

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Zentrum für Anästhesiologie und Intensivmedizin

Direktor: Prof. Dr. med. habil. Alwin E. Goetz

Vergleich von Lungenfunktionstests nach roboterassistierten laparoskopischen Prostatektomien beim AirSeal-System und dem konventionellen CO₂-Insufflationsystem

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von:

Fakhria Mudasir

aus Kabul

Hamburg 2017

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 28.09.2017**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Daniel Reuter

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: Prof. Dr. Alexander Haese

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	5
1 Einleitung	6
1.1 Die Prostata	6
1.2 Prostatakarzinom	6
1.3 Historie des operativen Verfahren	7
1.4 Laparoskopie	8
1.4.1 Vorteile der Laparoskopie im Gegensatz zur Laparatomie	8
1.4.2 Nachteile der Laparoskopie	10
1.4.3 Vorteile des Roboters (da Vinci®)	10
1.4.4 Nachteile des Roboters (da Vinci®)	11
1.4.5 Anästhesiologische Herausforderung bei der Laparoskopie	11
1.5 Lungenfunktionsmessung	16
1.5.1 Spirometrieparameter	18
1.6 AirSeal-System	19
1.7 Ziel der Arbeit	19
2 Material und Methoden	21
2.1 Verwendete Materialien	21
2.2 Medikamente	24
2.3 Methoden	25
2.3.1 Studiendesign	25
2.3.2 Patientenkollektiv	26
2.3.3 Messparameter und Zeitpunkt der Messungen	27
2.3.4 Monitoring des Patienten während der OP	28
2.3.5 Narkoseführung	29
2.3.6 Lungenfunktionstests	31
2.4 Datenauswertung	33
3 Ergebnisse	34
3.1 Rahmenbedingungen und Gruppenvergleichbarkeit	34
3.2 Grunddaten	34
3.3 Lungenfunktionswerte	37

3.4	Beatmungsparameter.....	43
4	Diskussion	53
4.1	Beurteilung der Studienergebnisse und Vergleich mit vorhandener Literatur.....	54
4.2	Methodendiskussion.....	64
4.3	Schlussfolgerung.....	66
5	Zusammenfassung.....	68
	Abkürzungsverzeichnis.....	70
	Literaturverzeichnis.....	72
	Danksagung	81
	Lebenslauf	82
	Eidesstaatliche Erklärung	85

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Abbildung zeigt einen Patienten vor OP-Beginn beim Test der Lagerung in Trendelenburgposition; Links im Bild ist der Kopf des Patienten mit Beatmungsschlauch und BeatmungsfILTER zu erkennen ...	16
Abbildung 2: Statische und dynamische Lungenfunktionsparameter und maximale expiratorische Flüsse; IVC: inspiratorischer Vitalkapazität; IRV: inspiratorisches Reservevolumen; ERV: expiratorisches Reservevolumen; VT: Atemzugvolumen; FRC: Funktionelle Residualkapazität; TLC: Totale Lungenkapazität; IC: Inspiratorische Kapazität (65)	18
Abbildung 3: da Vinci [®] Si HD	21
Abbildung 4: da Vinci [®] Si HD	22
Abbildung 5: da Vinci [®] Si HD	22
Abbildung 6: Verlauf der Gasströmung	23
Abbildung 7: Spirobank G [®]	23
Abbildung 8: Dargestellt ist der CO ₂ -Verbrauch, angegeben in Liter (l). Es sind die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen. Statistisch signifikante Unterschiede zur Kontrollgruppe ist mit „*“ markiert.....	37
Abbildung 9: Dargestellt ist der Verlauf der Einsekundenkapazität (FEV ₁), angegeben in Liter (l), über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M1 und M7-M9). Die Boxen geben die geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum. Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen. Statistisch signifikante Unterschiede zu M1 sind mit „+“ markiert.....	39
Abbildung 10: Dargestellt ist der Verlauf der forcierten Vitalkapazität (FVC), angegeben in Liter (l), über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M1 und M7-M9). Die Boxen geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder; Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen; Statistisch signifikante Unterschiede zu M1 sind mit „+“ markiert.....	41
Abbildung 11: Dargestellt ist der Verlauf der FEV ₁ /FVC, angegeben in Liter (l), über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M1 und M7-M9); Die Boxen geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder; Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen; Statistisch signifikante Unterschiede bei der M1 zwischen der Kontrollgruppe und Studiengruppe ist mit „*“ markiert	42
Abbildung 12: Dargestellt ist die Atemfrequenz (AF), angegeben in Atemzügen/min über den Studienzeitraum zu den einzelnen	

Messzeitpunkten (M1-M9). Die Boxen geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder. Zu den einzelnen Messzeitpunkten sind Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und Studiengruppe (gefüllte Box) aufgetragen. Statistisch signifikante Unterschiede zu M1 sind mit „+“ markiert; Unterschiede zu M3 mit „#“	45
Abbildung 13: Dargestellt ist der Verlauf des Spitzendrucks (p_{insp}), angegeben in mbar, über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M3- M6); Die Boxen geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder; Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen; Statistisch signifikante Unterschiede zu M3 sind mit „+“ markiert.....	47
Abbildung 14: Dargestellt ist der Verlauf der Lungencompliance (Comp), angegeben in ml/mbar, über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M3-M6); Die Boxen geben die geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder; Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen; Statistisch signifikante Unterschiede zu M3 sind mit „+“ markiert.....	49
Abbildung 15: Dargestellt ist der Verlauf des Atemminutenvolumen (AMV), angegeben in Liter (l), über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M3-M6); Die Boxen geben die geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder; Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen; Statistisch signifikante Unterschiede zu M3 sind mit „+“ markiert.....	50
Abbildung 16: Dargestellt ist der Verlauf des Oxygenierungsindex (P/F), angegeben in mmHg, über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M3-M7); Die Boxen geben die geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder; Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen; Statistisch signifikante Unterschiede zu M3 sind mit „+“ markiert.....	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Angegeben sind die Messzeitpunkte M1 - M9	28
Tabelle 2: Rahmenbedingungen und Gruppenvergleichbarkeit.....	36
Tabelle 3: die präoperativen FEV1- (M1) und die postoperativen FEV1- Werte (M7-M9)	38
Tabelle 4: Die präoperativen FVC und FEV1/FVC und die postoperativen FVC und FEV1/FVC Werte	40
Tabelle 5: Atemfrequenzwerte	45
Tabelle 6: Inspiratorischer Druck	47
Tabelle 7: Compliance der Lunge	48
Tabelle 8: Atemminutenvolumen	50
Tabelle 9: P/F-Quotient	52

1 Einleitung

1.1 Die Prostata

Die Prostata oder Vorsteherdrüse ist eine kastaniengroße tubuloalveoläre exokrine Drüse. Sie liegt extraperitoneal unterhalb der Harnblase und umschließt die Pars prostatica der Urethra. An die Rückseite der Prostata grenzt das Rektum. Die Prostata ist an der Bildung des Spermas zusammen mit der Bläschendrüse, der Bulbourethraldrüse und dem Hoden beteiligt. Das Wachstum der Prostata wird vom Geschlechtshormon Testosteron gesteuert.

1.2 Prostatakarzinom

Das Prostatakarzinom ist eine bösartige Tumorerkrankung und geht vom Drüsengewebe der Prostata aus. Es ist die häufigste Krebserkrankung des Mannes in der Bundesrepublik Deutschland. Nach Einschätzungen des Robert-Koch-Instituts gibt es ca. 58000 Neuerkrankungen pro Jahr. Das mittlere Erkrankungsalter liegt bei 69 Jahren (1). Das Prostatakarzinom ist die Ursache für ca. 12000 Krebstodesfälle pro Jahr und stellt die zweithäufigste Todesursache nach Lungen- und Bronchialkarzinom in Deutschland dar (2).

Als wichtigster Risikofaktor werden das Alter und die genetische Disposition beschrieben. Männer mit familiärer Anamnese haben etwa das zweifache Risiko an einem Prostatakarzinom zu erkranken (32).

Ein wichtiger Laborwert als Indikator für die Verlaufsbeurteilung des Prostatakarzinoms ist das prostataspezifische Antigen (PSA). Das PSA ist ein Enzym, das zur Verflüssigung des Ejakulats sorgt. Dieses Enzym wird vom Drüsenepithel der Prostata und von den periurethralen Drüsen produziert. Dieser Marker ist kein Tumormarker, sondern ein Gewebemarker; d.h. er kann ebenfalls bei einer Prostatahyperplasie erhöht sein.

Ein PSA von <1 ng/ml sollte im Intervall von 4 Jahren kontrolliert werden, ein PSA von <2 ng/ml alle 2 Jahre, PSA >2 ng/ml jedes Jahr und kürzer. Bei einem

PSA-Wert von >4 ng/ml sollte unter Berücksichtigung von Einflussfaktoren eine Prostatabiopsie erfolgen (32).

Für Patienten, bei denen eine kurative Therapie in Frage kommt, d.h. wenn der Tumor die Organkapsel nicht durchbrochen hat und er nicht metastasiert ist, ergeben sich verschiedene Therapieoptionen. Die klassische Methode ist die radikale (vollständige) Prostatektomie. Dies kann als retropubische radikale Prostatektomie (RRP), als radikale perineale Prostatektomie (RPP) durch Schnitt am Damm, als minimal invasive oder als roboter-assistierte laparoskopische Prostatektomie (RALP) – dem da Vinci®-Operationssystem (Intuitivesurgical.com) – durchgeführt werden. Welche Behandlungsoptionen in Frage kommen, hängt von mehreren Faktoren wie Stadium der Krebserkrankung, Alter und Gesundheitszustand, sowie persönliche Präferenzen des Patienten ab.

1.3 Historie des operativen Verfahren

1867 führte Professor Theodor Billroth (1829-1894) in Wien die erste partielle Prostatektomie beim Prostatakarzinom über einen perinealen Zugang durch (39).

Bevor 1991 der Amerikaner William Schlüssler die ersten neun laparoskopischen Prostatektomien vorstellte (38), wurden die Prostatektomien ischiorektal und laparotomisch durchgeführt.

Im Jahre 2000 wurde von Jochen Binder zum ersten Mal in Frankfurt am Main eine RALP durchgeführt. In London fand der erste Einsatz vier Jahre später statt (62).

Neben den bisher bekannten offenen Verfahren (Laparotomie) und laparoskopischen Verfahren gewinnt seit mehreren Jahren das roboterassistierte Vorgehen an Bedeutung und wird in viele Kliniken als Standard-OP-Verfahren eingesetzt. Es stellt den Eingriff mit der häufigsten Verwendung eines OP-Roboters dar.

Bis vor wenigen Jahren war die retropubische Prostatektomie das Standardverfahren in der Martiniklinik Prostatakrebszentrum Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf. Die Laparotomie kann sowohl in Vollnarkose als auch in Spinalanästhesie durchgeführt werden. Die Patienten in der Martiniklinik bekommen so-

wohl eine Vollnarkose, als auch eine Spinalanästhesie. Durch die Einführung der Laparoskopie war es möglich, den Nachteilen der Laparotomie wie z.B. Gewebetrauma (größere OP-Narbe), Krankenhausaufenthaltsdauer und kleineren Adhäsionsraten entgegenzuwirken.

Es wird auf die Vor- und Nachteile der Laparoskopie bzw. des da Vinci®-Verfahrens eingegangen.

1.4 Laparoskopie

Die Laparoskopie ist ein minimal invasives Vorgehen in der Chirurgie, das ermöglicht über kleine chirurgische Öffnungen der Bauchdecke die inneren Organe im Bauchraum zu sehen und zu operieren.

Durch einen kleinen Hautschnitt im Bereich des Nabels wird eine Insufflationskanüle (Veres-Nadel) in die Bauchhöhle eingebracht und darüber ein Gas (meistens Kohlendioxid (CO₂)) in die Bauchhöhle eingebracht, sodass ein Pneumoperitoneum (Capnoperitoneum) entsteht; wir benutzen das CO₂-Gas, sodass von Capnoperitoneum gesprochen werden kann. Dadurch hebt sich die Bauchdecke von den inneren Organen ab und es entsteht in der Bauchhöhle ein mit Gas gefüllter Raum, der das Operieren erst ermöglicht. Die Insufflationskanüle wird entfernt und ein Trokar wird in die Bauchhöhle eingebracht. Ein Trokar ist ein zweiteiliges chirurgisches Instrument, das aus einer kräftigen, an der Spitze dreikantigen Nadel und einem Röhrchen besteht. Die Nadel wird entfernt und über den Trokar können chirurgische Instrumente und das Laparoskop in die Bauchhöhle eingeführt werden. Das Laparoskop dient zum einen als Lichtquelle und zum anderen als Kamera, deren Bilder auf einen Monitor für den Operateur übertragen werden.

Nun können je nach Operation über weitere kleine Hautschnitte die einzelnen chirurgischen Instrumente eingebracht werden. Der Chirurg kann mit Hilfe des Monitors die einzelnen chirurgischen Instrumente benutzen und operieren.

1.4.1 Vorteile der Laparoskopie im Gegensatz zur Laparotomie

Ein sehr wichtiger Vorteil ist, dass die postoperativen Schmerzen reduziert sind. Dies wurde im Jahre 2000 von Hendolin *et al.* anhand von zwei Gruppen von Patienten untersucht. Eine Gruppe wurde einer laparoskopischen und die zwei-

te Gruppe einer laparotomischen Cholezystektomie unterzogen. Der postoperative Analgetikabedarf war bei der laparoskopischen Cholezystektomie niedriger (12).

Außerdem sind die peritoneale Verletzung und das Gewebetrauma reduziert und es wird eine Reduktion der intraabdominalen Fremdkörper – und somit gut vorstellbar ein reduzierter Blutverlust – erzielt.

Die Laparotomie verschafft zwar dem Operateur dreidimensionale (3D) Sichtverhältnisse, jedoch ist dies seitens der Patienten weniger von Vorteil. Durch das laparoskopische Vorgehen ist die Adhäsionsrate (Verwachsungen) reduziert. Durch das frühe Einsetzen der Darmmotilität kommt es zur mechanischen Auflösung der Adhäsionen und somit auch zu einer reduzierten Ileusrate (3,4,5,6,21).

Ebenfalls wichtig für die Darmmotilität ist der frühzeitig einsetzende Kostaufbau.

Lacy *et al.* fanden einen schnelleren Kostaufbau nach laparoskopischer Kolonresektion im Gegensatz zu der konventionell operierten Gruppe (67).

Wichtig erscheinen außerdem postoperative Infektionen. Diese können sich als Wundinfektionen, die bei einem Bauchschnitt eher der Fall sein können, aber auch als Folge einer Immunsuppression darstellen. Mehrere klinische Studien konnten bei unterschiedlichen Eingriffen eine signifikante Reduktion der Immunsuppression zeigen (7, 8, 9, 21). Die Komplikationsrate bezüglich Infektionen ist damit gesunken.

Außerdem sind die Hospitalisationsdauer und die Rekonvaleszenz reduziert. Die Arbeitsfähigkeit setzt deutlich früher ein als beim konventionellen OP-Verfahren (12, 13, 14,). Die onkologischen Ergebnisse sind mit denen der offenen Verfahren vergleichbar und abhängig von der Erfahrung der Chirurgen (64).

Auch wenn die Laparoskopie Vorteile gegenüber dem offenen Operationsverfahren bietet, ist auch hier eine maschinelle Beatmung nötig. Damit kommt es immer auch zur Ausbildung von Atelektasen, die eine Ursache für postoperative Komplikationen sein können. Gunnarsson *et al.* untersuchten den Einfluss des Alters auf die Atelektasenbildung und auf den Gasaustausch während der Vollnarkose (68). Ebenfalls beschrieben Lindberg *et al.* 1992 eine Beeinträchtigung der Lungenfunktionswerte und eine Atelektasebildung in Zusammenhang mit

der Narkoseführung (47). Bei Roboter assistierter Prostatektomie ist außerdem eine Trendelenburglagerung notwendig, die den intrathorakalen Druck und damit pathophysiologisch betrachtet auch das Risiko für weitere Atelektasenbildung erhöht. Hier erscheint der Einsatz des AirSeal-Systems als Möglichkeit den intraabdominellen Druck im Vergleich zu einem konventionellen CO₂-Insufflationsgeräts zu senken und damit das Risiko für die Entwicklung von Atelektasen, und damit auch für postoperative Komplikationen, zu reduzieren.

1.4.2 Nachteile der Laparoskopie

Die Laparoskopie ist ein zweidimensionales Verfahren, benötigt somit mehr Übung und eine räumliche Vorstellungskraft im Vergleich zu einer offenen OP. Außerdem besteht weniger Spielraum mit den Instrumenten. Die Kosten sind höher als bei der Laparotomie.

1.4.3 Vorteile des Roboters (da Vinci®)

Bei der radikalen Prostatektomie werden mit der da Vinci®-Technologie weitere erhebliche Vorteile und eine Weiterentwicklung der Laparoskopie geboten.

Friedrich *et al.* beschreiben, dass in mehreren Studien der Blutverlust bei der RALP niedriger ist und somit auch die Transfusionsrate (44).

Es wird wie bei einer Laparoskopie ein Capnoperitoneum erzeugt, in dem CO₂-Gas in das Abdomen eingeleitet wird. Dadurch hebt sich die Bauchdecke und so ergibt sich ein übersichtlicher OP-Bereich. Sechs kleine Hautschnitte werden an verschiedenen Stellen der Bauchdecke vorgenommen und die Öffnungen über Ports offengehalten. Das da Vinci®-Gerät wird am Patienten positioniert und der Operateur geht zur Bedienungskonsole, über die er allein alle Funktionen des Roboters durch Handgriffe (Manipulatoren) und Pedale steuert: Von der Kameraführung bis zur Bildausschnittvergrößerung und Bewegung der OP-Instrumente. Am Tisch des Patienten steht ein Assistent und wechselt nach Bedarf die chirurgischen Instrumente. Es handelt sich um besondere OP-Instrumente; diese sind mit dem Schaft über Kugelgelenke verbunden. Die Beweglichkeit beträgt 360° (in allen Freiheitsgraden). Dies ist eine Besonderheit

des Roboters, denn der Operateur arbeitet damit ähnlich wie bei einer offenen OP.

Es arbeiten zwei Kameras gleichzeitig, die im gleichen Winkel wie das menschliche Auge in das OP Feld schauen. Es entstehen dreidimensionale Bilder, wodurch ein *echtes* Tiefensehen vermittelt wird. Außerdem entfällt der Einfluss des Tremors der menschlichen Hand (16, 20). Hierdurch sind der Personalaufwand und die OP-Dauer reduziert (33), wobei die OP-Dauer bei jedem Operationsverfahren sehr abhängig ist von der Erfahrung des Operateurs.

Zusammengefasst wird durch das da Vinci[®]-System, die Vorteile der Laparoskopie (minimale Invasivität) mit den Vorteilen der offenen OP (3D-Eindruck, intuitive Bewegungsabläufe) durch weitere Vorteile (z.B. ergonomisch optimierter Arbeitsplatz des Operateurs) ergänzt (33).

1.4.4 Nachteile des Roboters (da Vinci[®])

Neben den bereits genannten Vorteilen der da Vinci[®]-Methode muss noch erwähnt werden, dass mit dem System erhebliche Kosten verbunden sind. Einerseits sind es hohe Anschaffungskosten des Roboters, andererseits die hohen Betriebskosten sowie die Anschaffung der Instrumente, die jeweils nach 10 Operationen durch neue Instrumente ersetzt werden müssen (33).

1.4.5 Anästhesiologische Herausforderung bei der Laparoskopie

Obwohl die laparoskopische Chirurgie einige Vorteile, wie bessere Lungenfunktion (10, 11, 12, 13), Reduktion der postoperativen Schmerzen (12), Reduktion der Immunsuppression (7, 8, 9), geringere Krankenhausaufenthaltsstage (12,14,15), zügigere Arbeitsfähigkeit und Rekonvaleszenz (12, 14, 15), im Gegensatz zur offenen Chirurgie bietet, ist es dennoch eine erhebliche anästhesiologische Herausforderung. Denn für die laparoskopischen Eingriffe ist das Erzeugen eines Capnoperitoneums nötig. Durch die Gabe von CO₂ steigt der Partialdruck im Blut und es muss mehr CO₂ abgeatmet werden. Dies hat sowohl respiratorische, als auch hämodynamische Effekte, die weiter unten im Text beschrieben werden.

