J. Clin. Anesth. 2003 Aug.; 15(5): 351 - 6
54. Haemodynamic Effects of Unilateral Spinal Anaesthesia in High Risk Patients (heavy marcaine).
Chohan U, Asfam G, Hoda MQ, Mahmud S.
J. Pak. Med. Assoc. 2002 Feb. 52(2): 66 - 9
55. The History of Spinal Needles: Getting to the Point.
Calthorpe N
Anaesthesia 2004 Dec.; 59(12): 1231 - 41
56. Postdural Puncture Headache: a Randomised Comparison of Spinal Needles in Obstetric Patients.
Vallejo MC, Mandell GL, Sabo DP, Ramanathan S.
Anesth. Analg. 2000 Oct.; 91(4): 916 - 20
57. Spinal Anaesthesia for Obstetrics.
Gogarten W.
Best. Pract. Res. Clin. Anaesthesiol. 2003 Sep.; 17(3): 377 - 92
58. A Century of Regional Anaesthesia in Obstetrics.
Gogarten W. Van Aken H.
Anesth. Analg. 2000 Oct.; 91(4): 773 - 5.
59. Randomized Comparison Between Sevoflurane Anaesthesia And Unilateral Spinal Anaesthesia in Elderly Patients Undergoing Orthopaedic Surgery.
Casati A, Aldegheri G, Vinciguerra E, Marsan A, Frascchini G, Torri
Eur. J. Anaesthesiol. 2003 Aug.; 20(8): 640 - 6
60. The Incidence And Risk Factors for Hypotension After Spinal Anaesthesia Induction: an Analysis With Automated Data Collection.
Hartmann B, Junger A, Klasen J, Benson M, Jost A, Banzhaf A, Hempelmann G
Anesth. Analg. 2002 Jun.; 94(6): 1521 - 9, table of contents
61. Deep Vein Thrombosis After Total Hip Replacement. A Comparison Between Spinal And General Anaesthesia.
Davis FM, Laurenson VG, Gillespie WJ, Wells JE, Foate J
J. Bone Joint Surg. Br. 1989; 71(2): 181- 5.

62. Isobaric Versus Hypobaric Spinal Bupivacaine for Total Hip Arthroplasty in the Lateral Position.

Faust A, Fournier R, Van Gessel E, Weber A, Hoffmeyer P, Gamulin Z

Anesth. Analg. 2003 Aug.; 97(2): 589 - 94

63. Selective Spinal Anesthesia for Outpatient Laparoscopy. Characteristics of Three Hypobaric Solutions.

Vaghadia H, Viskari D, Mitchell GW, Berill A

Can. J Anesth. 2001 Mar.; 48(3): 256 - 60

64. Bladder Volume Determination Using a Dedicated, Portable Ultrasound Scanner.

Ireton RC, Krieger JN, Cardenas DD, Williams-Burden B, Kelly E, Chapman WH

J. Urol. 1990 May; 143(5): 909 – 11

65. Long-term Follow-up of Epidural Blood Patch.

Abouleish E, Vega S, Blendinger I, Tio TO

Anesth. Analg. 1975; 54: 459-63

66. Postpartum Dural Venous Sinus Thrombosis After Dural Puncture Headache And Epidural Blood Patch.

Borum SE, Naul LG, Mcleskey CH

Anesthesiology 1997; 86: 487 – 90

67. Postpartum Seizure After Epidural Blood Patch And Intravenous Caffeine Sodium Benzoate.

Bolton VE, Leicht CH, Scanlon TS

Anesthesiology 1989; 70: 146-9

68. Epidural Infections of Autologous Blood for Postlumbar-puncture Headache.

DiGiovanni AJ, Dunbar BS.

Anesth. Analg. 1970; 49: 268-71