

Aus der Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Gefäß- und Thoraxchirurgie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Messungen zum intravasalen Volumenstatus und zur
Hämodynamik bei Patienten mit laparoskopischen
Kolonoperationen nach traditioneller Patientenvorbereitung

Zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Michael Strohauer

aus Stuttgart

Gutachter: 1. Priv.-Doz. Dr. med. T. Junghans
2. Priv.-Doz. Dr. med. O. Guckelberger
3. Prof. Dr. med. M. N. Berliner

Datum der Promotion: 04.02.2011

1.0	Einleitung	7
1.1	Auswirkungen des Kapnoperitoneums	8
1.2	Perioperative Therapie	8
1.2.1	Hintergrund	8
1.2.1.1	„Traditionelle“ perioperative Therapie	8
1.2.1.2	„Fast- track“ Rehabilitation bei elektiven Colonresektionen	9
2.0	Methodik	10
2.1	Fragestellung	10
2.2	Hypothese	10
2.3	Studiendesign	10
2.4	Zielkriterien	10
2.5	Ein-/ Ausschlusskriterien	11
2.5.1	Einschlusskriterien	
2.5.2	Ausschlusskriterien	
2.6	Genehmigungen (Ethikkommission – Patientenaufklärung – informed consent)	11
2.7	Fallzahl	11
2.8	Arbeitsprogramm/ Versuchsablauf	12

2.8.1	Patientenvorbereitung	12
2.8.2	Darmvorbereitung	12
2.8.3	Narkose	12
2.8.4	Konventionelles Monitoring	14
2.8.5	COLD-Monitoring	14
2.8.6	Messungen	15
2.8.7	Perioperative Komplikationen	16
2.9	Statistische Auswertung	16
2.9.1	Datenverarbeitung und statistische Auswertung	
2.9.2	Datenanalyse	
3.0	Ergebnisse	17
3.1	Patienten (allgemeine Daten)	17
3.1.1	ASA-Klassifikation	17
3.1.2	Risikofaktoren	17
3.1.3	Alter der Patienten	17
3.1.4	Geschlecht der Patienten	18
3.1.5	Größe und Gewicht der Patienten	18
3.1.6	Durchgeführte Operationen	18
3.1.7	Flüssigkeitsbilanz	18
3.1.8	Dauer der Messungen	19
3.1.9	Periduralkatheter	19
3.1.10	Vasopressor-Medikation	19
3.2	Hämodynamik und Flüssigkeitshaushalt	20

3.2.1	Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt nach traditioneller Patientenvorbereitung	20
3.2.2	Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei einem Kapnoperitoneum von 20 mmHg	21
3.2.3	Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg	22
3.2.4	Vergleich von Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg und 20 mmHg	23
3.3	Hämodynamik und Flüssigkeitshaushalt bei Patienten mit Periduralkatheter	24
3.3.1	Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt nach traditioneller Patientenvorbereitung bei Patienten mit PDK	24
3.3.2	Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei einem Kapnoperitoneum von 20 mmHg bei Patienten mit PDK	25
3.3.3	Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg bei Patienten mit PDK	26
3.3.4	Vergleich von Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg und 20 mmHg bei Patienten mit PDK	27
3.4	Hämodynamik und Flüssigkeitshaushalt bei Patienten ohne PDK	29

3.4.1	Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt nach traditioneller Patientenvorbereitung bei Patienten ohne PDK	29
3.4.2	Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei einem Kapnoperitoneum von 20 mmHg bei Patienten ohne PDK	30
3.4.3	Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg bei Patienten ohne PDK	31
3.4.4	Vergleich von Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg und 20 mmHg bei Patienten ohne PDK	32
3.5	Vergleich der Patienten mit PDK zu den Patienten ohne PDK	33
3.5.1	Übersicht über alle Messzeitpunkte	33
4.0	Diskussion	35
5.0	Zusammenfassung	44
6.0	Literatur	46
7.0	Abkürzungsverzeichnis	52

Eidesstattliche Erklärung

Lebenslauf

Danksagung

1.0 Einleitung

Nach traditioneller Patientenvorbereitung im Rahmen von elektiven colo-rektalen Resektionen wird häufig vermutet, daß Patienten präoperativ dehydrieren. Dieses tritt vermutlich insbesondere dann auf, wenn sich Patienten einer ausgedehnten Darmspülung unterziehen und eine lange präoperative Fastenzeit einhalten müssen (3; 15; 17; 24).

Der Volumenstatus ist besonders bei laparoskopischen Operationen von Interesse, weil das intravasculäre Volumen sowie der venöse Rückstrom zum Herzen möglichst ausgeglichen sein sollten, um negative hämodynamische Begleiteffekte, hervorgerufen durch das Kapnoperitoneum, möglichst zu minimieren (3; 4; 7; 14; 22; 40).

In der klinischen Routine kommt es nach Narkoseeinleitung häufig zu einem Abfall des Blutdruckes, welcher in der Regel unter der Annahme eines intravasalen Volumenmangels mit einer Volumengabe behandelt wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine unkritische perioperative Volumensubstitution mit hohen Volumina zu erhöhten cardialen und pulmonalen Komplikationen führen kann. Desweiteren wurden unter derartigen Bedingungen eine Verlängerung des postoperativen paralytischen Ileus und einer Abnahme der Gewebeoxygenierung beschrieben (3; 4; 22).

Die Problematik der perioperativen optimalen Volumentherapie besteht darin, daß mit dem herkömmlichen hämodynamischen Monitoring des mittleren arteriellen Druckes, der Herzfrequenz, des zentral-venösen Druckes oder der Urinausscheidung der Volumenstatus dem Risiko einer Mißinterpretation unterliegt (4; 20).

Die Abschätzung des perioperativen und insbesondere intraoperativen Volumenbedarfes ist in der klinischen Routine insbesondere deshalb schwierig, weil bisher kaum Daten zur Bestimmung des intravasalen Volumenstatus bei elektiven Operationen vorliegen. Deshalb wurden bei Patienten, die sich einer elektiven laparoskopischen Colonresektion unterzogen, nach einer standardisierten traditionellen Vorbereitungsprozedur inklusive einer orthograden Darmspülung und einer präoperativen Fastenperiode von mindestens sechs Stunden, die intrathorakalen Blutvolumina gemessen.

1.1 Auswirkungen des Kapnoperitoneum auf das Herz-Kreislaufsystem

Die Auswirkungen des Pneumoperitoneums auf das Herz-Kreislaufsystem wurden in vielen experimentellen und klinischen Studien untersucht, um die pathophysiologischen Zusammenhänge aufzudecken und damit die Risiken für Patienten mit kardialen Erkrankungen besser abschätzen zu können. Ein Pneumoperitoneum reduziert das Herzminutenvolumen (HMV) und erhöht den mittleren arteriellen Druck und die Herzfrequenz. Der erhöhte intraperitoneale Druck vermindert den venösen Rückstrom zum rechten Herzen und damit die kardiale Vorlast. Als Folge sinkt das HMV, wodurch wiederum sympathikusgesteuerte Gegenregulationsmechanismen des Organismus ausgelöst werden, die die Herzfrequenz und den peripheren systemischen Gefäßwiderstand erhöhen.

Ogleich die exakten Regulationsmechanismen noch nicht eindeutig bekannt sind, scheint die verminderte Herzauswurfleistung bei einem erhöhten intraabdominellen Druck (IAP) darauf zu beruhen, dass die Vorlast abnimmt. Der Grund wird in einem verminderten venösen Rückstrom bei einem erhöhten IAP vermutet, der sowohl auf einer Zunahme des Widerstandes in den Venen durch die Kompression der großen Gefäße als auch auf einer Zunahme des Druckes im rechten Vorhof beruht. Dadurch nimmt das venöse Druckgefälle zwischen dem mittleren Füllungsdruck und dem rechten Vorhof ab und das enddiastolische Füllungsvolumen reduziert sich. (22)

1.2 Perioperative Therapie

1.2.1 Hintergrundinformationen

1.2.1.1 „Traditionelle“ perioperative Therapie bei elektiven Kolonresektionen

In Deutschland werden jährlich etwa 50.000 – 70.000 elektive Kolonresektionen zur Behandlung von Karzinomen, chronisch entzündlichen Erkrankungen, der Divertikulitis oder anderen seltenen Erkrankungen durchgeführt (23). Diese Eingriffe erfolgen sowohl laparoskopisch als auch konventionell. Die Art der perioperativen Behandlung hat offensichtlich einen erheblichen Einfluss auf den postoperativen Verlauf der Patienten (23; 24). Insbesondere wird die Dauer der postoperativen Rekonvaleszenz, die Inzidenz allgemeiner postoperativer Komplikationen und die postoperative Krankenhausverweildauer durch die perioperative Therapie beeinflusst (25; 29; 30; 31; 33).

Die perioperative Behandlung wird dabei durch jede einzelne Klinik im Spannungsfeld von Traditionen, Ergebnissen wissenschaftlicher Studien und finanziellen Rahmenbedingungen

festgelegt. Mehrfache Umfragen an allen deutschen Kliniken haben gezeigt, dass sich die perioperative Behandlung zwischen 1991 und 2001 kaum verändert hat (23). Die typischen Eckdaten der „traditionellen“ perioperativen Therapie bei elektiven Kolonresektionen in Deutschland bestehen in zum Teil mehrtägiger Nahrungskarenz, Verwendung von Drainagen und Magensonden, fehlenden standardisierten Konzepten zur Schmerztherapie, Bettruhe für mindestens einen Tag, und einer postoperativen Verweildauer von bis zu 3 Wochen.

1.2.1.2 „Fast-track“-Rehabilitation bei elektiven Kolonresektionen

Zu berücksichtigen ist, dass die Patienten dieser Studie untersucht wurden, bevor das FT-Regime in der Klinik eingeführt worden war. Dennoch soll das Konzept hier kurz dargelegt werden, da es die aktuelle Diskussion um die gesamte perioperative Therapie bei Kolonoperationen prägt. Unter „Fast-track“-Rehabilitation bezeichnet man einen multimodalen, interdisziplinären klinischen Behandlungspfad, der auf Maßnahmen beruht, die allesamt durch prospektiv-randomisierte Studien belegt wurden (18; 31; 32; 33). Ziel der „Fast-track“-Rehabilitation ist die Kontrolle der perioperativen Pathophysiologie, um dadurch die postoperativen Organfunktionen der Patienten so rasch wie möglich zu normalisieren, die Rekonvaleszenz zu beschleunigen und die Inzidenz allgemeiner Komplikationen deutlich zu vermindern (18; 31; 32; 33). Die Maßnahmen der „Fast-track“-Rehabilitation bei elektiven Kolonresektionen bestehen in einer ausgedehnten Patientenschulung, standardisierter Schmerztherapie unter Verwendung der Periduralanalgesie, Stressreduktion, frühen enteralen Ernährung und Mobilisation ab dem Operationstag bei einem geplanten postoperativen Aufenthalt von 5 Tagen. In mehreren Kliniken einschließlich der Universitätsklinik für Allgemein-, Visceral-, Gefäß- und Thoraxchirurgie der Charité Campus Mitte (Klinikdirektor: Universitäts-Professor Dr. med. J. M. Müller) sind „Fast-track“-Rehabilitationskonzepte bereits in die klinische Routine eingeführt worden. Dabei wurde die Quote allgemeiner Komplikationen von über 20% auf unter 10% reduziert. Gleichzeitig konnte nachgewiesen werden, dass die Organfunktionen postoperativ rasch normalisiert werden und der postoperative Krankenhausaufenthalt auf 2 – 5 Tage vermindert werden kann. Dabei wurden die Entlassungskriterien nicht verändert. Die Quote lokaler Komplikationen nahm nicht zu (6; 15; 25; 26; 27)

2.0 Methodik

2.1 Fragestellung

- 2.1.1 Führt die traditionelle Vorbereitung vor Darmoperationen zu einer relevanten Dehydratation?
- 2.1.2 Welche Auswirkungen hat das Kapnoperitoneum nach traditioneller Patientenvorbereitung vor laparoskopischen Darmoperationen auf die Hämodynamik?

2.2 Hypothese

Die traditionelle Vorbereitung vor Darmoperationen führt zu einer hämodynamisch relevanten Dehydratation.

2.3 Studiendesign

Da bisher keine Daten zur direkten intravasalen Volumenmessung nach traditioneller Patientenvorbereitung vor Darmoperationen vorliegen, soll im Rahmen einer prospektiv beobachtenden Pilotstudie der intravasale Volumenstatus und die Hämodynamik erfasst werden.

2.4 Zielkriterien

Zielkriterien der Studie sind

1. Intrathorakaler Blutvolumen-Index (ITBVI)
2. Schlagvolumen-Index (SVI)
3. Kardialer Index, HMV/m^2 (CI),
4. Herzfrequenz (HF)
5. Zentralvenöser Druck (ZVD)
6. Systemischer Gefäßwiderstands-Index (SVRI).
7. Mittlerer Arterieller Druck (MAD)

2.5 Ein-/ Ausschlusskriterien

2.5.1 Einschlusskriterien

Patienten, die sich in den Jahren 2001 bis 2004 einer elektiven laparoskopischen Kolon-Operation unterziehen, werden in die Studie aufgenommen.