Außerdem werden die Patienten in einer Trendelenburglagerung (bis zu 45° Kopftieflage) operiert. Dies ist notwendig, um die Sicht auf das OP-Gebiet zu

ermöglichen. Dadurch steigt der Druck auf die Lunge durch die Baueingeweide, die Compliance-Dehnbarkeit der Lunge sinkt und die Gefahr von Atelektasen steigt; dies erfordert hohe Beatmungsdrücke.

Die postoperative Lungenfunktion ist alleine durch die Narkose und durch die kontrollierte Beatmung beeinträchtigt (46, 48, 49, 50). Hinzu kommen das Capnoperitoneum und die Trendelenburglagerung; diese beeinflussen das anästhesiologische Vorgehen erheblich und wirken sich auf die Lungenfunktion negativ aus (22, 23, 26, 27, 34, 50, 51, 52). Diese können sich in postoperative Pneumonien, einer Reintubation bzw. einer Verlegung auf die Intensivstation mit möglichen letalen Folgen äußern.

Die Anästhesietechnik ist bei der RALP wegen des Capnoperitoneums und der Trendelenburglagerung für das kardiovaskuläre Organsystem eine Herausforderung. Obwohl in Bezug auf die RALP nicht von einem Capnoperitoneum gesprochen werden kann, da retroperitoneal operiert wird, könnte über die durchgeführten RALP in der Martiniklinik diese Begrifflichkeit aufgrund des transperitonealen Zugangs benutzt werden.

Im Folgenden werden die einzelnen Aspekte des Capnoperitoneums und der Trendelenburglagerung erläutert.

1.4.5.1 Pathophysiologie des Capnoperitoneums

a) respiratorische Effekte

Nach CO₂-Insufflation mittels einer Verres-Nadel in der Bauchhöhle (Peritonealraum) steigt die CO₂-Konzentration im Blut. Dies bewirkt eine Azidose, die bei spontan atmenden Patienten durch eine vermehrte Atmung ausgeglichen wird. Bei beatmeten Patienten muss entsprechend das Atemminutenvolumen (AMV) angehoben werden. Während der Laparoskopie wird ein Gesamtvolumen von 25-30 l CO₂ mit einer Flussrate von 1 l/min zugeführt (17, 19). Dies trifft nicht beim AirSeal-System zu. Zudem kommt es zu einem Anstieg des intraabdominellen Druckes (IAP). Der IAP beträgt physiologisch <5 mmHg (18, 19) und sollte 16 mmHg nicht übersteigen, da sonst der Druck auf die Lunge durch Verschiebung des Zwerchfells nach kranial ansteigt, wodurch eine zunehmende Beeinträchtigung resultieren kann.

Die Dehnbarkeit der Lunge nimmt ab und es kommt zu Atelektasebildung und somit zu einem eingeschränkten Gasaustausch (22, 23, 52). Dies kann zum einen durch den IAP und zum anderen durch den Widerstand der Lunge durch Atelektasenbildung bedingt sein. Daher muss mit erhöhtem Beatmungsdruck gearbeitet werden.

b) hämodynamische Effekte

Allein eine kontrollierte mechanische Beatmung beeinflusst die kardiovaskuläre Funktion (19, 24,50).

Es kommt durch das Capnoperitoneum zur starken Interaktion zwischen dem intrathorakalen Druck (ITP), der ventrikulären Pumpfunktion, dem zirkulierenden Blutvolumen und dem Umgebungsdruck des kardiovaskulären Systems (19,25).

Das Capnoperitoneum beeinträchtigt die rechtsventrikuläre Auswurfleistung über den Anstieg der arteriellen $p\text{CO}_2$ (Kohlendioxid-Partialdruck) einerseits und die Erhöhung der IAP andererseits. Hinzu kommen Lagerungseffekte und die Anästhetikawirkungen.

Durch die Erhöhung der IAP nimmt der Blutrückstrom zum Herzen ab, somit sinkt auch die Vorlast. Durch die rechtsventrikuläre Nachlastserhöhung resultiert eine verminderte Ejektion des rechten Ventrikels und eine Abnahme des HZV (Herzzeitvolumen) (19, 25). Das HZV, auch Herzminutenvolumen genannt, ist das Volumen des Blutes, das in einer Minute vom Herzen in die Blutbahn gepumpt wird.

Aus diesen Gründen sollte besonders bei kardiopulmonalen Risikopatienten der IAP so gering wie möglich gehalten werden (17, 19, 25). Ebenfalls sollte der $p\text{CO}_2$ kontrolliert werden. Denn ab einem $p\text{CO}_2$ von 50-70 mmHg wird direkte Verminderung der kardialen Pumpfunktion beobachtet (17, 19). Der physiologische Referenzbereich liegt beim Mann zwischen 35 und 48 mmHg und bei der Frau zwischen 32 und 45 mmHg.

Zusammengefasst erfordern Auswirkungen des Capnoperitoneums ein adäquates Monitoring und differenzierte Anästhesieintervention um schwere kardiovaskuläre Komplikationen, wie Hypertension, Hypotension, Arrhythmien bis hin zur Asystolie rechtzeitig zu erkennen und vorzubeugen.

1.4.5.2 Trendelenburglagerung

Die Trendelenburglagerung ist eine bis zu 45° Schräglage mit dem Kopf als tiefsten Punkt. Diese Lagerung ist nötig, um bessere Sichtverhältnisse im OP-Gebiet zu gewinnen. Die Trendelenburglagerung führt dazu, dass der venöse Rückstrom verbessert ist und das Herzzeitvolumen (HZV) steigt. Einerseits sind die genannten Punkte vorteilig, andererseits kommt es jedoch durch die Trendelenburglagerung zu einer weiteren Zunahme der mechanischen Last auf das Zwerchfell und somit zu einer Reduktion der respiratorischen Compliance mit der daraus folgenden Beeinträchtigung des Gasaustauschs (26). Ebenfalls kommt es zur Ausbildung von Atelektasen. So konnte durch Kalmer *et al.* gezeigt werden, dass während der Trendelenburglagerung die Compliance halbiert wird und nach Aufhebung der Lagerung diese nur unvollständig normalisiert wird. Dies kann pulmonale Nachteile wie Pneumonie oder Reintubation bis zur Intensivbehandlung nach sich ziehen.

Durch die Trendelenburglagerung kann es ebenfalls abhängig von der intravenösen Flüssigkeitsgabe zu deutlichen Schwellungen im Gesicht und im Kopfhalsbereich kommen. Ebenfalls ist eine Chemosis mit eventuell kornealer Reizung und Lidödemen möglich.

Da bei der Trendelenburglagerung, dem Pneumoperitoneum und der Beatmung der zentralvenöse Druck ansteigt, stellt sich die Frage, ob dadurch die zerebrale Perfusion eingeschränkt wird. Park EY *et al.* beschreiben in 2009, dass die zerebrale O₂-Versorgung während einer Trendelenburglagerung leicht erhöht ist, was darauf schließen lässt, dass das Verfahren keine zerebrale Ischämie induziert (36).

Zudem kommt es zur intrakraniellen und intraokularen Druckerhöhung. Awad *et al.* zeigten, dass bei einer roboterassistierten Prostatektomie mit Trendelenburglagerung der intraokulare Druck im Vergleich zum Status vor der OP anstieg (35).

Der erhöhte Augeninnendruck führt zu Beeinträchtigung der retinalen Perfusion. Ebenfalls ist der erhöhte venöse Druck maßgebend für die Retinaperfusion. 2011 wurde von Lee LA über 3 Fälle berichtet, die einen schweren Visusverlust erlitten hatten (37). Daraus lässt sich schließen, dass eine ophthalmologische Kontrolle mit Augeninnendruckmessung präoperativ unumgänglich ist.

Es ist darauf hinzuweisen, dass der Lagerungswechsel gegen Ende der OP aufgrund von flüssigkeitsrestriktiver Infusionstherapie (relativer Volumenmangel), zu kurzfristigen Kreislaufveränderungen führen kann (28). Eine Flüssigkeitsrestriktion während der OP ist nötig, damit der Plexus um die Prostata nicht gefüllt wird. Außerdem kommt es durch die Trendelenburglagerung zu einer Umverteilung des Blutvolumens zugunsten der oberen Körperhälfte. Deshalb ist zu empfehlen gegen Ende der OP, noch deutlich vor der Normalisierung der Lagerung, die intravenöse Flüssigkeitsgabe zu erhöhen. Außerdem dient dies einer Steigerung der Diurese und somit Vorbeugung einer Blasentamponade (29).

Einer der schwersten Komplikationen bei der Trendelenburglagerung ist das Kompartmentsyndrom der unteren Extremität; diese Komplikation wurde in Fallberichten bei roboterassistierten Prostatektomien beschrieben (30).

Als Ursache bzw. Risikofaktor dieser Komplikation werden, lange OP- Zeiten, die Trendelenburglagerung und unsachgemäße Patientenpositionierung beschrieben (31).

Dies lässt darauf schließen, dass auch Stunden nach der OP bei Schmerzen und neurologischen Beschwerden der unteren Extremität an ein Kompartmentsyndrom gedacht werden muss. Bei zunehmendem Anstieg des Drucks im Kompartiment sollte zeitgerecht an eine Faszienpaltung gedacht werden (28).

Nachfolgend ist die Trendelenburglagerung zu sehen (Abbildung 1).

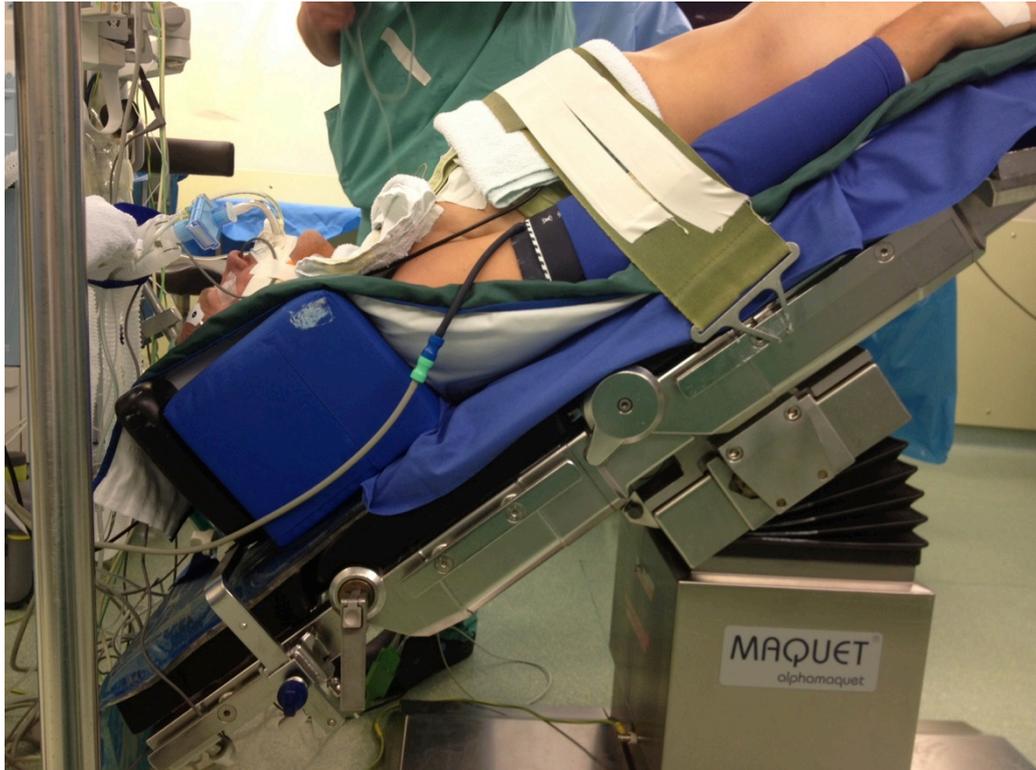


Abbildung 1: Die Abbildung zeigt einen Patienten vor OP-Beginn beim Test der Lagerung in Trendelenburgposition; Links im Bild ist der Kopf des Patienten mit Beatmungsschlauch und Beatmungfilter zu erkennen

1.5 Lungenfunktionsmessung

Die Spirometrie ist eine schnelle und einfache, nichtinvasive Methode, um die Lungenvolumina zu bestimmen. Dies geschieht auf der Basis der Pneumotachographen (41, 42). Der Patient nimmt ein Mundstück zwischen die Lippen, die Nasenatmung wird mittels einer Nasenklammer verhindert und er pustet nach Aufforderung in das Mundstück. Auf diese Weise wird das Lungenvolumen durch verschiedene Tests gemessen.

Bei der Pneumotachografie wird der Atemfluss nach dem Ohm'schen Gesetz bestimmt; hierbei wird der flussproportionale Druckabfall an einem definierten Widerstand gemessen (41).

Alle Werte werden unter Standardbedingungen (BTPS: body temperature, pressure, saturated) gemessen und angegeben. Die Messungen gelten für 37° C und 100% relativer Feuchte unter tatsächlichem Luftdruck und Wasserdampfpartialdruck $p_{H_2O} = 6,25 \text{ kPa}$.

Die expiratorischen Messungen werden direkt erfasst; die inspiratorischen Parameter werden unter ATP-Bedingungen gemessen, jedoch auf BTPS-Bedingungen korrigiert angegeben. Die ATP-Bedingung bedeutet Umgebungsbedingungen mit Zimmertemperatur, tatsächlichem Luftdruck und tatsächlichem Wasserdampfpartialdruck (41, 43).

Die Parameter, die bei einer Pneumotachographie erfasst werden, werden in dynamische und statische Lungenvolumina unterteilt (41, 43).

Als wichtigstes statisches Lungenvolumen wird die Vitalkapazität (VC) genannt und als wichtigstes dynamisches Volumen ist die Einsekundenkapazität (FEV1) zu bezeichnen.

Die präoperative Spirometrie ist ein einfaches und nützliches Mittel, um postoperative Morbidität vorherzusagen (56). Die Morbidität beschreibt die Krankheitshäufigkeit bezogen auf eine bestimmte Bevölkerungsgruppe. Im Hinblick auf seine Einfachheit und niedrigen Kosten empfiehlt sich eine präoperative Lungenfunktionsmessung, um die operativen Risiken und die postoperativen Komplikationen in Bezug auf die Morbidität, Mortalität – der Sterberate bezogen auf eine Gesamt- oder Teilpopulation – und längere Krankenhausaufenthalte zu erkennen und eine entsprechende Behandlungsplanung einzuleiten (57).

Die Lungenfunktionstests lassen eine obstruktive Ventilationsstörung erfassen, wobei eine restriktive Ventilationsstörung (Behinderung der normalen Lungenausdehnung; Verminderung der Totalkapazität) damit nicht gemessen werden kann (vgl. Abbildung 2).

1.5.1 Spirometrieparameter

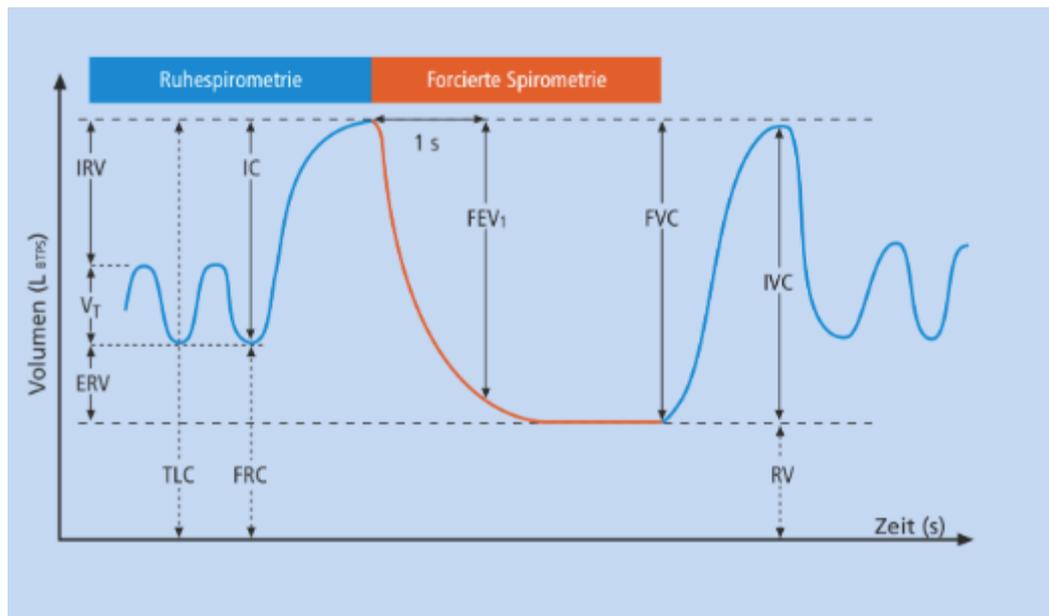


Abbildung 2: Statische und dynamische Lungenfunktionsparameter und maximale expiratorische Flüsse; IVC: inspiratorischer Vitalkapazität; IRV: inspiratorisches Reservevolumen; ERV: expiratorisches Reservevolumen; V_T: Atemzugvolumen; FRC: Funktionelle Residualkapazität; TLC: Totale Lungenkapazität; IC: Inspiratorische Kapazität (65)

1.5.1.1 Vitalkapazität

Die Vitalkapazität (VC) ist das wichtigste statische Lungenvolumen; d.h. die Messwerte sind nicht vom zeitlichen Ablauf des Spirogramms abhängig. Dieser Parameter beschreibt die Volumendifferenz zwischen vollständiger Inspiration bis zur Totkapazität und vollständiger Expiration bis zum Residualvolumen (41).

Die VC ist synonym der IVC (inspiratorische Vitalkapazität) und kann bei einer forcierten Expiration gemessen werden (FVC). Die forcierte Vitalkapazität ist das Lungenvolumen, das nach maximaler Inspiration auf einmal unter stärkster Anstrengung ausgeatmet werden kann. So kann eine restriktive Ventilationsstörung angegeben werden (gemessen in % des Sollwerts).

1.5.1.2 Einsekundenkapazität (FEV₁)

Die Einsekundenkapazität ist der wichtigste dynamische Messparameter; d.h. der Messparameter ist vom zeitlichen Ablauf des Spirogramms abhängig (41).

Das FEV1 ist die Luftmenge, die der Patient mit voller Kraft innerhalb einer Sekunde ausatmen kann. Dabei wird der Patient aufgefordert, bis zur Totalkapazität einzuatmen und sofort danach, ohne die Luft anzuhalten, mit maximaler Anstrengung auszuatmen. Dies ermöglicht die Messung des expirierten Volumens in der ersten Sekunde (FEV1) und der maximalen expiratorischen Atemstromstärke. Das Atemmanöver ist als Tiffeneau-Test bekannt und wird in Prozent der Vitalkapazität angegeben (FEV1/IVC*). Es lässt Rückschlüsse auf eine obstruktive Ventilationsstörung zu (41,42).

(*Im angloamerikanischen Sprachraum wird häufig FVC statt IVC verwendet).

Die Messergebnisse hängen stark von der Mitarbeit des Patienten ab.

1.5.1.3 Relative Einsekundenkapazität

Der Parameter der relativen Einsekundenkapazität (FEV1/FVC) beschreibt das forcierte expiratorische Volumen in einer Sekunde, ausgedrückt in Prozent der inspiratorischen Vitalkapazität (41).

1.6 AirSeal-System

Das AirSeal-Trokarsystem ist ein klappenloses CO₂-Insufflationssystem (SurgiQuest Inc. Milford, USA). Das Prinzip der Arbeitsweise des AirSeal-Systems ist es, dass es mit weniger Druck arbeitet, um ein Capnoperitoneum zu erzeugen. Das Filtrieren und die Rückführung geschehen durch Hochdruckdüsen. Durch die Evakuierung der intraabdominellen Gase (CO₂ und Rauch) wird eine bessere Sicht geschaffen. Das AirSeal-System hält die Bauchdecke angehoben selbst wenn die Instrumente entfernt oder ausgetauscht werden. Das System arbeitet mit weniger Druck, was ggf. darauf schließen lässt, dass der Druck auf die Brusteingeweide weniger stark ausgeprägt sein könnte als bei dem konventionellen System und somit die Lungenfunktion weniger beeinträchtigt werden würde.