2.5.2 Ausschlusskriterien

Im Vorfeld ausgeschlossen wurden alle Patienten mit einer arteriellen Verschlusskrankheit ab dem Stadium IIa nach Fontaine oder fehlenden Leisten- oder Fußpulsen. Weiter wurden Patienten mit manifesten Koagulopathien oder mit einer Indozyanin- oder Jodunverträglichkeit ausgeschlossen, ebenso Patienten unter 18 Jahren und schwangere Patientinnen, sowie nicht einwilligungsfähige Patienten oder Sprachbarrieren.

2.6 Genehmigung (Ethikkommission – Patientenaufklärung – informed consent)

Die Studie wurde genehmigt durch die Ethik-Kommission der Charité, Universitätsklinikum der Humboldt-Universität, Berlin, Genehmigungsnummer 1393/2000.

2.7 Fallzahl

Da bisher keine Daten zum direkt gemessenen intravasalen Blutvolumen bei Kolonoperationen nach traditioneller Patientenvorbereitung existieren, wurden in einer Pilotstudie 23 Patienten untersucht. Ein Patient wurde wegen anamnestisch bekannter Allergie gegen Jod vor Beginn der Messungen aus der Studie ausgeschlossen. Hier konnte eine mögliche allergische Reaktion gegen den jodhaltigen Farbstoff Indozyaningrün-Lösung (ICG-Pulsion[®], Medical Systems AG, München, Deutschland) nicht ausgeschlossen werden. Bei einem Patienten kam es während der Messungen zu einem Ausfall des Messgerätes, weshalb die Messungen nicht fortgesetzt werden konnten. Ein Patient wurde aus der Studie herausgenommen, da es während der Messungen zu einem Bruch am Kabel der Temperaturmessung kam und dieses bei laufender Operation nicht zu ersetzen war, so dass die Messungen bei diesem Patienten nicht zum Abschluss gebracht werden konnten. Ein Patient hat am Tage der geplanten Operation seine Einwilligung zur Studie zurückgezogen. Letztlich wurden von 19 Patienten die Ergebnisse der Messungen ausgewertet.

2.8 Arbeitsprogramm/ Versuchsablauf

2.8.1 Patientenvorbereitung

Patienten, die mit einer Erkrankung des Dickdarms zur elektiven laparoskopischen Operation stationär aufgenommen wurden und die Einschlusskriterien erfüllten, wurden über die Studie informiert und aufgeklärt. Erst wenn der Patient die Einwilligungserklärung unterschrieben hatte, wurde er vorläufig in die Studie aufgenommen. Faktoren, die zum Ausschluss aus der Studie führten, wurden nach Rücksprache mit dem Studienkoordinator im Studienbuch verzeichnet.

2.8.2 Darmvorbereitung

Am Tag vor der Operation erfolgte die Darmvorbereitung nach dem Standard der chirurgischen Klinik der Charité mit den beiden Laxantien Bisacodyl (Prepacol[®], Guerbet, Sulzbach, Deutschland) und 2 l Polyethylenglykol-Lösung (Klean Prep[®], Norgine, Marburg, Deutschland). Bisacodyl wirkt antiabsorptiv und sekretagog im Dickdarm. Somit wird die Resorption von Wasser und Natrium verhindert und gleichzeitig ein Einstrom von Flüssigkeit und Elektrolyten in das Darmlumen verursacht. Dies hat zur Folge, dass es zu einer Aufweichung der Fäces kommt und zu einer Zunahme der Darmfüllung mit Dehnung der Darmwand, was reflektorisch die Defäkation einleitet (1) Polyethylenglykol ist ein osmotisch wirkendes Laxans, welches nicht resorbiert wird und Wasser bindet. Durch den osmotischen Druck zieht es Wasser in das Dickdarmlumen und wirkt somit ebenfalls antiabsorptiv und sekretagog (2).

Die orale Aufnahme von Wasser oder Tee war den Patienten bis 22 Uhr am Vorabend der Operation gestattet. Anschließend war Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz einzuhalten. Am Tag vor der Darmvorbereitung war nur flüssige Kost zugelassen. Alle Patienten erhielten eine perioperative Antibiotikaprophylaxe mit Sultamicillin (Unacid[®], Pfizer GmbH, Karlsruhe, Deutschland) 3g iv. vor Operationsbeginn.

2.8.3 Narkose

Alle Eingriffe fanden in Allgemeinnarkose als Routineverfahren der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin der Charité statt. Als Prämedikation erhielten die Patienten Midazolam 0,1 mg/kg Körpergewicht (Midazolam[®], Curamed, Karlsruhe, Deutschland) eine Stunde vor der Operation als orale Medikation. Acht Patienten erhielten einen Periduralkatheter. Dies wurde im

Studienprotokoll vermerkt. Da das primäre Zielkriterium der Studie die Ermittlung des intravasalen Flüssigkeitsstatus war, wurde die Narkoseführung bezüglich des Periduralkatheters zum damaligen Zeitpunkt nicht standardisiert. Die Anlage des Periduralkatheters erfolgte gegebenenfalls auf Höhe Th 8-9 mit einer Testdosis von 3 ml Bupivacain 0,5% isobar (Bupivacain[®], Aventis Pharma, Bad Soden am Taunus, Deutschland). Die anschließende intraoperative Beschickung erfolgte mit Ropivacain 0,1% (Naropin[®], AstraZeneca, Wedel, Deutschland) und Sufentanil 0,5 µg/ml (Sufenta[®], Curamed, Karlsruhe, Deutschland) kontinuierlich mit 6-10 ml/h. Die Patienten wurden in Rückenlage auf dem Operationstisch gelagert. Die Einleitung der Narkose erfolgte mittels Propofol 1%, 1,5-2,5 mg/kg (Propofol 1%[®], Fresenius Kabi, Bad Homburg v.d.H., Deutschland) und Fentanyl, 0,1 mg (Fentanyl 0,1 mg[®], Curamed, Karlsruhe, Deutschland) sowie Cisatracurium, 0,15 mg/kg (Nimbex[®], GlaxoSmithKline, München, Deutschland) als Muskelrelaxans über eine periphere Vene. Die Narkose wurde aufrechterhalten über die kontinuierliche Gabe von 4-12 mg/kg/h Propofol mittels Perfusor und bedarfsorientierter Gabe von Fentanyl und Cisatracurium. Nach Narkoseeinleitung erfolgte die endotracheale Intubation und maschinelle Beatmung mit einem positiven endexpiratorischen Druck (PEEP) von 5 mmHg. Von den 19 Patienten erhielten 6 Patienten zum Zeitpunkt der Narkoseeinleitung Akrinor (Akrinor[®], AWD.pharma, Dresden, Deutschland) parenteral als vasokonstriktive Medikation wegen hypotoner Blutdruckwerte bei einem gleichzeitigen zentralvenösen Druck im oberen Normbereich. Von diesen 6 Patienten hatten 4 Patienten einen Periduralkatheter. Im Zeitraum der Messungen erhielt kein Patient eine vasokonstriktiv wirksame Medikation oder Katecholamine.

Nach der Einleitung der Narkose wurde ein zentraler Venenkatheter über die V. jugularis interna in der V. cava superior platziert. Alle Patienten erhielten eine Magensonde und einen Blasenkatheter. Ein Fiberoptic-Thermistorkatheter (Pulsion Medizintechnik, München) wurde über eine Schleuse in die A. femoralis eingebracht und in der Aorta descendens platziert. Der Katheter wurde mit dem COLD[®] - Monitoring Computer (Pulsion COLD Z-021[®], Pulsion Medizintechnik, München) verbunden.

Nach Abschluss der Narkoseeinleitung wurden die Patienten in eine modifizierte Steinschnittlagerung umgelagert. Dabei sind die Beine im Hüftgelenk gestreckt und im Kniegelenk um 90° gebeugt sowie insgesamt um ca. 30° abduziert. Die individuelle Infusionsmenge wurde vom Zeitpunkt der Narkoseeinleitung an durchgehend bis zum Ende der Messungen dokumentiert. Die Volumentherapie erfolgte ausschließlich nach Einschätzung des Anästhesisten. Die Urinmenge wurde über den Messzeitraum bestimmt und dokumentiert, der intraoperative Blutverlust im Messzeitraum wurde geschätzt und dokumentiert. Die Werte wurden

anschließend für jeden einzelnen Patienten bilanziert für den Zeitraum der Messungen. Der Anästhesist war verblindet für die Werte des COLD[®]- Monitorings bis zum Ende der Messungen. Die Verblindung wurde aufgehoben, sobald nach Maßgabe des konventionellen- oder COLD[®]- Monitorings eine instabile Kreislaufsituation gegeben war, was jedoch in keinem Fall auftrat.

2.8.4 Konventionelles Monitoring

Über den zentralen Venenkatheter erfolgte die Messung des Zentralvenösen-Drucks (ZVD). Die Herzfrequenz wurde über das EKG ermittelt.

2.8.5 COLD[®]- Monitoring

Das COLD[®]- Monitoring (Computerized Oxigenation and Lung water Determination, COLD Z-O3, Fa. Pulsion Medizintechnik, München) ist ein gering invasives computergestütztes Monitoring Instrument zur Durchführung eines standardisierten Monitorings (5). Mittels eines Doppelindikator- Dilutionsverfahren kann direkt der Flüssigkeitsstatus ermittelt werden. Dazu wird ein zentraler Venenkatheter (ZVK) im rechten Vorhof und ein Fibreroptic-Thermistorkatheter über eine Schleuse transfemorale in der Aorta descendens platziert. Ein zentralvenöser Katheter und eine arterielle Verweilkanüle zur Druckmessung gehörten zum damaligen Zeitpunkt zum anästhesiologischen perioperativen Routinemonitoring. Lediglich die Lokalisation der arteriellen Verweilkanüle veränderte sich von der üblicherweise punktierten A.radialis auf die A.femoralis.

Mit diesem Monitoring können unter anderem folgende Parameter ermittelt werden:

Parameter	Abkürzung	Einheit
Intrathorakaler Blutvolumen-Index	ITBVI	ml/m ²
Schlagvolumen-Index	SVI	ml/m ²
Systemischer Gefäßwiderstands-Index	SVRI	dyn*sec*cm ⁻⁵ m ⁻²
Herzminutenvolumen	HMV	l/min
Kardialer Index (HMV/m ²)	CI	l/min/m ²
Kardialer Funktions Index (HMV/GEDV)	CFI	l/min
Extravasales Lungenwasser	EVLWI	ml/kg

Mit dem ITBV wird ein Parameter der kardialen Vorlast gemessen, der sich aus dem enddiastolischen Herzvolumen und dem pulmonalen Blutvolumen zusammensetzt. Das HMV wird im COLD[®]-System nach der Thermodilutionsmethode berechnet und dient als Ausgangsparameter für die Berechnung weiterer Blutvolumina. Der kardiale Funktionsindex errechnet sich aus dem Verhältnis von Herzminutenvolumen zu globaler Herzvorlast in Beziehung zur Körperoberfläche und stellt nach Angaben des Herstellers einen vorlastunabhängigen Herzleistungsindex dar. Der Schlagvolumen-Index errechnet sich aus dem Verhältnis von Herzminutenvolumen und der Herzfrequenz in Beziehung zur Körperoberfläche. Der Systemische Gefäßwiderstandsindex wird durch den Computer des COLD[®]-Monitoring wie folgt berechnet: $SVRI = [(MAD - ZVD)/HZV] * 79,98$. Der Extravasale Lungenwasser-Index (EVLWI) wird mittels Thermodilution gemessen und aus den Werten des HMV und ITBV berechnet und in das Verhältnis zur Körperoberfläche gesetzt. Der Extravasale Lungenwasser-Index (EVLWI) gibt den Wert für das freie Lungenwasser an.

2.8.6 Messungen

Die Messungen der hämodynamischen Parameter wurden nach Narkoseeinleitung, nachdem das COLD[®]-Monitoring System platziert worden war, vorgenommen. Die erste Messung (M1) wurde nach einer zehnminütigen Adaptationsphase nach der Narkoseeinleitung ohne Kapnoperitoneum in modifizierter Steinschnittlagerung vorgenommen. Die zweite Messphase (M2) erfolgte nach Platzierung der Trokare und Aufbau des Kapnoperitoneums von 20 mmHg in 30° Kopftieflage. Die dritte Messphase (M3) nach Reduktion des Kapnoperitoneums auf 12 mmHg in 30° Kopftieflage. Vor jeder Messphase wurde eine zehnminütige Adaptationsphase eingehalten. In diesem Zeitraum erfolgte keine Gabe hämodynamisch wirksamer Medikamente.

Alle Informationen über Alter der Patienten, Geschlecht, ASA-Klassifikation, den chirurgischen Eingriff, intraoperative Komplikationen während der Messungen, Dauer der Operation, Dauer der Messungen, geschätzten Blutverlust, Volumensubstitution, Gebrauch von Vasopressoren und Katecholaminen, Flüssigkeitsbilanz und Anästhesie wurden dokumentiert. Alle Patienten wurden in der postoperativen Phase auf die gleiche Weise behandelt. Der arterielle Katheter wurde noch im Aufwachraum oder am ersten postoperativen Tag entfernt und die Punktionsstelle mit einem temporären Druckverband versorgt. Der zentralvenöse Katheter verblieb, bis der Patient ausreichend oral ernährt werden konnte.

2.8.7 Perioperative Komplikationen

Bei den Patienten der Studie sind keine perioperativen Komplikationen im Zeitraum der Messungen aufgetreten. Eine Patientin wurde bei der Narkoseeinleitung vor Beginn der Messungen wegen eines einmaligen temporären Kammerflimmerns reanimiert. Bei sofort stabilen Kreislaufverhältnissen wurden nach interdisziplinärer Absprache die Narkose, der operative Eingriff und die hämodynamischen Messungen wie geplant durchgeführt. Bei 3 Patienten kam es im postoperativen Verlauf zu Wundheilungsstörungen.

2.9 Statistische Auswertung

2.9.1 Datenverarbeitung und statistische Auswertung

Die erhobenen Befunde, Messergebnisse, Begleiterscheinungen und alle erhobenen Daten wurden in Prüfbögen eingetragen. Für jeden an der Studie teilnehmenden Patienten wurde ein Studienbuch angelegt, in dem sämtliche Prüfprotokolle enthalten sind. Die Prüfbögen wurden auf Vollständigkeit überprüft, in die Datenbank eingegeben und erneut auf korrekte Eingabe geprüft. Zur Sammlung der Daten wurde eine dBase IV-kompatible Datenbank verwendet. (Excel[®] für Windows 2000 Professional[®])

2.9.2 Datenanalyse

Der ZVD wurde um den positiven endexpiratorischen Druck (PEEP) reduziert. Für die Zielkriterien wurden die Befunde zunächst exploratorisch untersucht und deskriptiv ausgewertet. Zunächst wurden die Parameter mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung überprüft ($p < 0.05$). Die Darstellung erfolgte als Mittelwert mit 95% Konfidenzintervall (KI). Die Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten wurden mit dem t-Test für gepaarte Stichproben ermittelt. Das Signifikanzniveau wurde auf 5% festgelegt. Zum Vergleich der Daten zwischen den Gruppen mit- und ohne PDK wurden die prozentualen Differenzen der Messzeitpunkte im Vergleich zum Basiswert M1 ermittelt. Die prozentualen Werte wurden zwischen den Gruppen mit-/ohne PDK mit dem t-Test für ungepaarte Stichproben verglichen. Die Auswertung der Daten und die statistische Verarbeitung erfolgte mit dem Statistical Analysis System (SPSS[®] für Windows[®] Version 11.0).

3 Ergebnisse

3.1 Patientendaten

3.1.1 ASA - Klassifikation

Der Allgemeinzustand der Patienten wurde gemäß der Definition der American Society of Anesthesiology (ASA) beurteilt. Die Patienten (n=19) verteilten sich hier wie folgt:

ASA Klassifikation	1	2	3	4	5
Patientenzahl	1	12	6	0	0

3.1.2 Risikofaktoren

Die Patienten (n=19) wurden hinsichtlich der Risikofaktoren näher beurteilt

Patienten ohne Risikofaktoren	10
Patienten mit Risikofaktoren	9

Die Risikofaktoren der Patienten (n=9) verteilten sich wie folgt (Mehrfachbenennung von Risikofaktoren war möglich):

Art des Risikofaktors	Nähere Erläuterung hierzu	Anzahl
Kardial	Therapiebedürftige KHK, Rhythmusstörungen, Insuffizienz	3
Hypertonie	Medikamentöse Therapie erforderlich	6
Pulmonal	VC oder FEV < 70% der Altersnorm	2
Diabetes mellitus	Medikamentöse Therapie erforderlich	1

3.1.3 Alter der Patienten

Das Alter der Patienten (n=19) war im Median 59,6 Jahre (55,7 – 63,5)

3.1.4 Geschlecht der Patienten

Geschlecht	Anzahl
Männlich (m)	9
Weiblich (w)	10

Das Verhältnis Männer zu Frauen war 9/10 (n=19)

3.1.5 Größe und Gewicht der Patienten

Für die Vergleichbarkeit der Daten wurde der BMI (Body Mass Index, kg/m^2) für jeden einzelnen Patienten ermittelt. Der Mittelwert (n=19) beträgt hier $24,8 \text{ kg}/\text{m}^2$ (23,4 – 26,2).

3.1.6 Durchgeführte Operationen

Alle Operationen wurden laparoskopisch begonnen und bis zum Ende der Messungen laparoskopisch fortgeführt. Anschließend wurden 7 Operationen zum offenen Vorgehen konvertiert. Somit waren von den durchgeführten Operationen (n=19) 12 Operationen laparoskopisch mit 8 Sigmaresektionen und 4 tiefen anterioren Rektumresektionen.

Die verbleibenden 7 Eingriffe waren konventionelle Operationen mit 3 Sigmaresektionen, 1 OP nach Hartmann, 1 anteriore Rektumresektion, 1 Ileumsegmentresektion und 1 Ileozökalresektion.

3.1.7 Flüssigkeitsbilanz

Die Flüssigkeitsbilanz errechnete sich aus dem Infusionsvolumen vom Beginn der Narkose bis zum Ende der Messungen abzüglich der Urinmenge die in diesem Zeitraum ausgeschieden wurde und dem geschätzten Blutverlust aus diesem Zeitraum und betrug im Mittelwert 1355 ml (1109 – 1601) bei den Patienten (n=19).

An kristalloiden Lösungen erhielten die Patienten im Messzeitraum 1157,9 ml (500 - 1500), kolloide Lösungen erhielten die Patienten 236,8 ml (0 – 2000).

3.1.8 Dauer der Messungen

Für den Messzeitraum von Beginn der Narkose bis zum Ende der Messungen betrug der Mittelwert 95 min (78 – 112)

3.1.9 Periduralkatheter

8 Patienten von 19 erhielten einen Periduralkatheter für die Operation.

n=19	Anzahl
Mit PDK	8
Ohne PDK	11

3.1.10 Vasopressor-/Katecholamingabe

	Anzahl der Patienten mit Akrinorgabe
Mit PDK	4
Ohne PDK	2

Zum Zeitpunkt der Narkoseeinleitung erhielten 6 von 19 Patienten Akrinor (Akrinor[®], AWD.pharma, Dresden, Deutschland) nach Maßgabe des verantwortlichen Anästhesisten. Von diesen 6 Patienten hatten 4 Patienten einen Periduralkatheter erhalten. Die Adaptationsphase nach Akrinorgabe betrug 10 min. Im Messzeitraum erhielt kein Patient vasokonstriktiv wirksame Medikamente oder Katecholamine.

3.2 Hämodynamik und Flüssigkeitshaushalt

3.2.1 Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt nach traditioneller Patientenvorbereitung

Tabelle 1

Herz-Kreislaufsystem und Volumenhaushalt nach Traditioneller Patientenvorbereitung in Horizontallage

(n=19)	Parameter	Normalwerte	Messzeitpunkt M1	
			MW	95% KI
Konventionelles Monitoring	ZVD	2-8 mmHg	8	6-10
	MAD	70-105 mmHg	87	79-95
	HF	60-100 /min	64	56-72
COLD – Monitoring	CI	3,5-5 l/m ²	2,66	2,35-2,96
	SVI	40-60 ml/m ²	43	38-49
	ITBVI	800-1000 ml/m ²	834	764-903
	EVLWI	3-7 ml/kg	5,6	4,5-6,5
	SVRI	1250-1750 dyn*sec*cm ⁻⁵ *m ⁻²	2349	2034-2664

Nach Narkoseeinleitung zum Messzeitpunkt M1 (ohne Kapnoperitoneum, Patient in Horizontallage) sind die Werte des konventionellen Monitorings, Mittlerer Arterieller Druck (MAD), Zentralvenöser Druck (ZVD) und Herzfrequenz (HF) im Normbereich. Das invasive Monitoring zeigt dagegen Werte im unteren Grenzwertbereich für den Intrathorakalen Blutvolumenindex (ITBVI) und den Schlagvolumenindex (SVI). Der Herz Index (CI) ist erniedrigt und liegt unter dem Normwert Der Systemische Gefäßwiderstands Index (SVRI) ist erhöht. Das Freie Lungenwasser (EVLWI) liegt im Normbereich. Zusammenfassend ergibt das konventionelle Monitoring weitgehend Normwerte, während im COLD-Monitoring der CI bei niedriger kardialer Vorlast und erhöhtem peripheren Widerstand deutlich erniedrigt war.

3.2.2 Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 20 mmHg

Tabelle 2

Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 20 mmHg in 30° Kopftieflage im Vergleich zu den Basiswerten

(n=19)	Parameter	Messzeitpunkt M1 Horizontallage, ohne Kapnoperitoneum MW (95% KI)	Messzeitpunkt M2 Kopftieflage, mit 20mmHg Kapnoperitoneum MW (95% KI)	(p-Wert)
Konventionelles Monitoring	ZVD	8 (6-10)	20 (17-24)	<0,001
	MAD	87 (79-95)	108 (100-117)	<0,001
	HF	64 (56-72)	63 (56-71)	0,716
COLD – Monitoring	CI	2,66 (2,35-2,96)	2,99 (2,52-3,46)	0,058
	SVI	43 (38-49)	48 (41-55)	0,047
	ITBVI	834 (764-903)	890 (829-951)	0,075
	EVLWI	5,6 (4,5-6,5)	5,226 (4,4-6,0)	0,462
	SVRI	2349 (2034-2664)	2335 (1988-2681)	0,853

Nach dem Aufbau des Kapnoperitoneums in Höhe von 20 mmHg in 30° Kopftieflage kam es zum tendenziellen Anstieg der Werte für den Intrathorakalen Blutvolumen Index (ITBVI) (p=0.075) und den Herz Index (CI) (p=0.058). Die Veränderungen waren allerdings nicht signifikant. Lediglich der Schlagvolumen Index (SVI) stieg auch statistisch signifikant an. Im konventionellen Monitoring waren der Zentrale Venendruck (ZVD) und der Mittlere Arterielle Druck (MAD) über den jeweiligen Ausgangswert erhöht. Im Vergleich zu den Basiswerten war die Veränderung signifikant für den Zentralvenösen Druck (p < 0,001) und den Mittleren Arteriellen Druck (p < 0,001). Die Herzfrequenz blieb unverändert (p = 0,716). Zusammenfassend kam es unter diesen

Bedingungen zu einem Anstieg der Nachlast und einem leichten Anstieg der Vorlast, wodurch sich der SVI nur leicht erhöhte und der CI weiterhin deutlich unter dem Normwert blieb.

3.2.3 Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg

Tabelle 3

Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg in 30° Kopftieflage im Vergleich zu den Basiswerten

(n=19)	Parameter	Messzeitpunkt M1 Horizontallage, ohne Kapnoperitoneum MW (95% KI)	Messzeitpunkt M3 Kopftieflage, mit 12 mmHg Kapnoperitoneum MW (95% KI)	p-Wert
Konventionelles Monitoring	ZVD	8 (6-10)	18 (14-23)	< 0,001
	MAD	87 (79-95)	101 (93-108)	< 0,007
	HF	64 (56-72)	64 (58-71)	0,962
COLD – Monitoring	CI	2,66 (2,35-2,96)	3,43 (2,89-3,98)	0,006
	SVI	43 (38-49)	54 (45-63)	0,005
	ITBVI	834 (764-903)	947 (842-1052)	0,015
	EVLWI	5,6 (4,5-6,5)	5,21 ((4,6-5,8)	0,431
	SVRI	2349 (2034-2664)	2012 (1671-2352)	0,099

Im konventionellen Monitoring zeigt sich ein Anstieg der Werte für den Zentralvenösen Druck und für den Mittleren Arteriellen Druck (MAD). Der ZVD ist über den Normwert gestiegen. Der Mittlere Arterielle Druck (MAD) ist im Bereich des oberen Normwertes. Die Herzfrequenz ist unverändert geblieben im Vergleich zur Ausgangsmessung.

Der Wert für den Intrathorakalen Blutvolumenindex (ITBVI) ist angestiegen. Ebenso ist der Herz Index (CI) angestiegen in Richtung unterer Normwert. Der Schlagvolumenindex (SVI) hat sich erhöht in Richtung oberer Normwert. Der Systemische Gefäßwiderstands Index (SVRI) ist

insgesamt weiterhin über den Normwert erhöht, allerdings tendenziell leicht erniedrigt in Richtung Normwert im Vergleich zu den Ausgangswerten. Die Veränderung ist hierbei nicht signifikant. Die Reduktion des Kapnoperitoneums führte unter diesen Bedingungen zusammenfassend zu einer Verbesserung des CI, die möglicherweise durch die erhöhte Vorlast mit gleichzeitig verbessertem SVI erklärt werden kann. Die kardiale Nachlast blieb dennoch erhöht.