1.7 Ziel der Arbeit

Das Ziel dieser Studie ist es, Patienten, die sich einer roboterassistierten laparoskopischen Prostatektomie unterziehen, in zwei Gruppen zu unterteilen, um die möglichen Vorteile des AirSeal-Insufflationssystems im Vergleich zu kon-

ventionellen CO₂-Insufflationsgeräten im Hinblick auf die Lungenfunktion zu untersuchen. Damit wird untersucht, ob das klappenlose CO₂-Insufflationssystem im Gegensatz zum konventionellen System zu einer verbesserten Lungenfunktion führt. Die primären Endpunkte der Studie waren die Vitalkapazität und die Einsekundenkapazität. Diese wurden eine Stunde, einen Tag und fünf Tage nach der Operation gemessen.

2 Material und Methoden

2.1 Verwendete Materialien

- Anästhesiebeatmungsgerät: Primus[®] (Dräger AG, Lübeck, Deutschland)
- Anästhesiemonitor: Infinity delta (Dräger AG, Lübeck, Deutschland)
- Roboter System: da Vinci[®] Si HD Abb. 3 – 5



Abbildung 3: da Vinci[®] Si HD



Abbildung 4: da Vinci[®] Si HD



Abbildung 5: da Vinci[®] Si HD

- CO₂-Trokarsystem: AirSeal (SurgiQuest, Milford, USA)

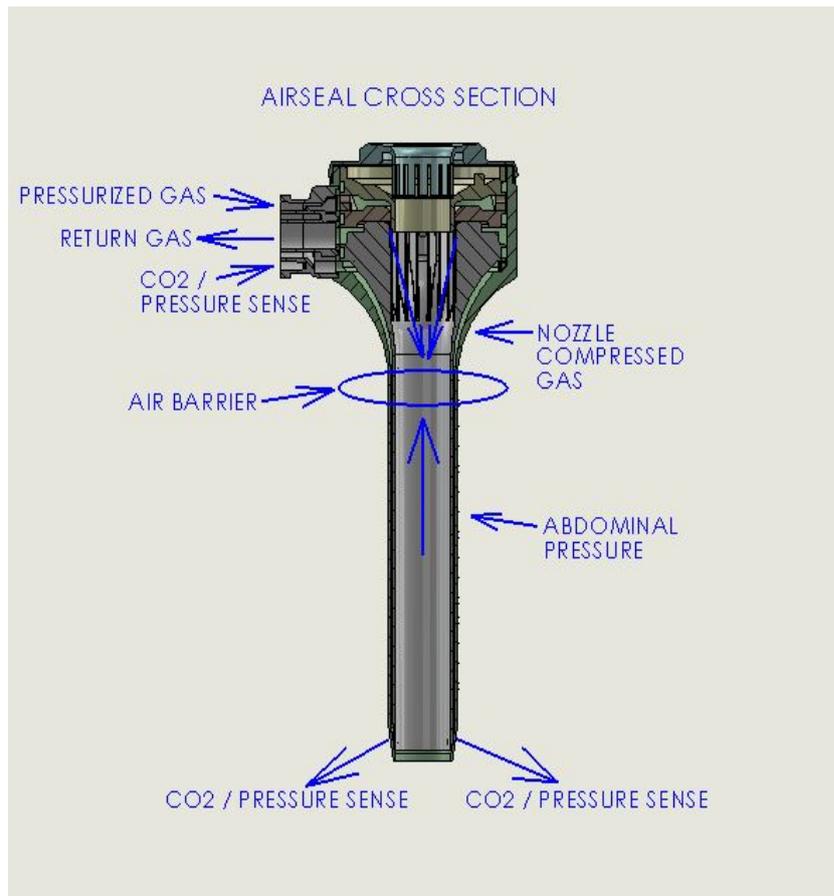


Abbildung 6: Verlauf der Gasströmung

- Spirometer: Spirobank G[®], MIR (Medical International Research, Rom, Italien)



Abbildung 7: Spirobank G[®]

- Spirometriewerte ermittelt: winspiro PRO 3.2 software (MIR, Rom, Italien)

- Pulsoxymeter: Dräger
- Blutgasanalysegerät: ABL 800Flex, Radiometer GmbH, Willich, Deutschland
- Blutgasanalyseröhrchen: PICO50 Radiometer, Arterial Blood Sampler 1 x 2 ml
- Statistische Auswertung der Daten: Graph Pad Prism 6 für Windows (Graph Pad Prism Software Inc.)
- CO₂-Insufflationssystem: konventionelles System

2.2 Medikamente

- Flurazepam, Meda Pharma GmbH Co. KG, Bad Homberg, Deutschland
- Midazolam, Roche Pharma AG, Deutschland
- Sufentanil 5µg/ml Injektionslösung, Hameln, Deutschland
- Propofol- Lipuro, Braun, Melsungen, Deutschland
- Esmeron (Recuronium), N. V. Organon, Essex Pharma, England
- Sevo rane. 250 ml, 100% (V/V), Sevofluran GAS, MPA Pharma, Trittau, Deutschland
- Arterenol (Noradrenalin), Sanofi-Aventis, Frankfurt am Main, Deutschland
- Novaminsulfon, Ratiopharm Merckle GmbH, Blaubeuren, Deutschland
- Piritramid (Dipidolor), 7,5 mg/ml, Hameln, Deutschland
- Kristaloide (Sterofundin), Braun Melsungen, Deutschland
- Volulyte 6% Infusionslösung, Fresenius Kabi, Langenhagen, Deutschland
- Cefuroxim, Hikma GmbH, Gräfeling, Deutschland

2.3 Methoden

2.3.1 Studiendesign

Es handelt sich um eine prospektive, randomisierte Studie mit 100 Patienten, die sich einer RALP unterzogen haben.

Vor Beginn der Studie wurde die Genehmigung der Ethik-Kommission der Ärztekammer Hamburg eingeholt (PV 374).

Jeder Patient wurde vor Beginn der Studie ausführlich schriftlich zur Durchführung und dem Zweck der Arbeit informiert und aufgeklärt.

Die Studie wurde in der Martini Klinik, dem spezialisierten Prostatazentrum, der Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf durchgeführt.

Alle wichtigen Parameter wie Alter, Größe, Gewicht, Body-Mass-Index (BMI), der körperliche Zustand des Patienten nach der American Society of Anesthesiologists-Klassifikation (ASA) und das Rauchverhalten wurden vor der Teilnahme dokumentiert.

Am Tag vor der OP wurde die periphere Sauerstoffsättigung mit einem Pulsoxymeter bei Raumluft, die Schmerzen anhand der NRS sowie die Atemfrequenz bei einer Ruheatmung gemessen und dokumentiert. Ebenfalls wurde die Lungenfunktion durch eine nicht-invasive Spirometrie mit einem Spirometer (Spirobank G, MIR®, Rom, Italien) bestimmt, um Ausgangswerte festzustellen. Als wichtigste Parameter der Spirometrie wurden FVC, FEV1 und der Tiffeneau-Index (FEV1/FVC) ermittelt.

Die Lungenfunktionsmessungen wurden am Abend vor der OP, eine Stunde nach Ankunft im Aufwachraum, 24 Stunden nach Aufwachraummessung und am fünften postoperativen Tag bzw. am Abend vor der Entlassung durchgeführt. Ebenfalls zu jeder Spirometriemessung wurde die Sauerstoffsättigung unter Raumluft, die Atemfrequenz und die Schmerzintensität anhand der NRS erfasst und dokumentiert.

Zusätzlich wurden die Beatmungsparameter nach Narkoseeinleitung, wie der inspiratorische Spitzendruck (p_{insp}), die Lungencompliance (Comp), Atemminutenvolumen (AMV), das endtidale CO_2 – am Ende der Expiration – die Atemfrequenz und der Sauerstoffpartialdruck (p_{aO_2}) gemessen.

2.3.2 Patientenkollektiv

Die Patienten wurden präoperativ computergestützt in zwei Gruppen mit jeweils 50 Patienten randomisiert. Die Kontrollgruppe (KGr) wurde mit dem konventionellen Insufflations-System behandelt, die Studiengruppe (SGr) wurde mit dem AirSeal-System verglichen.

Zwischen beiden Gruppen wurden die OP-Dauer, Krankenhausaufenthaltstage, der Spitzendruck (p_{insp}), die Compliance der Lunge, das Atemminutenvolumen bzw. die Atemfrequenz und die Lungenfunktion (FEV1 und FVC) untersucht.

Ein- und Ausschlusskriterien:

In die Studie wurden alle über 18 Jahre alten Patienten eingeschlossen, die sich während des Studienzeitraums einer RALP unterzogen haben und der Teilnahme an der Studie zugestimmt haben.

Von der Teilnahme an der Studie ausgeschlossen waren Patienten mit Adipositas per magna (BMI >35), mit COPD (chronic obstructive pulmonary disease) Stadium 3 und mehr nach Gold und Einstufung in die Klassifikation nach American Society of Anesthesiologists (ASA) von IV und V. Ebenfalls wurden Patienten mit einem instabilen Thorax und einer geplanten postoperativen Verlegung auf eine Überwachungs- oder Intensivstation von der Studie ausgeschlossen. Patienten, die nicht ausreichend deutsch sprachen, durften nicht an der Studie teilnehmen, da für die Durchführung der Lungenfunktion eine genaue Befolgung der Aufforderungen notwendig war.

Abbruchkriterien:

Kriterien, bei denen ein Patient aus der weiteren Datenerhebung herausfiel, waren die Konversion zu einer Laparotomie aufgrund irgendwelcher Komplikationen und die ungeplante Verlegung auf die Überwachungs- bzw. Intensivstation. Eine Nichtdurchführbarkeit der Spirometrie, z.B. bei fortbestehenden Schmerzen trotz Schmerzmittelgabe und Abwarten, bei vermehrter Übelkeit und Erbrechen, bei Unfähigkeit des Patienten die Durchführung der Lungenfunktion zu befolgen oder auf Wunsch des Patienten, die Untersuchung abubrechen, führten ebenfalls zum Abbruch der Datenerhebung. Ebenso war das frustrierte Etablieren der Messkatheter als ein Abbruchkriterium zu sehen.

2.3.3 Messparameter und Zeitpunkt der Messungen

Die Messdaten wurden in 9 Messungen dokumentiert (M1-M9). Die M1 erfasste alle Daten der Lungenfunktion am Tag vor der Operation, die M2-Messung die Atemfrequenz direkt vor der Narkoseeinleitung. Die M3 war eine Messung der Beatmungsparameter nach Narkoseeinleitung, aber noch in Rückenlage und noch vor Beginn eines Capnoperitoneums. Diese Messung registrierte die Beatmungsparameter wie Spitzendruck (p_{insp}), die Compliance der Lunge (Comp), das Atemminutenvolumen (AMV) und den Horowitzindex (Oxygenierungsindex-Verhältnis (OI); dem Verhältnis von Sauerstoffzufuhr und gemessenem arteriellem Sauerstoffpartialdruck).

Nach Einbringen des CO_2 -Gases ins Abdomen und Schaffung eines Capnoperitoneums wurden die Patienten in die Trendelenburglagerung gebracht. Die M4-Messung fand 30 Minuten nach der Trendelenburglagerung statt und erfasste die Beatmungsparameter (p_{insp} , Comp, AMV, OI).

Eine Stunde später wurden die Beatmungsparameter wieder dokumentiert (M5).

Die M6-Messung wurde in Rückenlage durchgeführt und betraf ebenfalls den p_{insp} , die Compliance, das AMV und den OI.

Die M7-Messung war die Lungenfunktionsmessung eine Stunde nach Ankunft in dem Aufwachraum, nachdem die Patienten eine ausreichende Vigilanz hatten und außerdem die Schmerzen auf der NRS bei drei und weniger waren.

Die M8-Messung dokumentierte die Lungenfunktion 24 Stunden nach Aufwachraummessung und genau wie die M7 und M1 die Lungenfunktionsmessung, die Atemfrequenz, die Schmerzen, die O_2 -Sättigung unter Raumluft.

Als letzte Messung erfolgte die M9, die den Messwert der Lungenfunktion darstellte und die Parameter wie unter M8 erfasste. Diese Messung wurde am fünften postoperativen Tag bzw. am Abend vor der Entlassung gemessen.

Tabelle 1: Angegeben sind die Messzeitpunkte M1 - M9

	Messzeitpunkt	Gemessene Parameter
M1	Messung 1 Tag vor der OP	Lungenfunktion und Atemfrequenz
M2	Messung unmittelbar vor der Narkoseeinleitung	Atemfrequenz
M3	Messung nach Narkoseeinleitung	Beatmungsparameter (p_{insp} , Comp, AMV)
M4	Messung 30 min nach Trendelenburglage-rung	p_{insp} , Comp, AMV
M5	Messung 1,5 Std. nach Trendelenburglage-rung	p_{insp} , Comp, AMV
M6	Messung in Rückenlage	p_{insp} , Comp, AMV
M7	Messung 1 Std. nach Ankunft im AWR	Lungenfunktion und AF
M8	Messung 24 Std. nach der AWR-Messung	Lungenfunktion und AF
M9	Messung am 5. postoperativen Tag bzw. am Entlassungstag	Lungenfunktion und AF

2.3.4 Monitoring des Patienten während der OP

Während der da Vinci®-Operation wurden die Patienten monitorüberwacht. Dabei wurden ein EKG, eine Pulsoxymetrie und eine invasive Blutdruckmessung vorgenommen. Die Blutgasanalysen (BGA) wurden zum Zeitpunkt der M3, M4, M5, M6 und M7 gemessen. Ein arterieller Zugang wurde in der Arteria radialis gelegt, die für die postoperativen BGA wichtig war. Ebenfalls war die Messung des endtidalen CO₂-Partialdrucks (p_{etCO_2}) unerlässlich und war zwischen 34-38 mmHg zu halten. Die Beatmung sollte der CO₂-Resorption angepasst werden.

Außer den oben genannten Parametern wurden die Flüssigkeitsgaben, der Gesamtverbrauch von Sufentanil und Noradrenalin, der postoperative Analgetikabedarf und ggf. die postoperative Übelkeit und/oder aufgetretenes Erbrechen dokumentiert.

Vor jeder Spirometriemessung wurde der Patient nach den Schmerzen befragt, die anhand der NRS dokumentiert wurden. Waren die Schmerzen über drei, erhielt der Patient 7,5 mg Piritramid intravenös (i.v.) und die Messung wurde um 30 Minuten (bis die Schmerzen reduziert sind) verzögert. Bei Schmerzen von drei oder weniger wurde die Lungenfunktion durchgeführt. Wenn die Schmerzen mit mehr als drei angegeben wurden, bekamen die Patienten erneut 7,5 mg Piritramid und es wurde nach der o.g. Prozedur verfahren.

Während der OP wurden BGAs in regelmäßigen Abständen (wie oben beschrieben) abgenommen. Die letzte BGA wurde eine Stunde postoperativ zusammen mit der Aufwachraum-Spirometriemessung vorgenommen. Es wurde eine BGA unter Raumluft durchgeführt. Dafür wurde eine Sauerstoffinsufflation ggf. 15 Minuten vor Blutentnahme unterbrochen. Das Blut wurde in die für die BGA vorgesehenen Röhrchen (PICO50 Radiometer, Arterial Blood Sampler 1 x 2 ml) abgenommen und sofort mit dem BGA Gerät ausgewertet.

Ebenfalls wurden der CO₂-Verbrauch, d.h. CO₂ für das Erzeugen eines Capnoperitoneums, die OP-Dauer, die Atemfrequenz/Atemminutenvolumen dokumentiert; intra- und postoperative Komplikationen wie z.B. Hautemphysem wurden auch notiert.

2.3.5 Narkoseführung

Anästhesie bedeutet Wahrnehmungslosigkeit, d.h. das Fehlen von sämtlichen Wahrnehmungen. Jedoch wird oft von Narkose gesprochen. Das Wort Narkose ist vom altgriechischen *ναρκώδης* (narkōdēs) abgeleitet und heißt in Schlaf versetzen (40).

Die Patienten erhielten am Abend vor der Operation 30 mg Flurazepam und eine halbe Stunde vor Narkosebeginn 0,1 mg/kg KG (7,5 mg) Midazolam als Prämedikation. Anschließend wurde im Einleitungsraum das Basismonitoring – 5-Kanal-EKG, Blutdruckmessung und periphere O₂-Sättigung (Infinity Delta 800, Dräger, Lübeck, Germany) – angelegt und ein peripherer Venenkatheter eingesetzt. Anschließend wurde mittels Sufentanil (0,5 µg/kg KG), Propofol (2 mg/kg KG) und Recuronium (0,6 mg/kg KG) die Narkose eingeleitet. Danach fand die Intubation mittels eines Trachealtubus mit einem Innendurchmesser von 8,0 mm statt und die Patienten wurden an die maschinelle Beatmung ange-

schlossen. Die Narkose wurde mit Sevofluran (1,8-2 Vol-% endtidal, bzw. MAC 0,8-1) aufrechterhalten; ein zweiter Venenkatheter und ein arterieller Zugang in die A. Radialis ergänzte das Monitoring).

Wir nutzten eine druckkontrollierte Beatmung. Das Atemzugvolumen beträgt 7 ml/kg KG (ideal). Die Beatmungsfrequenz wurde einem etCO_2 (endtidale CO_2) zwischen 34-38 mmHg angepasst. Das Inspirations-/Expirationsverhältnis beträgt 1:1,5, bei einem positiven endexpiratorischen Atemwegsdruck (PEEP) von zunächst 5 mbar und nach Capnoperitoneumanlage von 10 mbar. Bei Ein- und Ausleitung betrug die inspiratorische O_2 -Fraktion 1,0 und während der OP wurde es auf 0,4 reduziert. Sollte die Sauerstoffsättigung unter 96% fallen oder das p_aO_2 unter 70 mmHg liegen, wurde die Sauerstofffraktion erhöht. Dies wurde durch regelmäßige BGA-Bestimmungen streng kontrolliert.

Der mittlere arterielle Druck (MAP; engl. mean arterial pressure) wurde zwischen 60 und 100 mmHg gehalten; Bei einer Senkung des Blutdruckes wurde mittels einer Spritzenpumpe Noradrenalin verabreicht.

In Rückenlage wurde der endexpiratorische Atemwegsdruck (PEEP) wieder auf 5 mbar reduziert.

Ebenfalls wurde eine invasive Blutdruckmessung (A. radialis) durchgeführt.

Nach Narkoseeinleitung wurden die Patienten in Steinschnittlage gebracht, die Arme wurden neben den Körper gelegt. Zusätzlich bekamen die Patienten als Kopfstütze ein Kissen in den Nacken. Danach wurde das Capnoperitoneum erzeugt und die Patienten wurden mit dem Kopf als tiefsten Punkt mit 30° gekippt.

Ca. eine halbe Stunde vor OP-Ende bekamen alle Patienten zur Analgesie 1 g Novaminsulfon als Kurzinfusion. Bei der Naht wurde die Sevofluranzufuhr unterbrochen. Nachdem der Patient eine ausreichende Spontanatmung zeigte sowie die Schutzreflexe auslösbar waren, wurde die Extubation vorgenommen und der Patient in den Aufwachraum nach innerklinischem Standard überwacht.

Eine Stunde nach Ankunft der Patienten in den Aufwachraum wurde die Lungenfunktionsmessung durchgeführt.

2.3.6 Lungenfunktionstests

Bei allen Patienten wurden die Lungenfunktionstests mit einem portablen Spirometrierät (Spirobank G) durchgeführt. Jeder Patient bekam insgesamt vier Messungen (M1, M7, M8 und M9).

Die erste Messung wurde am präoperativen Tag durchgeführt. Damit die Ausgangswerte mit den postoperativen Messungen vergleichbar waren, wurde die Spirometrie nicht wie gewöhnlich im Stehen durchgeführt, sondern entsprechend der Lagerung im Aufwachraum im Liegen mit 30° Oberkörperhochlagerung.

Zunächst wurden den Studienteilnehmern die Atemmanöver erklärt. Anschließend wurde die Sauerstoffsättigung mittels eines Pulsoxymeters gemessen und dokumentiert. Ebenfalls wurde nach den Schmerzen gefragt, nach der Numerischen Rating-Skala (NRS) dokumentiert und die Atemfrequenz pro Minute in Ruhelage festgehalten.