3.2.4 Vergleich von Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg und 20 mmHg

Tabelle 4

Vergleich der Werte von Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg und 20 mmHg jeweils in Kopftieflage

(n=19)	Parameter	Messzeitpunkt M2 Kopftieflage, mit 20mmHg Kapnoperitoneum MW (95% KI)	Messzeitpunkt M3 Kopftieflage, mit 12 mmHg Kapnoperitoneum MW (95% KI)	p-Wert
Konventionelles Monitoring	ZVD	20 (17-24)	18 (14-23)	0,057
	MAD	108 (100-117)	101 (93-108)	< 0,001
	HF	63 (56-71)	64 (58-71)	0,896
COLD – Monitoring	CI	2,99 (2,52-3,46)	3,43 (2,89-3,98)	0,044
	SVI	48 (41-55)	54 (45-63)	0,102
	ITBVI	890 (829-951)	947 (842-1052)	0,124
	EVLWI	5,226 (4,4-6,0)	5,21 (4,6-5,8)	0,985
	SVRI	2335 (1988-2681)	2012 (1671-2352)	0,067

Die Werte für den Zentralvenösen Druck (ZVD) sind zum Messzeitpunkt M3 (Kopftieflage mit 12 mmHg Kapnoperitoneum) über die Norm erhöht. Im Vergleich zum Zeitpunkt M2 sind die Werte aber tendenziell rückläufig, die Veränderung ist allerdings nicht signifikant. Die Werte für

den Mittleren Arteriellen Druck (MAD) liegen zum Zeitpunkt M3 (Kopftieflage mit 12 mmHg Kapnoperitoneum) im Normbereich. Der Vergleich der Messzeitpunkte zeigt hier eine Erniedrigung der Werte zum Messzeitpunkt M3. Bei den Werten für die Herzfrequenz gibt es keinen Unterschied zwischen den Messzeitpunkten M2 und M3.

Im invasiven Monitoring zeigt sich zum Messzeitpunkt M3 ein Anstieg des Herzindex (CI) in Richtung unterer Normwert. Der Schlagvolumenindex (SVI) liegt weiterhin im Normbereich. Der Intrathorakale Blutvolumenindex (ITBVI) liegt ebenfalls weiterhin im Normbereich. Bei den Werten für das Freie Lungenwasser (EVLWI) gibt es keine Veränderung. Die Werte liegen unverändert im Normbereich (p=0,985). Der Systemische Gefäßwiderstands Index (SVRI) ist weiterhin über die Norm erhöht. Es kommt zwar zu einer tendenziellen Erniedrigung des Systemischen Gefäßwiderstandes, die Veränderung ist aber nicht signifikant.

3.3 Häodynamik und Flüssigkeitshaushalt bei Patienten mit PDK (n=8)

3.3.1 Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt nach traditioneller Patientenvorbereitung bei Patienten mit PDK

Tabelle 5

Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt nach traditioneller Patientenvorbereitung bei Patienten mit PDK in Horizontallage

(n=8)	Parameter	Normalwerte	Messzeitpunkt M1	
			MW	95% KI
Konventionelles Monitoring	ZVD	2-8 mmHg	9	5,5-12
	MAD	70-105 mmHg	90	75-103
	HF	60-100 /min	60	50-71
COLD – Monitoring	CI	3,5-5 l/m ²	2,21	1,93-2,46
	SVI	40-60 ml/m ²	37	31-43
	ITBVI	800-1000 ml/m ²	809	660-958
	EVLWI	3-7 ml/kg	4,5	3,5-5,6
	SVRI	1250-1750 dyn*sec*cm ⁻⁵ *m ⁻²	2767	2238-3295

Nach Narkoseeinleitung zum Messzeitpunkt M1 (ohne Pneumoperitoneum, Patient in Horizontallage) sind bei den Patienten mit PDK die Werte für den Mittleren Arteriellen Druck (MAD) und der Herzfrequenz im Normbereich. Die Werte für den Zentralvenösen Druck (ZVD) sind leicht erhöht über den Normwert.

Im invasiven Monitoring liegen die Werte für den Herzindex (CI) und den Schlagvolumen-Index (SVI) unter dem jeweiligen Normwert. Die Werte für den Intrathorakalen Blutvolumenindex liegen grenzwertig im unteren Normbereich. Das Freie Lungenwasser (EVLWI) liegt im Normbereich. Der Systemische Gefäßwiderstands Index (SVRI) ist deutlich über die Norm erhöht.

3.3.2 Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 20 mmHg in 30° Kopftieflage, bei Patienten mit PDK

Tabelle 6

Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 20 mmHg in 30° Kopftieflage, bei Patienten mit PDK

(n=8)	Parameter	Messzeitpunkt M1 Horizontallage, ohne Kapnoperitoneum MW (95% KI)	Messzeitpunkt M2 Kopftieflage, mit 20mmHg Kapnoperitoneum MW (95% KI)	(p-Wert)
Konventionelles Monitoring	ZVD	9 (5,5-12)	20 (13-27)	0,007
	MAD	90 (75-103)	99 (81-116)	0,098
	HF	60 (50-71)	58 (50-67)	0,620
COLD – Monitoring	CI	2,21 (1,93-2,46)	2,46 (1,89-3,03)	0,215
	SVI	37(31-43)	42 (33-51)	0,076
	ITBVI	809 (660-958)	847 (729-965)	0,306
	EVLWI	4,5 (3,5-5,6)	5,4 (3,5-7,4)	0,107
	SVRI	2767 (2238-3295)	2460 (1897-3022)	0,164

Im konventionellen Monitoring sind zum Messzeitpunkt M2 (Kopftieflage mit 20 mmHg Kapnoperitoneum) die Werte für den Mittleren Arteriellen Druck (MAD) und die Herzfrequenz (HF) weiterhin im Normbereich. Der Zentralvenöse Druck (ZVD) ist im Vergleich zu den Messungen aus M1 signifikant angestiegen. Die Werte liegen jetzt deutlich über dem Normwert. Im COLD Monitoring bleiben die CI-Werte unverändert. Die Werte liegen aber immer noch unter dem Normwert. Der Schlagvolumen Index (SVI) besserte sich tendenziell in den Normbereich hinein. Bei den Werten für den Intrathorakalen Blutvolumen Index (ITBVI) kam es zu keiner Veränderung. Die Werte liegen unverändert im Normbereich. Die Werte für das Freie Lungenwasser (EVLWI) liegen ebenso unverändert im Normbereich. Der periphere Widerstand (SVRI) hat sich nicht verändert.

3.3.3 Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg bei Patienten mit PDK

Tabelle 7

Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg bei Patienten mit PDK im Vergleich zu den Basiswerten (Patienten mit PDK)

(n=8)	Parameter	Messzeitpunkt M1 Horizontallage, ohne Kapnoperitoneum MW (95% KI)	Messzeitpunkt M3 Kopftieflage, mit 12mmHg Kapnoperitoneum MW (95% KI)	(p-Wert)
Konventionelles Monitoring	ZVD	9 (5,5-12)	19 (11-26)	0,030
	MAD	90 (75-103)	90 (77-102)	0,979
	HF	60 (50-71)	58 (50-65)	0,530
COLD – Monitoring	CI	2,21 (1,93-2,46)	2,77 (1,75-3,78)	0,198
	SVI	37(31-43)	49 (29-69)	0,145
	ITBVI	809 (660-958)	949 (689-1210)	0,158
	EVLWI	4,5 (3,3-5,6)	4,8 (3,8-5,8)	0,208
	SVRI	2767 (2238-3295)	2078 (1543-2613)	0,027

Bei dem Vergleich der Werte aus dem Messzeitpunkt M3 (Kopftieflage mit 12 mmHg Kapnoperitoneum) mit den Basiswerten zeigen sich keine Unterschiede der Werte für den Mittleren Arteriellen Druck (MAD) und der Herzfrequenz (HF). Der Zentralvenöse Druck (ZVD) ist dagegen angestiegen und liegt nun über dem Normwert.

Im COLD- Monitoring zeigt sich keine Veränderung der Werte für den Herzindex (CI), den Schlagvolumen Index und den Intrathorakalen Blutvolumen Index (ITBVI). Für das Freie Lungenwasser (EVLWI) zeigt sich ebenfalls keine Veränderung. Der periphere Widerstand (SVRI) ist dagegen gesunken in Richtung des oberen Normwertes. Die Werte sind allerdings immer noch über den Normwert erhöht.

3.3.4 Vergleich von Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg und 20 mmHg bei Patienten mit PDK

Tabelle 8

Vergleich der Werte von Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg und 20 mmHg jeweils in 30° Kopftieflage, bei Patienten mit PDK

(n=8)	Parameter	Messzeitpunkt M2 Kopftieflage, mit 20mmHg Kapnoperitoneum MW (95% KI)	Messzeitpunkt M3 Kopftieflage, mit 12mmHg Kapnoperitoneum MW (95% KI)	p-Wert
Konventionelles Monitoring	ZVD	20 (13-27)	19 (11-26)	0,216
	MAD	99 (81-116)	90 (77-102)	0,049
	HF	58 (50-67)	58 (50-65)	0,685
COLD – Monitoring	CI	2,46 (1,89-3,03)	2,77 (1,75-3,78)	0,246
	SVI	42 (33-51)	49 (29-69)	0,306
	ITBVI	847 (729-965)	949 (689-1210)	0,214
	EVLWI	5,4 (3,5-7,4)	4,8 (3,8-5,8)	0,198
	SVRI	2460 (1897-3022)	2078 (1543-2613)	0,002

Der Zentralvenöse Druck (ZVD) und die Herzfrequenz (HF) haben sich im Vergleich der Messzeitpunkte M3 und M2 nicht verändert. Der Zentralvenöse Druck (ZVD) ist zu beiden Messzeitpunkten über den Normwert erhöht. Der Mittlere Arterielle Druck (MAD) ist höher zum Messzeitpunkt M2 (20 mmHg Kapnoperitoneum in Kopftieflage) im Vergleich zum Messzeitpunkt M3 (12 mmHg Kapnoperitoneum in Kopftieflage).

Die Werte für den Herz Index (CI) sind zum Messzeitpunkt M3 (12 mmHg Kapnoperitoneum) nicht signifikant verändert im Vergleich zu M2. Die Werte liegen immer noch unter dem Normwert. Für den Schlagvolumen Index (SVI), das Freie Lungenwasser (EVLWI) und den Intrathorakalen Blutvolumen Index (ITBVI) gibt es keinen Unterschied zwischen den Messzeitpunkten M2 und M3. Der Systemische Gefäßwiderstands Index (SVRI) ist zum Messzeitpunkt M3 (12 mmHg Kapnoperitoneum) niedriger als bei M2. Die Werte liegen dabei immer noch über dem Normwert.

3.4 Hämodynamik und Flüssigkeitshaushalt bei Patienten ohne PDK (n=11)

3.4.1 Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt nach traditioneller Patientenvorbereitung bei Patienten ohne PDK (n=11)

Tabelle 9

Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt nach traditioneller Patientenvorbereitung bei Patienten ohne PDK in Horizontallage

(n=11)	Parameter	Normalwerte	Messzeitpunkt M1	
			MW	95% KI
Konventionelles Monitoring	ZVD	2-8 mmHg	7,5	4,5-10
	MAD	70-105 mmHg	86	74-97
	HF	60-100 /min	66	53-79
COLD – Monitoring	CI	3,5-5 l/m ²	2,99	2,57-3,40
	SVI	40-60 ml/m ²	47	39-55
	ITBVI	800-1000 ml/m ²	852	771-933
	EVLWI	3-7 ml/kg	6,3	4,7-8,0
	SVRI	1250-1750 dyn*sec*cm ⁻⁵ *m ⁻²	2045	1711-2378

Nach Narkoseeinleitung zum Messzeitpunkt M1 (ohne Pneumoperitoneum, Patient in Horizontallage) sind die Werte des konventionellen Monitoring, Mittlerer Arterieller Druck (MAD), Zentralvenöser Druck (ZVD) und Herzfrequenz (HF) im Normbereich.

Die Werte des invasiven COLD- Monitoring zeigen dagegen erniedrigte Werte für den Herzindex (CI). Der Schlagvolumen Index (SVI) und der Intrathorakale Blutvolumen Index liegen im unteren Normbereich. Das Freie Lungenwasser (EVLWI) liegt im Normbereich. Der Systemische Gefäßwiderstands Index (SVRI) ist deutlich über den Normwert erhöht.

3.4.2 Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 20 mmHg bei Patienten ohne PDK

Tabelle 10

Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 20 mmHg bei Patienten ohne PDK in 30° Kopftieflage im Vergleich zu den Basiswerten aus M1 (Patienten ohne PDK)

(n=11)	Parameter	Messzeitpunkt M1 Horizontallage, ohne Kapnoperitoneum MW (95% KI)	Messzeitpunkt M2 Kopftieflage, mit 20mmHg Kapnoperitoneum MW (95% KI)	p-Wert
Konventionelles Monitoring	ZVD	7,5 (4,5-10)	21 (15-26)	<0,001
	MAD	86 (74-97)	116 (110-123)	<0,001
	HF	66 (53-79)	67,5 (55-80)	0,981
COLD – Monitoring	CI	2,99 (2,57-3,40)	3,39 (2,72-4,05)	0,155
	SVI	47 (39-55)	53 (42-64)	0,215
	ITBVI	852 (771-933)	921 (837-1004)	0,162
	EVLWI	6,3 (4,7-8,0)	5,0 (4,4-5,7)	0,060
	SVRI	2045 (1711-2378)	2235 (1710-2760)	0,402

Der Vergleich der Werte des Messzeitpunktes M2 (Kopftieflage mit 20 mmHg Kapnoperitoneum) zu den Basiswerten zeigt im konventionellen Monitoring eine Zunahme des Zentralvenösen Drucks (ZVD) über den Normwert hinaus. Ebenso ist der Mittlere Arterielle Druck (MAD) über den Normwert hinaus angestiegen. Die Herzfrequenz (HF) bleibt unverändert im Normbereich.