Jeder Patient erhielt ein eigenes Einmal-Mundstück zu jeder Messung, das in das Spirobank-Gerät eingesetzt wurde. Durch die Verwendung der Einmal-Mundstücke war eine besondere Kalibrierung des Gerätes nicht notwendig. Es wurde genau wie bei der Durchführung einer Spirometrie verfahren. Das Gerät wurde eingeschaltet und an einem Laptop mit der Auswertungs-Software win Spiro PRO 3.2 software (MIR, Rom, Italien) angeschlossen.

Die Nase wurde mit einer Nasenklemme luftdicht verschlossen. Der Patient wurde aufgefordert nach einigen ruhigen Atemzügen das Mundstück zwischen die Zähne zu nehmen und es mit den Lippen zu umschließen. Danach atmete der Patient zügig ganz tief ein und atmete (ohne Pause) so tief wie möglich mit maximaler Atemanstrengung aus (in das Mundstück hinein). Dies wurde insgesamt dreimal durchgeführt, die Ergebnisse wurden im Computer gespeichert und die Software ermittelte das beste Ergebnis, welches farblich markiert war. Mit dieser Messung erfassen wir den FEV1, FVC und den Quotienten aus beiden Parametern.

Die Messung wurde im angeschlossenen Computer angezeigt und anschließend gespeichert.

Außer der spirometrischen Messung werden noch die s_pO_2 mit dem Pulsoxymeter, die Schmerzen anhand der NRS sowie die Atemfrequenz gemessen und notiert.

Der zweite Messzeitpunkt (M7) war am Tag der OP. Diese fand eine Stunde nach Ankunft im Aufwachraum statt. Hier wurde die Schmerzskala sehr berücksichtigt. Wenn der Patient die Schmerzen auf der NRS als drei oder kleiner einstuft wurde die Messung durchgeführt; waren die Schmerzen bei vier und höher, musste die Messung zurückgestellt werden und es wurde 7,5 mg Piritramid verabreicht. Nach 30 Minuten wurde erneut nach den Schmerzen gefragt. Wenn die Schmerzangabe mehr als drei war, bekamen die Patienten wieder 7,5 mg Piritramid und es wurde nach der gleichen Prozedur wie oben beschrieben verfahren.

Ebenfalls wichtig war eine Messung unter Raumluft. Da die Patienten postoperativ im Aufwachraum bei niedrigen O_2 -Sättigungswerten meistens eine O_2 -Zufuhr über eine Maske bekamen, war es wichtig, dass mindestens 15 Minuten die Sauerstoffzufuhr unterbrochen wurde. Somit wurden sowohl die Lungenfunktionstests als auch die Sauerstoffsättigung unter Raumluft gemessen. Dies ermöglichte uns alle Messungen unter gleichen Bedingungen stattfinden zu lassen.

Die dritte Messung (M8) fand 24 Stunden nach der Aufwachraummessung auf der peripheren Station statt. Es wurde nach dem gleichen Prinzip wie oben bereits beschrieben verfahren. Sowohl die Lagerung der Patienten als auch die Messmethode war bei allen Messungen identisch.

Die vierte Messung (M9) war am fünften postoperativen Tag bzw. am Abend vor der Entlassung nach den gleichen Prinzipien durchzuführen. Die meisten Patienten wurden am sechsten bzw. erst am siebten postoperativen Tag oder nach Entfernung des Blasenkatheters am fünften postoperativen Tag entlassen. Bei Komplikationen verzögerte sich die Entlassung. Selten wurden die Patienten bereits am fünften postoperativen Tag entlassen; letzteres traf zu, wenn die Blasenkatheterentfernung in der Klinik nicht gewünscht war.

2.4 Datenauswertung

Alle erhobenen Daten wurden in das Computerprogramm Excel für Windows (Microsoft Corporation, Redmond, USA) eingegeben und anschließend statistisch mit dem Programm GraphPad Prism6 (GraphPad Software Inc., La Jolla, USA) ausgewertet. Um die erhobenen Daten auf das Vorliegen einer Normalverteilung zu testen, wurde der D'Agostino- und Pearson-Test verwendet. Folgt den Werten einer Gauß-Verteilung, wurden sie als Mittelwert mit Standardabweichung präsentiert (Mittelwert \pm Standardabweichung), ansonsten als Median mit 25er und 75er Perzentil (Median; 25, 75). Abhängig von der Verteilung wurde zum Vergleich der Studien und der Kontrollgruppe ein nicht gepaarter t-Test verwendet oder entsprechend ein Mann-Whitney-Test. Um die Veränderungen der Messwerte im Verlauf des Studienzeitraums zu vergleichen, wurde eine Multivarianzanalyse (ANOVA) verwendet, die basierend auf der Normalverteilung als Kruskal-Wallis-Test durchgeführt wurde. Ein p-Wert $<0,05$ wurde als statistisch signifikant gewertet.

3 Ergebnisse

3.1 Rahmenbedingungen und Gruppenvergleichbarkeit

Es wurden 100 männliche Patienten, die sich einer RALP unterzogen haben, in die Studie eingeschlossen. Die Randomisierung wurde computergestützt vorgenommen und für jeden Patienten von einer unabhängigen Person in einem Umschlag hinterlegt, so dass der Studien- und Kontrollgruppe jeweils 50 Patienten zugeordnet wurden. Am Tag der Operation wurde der Umschlag des entsprechenden Patienten geöffnet.

Die Untersuchung wurde in der Martiniklinik-Prostatazentrum im Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf durchgeführt.

Außerdem wurden in beiden Gruppen in zwei Fällen – je ein Patient aus der Kontrollgruppe sowie ein Patient aus der Studiengruppe – von der laparoskopischen Prostatektomie in die offene retropubische Prostatektomie übergegangen. Dementsprechend mussten diese Patienten von der Studie ausgeschlossen werden. Bei einem Patienten aus der Studiengruppe trat ein Hautemphysem auf, das jedoch keine weitere Beeinträchtigung oder notwendige Therapie nach sich zog.

Die Kontrollgruppe wurde mit 45 Nichtrauchern und 5 Raucherpatienten klassifiziert; In der Studiengruppe waren es 46 Nichtraucher und 4 Raucher. Das entspricht in der Kontrollgruppe 90% Nichtraucher und 10% Raucher und in der Studiengruppe 92% Nichtraucher und 8% Raucher.

3.2 Grunddaten

Die Tabelle 2 beinhaltet eine Übersicht der Grunddaten. Es wurden bis auf den CO₂-Verbrauch keine signifikanten Unterschiede in beiden Gruppen festgestellt.

Das Alter der Kontrollgruppe, gemessen in Jahren, lag bei $62,39 \pm 6,31$ a und in der Studiengruppe bei $62,67 \pm 6,88$ a ($p = 0,8336$). Das Körpergewicht, gemessen in kg, betrug in der Kontrollgruppe $85,64 \pm 12,89$ kg und in der Studiengruppe bei $84,5 \pm 12,42$ kg ($p = 0,6535$).

Die Größe, gemessen in cm, betrug in der Kontrollgruppe $177,8 \pm 6,04$ cm und in der Studiengruppe $179,7 \pm 7,29$ cm ($p = 0,1589$).

Die durchschnittliche OP-Dauer bei der Kontrollgruppe betrug im Median 197,5 Minuten, das 25. Perzentil lag bei 163,8 Minuten und das 75. Perzentil lag bei 226,3 Minuten. Der Median bei der Studiengruppe wurde bei genau 200 Minuten gemessen mit einem 25. Perzentil von 172,5 Minuten und einem 75. Perzentil von 222,5 Minuten ($p = 0,6189$). Somit bestand kein statistischer Unterschied.

Der Krankenhausaufenthalt wurde in Tagen angegeben. In der Kontrollgruppe verweilten die Patienten im Median 7 Tage im KH (25. Perzentil 7 Tage; 75. Perzentil 8 Tage), in der Studiengruppe ebenfalls im Median 7 Tage (25. Perzentil 7 Tage; 75. Perzentil 8 Tage) ($p = 0,4934$). Beide Gruppen zeigten keine statistische Signifikanz.

Der Kristalloidverbrauch, angegeben in ml, betrug in der Kontrollgruppe durchschnittlich 4313 ml mit der Standardabweichung von 665,4 ml und in der Studiengruppe 4429 ± 1051 ml ($p = 0,6768$). Somit ergibt sich, dass in beiden Gruppen die Flüssigkeitsgaben ähnlich waren und keinen signifikanten Unterschied zeigten.

Aufgrund einer Hypovolämie bekamen zwei Patienten in der Kontrollgruppe 500 ml und ein Patient 1000 ml kolloidale Flüssigkeit. Bei drei Patienten aus der Studiengruppe wurden je 500 ml kolloidale Flüssigkeit infundiert. Auch hier zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($p = 0,8388$).

Ebenfalls war die Noradrenalingabe mit 628 μg , gemessen im Median, (25. Perzentil: 394,5 μg , 75. Perzentil: 880 μg) in der Kontrollgruppe und mit 545,5 μg (25. Perzentil: 309,9 μg , 75. Perzentil: 907,5 μg) in der Studiengruppe ($p = 0,4761$); Sie ist nicht als signifikant zu bewerten.

Durchschnittlich wurde in der Kontrollgruppe $93,78 \pm 20,83$ μg Sufentanil und in der Studiengruppe $91,33 \pm 17,82$ μg verbraucht. Bei $p = 0,5048$ bedeutet diese, dass kein signifikanter Unterschied gefunden werden konnte.

Abbildung 8 zeigt den CO_2 -Verbrauch beider Gruppen. Er wird in Liter angegeben und zeigt statistisch mit dem p-Wert von 0,0002 einen deutlichen signifikanten Unterschied.

In der Kontrollgruppe lag der median bei 496,5 l (25. Perzentil: 398,0 l; 25. Perzentil: 618,0 l). Demgegenüber zeigte die Studiengruppe einen deutlich höheren Verbrauch mit 749,7 ±270,4 l.

Als letztes wichtiges Kriterium wurde der Blutverlust zwischen den beiden Gruppen untersucht, der ebenfalls keinen signifikanten Unterschied brachte (p = 0,8217). Der Verlust in beiden Gruppen lag bei 300 ml im Median gemessen; das 25. Perzentil der Kontrollgruppe lag bei 162,5 ml und in der Studiengruppe bei 200 ml; das 25. Perzentil wurde in der Kontrollgruppe bei 600 ml und in der Studiengruppe bei 550 ml gemessen.

Tabelle 2: Rahmenbedingungen und Gruppenvergleichbarkeit

	Kontrollgruppe (KGr)	Studiengruppe (SGr)	p-Wert
Alter (Jahren)	62,39 ±6,305	62,67 ±6,881	0,8336
Gewicht (kg)	85,64 ±12,89	84,50 ±12,42	0,6535
Größe (cm)	177,8 ±6,037	179,7 ±7,288	0,1589
OP-Dauer (min)	197,5; 163,8/226,3	200,0; 172,5/222,5	0,6189
KH- Aufenthalt (d)	7; 7/8	7; 7/8	0,4934
Kristalloide (ml)	4313 ±665,4	4429 ±1051	0,6768
Noradrenalin (µg)	628,0; 394,5/880,0	545,5; 309,9/907,5	0,4761
HES	3Pat (2x500 ml,1x1 l)	3Pat (3x500 ml)	0,8388
Erythrozyten-Konzentrat	0	0	
Sufentanil (µg)	93,78 ±20,83	91,33 ±17,82	0,5048
CO ₂ -Verbrauch (l)	496,5; 398,0/618,0	749,7 ±270,4*	0,0002
Blutverlust (ml)	300; 162,5/600	300; 200/550	0,8217

Angegeben werden die Messwerte entsprechend der 1. Spalte für die Kontrollgruppe und die 2. Spalte für die Studiengruppe; die 3. Spalte beinhaltet den p-Wert. Sofern der Mittelwert verwendet wurde, wurde die Standardabweichung mitangegeben; Wurde der Median verwendet, ist das 25%- bzw. 25. Perzentil angegeben (Median; 25. Perzentil/75. Perzentil); OP: Operation, KH: Krankenhaus, CO₂: Kohlendioxid, *statistisch signifikanter Wert im Vergleich zur Kontrollgruppe

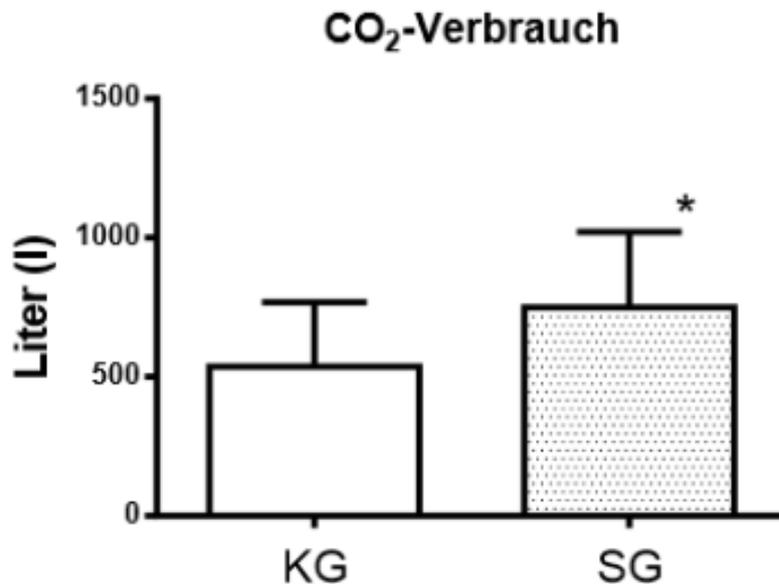


Abbildung 8: Dargestellt ist der CO₂-Verbrauch, angegeben in Liter (l). Es sind die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen. Statistisch signifikante Unterschiede zur Kontrollgruppe ist mit „*“ markiert.

3.3 Lungenfunktionswerte

Die präoperativen und postoperativen Lungenfunktionswerte werden in Tabelle 3 und 4 dargestellt. Die Messung der FEV1 in der Kontrollgruppe ergeben am präoperativen Tag (M1) einen Mittelwert von $3,41 \pm 0,66$ l und in der Studiengruppe einen Mittelwert von $3,51 \pm 0,64$ l ($p = 0,4776$), die keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen darstellt.

Die zweite Lungenfunktionsmessung (M7) wurde am Tag der Operation (eine Stunde nach Ankunft im Aufwachraum) vorgenommen. Die FEV1-Mittelwerte in der Kontrollgruppe betragen $2,48 \pm 0,72$ l; die Studiengruppe zeigte ähnliche Mittelwerte bei $2,55 \pm 0,64$ l, die jedoch statistisch als nicht signifikant unterschieden werden ($p = 0,6366$).

Diese Lungenfunktionstestung wurde 24 Stunden nach der AWR-Messung (M8) auf der Station wiederholt. Die FEV1-Werte der Kontrollgruppe liegen bei einem Mittelwert von $2,52 \pm 0,51$ l. Die Studiengruppe hat einen Medianwert von $2,41$ l (das 25. Perzentil ist bei $1,98$ l und das 75. Perzentil bei $2,93$ l). Somit ist auch

in dieser Messung kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen ($p = 0,3432$) feststellbar.

In der Kontrollgruppe zeigt die M9-Messung (d. h. Messung am 5. postoperativen Tag bzw. am Entlassungstag) einen Mittelwert von $3,23 \pm 0,62$ l. In der Studiengruppe lautet der Mittelwert $3,27 \pm 0,65$ l ($p = 0,7742$ l); Dies ist nicht als signifikant zu bewerten. Die FEV1-Werte sind in M7 und M8 im Gegensatz zur präoperativen Messung (M1) um 26-31% gesunken. Diese Werte erreichen wieder bei der M9 Messung 93-95% des Ausgangswertes.

Werden die FEV1-Werte in beiden Gruppen zu den einzelnen Messzeitpunkten mit den Ausgangswerten verglichen, so ergeben sich statistisch signifikante Unterschiede bei Messung M7 ($p < 0,0001$ in der Kontroll- und Studiengruppe) und M8 ($p < 0,0001$ in der Kontroll- und Studiengruppe). Wenn die bestimmten Daten zum Zeitpunkt M9 mit dem Ausgangswert verglichen werden, so sind diese in beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich.

Tabelle 3: die präoperativen FEV1- (M1) und die postoperativen FEV1-Werte (M7-M9)

	Kontrollgruppe	Studiengruppe	p- Wert
FEV1 M1	$3,41 \pm 0,66$	$3,507 \pm 0,6409$	0,4776
FEV1 M7	$2,48 \pm 0,72^+$	$2,55 \pm 0,64^+$	0,6366
FEV1 M8	$2,52 \pm 0,51^+$	$2,41; 1,98/2,93^+$	0,3432
FEV1 M9	$3,23 \pm 0,62$	$3,27 \pm 0,65$	0,7742

M1: Messung präoperativ, M7: Messung nach 1 Stunde nach AWR Ankunft, M8: Messung 24 Stunden nach AWR Messung, M9: Messung am 5. postoperativen Tag bzw. bei Entlassung; FEV1 (Einsekundenkapazität) gemessen in Liter; ⁺: statistisch signifikant im Vergleich zur Ausgangsmessung

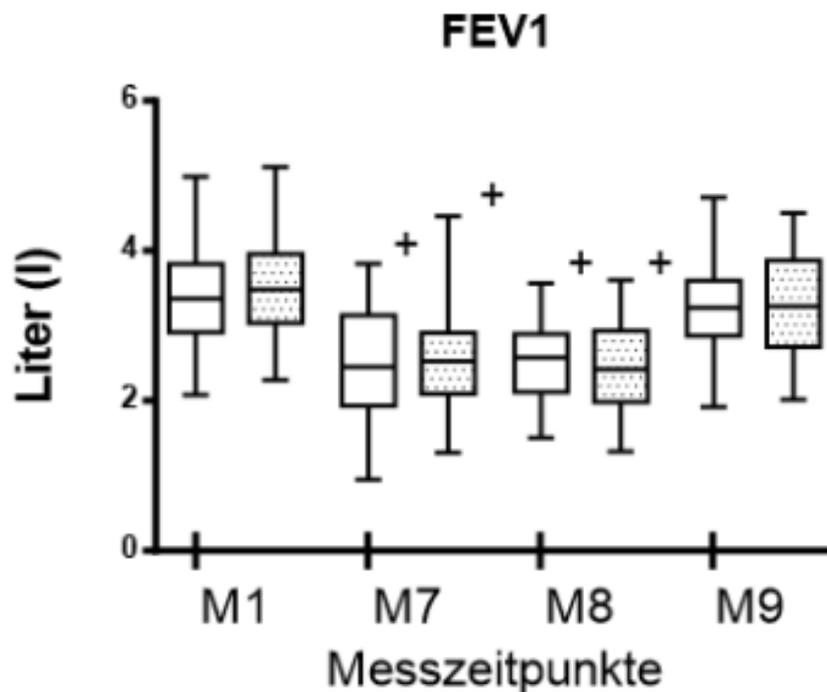


Abbildung 9: Dargestellt ist der Verlauf der Einsekundenkapazität (FEV1), angegeben in Liter (l), über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M1 und M7-M9). Die Boxen geben die geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum. Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen. Statistisch signifikante Unterschiede zu M1 sind mit „+“ markiert.

In der folgenden Tabelle werden die FVC (forcierte Vitalkapazität) und der Quotient aus FEV1 zu FVC beschrieben.

Präoperativ liegt die FVC in der Kontrollgruppe bei $4,36 \pm 0,93$ l und in der Studiengruppe bei $4,26 \pm 0,77$ l ($p = 0,5669$).

Die FVC Werte gemessen eine Stunde postoperativ ergeben in der Kontrollgruppe $3,42 \pm 1,09$ l und in der Studiengruppe $3,27 \pm 0,78$ l ($p = 0,4448$).

Die Messung 24h nach der Aufwachraummessung (M8) in der Kontrollgruppe ergeben $3,15 \pm 0,71$ l und in der Studiengruppe einen Median von 2,86 (25. Perzentil 2,39/75. Perzentil 3,47). Der p-Wert beträgt 0,1127.

Die FVC Werte bei der Entlassung erholen sich wieder fast auf den Ausgangswert und betragen in der Kontrollgruppe $4,14 \pm 0,83$ l und in der Studiengruppe $4,06 \pm 0,84$ l; ($p = 0,6395$). Damit ergeben sich für den Vergleich der FVC zwi-

schen der Kontrollgruppe und Studiengruppe zu allen Messzeitpunkten keine statistischen Unterschiede.