Das COLD- Monitoring zeigt keine Veränderung des Herzindex (CI). Die Werte liegen dabei immer noch unter dem Normwert. Der Schlagvolumen Index (SVI) ist ebenfalls unverändert und liegt weiterhin im Normbereich wie auch der Intrathorakale Blutvolumenindex (ITBVI). Die Werte für das Freie Lungenwasser (EVLWI) sind tendenziell vermindert und liegen weiterhin im Normbereich. Der Systemische Gefäßwiderstands Index (SVRI) ist unverändert.

3.4.3 Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg bei Patienten ohne PDK

Tabelle 11

Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg bei Patienten ohne PDK in 30° Kopftieflage, im Vergleich zu den Basiswerten aus M1 (Patienten ohne PDK)

(n=11)	Parameter	Messzeitpunkt M1 Horizontallage, ohne Kapnoperitoneum MW (95% KI)	Messzeitpunkt M3 Kopftieflage, mit 12mmHg Kapnoperitoneum MW (95% KI)	p-Wert
Konventionelles Monitoring	ZVD	7,5 (4,5-10)	18 (12-24)	<0,001
	MAD	86 (74-97)	108 (102-115)	<0,001
	HF	66 (53-79)	69 (59-79)	0,515
COLD – Monitoring	CI	2,99 (2,57-3,40)	3,92 (3,36-4,48)	0,018
	SVI	47 (39-55)	58 (49-68)	0,012
	ITBVI	852 (771-933)	946 (858-1033)	0,030
	EVLWI	6,3 (4,7-8,0)	5,5 (4,7-6,4)	0,312
	SVRI	2045 (1711-2378)	1963 (1439-2487)	0,764

Im konventionellen Monitoring zeigt sich eine Zunahme des Zentralvenösen Drucks (ZVD) und des Mittleren Arteriellen Drucks (MAD). Der Zentralvenöse Druck (ZVD) ist nun über den Normwert erhöht, der Mittlere Arterielle Druck (MAD) liegt im oberen Normbereich. Die Herzfrequenz (HF) liegt nahezu unverändert im Normbereich.

Das invasive Monitoring zum Messzeitpunkt M3 zeigt einen Anstieg der Werte für den Herzindex (CI) und den Schlagvolumen Index (SVI). Die Werte liegen nun im Normbereich. Der Intrathorakale Blutvolumenindex (ITBVI) ist angestiegen und liegt nun im oberen Normbereich. Das Freie Lungenwasser (EVLWI) liegt unverändert im Normbereich. Der Systemische Gefäßwiderstands Index (SVRI) bleibt weiterhin erhöht.

3.4.4 Vergleich von Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg und 20 mmHg bei Patienten ohne PDK

Tabelle 12

Vergleich der Werte von Herz- Kreislaufsystem und Volumenhaushalt bei laparoskopischer Operation mit einem Kapnoperitoneum von 12 mmHg und 20 mmHg jeweils in 30° Kopftieflage, bei Patienten ohne PDK

(n=11)	Parameter	Messzeitpunkt M2 Kopftieflage, mit 20mmHg Kapnoperitoneum MW (95% KI)	Messzeitpunkt M3 Kopftieflage, mit 12mmHg Kapnoperitoneum MW (95% KI)	p-Wert
Konventionelles Monitoring	ZVD	21 (15-26)	18 (12-24)	0,178
	MAD	116 (110-123)	108 (102-115)	0,008
	HF	67,5 (55-80)	69 (59-79)	0,723
COLD – Monitoring	CI	3,39 (2,72-4,05)	3,92 (3,36-4,48)	0,116
	SVI	53 (42-64)	58 (49-68)	0,142
	ITBVI	921 (837-1004)	946 (858-1033)	0,413
	EVLWI	5,0 (4,4-5,7)	5,5 (4,7-6,4)	0,081
	SVRI	2235 (1710-2760)	1963 (1439-2487)	0,421

Beim Vergleich der beiden Messzeitpunkte M2 und M3 zueinander, zeigt sich im konventionellen Monitoring kein Unterschied für die Werte des Zentralvenösen Drucks (ZVD). Die Werte sind zu beiden Messzeitpunkten über den Normwert erhöht. Der Mittlere Arterielle Druck (MAD) ist zum Zeitpunkt M3 niedriger und liegt hier nur geringfügig über dem oberen Normwert. Bei der Herzfrequenz (HF) zeigt sich im Vergleich der Messzeitpunkte kein Unterschied.

Die Werte für den Herzindex (CI) liegen zum Zeitpunkt M3 im unteren Normbereich. Der Unterschied der Werte ist allerdings nicht signifikant. Für den Schlagvolumen Index (SVI), den Intrathorakalen Blutvolumenindex (ITBVI) und das Freie Lungenwasser (EVLWI) liegen keine Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten vor. Die Werte liegen im Normbereich. Der

Systemische Gefäßwiderstands Index (SVRI) ist zum Zeitpunkt M3 ebenfalls unverändert im Vergleich zum Zeitpunkt M2. Die Werte liegen zu beiden Messzeitpunkten über dem Normwert.

3.5 Vergleich der Gruppen mit und ohne PDK zueinander

Tabelle 13

Ansicht der Basiswerte der Gruppen mit und ohne PDK

	Parameter	Mit PDK		Ohne PDK	
		MW	95% KI	MW	95% KI
Konventionelles Monitoring	ZVD	9	5,5-12	7,5	4,5-10
	MAD	90	75-103	86	74-97
	HF	60	50-71	66	53-79
COLD – Monitoring	CI	2,21	1,93-2,46	2,99	2,57-3,40
	SVI	37	31-43	47	39-55
	ITBVI	809	660-958	852	771-933
	EVLWI	4,5	3,5-5,6	6,3	4,7-8,0
	SVRI	2767	2238-3295	2045	1711-2378

Tabelle 14

Vergleich der Werte der Patienten mit und ohne PDK aus den unterschiedlichen Messzeitpunkten

		M2 in Prozent von M1			M3 in Prozent von M1			M3 in Prozent von M2		
		- PDK	+ PDK	p-Wert	- PDK	+ PDK	p-Wert	- PDK	+ PDK	p-Wert
konv. Monitoring	ZVD	334	258	0,281	424	273	0,528	131	113	0,439
	MAD	128	101	0,024	138	110	0,006	108	110	0,656
	HF	104	97	0,669	102	98	0,273	98	101	0,542
COLD- Monitoring	CI	128	124	0,705	116	110	0,548	92	93	0,635
	SVI	123	130	0,949	115	114	0,818	93	92	0,894
	ITBVI	112	117	0,611	111	106	0,580	100	93	0,361
	EVLWI	101	107	0,016	91	119	0,438	93	111	0,023
	SVRI	102	77	0,102	111	90	0,226	119	122	0,868

Zum Vergleich der Daten zwischen den Gruppen mit- und ohne PDK wurden die prozentualen Differenzen der Messzeitpunkte ermittelt um einen möglichen Einfluss des PDK auf die Hämodynamik zu untersuchen.

Im konventionellen Monitoring gibt es lediglich für den Mittleren Arteriellen Druck (MAD) einen Unterschied zwischen den Gruppen. Dieser zeigt sich im Vergleich der prozentualen Veränderung des Messzeitpunktes M2 in Prozent von M1 ($p= 0,024$) und im Vergleich der prozentualen Veränderungen des Messzeitpunktes M3 in Prozent von M1 ($p= 0,006$), mit einem geringeren Anstieg des MAD in der Gruppe mit PDK.

Im COLD- Monitoring zeigt sich nur für das Freie Lungenwasser (EVLWI) ein Unterschied bei dem Vergleich der Messzeitpunkte M2 in Prozent von M1 ($p= 0,016$) und M3 in Prozent von M2 ($p= 0,023$). In der Gruppe mit PDK kommt es hier zu einem stärkeren Anstieg des Freien Lungenwassers (EVLWI) als in der Gruppe ohne PDK.

Für alle anderen Werte gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

Tabelle 15

Vergleich der Flüssigkeitsbilanz der beiden Gruppen mit und ohne PDK

	Mittelwert	p-Wert (mit/ohne PDK)
Flüssigkeitsbilanz mit PDK	1313,75	0,773
Flüssigkeitsbilanz ohne PDK	1385,00	

Bezüglich der Flüssigkeitsbilanz gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe mit PDK und der Gruppe ohne PDK ($p = 0,773$).

Der kolloidale Volumenersatz lag bei einem Mittelwert von 237 ml, die kristalloide Volumengabe lag bei einem Mittelwert von 1158 ml.

4 Diskussion

In der hier vorgelegten Arbeit konnte gezeigt werden, dass nach traditioneller Patientenvorbereitung mit Fasten und Darmvorbereitung durch eine orthograde Darmspülung eine hämodynamisch relevante Hypovolämie vorliegen kann. Der ITBVI als Parameter der cardialen Vorlast war nach der Narkoseeinleitung der Patienten deutlich erniedrigt. Wahrscheinlich konsekutiv war der Cardiac-Index ebenfalls erniedrigt und der SVRI möglicherweise kompensatorisch erhöht. Dabei konnte diese Hypovolämie einzig durch den invasiv gemessenen und berechneten ITBVI aufgezeigt werden. In der normalen klinischen Situation wird diese Messung intraoperativ nicht durchgeführt. Sie ist allenfalls bei schwerstkranken Patienten mit erheblichem perioperativen Risiko indiziert. Somit wird in der klinischen Situation häufig anhand des konventionellen Monitoring mit MAD, ZVD und Herzfrequenz sowie mit der Urinausscheidung intraoperativ eine Einschätzung des intravasalen Volumenstatus vorgenommen. Da bei den vorliegenden Patienten der MAD, der ZVD und die Herzfrequenz im Normbereich lagen, waren diese Parameter offensichtlich nicht geeignet, den eher niedrigen Volumenstatus aufzuzeigen. Insbesondere der ZVD scheint bei laparoskopischen Operationen wenig geeignet zu sein, eine Einschätzung über den Volumenstatus abzugeben, da er neben der maschinellen Ventilation auch durch eine Erhöhung des intraabdominellen Druckes, ggf. in Verbindung mit einer Kopf/Tieflage, deutlich erhöht werden kann. (40)

Aus klinischen Versuchen ist bekannt, dass die traditionelle Patientenvorbereitung mit Fasten und orthograde Darmspülung eine Dehydratation verursachen kann (16; 17). Dabei ist es insgesamt von großer Bedeutung, den prä- und auch intraoperativen Volumenstatus möglichst korrekt einzuschätzen, um eine Verzögerung der postoperativen Rekonvaleszenz zu vermeiden. Dennoch bleibt die nahezu korrekte Einschätzung des intravasalen Volumenstatus mangels ausreichenden

Datenmaterials nach A. E. Goetz et al auch heute noch „eine ärztliche Kunst“(34). Bereits 2002 konnte anhand einer kleinen Anzahl von Patienten (n=20) in einer vergleichenden Studie gezeigt werden, dass Patienten mit einer als restriktiv bezeichneten Volumenzufuhr von 6,5l bis zum zweiten postoperativen Tag im Vergleich zu 11,5l in der Standardtherapiegruppe eine um zwei Tage beschleunigte enterale Ernährungsmöglichkeit hatten (35). Nicht nur der enterale Kostaufbau ist durch ein eher liberales Infusionsregime perioperativ verzögert, sondern auch die Rate an postoperativen Komplikationen. Sowohl Major- als auch Minorkomplikationen sind dann deutlich erhöht, wenn Patienten bei elektiven Colonresektionen einem eher liberalen Flüssigkeitsregime von mindestens 6l intraoperativ unterliegen (36). In einer weiteren Arbeit von Nisanevich et al konnten diese Ergebnisse an Patienten mit abdominalchirurgischen Eingriffen bestätigt werden. Auch hier war die Anzahl der Patienten mit Komplikationen in der Gruppe mit einem liberalen Flüssigkeitsregime erhöht. Allerdings lag hier das Volumen intraoperativ bereits bei ca. 4l (37). In der restriktiv behandelten Gruppe erhielten die Patienten intraoperativ 1,5l Volumen. Daran lässt sich erkennen, dass in den letzten Jahren sowohl die liberalen Infusionsschemata als auch die restriktiven Infusionsschemata auf scheinbar immer niedrigere Volumina zurückgreifen. In der Arbeit von Nisanevich wurde in diesem Zusammenhang erwähnt, dass in der restriktiv behandelten Gruppe bereits eine höhere Anzahl von Patienten unter Orthostasereaktionen zu leiden hatte.

In einer weiteren Studie von Holte et al erhielten Patienten nach Cholecystektomien in der Gruppe der restriktiv behandelten Patienten intraoperativ nur 1l Infusion. Es wurde erwartet, daß die Lungenfunktion, die physische Aktivität und die Entlassungsfähigkeit in dieser Gruppe signifikant besser sein sollten als in der Gruppe der liberal behandelten Patienten, die ca. 3l Volumen erhielten. (38). Das Gegenteil war jedoch der Fall, so dass man vermuten kann, dass in Abhängigkeit von der Art und Dauer des Eingriffes auch ein unteres Niveau einer Volumentherapie nicht unterschritten werden sollte.