Werden jedoch die FVC-Werte in beiden Gruppen zu den einzelnen Messzeitpunkten mit den Ausgangswerten (M1) verglichen, so ergeben sich statistisch signifikante Werte bei M7 und M8 ($p < 0,05$). In der M9 zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in beiden Gruppen zu den Ausgangsmessungen.

Die FEV1/FVC gemessen präoperativ in beiden Gruppen ergeben ähnliche Werte: Kontrollgruppe $0,79 \pm 0,09$ I und Studiengruppe $0,82 \pm 0,07$ I; ($p = \mathbf{0,0447^*}$). Hier ist eine statistische Signifikanz darstellbar.

Die Messung eine Stunde postoperativ im AWR ergibt in der Kontrollgruppe $0,78$ I im Median (25. Perzentil $0,68$ / 75. Perzentil $0,83$); in der Studiengruppe ergibt es $0,79$ I (25. Perzentil $0,74$ / 75. Perzentil $0,88$); ($p = 0,0894$). Es ist nicht statistisch signifikant. Die M8 Messung in der Kontrollgruppe ergibt einen Mittelwert von $0,81 \pm 0,08$ I; in der Studiengruppe wird der Median bei $0,84$ I (25. Perzentil bei $0,77$ / 75. Perzentil bei $0,87$ gemessen; ($p = 0,3464$); somit statistisch nicht signifikant. Die letzte FEV1/FVC Messung (M9) in der Kontrollgruppe ergibt einen Wert von $0,78 \pm 0,08$ I; in der Studiengruppe einen Mittelwert von $0,81 \pm 0,08$ I; ($p = 0,1224$). Diese Messung zeigt ebenfalls keinen statistisch signifikanten Unterschied. Die FEV1/FVC-Werte zu den Messzeitpunkten M7, M8 und M9 verglichen mit dem Ausgangswert M1 ergeben keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 4: Die präoperativen FVC und FEV1/FVC und die postoperativen FVC und FEV1/FVC Werte

	Kontrollgruppe	Studiengruppe	p-Wert
FVC M1	$4,360 \pm 0,9291$	$4,262 \pm 0,7728$	0,5669
FVC M7	$3,418 \pm 1,085^+$	$3,270 \pm 0,7762^+$	0,4448
FVC M8	$3,153 \pm 0,7086^+$	$2,855; 2,385/3,470^+$	0,1127
FVC M9	$4,142 \pm 0,8334$	$4,057 \pm 0,8358$	0,6395
FEV1/FVC M1	$0,7908 \pm 0,0926^*$	$0,8244 \pm 0,0712^*$	0,0447
FEV1/FVC M7	$0,7800; 0,680/0,830$	$0,7900; 0,735/0,875$	0,0894
FEV1/FVC M8	$0,8079 \pm 0,0849$	$0,835; 0,770/0,870$	0,3464
FEV1/FVC M9	$0,7848 \pm 0,0814$	$0,8113 \pm 0,0764$	0,1224

FVC M1: Messung präoperativ; M7: Messung 1h nach Ankunft im AWR, M8: Messung 24 Std. nach AWR-Messung, M9: Messung am fünften postoperativen Tag bzw. am Entlassungstag; FVC, gemessen in Litern; FEV1/FVC angegeben in Prozent; +: statistisch signifikant zur Ausgangsmessung; *: statistisch signifikant zur Kontrollgruppe.

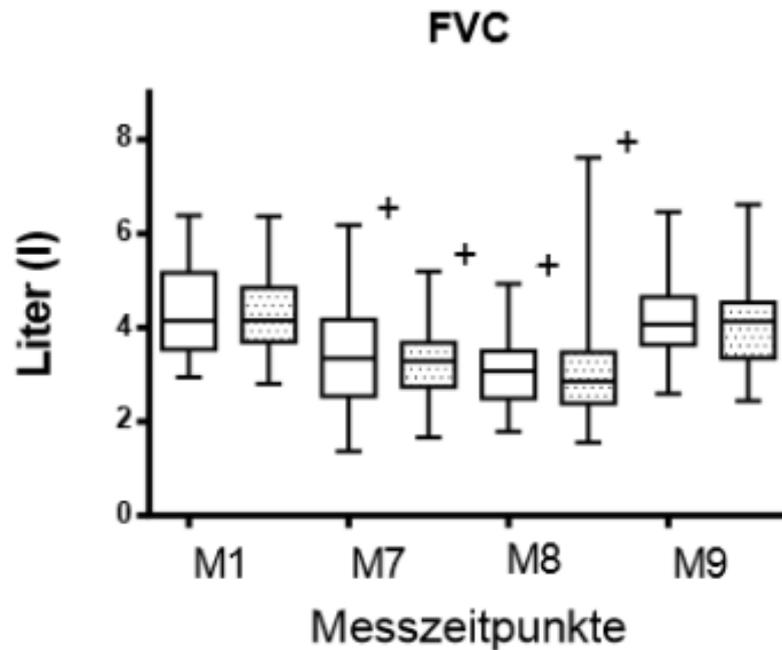


Abbildung 10: Dargestellt ist der Verlauf der forcierten Vitalkapazität (FVC), angegeben in Liter (l), über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M1 und M7-M9). Die Boxen geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder; Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen; Statistisch signifikante Unterschiede zu M1 sind mit „+“ markiert

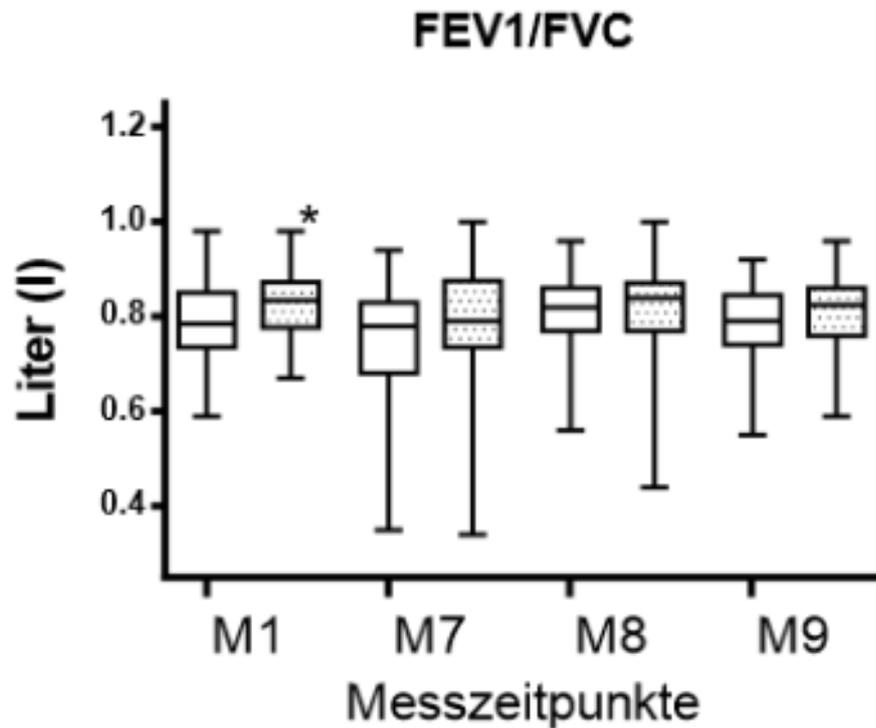


Abbildung 11: Dargestellt ist der Verlauf der FEV1/FVC, angegeben in Liter (l), über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M1 und M7-M9); Die Boxen geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder; Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen; Statistisch signifikante Unterschiede bei der M1 zwischen der Kontrollgruppe und Studiengruppe ist mit „*“ markiert

3.4 Beatmungsparameter

Die gemessenen Beatmungsparameter beinhalteten den inspiratorischen Druck (p_{insp}), die Atemfrequenz, das Atemminutenvolumen und die Lungen-Compliance. Zusätzlich wird der Oxygenierungsindex (das Verhältnis zwischen Sauerstoffzufuhr und Sauerstoffpartialdruck) bestimmt.

Die Beatmungsparameter wurden zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen und dokumentiert. Die Tabellen 5 bis 9 enthalten alle Beatmungsparameter, die nach Narkoseeinleitung (M3), 30 Minuten nach Trendelenburglagerung (M4), 1,5 Stunden nach Trendelenburglagerung (M5) und in Rückenlagen (M6) gemessen wurden.

Die Tabelle 5 beinhaltet die einzelnen AF-Messungen, angegeben in Atemzüge pro Minute zu den verschiedenen Zeitpunkten. Diese erfassen insgesamt 9 Messungen. Die Atemfrequenz gemessen am Tag vor der Operation (M1) betrug bei der Kontrollgruppe im Median 16,0/min mit dem 25. Perzentil bei 14,25/min und dem 75. Perzentil bei 20,0/min; bei der Studiengruppe betrug der Mittelwert $16,92 \pm 2,74$ /min. ($p = 0,6990$). Es ergab keine statistische Signifikanz.

Die M2 (Messung vor der Einleitung) in der Kontrollgruppe wurde mit 15,8/min und der Standardabweichung $\pm 4,50$ /min angegeben; die Studiengruppe zeigt einen Mittelwert von $16,04 \pm 3,495$ /min ($p = 0,8351$). Auch dies war statistisch nicht signifikant. Die Atemfrequenzmessung nach Narkoseeinleitung (M3) zeigte ein deutliches Absinken der Werte in beiden Gruppen. Die Kontrollgruppe wies einen Medianwert von 12,0/min; das 25. Perzentil 11,5/min, das 75. Perzentil 12,0/min. Die Studiengruppe hatte einen Mittelwert von 11,84/min und eine Standardabweichung von $\pm 1,80$ /min ($p = 0,3732$) und war somit statistisch nicht signifikant.

30 Minuten nach der Trendelenburglagerung (M4) wurde die Messung der AF wiederholt. Die Werte stiegen im Vergleich zu M3 in beiden Gruppen an und wurden jeweils mit einem Medianwert von 14/min angegeben. Die Kontrollgruppe hat das 25. Perzentil bei 13/min und das 75. Perzentil bei 15/min.; die Studiengruppe hatte das 25. Perzentil bei 12/min und das 75. Perzentil bei 15/min. Statistisch wird diese Messung als nicht signifikant bewertet ($p = 0,6636$).

Die Atemfrequenzmessung wurde 1,5 Stunden nach der Trendelenburglage- rung (M5) ebenfalls in beiden Gruppen gemessen. Die Kontrollgruppe zeigte einen Median von 15/min mit dem 25. Perzentil bei 13/min und das 75. Perzentil von 16/min. Die Studiengruppe zeigt bei einer Normalverteilung einen Mittelwert von 14,06/min mit der Standardabweichung von $\pm 2,00$ /min. ($p = 0,1479$).

Die M6 erfolgte noch unter Narkose, aber wieder in Rückenlage. Die Kontroll- gruppe zeigte einen Medianwert genau wie bei der Ausgangsmessung, nämlich 16/min, das 25. Perzentil lag bei 13/min und das 75. Perzentil bei 17/min. Die Studiengruppe hat einen Mittelwert von 15,02/min mit einer Standardabwei- chung von $\pm 2,53$ /min ($p = 0,4994$).

Die Atemfrequenzmessung eine Stunde postoperativ (M7) war in der Kontroll- gruppe bei 14,55/min im Mittel gesunken; die Standardabweichung beträgt $\pm 2,74$ /min. Die Studiengruppe hat im Mittel 15,24/min mit der Standardabwei- chung $\pm 2,98$ /min. Beide Gruppen zeigten keinen statistisch signifikanten Unter- schied ($p = 0,2432$). Allerdings ergibt sich hier ein statistischer Unterschied zum Ausgangswert unter Spontanatmung M1 ($p = 0,0008$).

Die AF-Messung wurde 24 Stunden nach der AWR-Messung wiederholt. Die M8 der Kontrollgruppe und der Studiengruppe zeigten einen Median bei 16 Atemzüge pro Minute; das 25. Perzentil der Kontrollgruppe war bei 14/min und das 75. Perzentil bei 20/min. Bei der Studiengruppe lag das 25. Perzentil bei 16/min und das 75. Perzentil ebenfalls bei 20/min ($p = 0,5712$); auch hier kein statistisch signifikanter Wert.

Die letzte Messung M9 zeigt in beiden Gruppen einen Anstieg der Werte. Die Kontrollgruppe weist einen Mittelwert von 17,26 $\pm 2,52$ /min und die Studien- gruppe einen Mittelwert von 17,42 $\pm 2,51$ /min ($p = 0,7748$).

Alle Messungen zeigen keine statistische Signifikanz.

Intraoperativ wird bei der M4, M5 und M6 ein statistisch signifikanter Unter- schied zu M3 festgestellt.

Tabelle 5: Atemfrequenzwerte

	Kontrollgruppe	Studiengruppe	p-Wert
AF M1	16,0; 14,25/20,0	16,92 ±2,74	0,6990
AF M2	15,8 ± 4,50	16,04 ±3,495	0,8351
AF M3	12,0; 11,50/12,0	11,84 ±1,80	0,3732
AF M4	14; 13/15 [#]	14; 12/15 [#]	0,6636
AF M5	15; 13/16 [#]	14,06 ±2,00 [#]	0,1479
AF M6	16; 13/17 [#]	15,02 ±2,53 [#]	0,4994
AF M7	14,55 ±2,74 ⁺	15,24 ±2,98 ⁺	0,2432
AF M8	16; 14/20	16; 16/20	0,5712
AF M9	17,26 ±2,52	17,42 ±2,51	0,7748

AF= Atemfrequenz, gemessen in 1/min.; M1: Messung 1Tag vor OP, M2: Messung vor Narkoseeinleitung, M3: Messung nach Narkoseeinleitung, M4: Messung 30 min. nach Trendelenburglagerung, M5: Messung 1,5 Stunden nach Trendelenburglagerung, M6: Messung bei Normalposition, M7: Messung 1h nach Ankunft im AWR, M8: Messung 24 Std nach AWR Messung, M9: Messung am fünften postoperativen Tag oder bei Entlassung; +: statistisch signifikant zur Ausgangsmessung, #: statistisch signifikant zur M3.

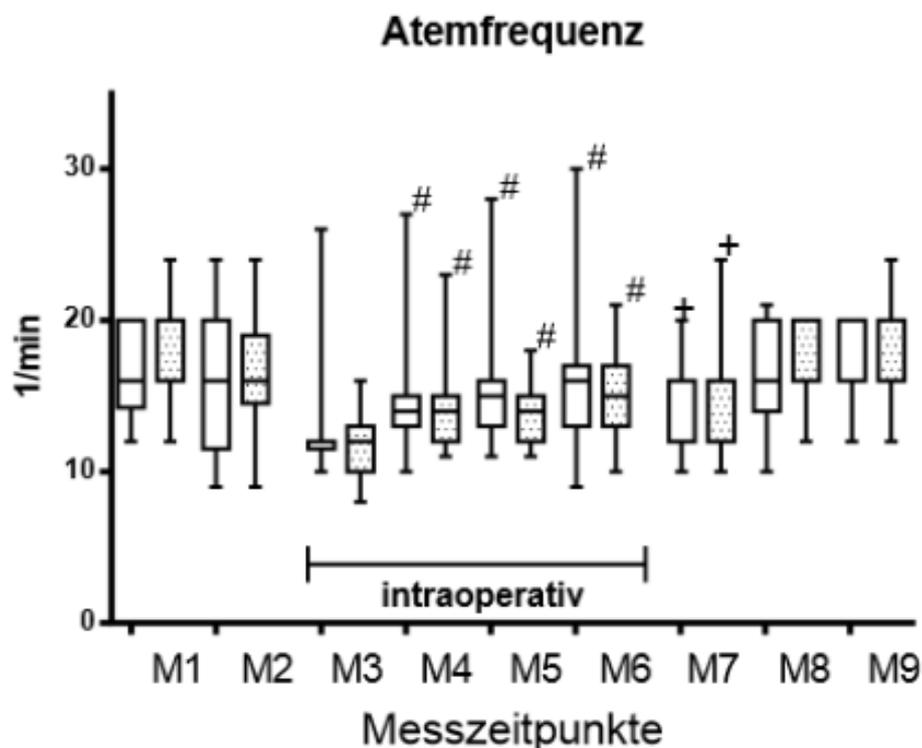


Abbildung 12: Dargestellt ist die Atemfrequenz (AF), angegeben in Atemzügen/min über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M1-M9).

Die Boxen geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder. Zu den einzelnen Messzeitpunkten sind Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und Studiengruppe (gefüllte Box) aufgetragen. Statistisch signifikante Unterschiede zu M1 sind mit „+“ markiert; Unterschiede zu M3 mit „#“

Der inspiratorische Druck (p_{insp}) wird anhand der Tabelle 6 dargestellt. Die M3 zeigt in der Kontrollgruppe einen Median von 13 mbar, das 25. Perzentil 12 mbar und das 75. Perzentil 16 mbar. Die Studiengruppe zeigt einen Medianwert von 14 mbar, das 25. Perzentil 12 mbar und das 75. Perzentil 15 mbar ($p = 0,9589$). Es wird keine statistische Signifikanz festgestellt.

30 Minuten nach der Trendelenburglagerung (M4) stieg der p_{insp} in der Kontrollgruppe auf einen Mittelwert von 27,88 mbar mit der Standardabweichung von 4,31 mbar und in der Studiengruppe auf einen Mittelwert von 27,61 mbar mit der Standardabweichung 3,99 mbar. Es gibt zwischen den beiden Gruppen keinen statistisch signifikanten Unterschied ($p = 0,7526$).

Auch die Messung 1,5 Stunden nach der Trendelenburglagerung (M5) zeigte in beiden Gruppen hohe p_{insp} -Werte. Beide Gruppen wurden auch bei dieser Messung mit einem p-Wert von 0,4868 als statistisch nicht signifikant bewertet. Der Mittelwert der Kontrollgruppe lag bei $28,31 \pm 4,32$ mbar und der Studiengruppe bei $27,68 \pm 4,45$ mbar.

Bei in Rückenlage befindlichen Patienten (M6) wurden in beiden Gruppen wieder niedrigere Werte gemessen. Der Median der Kontrollgruppe lag bei 17 mbar, das 25. Perzentil bei 15 mbar und das 75. Perzentil bei 21 mbar. Bei der Studiengruppe wurde ein Mittelwert von 17,53 mbar mit einer Standardabweichung von 3,69 mbar gemessen ($p = 0,6135$). Beide Gruppen zeigten somit keinen statistisch signifikanten Unterschied.

Zu allen Messzeitpunkten ist der inspiratorische Spitzendruck im Vergleich zu Anfangswert M3 signifikant erhöht ($p < 0,0001$).

Tabelle 6: Inspiratorischer Druck

	Kontrollgruppe	Studiengruppe	p-Wert
p_{insp} M3	13; 12/16	14; 12/15	0,9589
p_{insp} M4	27,88 \pm 4,31 ⁺	27,61 \pm 3,99 ⁺	0,7526
p_{insp} M5	28,31 \pm 4,32 ⁺	27,68 \pm 4,45 ⁺	0,4868
p_{insp} M6	17; 15/21 ⁺	17,53 \pm 3,69 ⁺	0,6135

p_{insp} : inspiratorischer Druck, gemessen in mbar; +: statistisch signifikant zur Ausgangsmessung

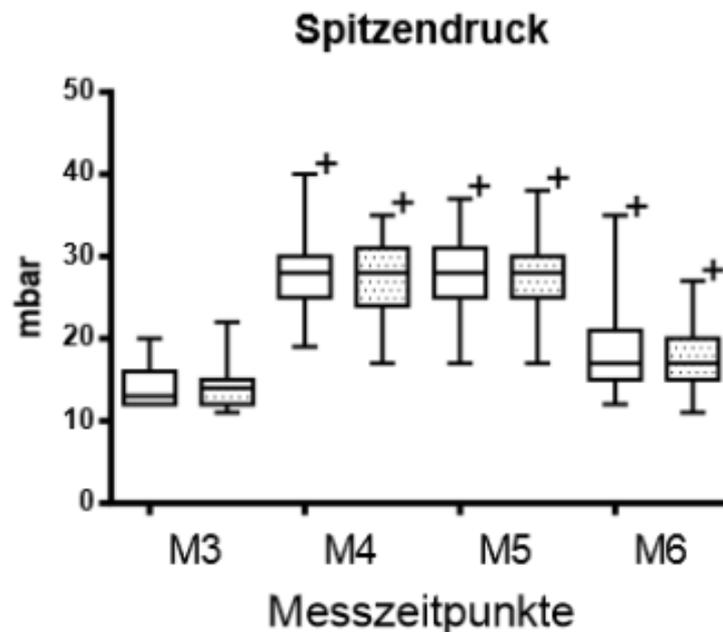


Abbildung 13: Dargestellt ist der Verlauf des Spitzendruckes (p_{insp}), angegeben in mbar, über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M3-M6); Die Boxen geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder; Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen; Statistisch signifikante Unterschiede zu M3 sind mit „+“ markiert

Die Lungen-Compliance wurde zu den gleichen Zeitpunkten wie der p_{insp} gemessen und dokumentiert. Die M3 in der Kontrollgruppe hatte einen Median bei 63,60 ml/mbar, das 25. Perzentil lag bei 57,8 ml/mbar und das 75. Perzentil lag bei 71,75 ml/mbar. Die Studiengruppe wies einen Medianwert von 64,95 ml/mbar das 25. Perzentil von 56,98 ml/mbar und das 75. Perzentil von 73,3

ml/mbar. Dies ergibt einen p-Wert von 0,8385 ml/mbar und ist nicht statistisch signifikant.

Die M4 und M5 sinken statistisch signifikant im Gegensatz zu der M3 Messung ab ($p < 0,001$). Die M4-Messung der Kontrollgruppe hatte den Mittelwert bei $31,53 \pm 7,68$ ml/mbar und in der Studiengruppe wurde ein Mittelwert von $32,67 \pm 7,73$ ml/mbar gemessen ($p = 0,4648$). Dies bedeutet, dass die Messung nicht statistisch signifikant ist. Ebenfalls war die M5 (Messung 1,5 Stunden nach Trendelenburglagerung) in der Kontrollgruppe noch mit einem Median von 31,6 ml/mbar (25. Perzentil: 25,3 ml/mbar; 75. Perzentil: 36,5 ml/mbar) und die Studiengruppe sogar mit einem Median von 29,8 ml/mbar (25. Perzentil: 26,2 ml/mbar; 75. Perzentil: 36,1 ml/mbar) gemessen. Der p-Wert zwischen den beiden Gruppen zeigt bei 0,9549 keine Signifikanz.

In unserer letzten Messung (M6) erholten sich die Werte in der Kontrollgruppe auf $51,43 \pm 11,67$ ml/mbar und in der Studiengruppe auf einen Medianwert von 56,6 ml/mbar (25. Perzentil: 46,85 ml/mbar; 75. Perzentil: 62,15 ml/mbar). Auch hier wurde die Messung mit einem p-Wert von 0,2682 statistisch als nicht signifikant bezeichnet.

Allerdings ist bei der M6 die Compliance in der Kontrollgruppe noch signifikant unterschiedlich zum Ausgangswert während dieser Unterschied in der Studiengruppe nicht mehr nachweisbar ist.

Tabelle 7: Compliance der Lunge

	Kontrollgruppe	Studiengruppe	p-Wert
Comp M3	63,60; 57,8/71,75	64,95; 56,98/73,30	0,8385
Comp M4	$31,53 \pm 7,68^+$	$32,67 \pm 7,73^+$	0,4648
Comp M5	31,60; 25,30/36,50 ⁺	29,80; 26,20/36,10 ⁺	0,9549
Comp M6	$51,43 \pm 11,67^+$	56,60; 46,85/62,15	0,2682

Comp: Compliance der Lunge, gemessen in ml/mbar; +: statistisch signifikant zur Ausgangsmessung.

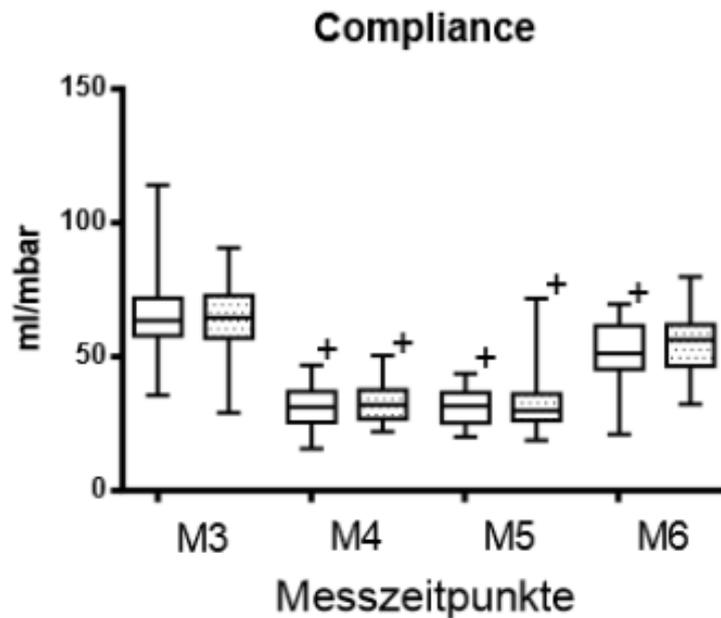


Abbildung 14: Dargestellt ist der Verlauf der Lungencompliance (Comp), angegeben in ml/mbar, über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M3-M6); Die Boxen geben die 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder; Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen; Statistisch signifikante Unterschiede zu M3 sind mit „+“ markiert

Das Atemminutenvolumen wird ebenfalls genau zu den Zeitpunkten ermittelt wie die Lungencompliance und der p_{insp} .

Die M3 Messung ergab in der Kontrollgruppe einen Medianwert von 5,8 l/min (25. Perzentil: 5,35 l/min; 75. Perzentil: 6,2 l/min) und in der Studiengruppe einen Medianwert von 5,9 l/min (25. Perzentil: 5,3 l/min; 75. Perzentil: 6,23 l/min). Der daraus errechnete p-Wert ergab 0,7076 und ist somit nicht statistisch signifikant.

30 Minuten nach der Trendelenburglagerung wurde das AMV angehoben. Die Kontrollgruppe zeigt einen Mittelwert von $7,02 \pm 1,03$ l/min und die Studiengruppe einen Medianwert von 6,8 l/min (25. Perzentil 6,45 l/min, die 75. Perzentil 7,7 l/min). Der errechnete p-Wert ergab 0,9393 und ist statistisch nicht signifikant.

Bei den weiteren zwei Messzeitpunkten blieb die AMV angehoben. Die M5 ergab in der Kontrollgruppe einen Median von 7,28 l/min (25. Perzentil bei 6,4

l/min, das 25. Perzentil bei 8,15 l/min) und bei der Studiengruppe wird der Median wie in der M4 Messung bei 6,8 l/min (25. Perzentil bei 6,5 l/min und das 25. Perzentil bei 8,0 l/min) gemessen. Beide Gruppen wurden miteinander verglichen und wurden als statistisch nicht signifikant bewertet ($p=0,3033$).

Die zuletzt gemessenen Werte der M6 ergaben in der Kontrollgruppe einen Mittelwert von 7,73 l/min $\pm 1,45$ l/min und in der Studiengruppe einen Mittelwert von 7,59 l/min $\pm 1,28$ l/min; beide Gruppen ergaben einen p-Wert von 0,6162. Diese Messung ist statistisch ebenfalls nicht signifikant.

Der Vergleich der AMV an M4, M5 und M6 mit M3 zeigt, dass es zu allen Zeitpunkten im Verlauf zu einem signifikanten Anstieg kommt und auch damit nach Entfernung des Capnoperitoneums noch erhöht bleibt.

Tabelle 8: Atemminutenvolumen

	Kontrollgruppe	Studiengruppe	p-Wert
AMV M3	5,80; 5,35/6,20	5,90; 5,3/6,23	0,7076
AMV M4	7,02 $\pm 1,03^+$	6,8; 6,45/7,7 ⁺	0,9393
AMV M5	7,28; 6,4/ 8,15 ⁺	6,8; 6,5/ 8,0 ⁺	0,3033
AMV M6	7,73 $\pm 1,45^+$	7,59 $\pm 1,28^+$	0,6162

AMV: Atemminutenvolumen, gemessen in l/min; +: statistisch signifikant zur Ausgangsmessung

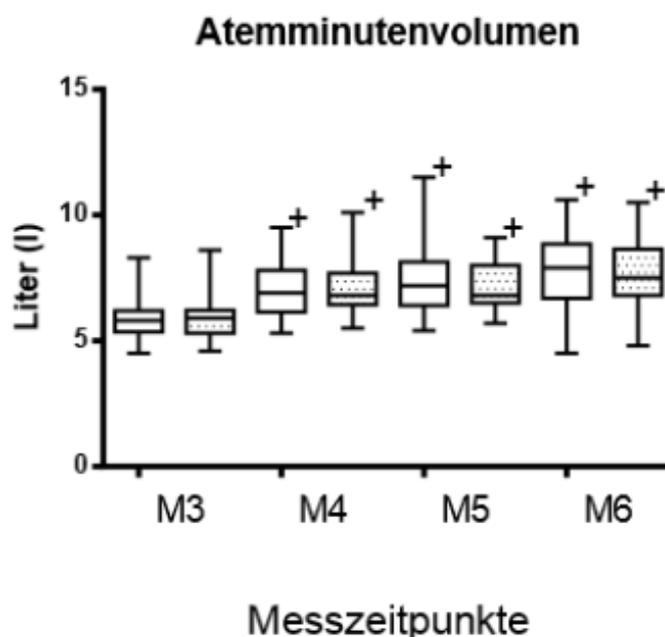


Abbildung 15: Dargestellt ist der Verlauf des Atemminutenvolumen (AMV), angegeben in Liter (l), über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunk-

ten (M3-M6); Die Boxen geben die geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder; Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen; Statistisch signifikante Unterschiede zu M3 sind mit „+“ markiert

Der P/F-Quotient gab Informationen über das Verhältnis von Sauerstoffzufuhr zum gemessenen Sauerstoffpartialdruck und wird zu den verschiedenen Messzeitpunkten in der Tabelle 9 dargestellt. Die M3 in der Kontrollgruppe gab einen Mittelwert von $446,3 \pm 99,94$ mmHg und in der Studiengruppe einen Median von 481 mmHg (25. Perzentil von 421,5mmHg und das 75. Perzentil von 531,7 mmHg). Der p-Wert war 0,2574 und somit ist die Messung statistisch nicht signifikant. Die 2. Messung wurde 30 Minuten nach der Trendelenburglagerung vorgenommen und sank in beiden Gruppen; somit wurde in der Kontrollgruppe ein Mittelwert von $372,7$ mmHg $\pm 106,8$ und in der Studiengruppe ein Mittelwert von $398,7$ mmHg $\pm 97,51$ festgestellt. Der errechnete p-Wert zwischen den beiden Gruppen ergab 0,2116 und ist statistisch nicht signifikant. Die M5 ergab in der Kontrollgruppe $369,7$ mmHg $\pm 97,89$ und in der Studiengruppe 391 mmHg $\pm 93,83$. Der daraus errechnete p-Wert ergab 0,2637 und zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied. Die nächste Messung (M6) in der Kontrollgruppe ergab einen Wert von $376,6$ mmHg $\pm 98,77$ und in der Studiengruppe $382,3$ mmHg $\pm 93,63$. Es zeigt keine statistische Signifikanz ($p = 0,7722$).

Die letzte Messung fand im AWR statt und zeigte in der Kontrollgruppe und der Studiengruppe einen deutlich niedrigeren Wert; der Kontrollgruppenwert lag bei $327,3$ mmHg $\pm 57,19$ und der Studiengruppe bei $333,3$ mmHg $\pm 47,86$. Der p-Wert ergab 0,5932 und ist somit ebenfalls statistisch nicht signifikant. Im Verlauf zeigt sich, dass zu allen Zeitpunkten nach M3, also nach Einleitung, der Oxygenierungsindex statistisch signifikant erniedrigt ist ($p < 0,001$).

Tabelle 9: P/F-Quotient

	Kontrollgruppe	Studiengruppe	p-Wert
P/F M3	446,3 ±99,94	481; 421,5/531,7	0,2574
P/F M4	372 ±106,8 ⁺	398,7 ± 97,51 ⁺	0,2116
P/F M5	369,7 ± 97,89 ⁺	391,9 ± 93,83 ⁺	0,2637
P/F M6	376,6 ± 98,77 ⁺	382,3 ± 93,63 ⁺	0,7722
P/F M7	327,3 ± 57,19 ⁺	333,3 ± 47,86 ⁺	0,5932

P/F: P/F-Quotient gemessen in mmHg, zeigt das Verhältnis von Sauerstoffzufuhr und gemessenem Sauerstoffpartialdruck; +: statistisch signifikant zur Ausgangsmessung.

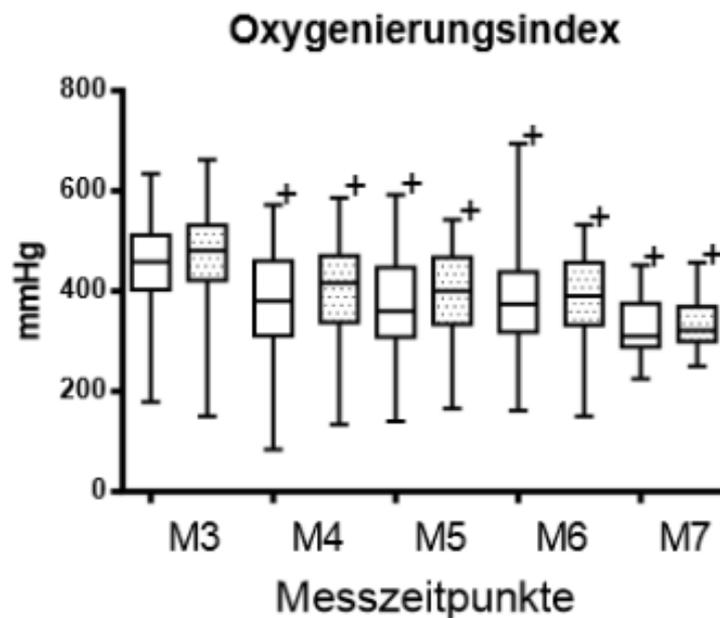


Abbildung 16: Dargestellt ist der Verlauf des Oxygenierungsindex (P/F), angegeben in mmHg, über den Studienzeitraum zu den einzelnen Messzeitpunkten (M3-M7); Die Boxen geben die geben das 25. bzw. 75. Perzentil und den Median, die Whisker das Minimum und das Maximum wieder; Es sind jeweils zu den Messzeitpunkten die Kontrollgruppe (nicht gefüllte Box) und die Studiengruppe (gepunktete Box) aufgetragen; Statistisch signifikante Unterschiede zu M3 sind mit „+“ markiert

4 Diskussion

Wir untersuchten 100 männliche Patienten in der Martiniklinik des Universitätskrankenhauses Hamburg-Eppendorf, die sich einer RALP unterzogen. Es handelte sich um eine prospektiv randomisierte Studie. Wir untersuchten den Einfluss des AirSeal-Systems, einem neuartigen CO₂-Insufflationssystem, im Vergleich zu einem konventionellen System auf die Lungenfunktion. Die Hypothese besagt, dass das AirSeal-System eine positive Wirkung auf die Lungenfunktion der operierten Patienten haben soll. Denn das System arbeite mit weniger Druck und benötige eine geringere Menge an CO₂ um ein Capnoperitoneum zu erzeugen und somit der Druck auf die Lunge geringer wäre. Wichtig für unsere Hypothesenüberprüfung war primär die FEV1, die FVC und der Quotient aus FVC und FEV1 eine Stunde postoperativ.

Die Patienten wurden zufällig der Studiengruppe bzw. der Kontrollgruppe zugeteilt. Die Gruppen zeigten keine Unterschiede in Bezug auf die Grunddaten, wie Alter, Größe und Gewicht. Die ASA-Klassifikation der beiden Gruppen war ebenfalls vergleichbar. Sowohl die Kontrollgruppe als auch die Studiengruppe zeigten keinen signifikanten Unterschied in Bezug auf die KH-Aufenthaltsstage ($p = 0,4934$), die OP-Dauer ($p = 0,6189$) und den Blutverlust ($p = 0,8217$). In keiner Gruppe war eine Bluttransfusion notwendig. Ebenfalls sehr vergleichbar in beiden Gruppen waren der intra- und postoperative Schmerzmittelverbrauch (Sufetanil $p = 0,5048$), die Flüssigkeitsgaben (HES $p = 0,8388$, Kristalloide $p = 0,6768$) und der Katecholaminbedarf (Noradrenalin $p = 0,4761$).

Die Studiengruppe zeigte einen deutlich höheren CO₂-Verbrauch als die Kontrollgruppe ($p = 0,0002$). Die Einzelwerte sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das AirSeal-System eine sichere Alternative zum bisherigen CO₂-Insufflationssystem ist, jedoch konnte eine bessere Lungenfunktion durch die Anwendung des AirSeal-Systems nicht belegt werden.

4.1 Beurteilung der Studienergebnisse und Vergleich mit vorhandener Literatur

Die Lungenfunktionswerte stellten sich nach der Operation im Vergleich zu den Ausgangsmessungen eingeschränkt dar. Primär bezugnehmend auf die FEV1 Werte kann gesagt werden, dass die postoperativen Werte verringert waren. Am 1. postoperativen Tag wurden in beiden Gruppen eine Senkung der FEV1 beobachtet; dies war bei der AWR-Messung ebenfalls noch zu sehen. Die Werte erholten sich bei Entlassung bzw. am fünften postoperativen Tag.

In der Kontrollgruppe wurde präoperativ ein FEV1-Mittelwert von $3,41 \pm 0,66$ gemessen, der im AWR auf $2,48 \pm 0,72$ absank. Dies ist ein prozentualer Abfall von ca. 27%. Die M8-Messung (24 Stunden nach der AWR-Messung) ergab einen Wert von $2,52 \pm 0,51$; verglichen mit der Ausgangsmessung (M1) entspricht es einer Abnahme um 26%. Die M9 zeigte wieder Werte, die dem Ausgangswert vergleichbar sind (95%).

In der Studiengruppe wurde präoperativ ein Mittelwert von $3,507 \pm 0,64$ festgestellt, der in der M7-Messung auf $2,55 \pm 0,64$ (prozentualer Abfall um 27%) und in der M8-Messung auf $2,41; 1,98/2,93$ absank. Dies entspricht einer Abnahme um 31%. Die Messung bei der Entlassung erholt sich wieder auf 94% des Ausgangswertes.

Als ein weiterer wichtiger Messparameter zur Lungenfunktionsdiagnostik wurde der FVC-Wert angegeben. Die Kontrollgruppe zeigte in der M1 einen Wert von $4,36 \pm 0,93$; eine Stunde postoperativ sanken die Werte auf $3,42 \pm 1,09$. Prozentual gesehen sind die Werte um 22% abgesunken. In der M8 sanken die Werte weiterhin in der Kontrollgruppe, nämlich um 28% ($3,15 \pm 0,71$). Die Entlassungswerte der Kontrollgruppe erholten sich um 95% wieder den M1-Werten ($4,14 \pm 0,83$).

Die Resultate der Studiengruppe ergaben ähnliche Werte wie die Kontrollgruppe. Verglichen mit der M1 ($4,26 \pm 0,77$) sanken die Werte im AWR um 23% (M7: $3,27 \pm 0,78$), 24 Stunden postoperativ um 33% (M8: $2,86; 2,39/3,47$). Genau wie die M9 der Kontrollgruppe erholten sich die Werte der Studiengruppe um 95%. Werden die M7- und M8-Werte mit dem M1-Wert verglichen, so zeigt sich, dass

die Werte postoperativ statistisch signifikant sinken und bei der letzten Messung sich wieder dem Ausgangswert ähneln.

Ebenfalls wurden die FEV1/FVC-Werte (angegeben in Prozent) untersucht (Tab. 4). Es wurden zu keinem Zeitpunkt eine statistische Signifikanz zur Ausgangsmessung (M1) festgestellt.

Die Beobachtungen, die sich im Laufe der Studie herausgestellt haben, lassen sich auch in der Literatur wiederfinden. Die postoperative Lungenfunktion ist ohnehin durch die Narkose und durch die kontrollierte Beatmung beeinträchtigt (46, 48, 49, 50). Lindberg *et al.* beschrieben 1992 eine Verringerung der Lungenfunktionswerte und eine Atelektasebildung in Zusammenhang mit der Narkoseführung. Es zeigten sich signifikante Zusammenhänge zwischen der atelektatischen Bereiche und der Beeinträchtigung der FVC, FEV1 und erniedrigter postoperativer p_aO_2 (47). Ebenfalls wird eine Beeinträchtigung der Lungenfunktion nach laparoskopischen Eingriffen von Joris *et al.* im Jahre 1997 beschrieben (53).