Eine ähnliche Studie wurde von den gleichen Autoren anhand von Patienten nach Colonresektion durchgeführt. Die restriktive Gruppe erhielt im Median 1640ml Flüssigkeit, die liberal behandelte Gruppe 5050ml Flüssigkeit. Hierbei hatte erstere Gruppe eine bessere Lungenfunktion, geringere Hypoxämieraten, einen kürzeren Krankenhausaufenthalt sowie weniger postoperative Komplikationen. Nur die Ausschüttung vasoaktiver Hormone war in der liberal behandelten Gruppe niedriger (39). Somit scheint die untere Grenze des Korridors der Volumentherapie bei colonresezierenden Eingriffen bei 1-1,5 l Flüssigkeit zu liegen. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die Patienten der zuletzt zitierten Arbeitsgruppen nach einem Fast-track-Rehabilitationsregime behandelt wurden, welches im Gegensatz zur traditionellen präoperativen

Therapie, wie sie bei den in dieser Arbeit vorgestellten Patienten noch durchgeführt wurde, steht. Dennoch kam es auch bei unseren Patienten nach traditioneller Vorbereitung während der laparoskopischen Operationen zu einer Verbesserung der hämodynamischen Gesamtsituation. Auch diese Patienten erhielten im Mittel 1300-1400ml Flüssigkeit. Im Vergleich zu den Basiswerten waren während der Operation in Kopf/Tieflage bei einem Kapnoperitoneum von 12mmHg in Verbindung mit der genannten Volumentherapie der CI, SVI als mögliche Folge eines erhöhten ITBVI bereits deutlich angestiegen.

Ob die beschriebene Verbesserung einiger hämodynamischer Parameter während der Operationen als Folge der im Mittel 1,3-1,4 Liter gegebenen Flüssigkeit zu sehen ist oder aber durch hämodynamisch relevante Veränderungen, die durch das Kapnoperitoneum hervorgerufen werden, verursacht wurden, kann anhand der hier erhobenen Daten nicht letztlich unterschieden werden.

Bei laparoskopischen Operationen mit einem Kapnoperitoneum existieren im Vergleich zu traditionellen Operationen unterschiedliche Bedingungen. Zum einen wird ein Gas, in der Regel CO₂, in die Bauchhöhle insuffliert und somit ein Kapnoperitoneum erzeugt. Dabei wird in der Bauchhöhle ein intraabdomineller Druck von 10-15mmHg etabliert, um eine ausreichende Übersicht über das Operationsgebiet zu erreichen. Zum anderen werden, um die Übersicht über das Operationsgebiet weiter zu verbessern, die Patienten in teilweise extreme Körperpositionen gelagert. Für Eingriffe im kleinen Becken gilt, dass die Patienten idealerweise in eine Kopf-Tieflage gebracht werden, während bei Operationen am oberen Gastrointestinaltrakt die Patienten in eine Kopf- Hochlage gebracht werden. Alle diese als spezifisch zu bezeichnenden Bedingungen der laparoskopischen Operationen, also Gas, intraabdomineller Druck sowie modifizierte Körperposition, sind geeignet, hämodynamische Veränderungen bei laparoskopischen Operationen hervorzurufen. Dieses konnte anhand eines umfassenden Tiermodells experimentell nachgewiesen werden (40).

Bereits mit Beginn der laparoskopischen Chirurgie wurde erkannt, dass unter diesen spezifischen Bedingungen Änderungen der Hämodynamik auftreten. Viele Autoren beschrieben einen Anstieg des mittleren arteriellen Druckes oder der Herzfrequenz, Änderungen des zentral-venösen Druckes sowie einen Abfall des Herzzeitvolumens (41; 42; 43; 44; 45). Obwohl die Ursache für diese physiologischen Veränderungen für eine lange Zeit unklar blieb, revolutionierte die laparoskopische Chirurgie mit Anlage eines Pneumoperitoneums die chirurgische Therapie in den letzten 20 Jahren. Dennoch wurden insbesondere zu Beginn der laparoskopischen Ära, teilweise noch bis heute, viele Patienten mit cardio-respiratorischen Risikofaktoren von laparoskopischen

Operationen ausgeschlossen. Da für die laparoskopische Chirurgie im Vergleich zur konventionellen Chirurgie gerade für Patienten mit Risikofaktoren relevante Vorteile vermutet werden, sind das Verständnis der Patho-Physiologie des Pneumoperitoneums und mögliche Therapien zur Vorbeugung dieser spezifischen Auswirkungen von besonderer Bedeutung.

Einfluß des intraabdominellen Druckes

Wie in den bisher zitierten Studien hat eher die Höhe des intraabdominellen Druckes (IAP) einen eigenständigen Einfluss auf nahezu alle hämodynamischen Parameter. In einer tierexperimentellen Arbeit zeigte sich bei Anlage des Pneumoperitoneums ein Anstieg des ZVD weit über den Normbereich hinaus bei unverändertem pulmonalarteriellen Druck. Das linksventrikuläre Schlagvolumen und Herzminutenvolumen sank dabei bei unverändertem MAD und Herzfrequenz. Der periphere systemische Gefäßwiderstand (SVR) erhöhte sich. Somit stieg mit der Erhöhung des IAP der SVR und damit die Nachlast an bei reduziertem Schlagvolumen(40). Die hämodynamischen Effekte eines erhöhten intraabdominellen Drucks konnten auch in einer klinischen prospektiven Vergleichsstudie bei elektiver laparoskopischer Cholezystektomie mittels Impedanzmessung gezeigt werden (14). Das Kapnoperitoneum wurde in einem Bereich von 12-15 mmHg aufgebaut und in diesem Bereich aufrecht erhalten. Nach Insufflation kam es zu einem signifikanten Anstieg des totalen Gefäßwiderstands- Index und einem Abfall des Schlagvolumens. Im konventionellen Monitoring kam es zu keinen Änderungen der Herzfrequenz und des MAD. Ein erhöhter intraabdomineller Druck wurde hier für eine Reduzierung der kardialen Vorlast verantwortlich gemacht.

Einfluss des Insufflationsgases

Als Insufflationsgas hat sich in der klinischen Praxis Kohlendioxid (CO₂) etabliert. Dies wurde auch bei den hier zugrundeliegenden Operationen zur Anlage des Pneumoperitoneums verwendet. Da auch CO₂ physiologisch nicht inert ist, wird immer wieder die Verwendung alternativer Insufflationsgase diskutiert. In einem prospektiv randomisierten Modell mit Schweinen wurde der Einfluss der Gase Kohlendioxid, Argon und Helium auf das Pneumoperitoneum untersucht. Dabei wurden unterschiedliche intraabdominelle Drücke und unterschiedliche Körperpositionen eingenommen(40). Nach Narkoseeinleitung und Anlage der pulmonal arteriellen Katheter und der Katheter in A. et V. femoralis erfolgte die Messung der Ausgangswerte ohne Insufflationsgas. Anschließend wurde das Pneumoperitoneum aufgebaut mit 8, 12 und 16 mmHg in den Positionen Rückenlage, Kopftieflage und Kopfhochlage. Nach jeweils 15 minütiger Adaptation wurden die

hämodynamischen Parameter erfasst. Dabei zeigte sich, dass Kohlendioxid zu einer Erhöhung des MAD, SVR und ZVD führte, die bei Helium nur moderat ausfiel. Argon führte zu einer Erhöhung der Nachlast, die aber nicht weiter erklärt werden konnte. In einer klinischen Arbeit (12) wurde an 20 Patienten eine elektive laparoskopische Cholezystektomie durchgeführt, bei der der Frage nachgegangen wurde, welchen Einfluss die Verwendung von Helium oder Kohlendioxid zur Anlage des Pneumoperitoneums auf hämodynamische Parameter haben. Die Patienten erhielten hierzu zunächst für eine Stunde ein Kapnoperitoneum und nach einer Stunde nach Ablassen und einer Adaptationsphase ein Heliumperitoneum für eine weitere Stunde. Weder Herzfrequenz noch MAD waren zwischen den Gasen unterschiedlich. In einer anderen Untersuchung (13) wurden die Herz-Kreislaufverhältnisse in einer randomisierten Studie bei 20 Patienten während einer elektiven laparoskopischen Cholezystektomie untersucht. Die Patienten erhielten entweder ein Kapno- oder Heliumperitoneum mit einem IAP von 15 mmHg. Mittels transösophagealer Echokardiographie wurde die Herzfunktion bestimmt. In beiden Patientengruppen stiegen nach Insufflation der systolische und diastolische Blutdruck und die Herzfrequenz (HF) an. Das HMV blieb unverändert. In einer weiteren Studie (42) wurden bei laparoskopischen Hernienoperationen mittels transösophagealer Doppler-Sonographie hämodynamische Parameter vor während und nach Anlage des Kapnoperitoneums bestimmt. Nach Anlage des Kapnoperitoneums mit einem IAP <13 mmHg kam es zu einem signifikanten Anstieg des MAD bei konstanter Herzfrequenz. Mittels Doppler wurde ein Abfall der kardialen Auswurfleistung beschrieben. Der systemische Gefäßwiderstand war nach Anlage des Kapnoperitoneums ebenfalls erhöht. Weitere Gase wurden in dieser Studie nicht untersucht.

Die klinischen Studien zeigen, dass die Hämodynamik wohl am ehesten durch den IAP bestimmt wird und nicht durch die Art des Gases. Wahrscheinlich ist die Narkoseführung mittlerweile so weit an die Verwendung von CO₂ adaptiert, dass negative Auswirkungen in den meisten Fällen unterbleiben und klinisch nicht relevant sind. Da sich in den klinischen Studien keine eindeutigen Vorteile des eigentlich inerten Insufflationsgases Helium gegenüber Kohlendioxid aufzeigen ließen, Helium wie auch Argon sehr teuer sind und bei laparoskopischen Operationen leicht mehrere hundert Liter des Insufflationsgases verbraucht werden können, hat sich Kohlendioxid als Standardgas zum Aufbau des Pneumoperitoneums durchgesetzt.

Einfluß der Körperposition

Im Tiermodell konnte gezeigt werden, dass die Körperposition die hämodynamischen Parameter während eines Kapnoperitoneums unabhängig vom intraperitonealen Druck oder der Art des verwendeten Insufflationsgases die Hämodynamik beeinträchtigt. Am Schweinmodell verschlechterte die Kopf/Hochposition die hämodynamische Funktion im Vergleich zur Flachlage während die Kopf/Tieflage die hämodynamische Reaktion auf das Kapnoperitoneum im Vergleich zur Flachlage abschwächen konnte (40). Klinische Studien, die den Einfluss der Körperposition bei laparoskopischen Operationen auf die Hämodynamik untersuchen, sind selten. Bei laparoskopischen Cholecystektomien traten hämodynamische Veränderungen nach Induktion eines Kapnoperitoneums auf und wurden negativ verstärkt, wenn eine Kopf/Hochposition eingenommen wurde (46). Während laparoskopischer Herniotomien wurde wiederum beobachtet, dass das Herzminutenvolumen in Flachlage nach Induktion des Kapnoperitoneums abfiel. Nachdem die Patienten in Kopf/Tieflage positioniert wurden, stieg das Herzminutenvolumen erneut an und erreichte Werte, die vor Induktion des Kapnoperitoneums gemessen worden waren (42). Die Kopf/Tieflage scheint somit bei laparoskopischen Operationen geeignet zu sein, den venösen Rückstrom zum Herzen zu verbessern wie auch die generell hämodynamische Funktion.

Pathophysiologie des Kapnoperitoneums

Heute wird vielfach eine Reduktion des venösen Blutrückstroms zum Herzen und somit eine Reduzierung der cardialen Vorlast als ein Basismechanismus zur Verschlechterung der Hämodynamik bei laparoskopischen Operationen angesehen. Als Konsequenz sinken sowohl das Herzschlagvolumen als auch das Herzminutenvolumen. Kompensatorisch wird unter solchen Bedingungen der Sympathikus aktiviert sowie antidiuretisches Hormon freigesetzt, welches wiederum einen Blutdruckanstieg und einen Anstieg der Herzfrequenz verursacht. Die myocardiale Kontraktilität scheint durch das Kapnoperitoneum nicht beeinträchtigt zu werden (47).

Wahrscheinlich ist eine Kompromittierung des venösen Blutrückstroms zum Herzen der Basismechanismus, der für die weiteren hämodynamischen Veränderungen während eines Kapnoperitoneums unter den spezifischen Bedingungen der laparoskopischen Operationen verantwortlich ist. Dieser venöse Rückstrom wird determiniert durch die Druckdifferenz zwischen dem mittleren Füllungsdruck des venösen Systems und dem Druck im rechten Vorhof, den Gefäßwiderstand der großen Venen sowie der Compliance der großen Venen. Der mittlere Füllungsdruck kann in klinischen Untersuchungen nur schwierig und invasiv gemessen werden, so dass die Differenz zwischen dem peripheren venösen Druck und dem zentralvenösen Druck sehr

häufig eingesetzt wurde, um herauszufinden, ob der venöse Rückstrom beeinträchtigt ist. Ein reduzierter Druckgradient zwischen diesen beiden Drücken trägt zur Verminderung des venösen Rückstroms bei. Beides, der periphervenöse Druck und auch der zentralvenöse Druck, werden während eines Kapnoperitoneums durch den erhöhten intraperitonealen Druck deutlich erhöht (40; 47). Dieser Effekt konnte indirekt in klinischen Untersuchungen gezeigt werden, indem über Ultraschalldarstellungen der V. femoralis während laparoskopischer Cholecystektomien in Kopf-Hochposition nach Induktion des Kapnoperitoneums die Querschnittsfläche der V. femoralis anstieg und die Spitzenflußgeschwindigkeit deutlich abnahm (48; 49; 50; 51; 52; 53). Der Gefäßwiderstand der großen Venen wird bei laparoskopischen Operationen ebenfalls durch die intraabdominelle Druckerhöhung, die sich auch auf die V. cava auswirkt, erhöht. Somit beeinträchtigen beide Mechanismen, der reduzierte Druckgradient und der erhöhte Gefäßwiderstand, den venösen Blutrückstrom zum Herzen, wodurch wiederum die cardiale Vorlast vermindert wird.

Die cardiale Vorlast wird in der klinischen Routine in der Regel indirekt ermittelt. Dabei wird die Vorlast anhand verschiedener Drücke wie dem zentralvenösen Druck oder aber dem pulmonalarteriellen Verschlussdruck abgeschätzt. Ein anderer Parameter der cardialen Vorlast ist das enddiastolische linksventrikuläre Volumen, welches in der Regel über Ultraschalluntersuchungen der ventrikulären Diameter ermittelt werden kann. Ein besserer Indikator der cardialen Vorlast könnte das direkt gemessene intrathorakale Blutvolumen sein (4; 54). Sowohl das linksventriculäre enddiastolische Volumen als auch das intrathorakale Blutvolumen waren bei verschiedenen laparoskopischen Untersuchungen deutlich reduziert (55; 56; 57). Beides, der venöse Rückstrom zum Herzen und die cardiale Vorlast, beeinflussen die cardiale Auswurfleistung, besonders das Herzschlagvolumen, analog zu dem Frank-Starling-Mechanismus. Nach diesem Mechanismus wird eine Reduktion des venösen Rückstroms zum Herzen und die reduzierte cardiale Vorlast zu einem Abfall des Herzschlagvolumens führen. Dieses wiederum wird von Rezeptoren im Carotissinus registriert, wodurch über eine sympathikusgesteuerte Reaktion kompensatorisch ein Anstieg der Herzfrequenz, des mittleren arteriellen Druckes und des periphersystemischen Widerstandes induziert wird. Einige dieser Parameter können auch durch humorale Mediatoren mit beeinträchtigt werden. Ein Anstieg von Noradrenalin konnte bei laparoskopischen Cholecystektomien in Kopf/Hochposition gemessen werden (58; 11). Als humoraler Mediator wurde auch das antidiuretische Hormon, welches einer der stärksten endogenen Vasokonstriktoren ist, bei laparoskopischen Cholecystektomien in Kopf-Hochposition mit deutlich erhöhten Spiegeln gemessen. In diesen Arbeiten war auch der mittlere

arterielle Druck deutlich erhöht (58; 11; 10; 9). Ein Anstieg des mittleren arteriellen Druckes und somit der cardialen Nachlast ist zusätzlich geeignet, die hämodynamische Funktion zu kompromittieren.

In der hier diskutierten klinischen Studie stiegen der ZVD und der MAD bei einem hohen IAP von 20 mmHg, wie er zur Induktion des Kapnoperitoneums häufig verwendet wird, in Verbindung mit einer Kopftieflage von 30° an. Insgesamt verbesserte sich der Schlagvolumenindex, möglicherweise wegen des nicht signifikant erhöhten ITBVI. Auch der CI stieg schließlich nicht signifikant an, blieb jedoch auch unterhalb des Normbereiches. Somit haben diese Bedingungen zu einer diskreten hämodynamischen Verbesserung des Herzauswurfes geführt, blieben jedoch noch kompromittiert. Ob die Erhöhung des IAP, die Kopftieflagerung oder die mittlerweile gegebenen Infusionen die Hauptursache dafür bilden, kann anhand dieser Daten und des Studiendesigns nicht geschlussfolgert werden. Allerdings spielt die Höhe des IAP wahrscheinlich eine entscheidende Rolle. Darauf geben die Ergebnisse einen Hinweis, die bei einem reduzierten IAP von 12 mm Hg im Vergleich zu den Basiswerten gewonnen wurden. Unter dem reduzierten IAP war die positive Reaktion auf den ITBVI, den SVI und auch den CI signifikant verbessert. Zwar kann hierfür nicht die Körperposition verantwortlich sein, wohl aber neben der Reduktion des IAP auch die Volumenzufuhr, die in dem abgelaufenen Zeitraum stattfand. Auch sind allgemeine Adaptationsvorgänge des Organismus auf die Bedingungen der Laparoskopie, die im Rahmen der Studie nicht erfasst wurden, für die Verbesserungen der Hämodynamik zu diskutieren, zumal die Messungen bei 12 mmHg stets nach den Messungen bei 20 mmHg stattfanden.

Volumentherapie zur Minimierung hämodynamischer Veränderungen während des Kapnoperitoneums

Die Abnahme des venösen Blutrückflusses zum Herzen mit konsekutiv reduzierter cardialer Vorlast scheint ein wesentlicher Mechanismus zu sein, der die spezifischen hämodynamischen Veränderungen während des Kapnoperitoneums auslöst. Speziell in der traditionellen colorektalen Chirurgie sind Patienten nach klinischer Einschätzung eher dehydriert, wenn eine klassische Darmvorbereitung mit orthograden Darmspülungen sowie einer längeren präoperativen Fastenperiode behandelt werden. Deshalb liegt der Gedanke nahe, dass ein Anstieg der cardialen Vorlast durch eine zusätzliche Volumentherapie die hämodynamische Funktion bei laparoskopischen Operationen mit einem Kapnoperitoneum verbessern könnte. Diese Hypothese wurde in verschiedenen experimentellen und auch klinischen Studien untersucht. Ein Anstieg der

cardialen Vorlast nach einer Dextraninfusion während eines Kapnoperitoneums von 20 und 40mmHg konnte in einem tierexperimentellen Versuch das Herzminutenvolumen deutlich erhöhen (8). Eine andere tierexperimentelle Studie konnte zeigen, dass die Infusion mit kolloidalen Flüssigkeiten das Herzminutenvolumen und auch –Schlagvolumen unabhängig von der Körperposition während des Kapnoperitoneums beeinflussen kann (20). In einer klinischen Beobachtungsstudie verwendeten die Autoren intermittierende pneumatische Kompressionsmanschetten der unteren Extremitäten, um den venösen Blutrückfluss zum Herzen zu verbessern, indem die Manschetten die Muskelpumpe beim relaxierten Patienten ersetzen. Es konnte dabei gezeigt werden, dass unter diesen Bedingungen tatsächlich während des Kapnoperitoneums der Herzindex in Kopf- Hochposition signifikant anstieg (19). Wie bereits oben diskutiert, kann anhand der hier diskutierten Studie nicht entschieden werden, ob das Infusionsregime oder die spezifischen Bedingungen der Laparoskopie für die hämodynamischen Veränderungen verantwortlich waren. Allerdings scheint klar, dass unter unseren Studienbedingungen die Volumentherapie ein wichtiger Stabilisierungsfaktor war und die applizierten Volumina unter den Bedingungen adäquat zu sein scheinen und auch geeignet erscheinen, sich daran bei ähnlichen klinischen Bedingungen zu orientieren.

Festzuhalten bleibt ferner, dass sich in der zu diskutierenden Studie eben nicht gezeigt hat, dass laparoskopische Operationen mit einem Pneumoperitoneum die hämodynamische Funktion generell negativ beeinträchtigen wie zuvor mehrfach beschrieben(14; 15). Bei einem IAP von 20 mmHg, mehr noch bei 12 mmHg in Kopftieflage, waren einige hämodynamische Parameter im Vergleich zu den Basiswerten sogar eher gebessert. Neben den bereits oben diskutierten Punkten muss deshalb nochmals betont werden, dass für die perioperative hämodynamische Funktion nicht nur die Bedingungen der Operation selbst, seien sie konventionell oder laparoskopisch, sondern im starkem Maße auch die präoperativen Konditionen und insbesondere die Patientenvorbereitung hinsichtlich des Volumenstatus von großer Bedeutung zu sein scheinen. Denn nach Einleitung der Narkose zeigte sich erst im invasiven Monitoring die eher hypovoläme Ausgangssituation. Die sich aufdrängende Frage, ob unter und mit den Bedingungen der Laparoskopie vielleicht eine noch bessere hämodynamische Funktion erreicht werden konnte als vielleicht bei konventionellen Operationen, kann selbstverständlich keinesfalls anhand der hier vorliegenden Daten beantwortet werden.

Zu betrachten ist noch der Einfluss des Periduralkatheters (PDK) auf die Hämodynamik. Bei der Planung der Studie war ursprünglich nicht festgelegt worden, ob die Patienten einen PDK erhalten

sollen oder nicht. Zu Beginn der Studie wurde der PDK nicht regelhaft angewendet. Während des Studienverlaufes entwickelte sich der PDK jedoch an der durchführenden Klinik zum Standardverfahren. Deshalb liegt hier ein BIAS vor, der bei der Interpretation der Daten berücksichtigt werden muss. Aus diesem Grunde wurden die Daten der Patienten mit und ohne PDK gesondert miteinander verglichen. Signifikante Unterschiede lagen nur im Bereich des MAD vor (Tabelle 14). Da bekannt ist, dass die thorakale Periduralanalgesie eine Sympathikolyse verursacht, lassen sich die Unterschiede durch dieses Argument erklären. Allerdings war die kardiale Funktion gemessen am Herzschlagvolumenindex und am Herzindex nicht unterschiedlich. Ebenso wenig unterschied sich die Volumenzufuhr zwischen den Gruppen. In vielen Kliniken wird der PDK bei laparoskopischen linksseitigen Resektionen nicht regelhaft verwendet. Im eigenen Patientengut kommt es immer auch zu Ablehnungen des PDK durch die Patienten und aufgrund technischer Schwierigkeiten sowie Koagulopathien zu Kontraindikationen für den PDK, so dass immer ein inhomogenes Patientengut vorliegt. Da die Verwendung des PDK nicht eindeutig im Studienprotokoll als Einschlusskriterium definiert war, wurden alle Patienten entsprechend der geplanten Auswertung analysiert. Letztlich kann nicht eindeutig ausgeschlossen noch eingeräumt werden, dass dieser BIAS einen Einfluss auf die Gesamtaussage der Studie hatte.

5.0 Zusammenfassung

Nach traditioneller Patientenvorbereitung bei elektiven Kolonoperationen mit konventioneller Darmvorbereitung und einer mindestens 6-stündigen Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz zeigten die Patienten dieser Studie eine hämodynamisch relevante intravasale Hypovolämie. Diese war jedoch im konventionellen Monitoring inklusive arteriellem und zentralvenösem Druck und Herzfrequenz nicht detektierbar. Sie zeigte sich erst im invasiven COLD Monitoring nach Bestimmung des niedrigen intrathorakalen Blutvolumens und dem erniedrigten Herzindex bei gleichzeitig gesteigertem systemischen Gefäßwiderstand. Nach Einleitung des Kapnoperitoneums von 20 mm Hg in Verbindung mit einer Kopftieflage verbesserten sich der Herzindex und der Schlagvolumenindex, obwohl MAD und ZVD anstiegen. Das Schlagvolumen und der Herzindex verbesserten sich nochmals, wenn der IAP auf 12 mm Hg reduziert wurde.

Somit kann für die Verbesserung der Herzfunktion die Höhe des Intraperitonealen Druckes, die Körperposition, die zeitliche Adaptation des Organismus an die Bedingungen der laparoskopischen Operation oder die Volumensubstitution verantwortlich sein. Wahrscheinlich ist die Kombination dieser Bedingungen ursächlich dafür. Die Bedeutung der Einzelpunkte kann dabei basierend auf diesen Daten nicht quantifiziert werden.

Eine Verbesserung der Hämodynamik, speziell des Schlagvolumens und des Herzindex, konnte zu Beginn der Operation unter den Bedingungen des Kapnoperitoneums in Kopftieflage erreicht werden, indem 1158 ml Volumen infundiert werden. Unter traditioneller Vorbehandlung scheint bei laparoskopischen Operationen dieses Volumen den unteren Grenzbereich der intraoperativen Volumenzufuhr zu markieren. Sämtliche Ergebnisse unterliegen der möglichen Einschränkung, dass bei 8 von 19 Patienten ein thorakaler PDK eingesetzt wurde, der einen Einfluß auf den mittleren arteriellen Druck hatte.