Hinzu kommt die Problematik des Capnoperitoneums und der Trendelenburglagerung und die damit verbundene durch die Verlagerung der Thoraxorgane nach kranial. Dies führt dazu, dass die Lungenfunktion zusätzlich beeinträchtigt wird. Es kommt zu Atelektasebildungen und der Anteil an Lunge, der nicht am Gasaustausch teilnimmt steigt. Dies ist Folge des erhöhten IAP nach CO_2 -Insufflation und Verlagerung der Organe nach kranial (22, 23, 52).

Martinez und Cruz beschreiben 2008 die Risiken der Atelektasenbildung als Folgen von Gasabsorption und Kompression der Lungen während laparoskopischer Eingriffe. Sie untersuchten verschiedene Strategien zur Verringerung bzw. Verhinderung von Atelektasen. Es können unterschiedliche Methoden angewendet werden, wie z.B. ein positiver endexpiratorischer Druck (PEEP) und eine Rekrutierung. Über eine druckkontrollierte Beatmung und Anpassung des PEEP wird versucht die Alveolen schonend zu öffnen. Somit werden pulmonale Komplikationen reduziert (51).

Bezugnehmend auf die Lungenfunktionswerte kann angenommen werden, dass eine laparoskopische Operation eine Herausforderung für die Anästhesisten ist. Die Narkoseführung sowie das Capnoperitoneum und die Trendelenburglagerung führen zu einer Lungenfunktionsbeeinträchtigung. Es konnte gezeigt wer-

den, dass Patienten, die sich einem laparoskopischen Eingriff unterziehen mussten, postoperativ dennoch eine bessere Lungenfunktion aufwiesen als Patienten, die laparotomiert wurden (10,11,12).

In früheren Studien werden die Vorteile der Laparoskopie denen eines offenen Verfahrens gegenübergestellt. So wird von Coskun *et al.* im März 2000 beim Vergleich von laparoskopisch durchgeführten Cholezystektomien und offen durchgeführten Cholezystektomie eine bessere Lungenfunktion und weniger Atelektasen beobachtet. Die Lungenfunktionswerte in beiden Gruppen waren am ersten postoperativen Tag gesunken. Nach Anfertigung von Lungenröntgentests wurden in der Gruppe der laparoskopischen Cholezystektomie wesentlich weniger Atelektasen beobachtet als in der laparotomischen Cholezystektomie (10).

Ähnliche Ergebnisse bzgl. der Lungenfunktionswerte werden durch Hasukic *et al.* beschrieben. Der Quotient FEV1/FVC lässt Rückschlüsse auf eine restriktive bzw. eine obstruktive Beeinträchtigung zu (niedrige FEV1/FVC zeigen eine obstruktive; gleichgroße bzw. erhöhte FEV1/FVC zeigen eine restriktive Beeinträchtigung) (11). So kann anhand der Lungenfunktionsmessung auf einer einfachen und nichtinvasiven Art und Weise Beeinträchtigungen der Lungenfunktion frühzeitig erkannt und gegebenenfalls entgegenwirkt werden.

Die genannten Studien belegen, dass die Vorteile einer Laparoskopie bezugnehmend auf die Lungenfunktion, Hospitalisationsdauer, Blutverlust, Schmerz und Schmerzmittelreduktion, schnellere Heilungsraten und Atelektasenbildung, überwiegen.

Obwohl die Laparoskopie als ein besseres Verfahren dargestellt wird, versuchen wir durch unsere Studie die Lungenfunktion durch den Einsatz des AirSeal-Systems noch mehr zu verbessern, um postoperative pulmonale Komplikationen und damit eventuell verbundene nötige Reintubation zu verhindern.

In der Zusammenfassung aller Messungen aus unserer Studie kann gesagt werden, dass zu keinem Zeitpunkt bezüglich der FEV1- und FVC-Werte zwischen der Kontroll- und Studiengruppe eine statistische Signifikanz gesehen wurde. Die Lungenfunktionswerte unterschieden sich bei der Verwendung des AirSeal-Systems im Vergleich zu den Werten bei der Verwendung des konventionellen CO₂-Systems nicht.

Eine vereinfachte Darstellung der FEV1-Ergebnisse sind der Abbildung 9 zu entnehmen. Hier werden die Zusammenhänge der Messzeitpunkte in den einzelnen Gruppen dargestellt. Die Messung eine Stunde postoperativ im Aufwachraum zeigte eine deutliche Verringerung der Werte im Vergleich zur präoperativen Messung. Dies war sowohl in der Kontrollgruppe als auch in der Studiengruppe zu beobachten. Jedoch war während dieses Messzeitpunktes zwischen den beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied zu beobachten ($p = 0,6366$). Die dritte Messung, war die Messung 24h nach AWR-Messung, die deutlich erniedrigt war im Gegensatz zur Ausgangsmessung; jedoch war hier ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen zu beobachten ($p = 0,3432$). Die letzte FEV1-Messung am fünften postoperativen Tag bzw. am Entlassungstag befand sich wieder auf dem Niveau der Ausgangsmessung.

Die Werte hatten sich also am fünften postoperativen Tag bzw. am Entlassungstag in beiden Gruppen gut erholt.

Interessanterweise wurde zwischen den beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied festgestellt.

Die Tabelle 4 beinhaltet die Ergebnisse der FVC-Werte und der FEV1/FVC. Die FVC-Werte ergeben zu keinem Zeitpunkt eine statistische Signifikanz zwischen den beiden Gruppen. Der p-Werte der M1 ist 0,5669; der p-Wert der M7 ist 0,4448. Beide Messergebnisse ergeben keine statistische Signifikanz zwischen den beiden Gruppen, jedoch weist die M7 eine statistische Signifikanz zur Ausgangsmessung (M1). Ebenfalls verhalten sich die M8 (p-Wert 0,1127) und M9 (p-Wert 0,6395). Keine Messung weist eine statistische Signifikanz zwischen den Gruppen auf. Hier ist aber die M9 weder in der Kontrollgruppe noch in der Studiengruppe verglichen mit der M1 statistisch signifikant.

Bezüglich der FEV1/FVC-Werte wurde in der M1 Messung zwischen den beiden Gruppen ein statistisch signifikanter Wert ($p = 0,0447$) erzielt. Da aber diese Messung präoperativ vorgenommen wurde und mit dem Einsatz des AirSeal-Systems keinen Zusammenhang hatte, kann diese statistische Signifikanz für einen möglichen Vorteil des AirSeals außer Acht gelassen werden. Da der Wert nur knapp signifikant ist, würde dies eventuell bei einer größeren Fallzahl nicht

zu erwarten sein. Die weiteren Messungen des Quotienten aus FEV1 und FVC ergaben keine statistische Signifikanz zwischen den beiden Gruppen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die FEV1- und die FVC-Werte 1h postoperativ und 24h nach AWR- Messung deutlich erniedrigt, jedoch in der Kontroll- und Studiengruppe gleich sind. Sie erholen sich bis zur Entlassung bzw. zum fünften postoperativen Tag auf die Ausgangswerte. Sowohl die FEV1 als auch die FVC sind eine Stunde postoperativ und 24 Stunden postoperativ innerhalb der Gruppen im Vergleich zur Ausgangsmessung signifikant erniedrigt jedoch in beiden Gruppen vergleichbar und erholen sich beim letzten Messzeitpunkt. Ebenfalls sind die FEV1/FVC-Werte vergleichbar.

Somit wird bewiesen, dass die Lungenfunktionen in der AirSeal-Gruppe mit denen des konventionellen CO₂-Systems vergleichbar sind.

Außer der Lungenfunktion werden die Beatmungsparameter, die bei der Narkoseführung, insbesondere bei der Laparoskopie wichtig sind, in beiden Gruppen beobachtet und verglichen. Der inspiatorische Spitzendruck (p_{insp}) wird nach der Beatmung gemessen. Dieser Parameter muss wegen des IAP erhöht werden, um das nötige Tidalvolumen applizieren zu können. Der p_{insp} soll so gering wie möglich gehalten werden, damit keine zu große Differenz zwischen der PEEP (positiver endexpiratorischer Druck) und der p_{insp} entsteht. Denn eine große Differenz, würde eine Schädigung der Lunge hervorrufen (55). In diesem Zusammenhang ist ebenfalls wichtig, für einen niedrigeren Tidalvolumen zu sorgen, um akute Lungenschädigungen vorzubeugen (54).

In Abbildung 13 wird graphisch dargestellt, wie der inspiratorische Druck nach Applikation des Capnoperitoneums und nach Trendelenburglagerung ansteigt. Bis die Patienten wieder in Rückenlage kommen, wird dieser Druck beibehalten. Tabelle 6 gibt einen Überblick über die einzelnen p_{insp} -Werte zu den verschiedenen Messzeitpunkten in beiden Gruppen. Die gemessenen Werte innerhalb beider Gruppen sind bei M4-M6 im Vergleich zur Ausgangsmessung M3 signifikant erhöht jedoch in beiden Gruppen, sodass diese Aussage mit dem Einsatz des AirSeal-Systems keinen Zusammenhang hat. Es ist kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und der Studiengruppe nachweisbar.

Erwähnenswert ist, dass der PEEP vor der Trendelenburglagerung bei 5 mbar lag und während der Trendelenburglagerung auf 10 mbar erhöht wurde. Durch die Erhöhung der PEEP von 5 auf 10 mbar steigt der Druck. Es erfolgte eine Reduktion der Atelektasen und eine Verbesserung des Gasaustausches. Dieses Vorgehen entspricht dem klinikinternen Vorgehen und der Klinikstandard. Es könnte diskutiert werden, ob durch einen höheren PEEP bessere Lungenfunktionen resultieren könnten, jedoch war dies nicht Schwerpunkt dieser Studie. Dies war nämlich der Vergleich des AirSeal-Systems mit dem konventionellen System. Sicherlich könnten in folgenden Studien der Einsatz des AirSeal-Systems mit höheren PEEPs untersucht werden und ein Vergleich aufgestellt werden, ob dadurch eine bessere Lungenfunktion erzielt werden würde.

Auf der Grundlage unserer Datenerhebung könnte über ein Rekrutierungsmanöver nachgedacht werden. Jedoch war dies nicht Gegenstand dieser Studie; Das Ziel war die Vergleichbarkeit beider Gruppen. Wir erzielten in beide Gruppen vergleichbar reduzierte Lungenfunktionswerte postoperativ. In einer weiterführenden Studie, die sich mit dem Einfluss von Beatmungseinstellungen auf die Lungenfunktion befasst, könnte in der Planung über den Einsatz von Rekrutierungsmanövern nachgedacht werden.

Es kann daraus geschlossen werden, dass das AirSeal-System auf eine Reduktion der p_{insp} keinen positiven Einfluss hat.

Das AirSeal-System besagt, dass für die Erzeugung eines Capnoperitoneums weniger Druck notwendig sei. An dieser Stelle ist erwähnenswert, dass eine Reduktion des IAP nicht bestätigt wird, obwohl das AirSeal-System dies durch die neue Technologie wohl verspricht.

Ein weiterer wichtiger Parameter ist die Compliance. Die Compliance der Lunge beschreibt die Dehnbarkeit bzw. die Elastizität des Lungengewebes. Dieser Beatmungsparameter ändert sich gegensätzlich zum inspiratorischen Druck (p_{insp}). Bei der M3 Messung (Messung direkt nach Narkoseeinleitung) ergibt die Lungencompliance bessere Werte, der p_{insp} im Gegensatz dazu ist niedrig. Sobald die Patienten in die Trendelenburglagerung kommen, sinkt die Lungencompliance da alle Organe auf die Lunge drücken und es muss durch eine Erhöhung der p_{insp} dagegen gearbeitet werden. Am Ende der OP, wenn die Patienten wieder in Rückenlage gebracht werden, erhöht sich die Compliance und der

p_{insp} verringert sich. Jedoch entspricht dieser Wert der Compliance nicht dem Ausgangswert; sodass zwar von einer gewissen, jedoch nicht von einer kompletten Erholung der Lungencompliance gesprochen werden kann.

Ähnliche Untersuchungen wurden durch Kalmer AF *et al.* durchgeführt; er zeigte, dass während der Trendelenburglagerung die Compliance halbiert wurde und sich nach Aufhebung der Lagerung nur unvollständig normalisierte (34). Grabowski und Talamini beschrieben 2009 ebenfalls derartige Lungenfunktionsveränderungen (58).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass während einer Laparoskopie die Compliance der Lunge abnimmt (26, 34, 58). Demzufolge steigen die Scherkräfte auf die Alveolen und somit auch die Wahrscheinlichkeit eines ventilatorinduzierten Lungenschadens.

In unserer Studie wurde ebenfalls eine statistisch signifikante Erniedrigung der Compliance während der Trendelenburglagerung (M4-M6, außer der Studiengruppe bei M6) im Vergleich zur Ausgangsmessung (M3) festgestellt. Jedoch ergeben sich während keines Zeitpunktes eine statistische Signifikanz zwischen der Kontroll- und der Studiengruppe.

Das laparoskopische Vorgehen erfordert zur Erzeugung eines Capnoperitoneums die Applikation von CO_2 -Gas in den Bauchraum, das auch wieder eliminiert werden muss. Dazu muss das AMV angehoben werden. Da das Studienprotokoll lungenschonendes Tidalvolumen von 7ml/kg KG vorsieht, wird die Erhöhung des AMV durch das Anheben des AF reguliert. Die M4- und M5-Messungen zeigen eine Steigerung der AMV und der Atemfrequenz zugleich. Ein erhöhtes AMV nach der Beendigung des Capnoperitoneums (M6), nach dem die Patienten sich wieder in Rückenlage befanden, erklärt sich dadurch, dass das CO_2 -Gas im Abdomen nicht komplett eliminiert wurde. Bei der M6 sind die Patienten noch beatmet und das Tidalvolumen ist festgelegt, daher wird die Atemfrequenz erhöht und somit wird das AMV gesteigert.

Tabelle 5 gibt die gemessenen AF Werte unter Spontanatmung bzw. maschineller Beatmung wieder. Nach der Narkoseeinleitung (M3) sinken die AF-Werte im Gegensatz zu den präoperativ erhobenen Werten (M1). Die M4-M6 zeigen im Vergleich zur M3 statistisch höhere Werte. Dies wird intraoperativ seitens der Anästhesie mit dem Atemzugvolumen reguliert. Die M7-Messung (eine

Stunde postoperativ) zeigt in beide Gruppen niedrigere AF-Werte. Dies kann ein Ausdruck dafür sein, dass die Patienten noch unter Narkose- und Opioidenfluss sehr müde sind. Jedoch sind alle Patienten postoperativ in der Lage, die Durchführung der Lungenfunktion vollständig nachzuvollziehen und die Untersuchung aktiv und selbständig durchzuführen. Die Opioide haben zwar einen Einfluss auf die Ruheatmung, aber die Patientenmitarbeit ist dadurch nicht beeinträchtigt, da die Lungenfunktionsmessungen nicht beeinträchtigt sind. Für die postoperative Lungenfunktionsmessung ist viel wichtiger, dass die Schmerzen reduziert sind. Die Patienten erhielten bei der M7 bei einer Schmerzangabe von drei und mehr, Schmerzmittel und die Messung wurde dann vorgenommen, wenn die Schmerzen unter drei angegeben wurden. Bei keinem der Patienten kam es dadurch zu einem Zeitverzug von über einer Stunde.

Die AF-Werte steigen in beiden Gruppen am ersten postoperativen Tag (M8) an und bleiben am fünften postoperativen Tag (Entlassung) (M9) wie die Ausgangswerte. Vermutlich liegt es daran, dass postoperativ mehr Schmerzmittel verabreicht werden, daher statistisch signifikantes Absinken bei der (M7).

Zwischen den untersuchten Gruppen lässt sich zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied feststellen.

Die gemessenen AMV-Werte verhalten sich zu allen Messzeitpunkten zwischen den einzelnen Gruppen so, dass es sich keinen signifikanten Unterschied ergibt. Dahingegen stellen die CO₂-Aufnahmen zwischen den beiden Gruppen einen deutlichen signifikanten Unterschied dar. Der CO₂-Verbrauch in der Studiengruppe ist mit einem Mittelwert von 749,7± 270,4l und in der Kontrollgruppe mit einem Medianwert von 496,5; 398,0/ 618,0 (25./75. Perzentil) dargestellt. Dies ergibt einen p-Wert von **0,0002**; somit einen „hoch“ signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Damit lässt sich belegen, dass mit dem AirSeal-System ein höherer CO₂- Verbrauch verbunden ist als mit dem konventionellen CO₂-System. Der hohe Verbrauch liegt am AirSeal-System um den Ventilmechanismus aufzubauen, denn die Beatmungsparameter, wie das AMV, sind in beiden Gruppen vergleichbar und nicht wie der CO₂-Verbrauch in der Studiengruppe erhöht; Denn sonst müsste den Patienten durch eine zu intensive Beatmung ein Lungenschaden zugefügt werden.

Im Hinblick insbesondere auf die postoperative Atemarbeit sind beide Systeme vergleichbar. Im Gegenteil ist in der Studiengruppe, wie oben angegeben, der Verbrauch an CO₂ erhöht. Dies kann daran liegen, dass das AirSeal-System zwar mit weniger Druck arbeitet. Das System dichtet mit dem CO₂-Fluss den Trokar ab. Das Gas wird über die ganze OP- Dauer abgesaugt und daher benötigt das System mehr CO₂-Gas um funktionieren zu können. Eine Erklärung des vermehrten CO₂- Verbrauchs könnte die ständige Filtrierung und Evakuierung des Gases zur besseren Sicht während der OP sein. Ein Großteil an CO₂ wird für das besondere Betreiben des AirSeal-Systems verbraucht.

Das Verhältnis zwischen dem arteriellen Sauerstoffpartialdruck, gemessen in mmHg (p_aO_2), und der inspiratorischen Sauerstofffraktion (F) wird als P/F-Quotient bezeichnet. Anhand von Blutgasanalysen (BGA) wird jeweils zu den einzelnen Messzeitpunkten M3 bis M7 (siehe Tabelle 9) der Oxygenierungsindex im arteriellen Blut bestimmt. Dieser Index lässt über die Entwicklung der Atelektasen während der Operation Rückschlüsse zu. Strandberg, Tokics *et al.* zeigen, dass atelektatische Lungenarale sich nicht am Gasaustausch beteiligen und somit sinkt der Oxygenierungsindex (59). Ebenfalls in unserer Studie werden die bei der M4-M7 gemessenen Werte im Vergleich zur M3-Werte als statistisch signifikant erniedrigt dargestellt. Dieser Sachverhalt erklärt, dass der Gasaustausch abnimmt und somit werden schlechtere Lungenfunktionsparameter gemessen. Jedoch sind die Messergebnisse in beiden Gruppen vergleichbar. Zu keiner Zeit wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt

Somit kann daraus geschlossen werden, dass die Operation in Kopftieflage und die Anästhesie mit erhöhtem IAP zu Atelektasen führen und sich damit der Gasaustausch, respektive die Oxygenierungsleistung der Lunge verschlechtert.

In dieser Studie ist unser Hauptaugenmerk der Vergleich beider CO₂-Insufflationssysteme. Deshalb wurde der PEEP zur Vergleichbarkeit der Gruppen während der Trendelenburglage durchgehend bei 10 mbar gehalten. Wie bereits oben beschrieben, ist die Druckdifferenz zwischen der p_{insp} und PEEP gering zu halten. Höhere PEEP oder das Recruitment-Manöver, wie Cinnella, G. *et al.* beschreiben, könnte eine Beeinträchtigung der Lunge verhindern (60). Ebenfalls beschreibt Slutsky eine Wirkung der Erhöhung des PEEP von 0 auf

15 cm H₂O und somit eine Rekrutierung der atelektatischen Areale bei Rattlungen. Eine Entfaltung der Lungen nach 5 Atemzügen ist nach einer Erhöhung des PEEP auf 15 cm H₂O zu beobachten (50). Wir haben uns jedoch an den Klinikstandard gehalten (PEEP von 10 mbar).