Die Untersuchung hat dazu beigetragen, Informationen über den intravasalen Volumenstatus und hämodynamische Auswirkungen bei Kolonoperationen nach traditioneller Patientenvorbereitung zu liefern. Dieses kann zu einer Verbesserung der perioperativen Therapieschemata beitragen. Keinesfalls ist es aber gerechtfertigt, dass alle Patienten unter diesen Bedingungen ein invasives Volumenmonitoring wie dargestellt erhalten, da die Majorität aller Patienten mit der herkömmlichen Überwachung sicher und ausreichend geführt werden können

6.0 Literatur

- (1) Forth, W. et al: „Pharmakologie und Toxikologie“ Urban & Fischer, München, 9. Auflage 2001, Seite 618
- (2) Mutschler: „Arzneimittelwirkungen“ Wissenschaftliche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 8. Auflage 2001, Seite 649
- (3) Holte K, Sharrock NE, Kehlet H. Pathophysiology and clinical implications of perioperative fluid excess. *Br J Anaesth* 2002;89:622-32.
- (4) Junghans T, Böhm B, Haase O, Fritzmann J, Zuckermann-Becker H. Conventional monitoring and intravascular measurement can lead to differenz therapy after upper gastrointestinal tract surgery. *Intensive Care Med* 2002;28;1273-5.
- (5) Schumpelick, V. et al: „Chirurgie“ Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 4. Auflage 1999, Seite 177.
- (6) Henriksen MG, Jensen MB, Hansen HV, et al. Enforced mobilisation, early oral feeding and balanced analgesia improve convalescence after colorectal surgery. *Nutrition*. 2002;18:147–152
- (7) Junghans T, Böhm B, Gründel K, Schwenk W, Müller JM. Does pneumoperitoneum with different gases, body positions and intraperitoneal pressures influence renal and hepatic blood flow? *Surgery* 1997;121(2):206-11.
- (8) Harman PK, Kron IL, McLachlan HD et al. Elevated intra-abdominal pressure and renal function. *Ann Surg*. 1982 Nov;196(5):594-7.
- (9) Walder AD, Aitkenhead AR. Role of vasopressin in the haemodynamic response to laparoscopic cholecystectomy. *Br J Anaesth*. 1997 Mar;78(3):264-6.
- (10) Viinamki O, Punnonen R. Vasopressin release during laparoscopy: role of increased intra-abdominal pressure. *Lancet*. 1982 Jan 16;1(8264):175-6.

- (11) Melville RJ, Forsling ML, Frizis HI, LeQuesne LP. Stimulus for vasopressin release during elective intra-abdominal operations. *Br J Surg.* 1985 Dec;72(12):979-82
- (12) Neuberger TJ, Andrus CH, Wittgen CM, Wade TP, Kaminski DL. Prospective comparison of helium versus carbon dioxide pneumoperitoneum. *Gastrointest. Endosc* 1996;43(1):38-41
- (13) Bongard F, Pianim NA, Leighton T, Dubecz S, Davis I, Lippmann M et al. Helium insufflation for laparoscopic operation. *Surg. Gynecol. Obstet* 1993;177:140-6
- (14) Köksoy C, Kuzu M.A., Kurt I, Kurz N, Yerdel M.A., Tezcan C, Aras N Haemodynamic effects of pneumoperitoneum during laparoscopic cholecystectomy: a prospective comparative study using bioimpedance cardiography. *British Journal of Surgery* 1995, 82, 972-974
- (15) Anderson ADG, McNaught CE, MacFie J et al. Randomized clinical trial of multimodal optimization and standard perioperative surgical care. *Br J Surg* 2003; 90: 1497–1504.
- (16) Holte K, Kehlet H. Compensatory fluid administration for preoperative dehydration- does it improve outcome? *Acta Anaesthesiol Scand* 2002;46:1089-93
- (17) Sanders G et al. Randomized clinical trial of intravenous fluid replacement during bowel preparation for surgery. *Br J Surg* 2001;88:1363-5
- (18) Kehlet H, Wilmore DW: Multimodal strategies to improve surgical outcome. *Am J Surg* 2000; 183: 630– 641.
- (19) Alishahi S, Francis N, Crofts S et al. Central and peripheral adverse hemodynamic changes during laparoscopic surgery and their reversal with a novel intermittend sequential pneumatic compression device. *Ann Surg.* 2001 Feb;233(2):176-82.
- (20) Junghans T, Böhm B, Boueke T, Huscher D. Die intravenöse Volumensubstitution vermindert die hämodynamischen Auswirkungen des Pneumoperitoneums. *MIC* 2000;9:127-130

- (21) Tuppurainen T, Makinen J, Salonen M. Reducing the risk of systemic embolization during gynecologic laparoscopy effect of volume preload. *Anaesthesiol Scand* 2002;46:37-42
- (22) Junghans T. Das Herz-Kreislaufsystem während des Laparotomie - Auswirkungen und therapeutische Optionen. Habilitationsschrift der Medizinischen Fakultät Charité der Humboldt-Universität zu Berlin 2003
- (23) Schwenk W, Günther N et al. Changes in perioperative treatment for elective colorectal resections in Germany 1991 and 2001/2002. *Zentralbl. Chir.* 2003 Dec; 128 (12):1086-92
- (24) Schwenk W, Böhm B, Stock W. Perioperative treatment in elective colorectal resection in Germany. *Zentralbl. Chir.* 1992;117(7):403-11.
- (25) Basse L, Hjort Jakobsen D, Billesbølle P et al. A clinical pathway to accelerate recovery after colonic resection. *Ann Surg.* 2000 Jul;232(1):51-7.
- (26) Senagore AJ, Duepre HJ, Delaney CP et al. Results of a standardized technique and postoperative care plan for laparoscopic sigmoid colectomy: a 30-month experience. *Dis Colon Rectum.* 2003 Apr;46(4):503-9
- (27) Stephen AE, Berger DL. Shortened length of stay and hospital cost reduction with implementation of an accelerated clinical care pathway after elective colon resection. *Surgery.* 2003 Mar;133(3):277-82.
- (28) Lobo DN, Macafee DA, Allison SP. How perioperative fluid balance influences postoperative outcomes. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2006 Sep;20(3):439-55.
- (29) Basse L, Raskov HH, Hjort Jakobsen D et al. Accelerated postoperative recovery program after colonic resection improves physical performance, pulmonary function and body composition. *Br J Surg.* 2002 Apr;89(4):446-53.
- (30) Kehlet H. Organizing postoperative accelerated recovery programs. *Reg Anesth.* 1996 Nov-Dec;21(6 Suppl):149-51
- (31) Wilmore DW, Kehlet H. Management of patients in fast track surgery. *BMJ.* 2001 Feb 24;322(7284):473-6.

- (32) Kehlet H, Dahl JB. Anaesthesia, surgery and challenges in postoperative recovery. *Lancet*. 2003 Dec 6;362(9399):1921-8.
- (33) Kehlet H, Wilmore DW. Multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation. *BrJAnaesth*. 1997 May;78(5):606-17.
- (34) Goetz AE, Heckel K. Perioperative fluid and volume management. Goal-directed therapy necessary! *Anaesthesist*. 2007 Aug;56(8):745-6
- (35) Lobo DN, Bostock KA, Neal KR et al. Effect of salt and water balance on recovery of gastrointestinal function after elective colonic resection: a randomised controlled trial. *Lancet*. 2002 May 25;359(9320):1812-18.
- (36) Brandstrup B, Tonnesen H, Beier-Holgersen R. Effects of intravenous fluid restriction on postoperative fluid regimens: a randomized assessor-blinded multicenter trial. *Ann Surg*. 2003 Nov;238(5):641-648.
- (37) Nisanevich V, Felsenstein I, Almogy G. Effect of intraoperative fluid management on outcome after intraabdominal surgery. *Anesthesiology* 2005 Jul;103(1):25-32.
- (38) Holte K, Klarskov B, Christensen DS et al. Liberal versus restrictive fluid administration to improve recovery after laparoscopic cholecystectomy: a randomized, double-blind study. *Ann Surg*. 2004 Nov;240(5):892-899.
- (39) Holte K, Foss NB, Andersen J et al. Liberal or restrictive fluid administration in fast-track colonic surgery: a randomized, double-blind study. *BrJ Anaesth*. 2007 Oct;99(4):500-8. *Epub* 2007 Aug 6.
- (40) Junghans T, Böhm B, Gründel K. Effects of pneumoperitoneum with carbon dioxide, argon or helium on hemodynamic and respiratory function. *Arch Surg*. 1997 Mar;132(3):272-278.
- (41) McLaughlin JG, Scheeres DE, Dean RJ et al. The aderse hemodynamic effects of laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc*. 1995 Feb;9(2):121-4
- (42) Haxby EJ, Gray MR, Rodriguez C et al. Assessment of cardiovascular changes during laparoscopic hernia repair using oesophageal Doppler. *Br J Anaesth*. 1997 May;78(5):515-519.

- (43) Branche PE, Duperret SL, Sagnard PE et al. Left ventricular loading modifications induced by pneumoperitoneum: a time course echocardiographic study. *Anesth Analg*. 1998 Mar;86(3):482-487.
- (44) Wallace DH, Serpell MG, Baxter JN et al. Randomized trial of different insufflation pressures for laparoscopic cholecystectomy. *BrJ Surg*: 1997 Apr;84(4):455-458.
- (45) Dexter SP, Vucevic M, Gibson J et al. Hemodynamic consequences of high- and low-pressure capnoperitoneum during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc*. 1999 Apr;13(4):376-381.
- (46) Dorsay DA, Greene FL, Baysinger CL. Hemodynamic changes during laparoscopic cholecystectomy monitored with transesophageal echocardiography. *Surg Endosc*. 1995 Feb;9(2):128-133.
- (47) Marathe US, Lilly RE, Silvestry SC et al. Alterations in hemodynamics and left ventricular contractility during carbon dioxide pneumoperitoneum. *Surg Endosc*. 1996 Oct;10(10):974-8.
- (48) Goodale RL, Beebe DS, McNevin MP et al. Hemodynamic, respiratory and metabolic effects of laparoscopic cholecystectomy. *Am J Surg*. 1993 Nov;166(5):533-7
- (49) Ido K, Suzuki T, Kimura K. et al. Lower-extremity venous stasis during laparoscopic cholecystectomy as assessed using color doppler ultrasound. *Surg Endosc*. 1995 Mar;9(3):310-3.
- (50) Jorgensen JO, Lalak NJ, North L et al. Venous stasis during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Laparosc Endosc*. 1994 Apr;4(2):128-33.
- (51) Millard JA, Hill BB, Cook PS et al. Intermittent sequential pneumatic compression in prevention of venous stasis associated with Pneumoperitoneum during laparoscopic cholecystectomy. *Arch Surg*. 1993 Aug;128(8):914-8.
- (52) Schwenk W, Böhm B, Müller JM. Postoperative pain and fatigue after laparoscopic or conventional colorectal resections. A prospective randomized trial. *Surg Endosc*. 1998 Sep;12(9):1131-6

- (53) Schwenk W, Böhm B, Haase O et al. Laparoscopic versus conventional colorectal resection: a prospective randomised study of postoperative ileus and early postoperative feeding. *Langenbecks Arch Surg.* 1998 Mar;383(1):49-55.
- (54) Lichtwarck-Aschoff M, Beale R, Pfeiffer UJ. Central venous pressure, pulmonary artery occlusion pressure, intrathoracic blood volume and right ventricular end-diastolic volume as indicators of cardiac preload. *J Crit Care.* 1996 Dec;11(4):180-8
- (55) Hachenberg T, Ebel C, Czorny et al. Intrathoracic and pulmonary blood volume during CO₂-pneumoperitoneum in humans. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1998 Aug;42(7):794-8.
- (56) Zuckerman R, Gold M, Jenkins P et al. The effects of pneumoperitoneum and patient position on hemodynamics during laparoscopic cholecystectomy. *Surg-Endosc.* 2001;15:562-5
- (57) Kraut EJ, Anderson JT, Safwat A et al. Impairment of cardiac performance by laparoscopy in patients receiving positive end-expiratory pressure. *Arch Surg.* 1999 Jan;134(1):76-80
- (58) Berg K, Wilhelm W, Grundmann U et al. Laparoscopic cholecystectomy-effect of position changes and CO₂ pneumoperitoneum on hemodynamic, respiratory and endocrinologic parameters. *Zentralbl Chir.* 1997;122(5):395-404.

7.0 Abkürzungsverzeichnis

ASA	American Society of Anesthesiologists
CI	Cardiac Index
HF	Herzfrequenz
IAP	Intraabdomineller Druck
ITBV	Intrathorakales Blutvolumen
ITBVI	Intrathorakaler Blutvolumen Index
EVLWI	Extravaskuläres Lungenwasser Index
MAD	Mittlerer Arterieller Druck
PDK	Periduralkatheter
PEEP	Positiver endexpiratorischer Druck
SVI	Schlagvolumen Index
SVR	Systemic Vascular Resistance
SVRI	Systemic Vascular Resistance Index
ZVD	Zentralvenöser Druck

Erklärung

Ich, Michael Strohauer erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Messungen zum intravasalen Volumenstatus und zur Hämodynamik bei Patienten mit laparoskopischen Kolonoperationen nach traditioneller Patientenvorbereitung“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.

Berlin, den 18.05.2010

Michael Strohauer

Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Danksagung

Meinen herzlichen Dank möchte ich Herrn Privatdozent Dr. med. Tido Junghans aussprechen. Ohne seine geduldige Unterweisung, zahlreiche Anregungen und Hilfestellungen wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Mein Dank gilt ebenso den Kollegen der Klinik für Allgemein-, Visceral-, Gefäß- und Thoraxchirurgie der medizinischen Fakultät der Charité, für die ausgesprochen kooperative Unterstützung und Geduld während der aufwendigen intraoperativen Messungen. Ebenso möchte ich Frau Dipl.- Stat., Dr. rer. Medic Tania Schink aus dem Institut für Biometrie und klinische Epidemiologie der Charité für ihre hilfreiche Beratung danken.