In einer anderen Arbeit von Defresne *et al.* über Magen-Bypass-Laparoskopien übergewichtiger Patienten konnte durch das Rekrutment-Manöver und erhöhtem PEEP keine Verbesserung der Lungenfunktion bzw. der arteriellen Sauerstoffversorgung festgestellt werden (63). Jüngste Studien deuten darauf hin, dass intraoperative Beatmungsstrategien in der Lage sind, postoperative pulmonale Komplikationen zu reduzieren. T. Kiss *et al.* beschreiben, dass bei normalgewichtigen Patienten, welche sich einem offenen abdominalchirurgischen Eingriff unterziehen, die Anwendung von hohem PEEP (12 cm H₂O) und Rekrutierungsmanövern mit einer besseren intraoperativen Lungenfunktion assoziiert sind, jedoch führt diese Strategie zu intraoperativer Kreislaufdepression und schützt nicht vor postoperativen pulmonalen Komplikationen (66). Hee Jong Lee *et al.* untersuchten den optimalen PEEP während der roboterassistierten laparoskopischen Prostatektomie; ein PEEP von 7 mbar wurde als optimal empfohlen. Dieser PEEP zeigte eine gute Oxygenierung ohne übermäßigen Beatmungsdruck oder Veränderung der hämodynamischen Parameter während eines längeren laparoskopischen Verfahrens mit Pneumoperitonum (61).

Jedoch können wir anhand unserer Ergebnisse zu dem Schluss kommen, dass bei einem PEEP von 10 mbar die Beatmungsparameter am besten erzielt werden und somit diese Aussage eher nicht ganz zu trifft. Denn wie aus den Ergebnissen zu sehen ist, sind zwar die Parameter nach der Operation beeinträchtigt, jedoch erholen sie sich bis zum fünften postoperativen Tag (Entlassung) auf die Ausgangswerte und zwar in der Kontroll- und Studiengruppe vergleichbar.

Der Vergleich beider Gruppenergebnisse lässt darauf schließen, dass das Air-Seal-System, trotz eines konstanteren Druckes auf die Belüftung der Lunge bzw. auf die Lungenfunktion keine positive Wirkung hat.

4.2 Methodendiskussion

Die Studie wurde mit 100 männlichen Patienten mit einem Durchschnittsalter von 62 Jahren durchgeführt. Wir teilten sie in zwei Gruppen zu je 50 Patienten auf. Es handelte sich um gesunde Patienten. Die Zugehörigkeit der ASA-Klassifikation wurde weiter oben erwähnt.

Dieser Vergleich zwischen dem konventionellem CO₂-System und dem AirSeal-System könnte zusätzlich auch mit Patienten durchgeführt werden, die z.B. eine COPD oder eine Asthma-Erkrankung haben. Vermutlich würden dann mögliche Vorteile des AirSeal-Systems entdeckt werden.

Außerdem sind in dieser Studie nur männliche Patienten eingeschlossen.

Sicherlich wäre es denkbar das AirSeal-System bei Operationsverfahren einzusetzen, die laparoskopisch ablaufen und in Trendelenburglage durchgeführt werden, wie z.B. bei Rektumoperationen, denn dann könnten sowohl männliche als auch weibliche Patienten untersucht werden.

Damit möchte ich bemerken, dass die Beschränkung auf nur männliche Patienten im Hinblick auf die Verallgemeinerung der Daten nicht ideal ist. Jedoch wurde dies zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit akzeptiert.

Ebenfalls ist zu überdenken, ob es sinnvoll ist, Patienten bereits 1h nach der Operation zu untersuchen.

Die verminderte Vigilanz und Mitarbeit der Patienten sowie die postoperativen Schmerzen können das Testergebnis beeinträchtigen.

Alle Patienten hatten postoperativ eine ausreichende Vigilanz zu den eigenen Bedürfnissen, wie postoperative Mitarbeit, noch bestehende Einwilligung und Schmerzen, Stellung zu nehmen. Alle Patienten waren in der Lage, das Spirometer selbst in die Hand zu nehmen und die Durchführungsschritte der Messung, die erneut erklärt wurden, selbständig umzusetzen.

Um die Beeinflussung der Messwerte durch operationsbedingte Schmerzen zu minimieren, wurden vor jeder Messung die Schmerzangaben der Patienten ermittelt.

Bei Schmerzangaben >3 wurde den Patienten 7,5 mg Piritramid verabreicht und die Messung um 30 Minuten verschoben. Die Messung fand nur dann statt, wenn die Patienten Schmerzen von 3 oder weniger angaben.

Daher kann schon von einer Zuverlässigkeit und einer Vergleichbarkeit der Testergebnisse gesprochen werden.

Bei der RALP spielt die Erfahrung des Chirurgen, die das Verfahren sehr beeinflusst, eine große Rolle (64). Dies betrifft unter anderem die OP-Dauer, die Durchführung der OP, den Blutverlust und viele weitere Faktoren.

Um den Einfluss von unterschiedlichen Chirurgen auf das Ergebnis gering zu halten, operierten nur vier sehr erfahrene Operateure. Außerdem wurden die Patienten erst am Morgen des OP-Tages in Kontroll- und Studiengruppen aufgeteilt; unabhängig von den Operateuren.

Silberstein *et al.* beschreiben, dass die onkologischen Ergebnisse zwischen einer RALP und einer offenen radikalen Prostatektomie ähnliche Werte liefern; wichtiger ist die Erfahrung des Chirurgen (64).

Alle spirometrischen Messungen wurden mit demselben Gerät durchgeführt. Dies ermöglicht eine Vergleichbarkeit der Werte. Liistro *et al.* beschreiben 2006 die technischen Eigenschaften und die Benutzerfreundlichkeit von 10 Spirometern für den Einsatz in der allgemeinen Praxis. Die Ergebnisse werden mit Standard-Diagnose-Spirometern verglichen (45). Das Spirobank G[®], womit wir unsere Messungen durchgeführt haben, gehört zu den zehn oben genannten Geräten.

Wir haben in unserer Studie Patienten eingeschlossen, die keine Lungenerkrankungen aufweisen. Für folgende Studien wäre es sinnvoll, noch weitere Patientenkollektive, die z.B. eine Lungenerkrankung, wie Pneumonie, Asthma oder eine COPD aufweisen, zu untersuchen. Die einzelnen Patientengruppen könnten zum Vergleich des AirSeal-Systems mit dem konventionellen System untersucht werden um eventuell bessere Lungenfunktionen bei der AirSeal-Gruppe darstellen zu können.

Außerdem könnte das Rekrutierungsmanöver eingesetzt werden, d.h. durch einen erhöhten Druckaufbau könnten verschlossene Lungenareale geöffnet

werden und anschließend durch einen ausreichend positiven PEEP offengehalten werden.

4.3 Schlussfolgerung

Die beiden randomisierten Studiengruppen wurden zu den verschiedenen Zeiten, präoperativ und zu den o.g. postoperativen Zeitpunkten, untersucht.

Die Grunddaten, wie z.B. das Alter, Krankenhausverweildauer, Schmerzmittelverbrauch etc. waren in beiden Gruppen nahezu identisch.

In beiden Gruppen war es möglich, die geplante Operation, bis auf in zwei Fällen – bei einem Patienten aus der Kontrollgruppe und einem Patienten aus der Studiengruppe wurde von der RALP in die offene retropubische Prostatektomie übergegangen – komplikationslos durchzuführen. Auch die Beatmung mit der vorgegebenen Einstellung und dem PEEP von 5 mbar (10 mbar in der Trendelenburglage) war gut möglich.

Anhand dieser Studie können wir belegen, dass sowohl mit dem konventionellen als auch dem AirSeal-System eine sichere Durchführung der OPs möglich ist und ein möglicher Vorteil des AirSeal-Systems in Bezug auf die postoperative Lungenfunktion nicht zu evaluieren ist.

Der Quotient aus FEV1 und FVC ergibt präoperativ (M1) $p = 0,0447$. Da aber dieser Wert präoperativ erzielt wurde, kann diese Messung nicht zum Vergleich beider Systeme verwertet werden. Außerdem waren alle anderen Werte in beiden Gruppen vergleichbar. Sowohl die Lungenfunktionswerte als auch die Beatmungsparameter verhielten sich in beiden Gruppen identisch. Die Werte, die postoperativ gemessen wurden, zeigten eine Beeinträchtigung der Lungen im Vergleich zur Ausgangsmessung. Dies wurde statistisch als signifikant ausgewertet. Da die Lungenfunktionswerte am fünften postoperativen Tag bzw. am Entlassungstag in beiden Gruppen wieder den Ausgangswerten entsprachen, kann nicht von einem dauerhaften positiven Effekt des AirSeal-Systems gesprochen werden.

Die in unserer Studie präoperativ gemessenen Werte in Bezug auf die Lungenvolumina entsprechen im Mittel den Sollwerten (41). Dies besagt, dass wir bei

allen Patienten eine normwertige Lungenfunktion erzielen konnten und somit von gesunden Lungenvolumina ausgegangen sind.

5 Zusammenfassung

In dieser prospektiven, randomisierten Studie wurde der Einfluss des AirSeal-Systems (ein neuartiges CO₂-Insufflationssystem) auf die perioperative Lungenfunktion bei 100 männlichen Patienten, die sich einer roboterassistierten laparoskopischen Prostatektomie unterziehen mussten, untersucht. Bei 50 der Patienten kam in der Kontrollgruppe ein konventionelles, bei den 50 Patienten in der Studiengruppe das AirSeal-System zum Einsatz.

Die postoperativ gemessenen Lungenfunktionswerte (forcierte Einsekundenkapazität, forcierte Vitalkapazität und der Quotient aus beiden) waren eine Stunde nach OP-Ende deutlich eingeschränkt. Diese Reduktion der Lungenfunktion war noch für weitere 24 Stunden messbar. Zu keinem der Messzeitpunkte konnte eine verbesserte Lungenfunktion bei den Patienten der Studiengruppe im Vergleich zu den Teilnehmern der Kontrollgruppe nachgewiesen werden. Die FEV₁/FVC-Werte, präoperativ gemessen, zeigten sogar zwischen den beiden Gruppen eine statistische Signifikanz – die Teilnehmer der Studiengruppe erzielten bessere Werte als die der Kontrollgruppe. Dieser Effekt war allerdings zum Zeitpunkt der weiteren Messzeitpunkte nicht mehr nachweisbar. Die Lungenfunktion aller Teilnehmer entsprach zum Zeitpunkt der Entlassung den präoperativ gemessenen Werten. Außerdem handelt es sich bei der Messung um präoperativ erzielte Werte, die keine Aussage zwischen den beiden Systemen zulassen.

Auch bei der Betrachtung der intraoperativ erhobenen Werte wie Beatmungsdruck, Atemfrequenz, Atemminutenvolumen, Lungencompliance und der P/F-Quotient konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden untersuchten Gruppen festgestellt werden.

Das AirSeal-System ist bei kardiopulmonal gesunden Patienten, bei denen eine RALP durchgeführt wird, verglichen mit einem konventionellen CO₂-Insufflationssystem im Hinblick auf die Lungenfunktion als gleichwertig anzusehen.

Summary

In this prospective and randomized study the effect of the AirSeal system (a new type of CO₂ insufflation system) on the perioperative pulmonary function in 100 male patients who underwent a robot-assisted laparoscopic prostatectomy was investigated. While 50 patients were allocated randomly into the control group (conventional perturbation system), the other 50 were treated with the AirSeal system (study group).

To assess the pulmonary function we carried out lung function tests at different perioperative time points. The one second forced expiratory volume (FEV₁), the forced vital capacity (FVC) and the ratio of both were measured. The pulmonary function was clearly limited one hour after surgery in both groups. After 24 hours values were still reduced. An improved pulmonary function could not be evidenced at any point of measurement in the study group compared to the control group perioperative. FEV₁/FVC values measured the day before surgery were statistically better in the study than in the control group. This effect however was unverifiable at other points of measurement. The pulmonary function values of all participants at hospital discharge were in compliance with the preoperatively measured values. Besides, the values were preoperatively measured and do not provide a statement between both systems.

The observation of the intraoperative collected values such as respiration pressure, respiratory rate, respiratory minute volume, pulmonary compliance and the ratio between inspiratory oxygen concentration and arterial oxygen partial pressure were not found to show statistical significance between both examined groups.

The AirSeal system compared to a conventional CO₂ insufflation system is to be considered equivalent with focus on the pulmonary function of cardiopulmonary healthy patients who underwent a robot-assisted laparoscopic prostatectomy

Abkürzungsverzeichnis

3D	dreidimensional
AF	Atemfrequenz
AMV	Atemminutenvolumen
ANOVA	Analysis of Variance
ASA	American Society of Anesthesiologists
AWR	Aufwachraum
BGA	Blutgasanalyse
BMI	Body Mass Index
BTPS	body temperature, pressure, saturated
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlendioxid
Comp	Compliance
EKG	Elektrokardiografie
F	Sauerstofffraktion
FEV1	Einsekundenkapazität
FRC	Funktionelle Residualkapazität
FVC	Forcierte Vitalkapazität
H ₂ O	Wasser
HES	Hydroxyethylstärke
HF	Herzfrequenz
HZV	Herz-Zeit-Volumen
IAP	Intraabdomineller Druck
Kg	Kilogramm

KG	Körpergewicht
KGr	Kontrollgruppe
l	Liter
mg	Milligramm
ml	Milliliter
NRS	Nummerische Rating Scala
OI	Oxygenierungsindex
OP	Operation
p_aO_2	arterieller Sauerstoff-Partialdruck
pCO_2	Kohlenstoffdioxid-Partialdruck
$p_{et}CO_2$	endtidaler Kohlenstoffdioxid-Partialdruck
PEEP	Positiver endexpiratorischer Druck
p_{insp}	inspiratorischer Druck
Prostata-CA	Prostatacarcinom
RALP	Roboterassistierte laparoskopische Prostatek- tomie
SGr	Studiengruppe
s_pO_2	pulsoxymetrisch-gemessene Sauerstoffsätti- gung
VT	Ruheatemzugvolumen
μg	Mikrogramm
ZVD	Zentraler Venendruck

Literaturverzeichnis

1. Robert Koch Institut (RKI), Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland (GEKID), Krebs in Deutschland 2003-2004, Häufigkeiten und Trends. 6th ed. Berlin: RKI; 2008
2. Urologie Hautmann, 4. Auflage 2010, S.239
3. Audebert AJ, Gomel V (2000) Role of microlaparoscopy in the diagnosis of peritoneal and visceral adhesions and in the prevention of bowel injury associated with blind trocar insertion, Fertil Steril 73: 631-635
4. Lundorff P., Hahlin M., Kallfelt B et al. (1991) Adhesion formation after laparoscopic surgery in tubal pregnancy: a randomized trial vs laparotomy, Fertil Steril 55: 911-915
5. Miligos S., Kallipolitis G., Loutradis D et al. (2000), Adhesions; Laparoscopic surgery vs. Laparotomy, Ann NYA cad Sci 900: 272-285
6. Polymeneas G., Theodosopoulos T., Stamatial A., Kourias E. (2001) A comparative study of postoperative adhesion formation after laparoscopic vs. Open cholecystectomy, Surg Endosc 15: 41-43
7. Braga M., Glanottil, Vignali A, Carlo VD (2002). Preoperative oral arginine and n-3 fatty acid supplementation improves immunometabolic host response and outcomes after colorectale resection for cancer, surgery 132: 805- 814

8. Burpee S. E., Kurian M., Murakame Y. et al (2002), The metabolic and immuneresponseto laparoscopic vs open lever resection, Surg Endoscop 16: 899-904
9. Kristiansson M. Saraste L., Soop M. et al. (1999). Diminished interleukin 6 and c- reactive protein responses to laparoscopic vs open cholecystectomy for cancer. Surg Endosc 9: 1101- 1105
10. Coskun I.1, Hatipoglu AR, Topaloglu A, Yoruk Y, Yalcinkaya S, Caglar T. Laparoscopic versus open cholecystectomy: effect on pulmonary function tests, Hepatogastroenterology, 2000 Mar-Apr;47(32):341-2
11. Hasukić S1, Mesić D, Dizdarević E, Keser D, Hadziselimović S, Bazardzanović M., Pulmonary function after laparoscopic and open cholecystectomy, Surg Endosc. 2002 Jan;16(1):163-5. Epub 2001 Oct 19
12. Hendolin HI1, Paakonen ME, Alhava EM, Tarvainen R, Kemppinen T, Lahtinen P. Laparoscopic or open cholecystectomy: a prospective randomised trial to compare postoperative pain, pulmonary function, and stress response. Eur J Surg. 2000 May;166(5):394-399
13. Olsén MF1, Josefson K, Dalenbäck J, Lundell L, Lönroth H. Respiratory function after laparoscopic and open fundoplication, Eur JSurg, 1997 Sep;163(9):667-672
14. Law W. L., Lee Y. M., Choi H. K. et al. (2006) Laparoscopic and open anterior resection for upper and midrectal cancer; an evaluation of outcomes. Dis Colon Rec 49: 1108-1115

15. Mc Ginn F.P., Miles A.J.G., Uglow M., Ozmen M. (1995) Randomized trial of laparoscopic cholecystectomy and mini- cholecystectomy. Br J Surg 82: 1374-1377
16. Bolenz C., Gupta A., Hotze T. et al. (2010) Cost comparison of robotic, laparoscopic, and open radical prostatectomy for prostate cancer. Eur Urol 57: 453-458
17. Sharma K.C., Brandstetter R. D., Bresilven J. M. et al. (1996) Cardiopulmonary physiology and pathophysiology a consequence of laparoscopic surgery. Chest 110: 810-815
18. Gerges F. J., Kanazi G. E., Jabor- Khory S.I. (2006). Anesthesia for laparoscopy; a review. J Clin Anesth 18: 67-78
19. A. Vogt, B. Eberle, Pathophysiologie des Kapnoperitoneums (Mai2009)
20. T. Kiss, T. Bluth, A. helles, Anästhesie bei endourologischen und roboterassistierten Eingriffen, Aug. 2012.
21. Hildebrand P1, Roblick UJ, Keller R, Kleemann M, Mirow L, Bruch HP, [What is the value of minimizing access trauma for patients?]. Chirurg. 2007 Jun;78(6):494, 496-500
22. Dorrington K. L., Talbot N. P., Human pulmonary vascular responses to hypoxia and hypercapnia. Pflugers Arch 2004; 449: 1-15

23. Lumb A. B., nunn J.F. Respiratory function and ribcage contribution to ventilation in bodypositions commonly used during anaesthesia. *Anesthesia and Analgesia* 1991; 73: 422-426
24. Pinsky M.R (2005) Cardiovascular issues in respiratory care. *Chest* 128: 5925- 5975
25. Luecke T., Pelosi P., Quintel M (2007). Haemodynamic effects of mechanical ventilation. *Anaesthesist* 56: 1242- 1251
26. R. Hömme, Anaesthesie bei laparoskopischen Eingriffen, Feb.2011
27. Kim J.Y., Shin C.S., Kim H.S. et al (2010). Positive end- expiratory pressure in pressure- controlled ventilation improves ventilatory and oxygen parameters during laparoscopic cholecystectomy, *Surg Endosc* 24: 1099- 1103
28. Andre´Börgers, Violeta Brunkhorst, Harald Groeben, Anesthesia for urological surgery, *Anesthesia for robotic assisted prostatectomies* (2013)
29. Gainsburg D.M. Anesthetic concerns for robotic- assisted laparoscopic radical prostatectomy, *Minerva Anesthesiol.* 2012; 78: 596- 604
30. Gaylon S.W., Richards K.A., Pettus J.A., Bodin S.G. Three- limb Compartment syndrome and rhabdomyolysis after robotic cystoprostatectomy, *J Clin. Anesth* 2011; 23: 75- 78
31. Rao m.M., Jayne D. Lower limb compartment syndrome following laparoscopic colorectal surgery: a review *colorectal Dis.* 2011; 13: 494- 499

32. © Leitlinienprogramm Onkologie | S3-Leitlinie Prostatakarzinom | Version 2.0, 1. Aktualisierung 2011

33. M. Stöckle und S. Siemer, Der Urologe, Organ der deutschen Gesellschaft für Urologie Organ des Berufsverbandes der Deutschen Urologie (2008, 10. 1007/s 00120- 008-1654-0)

34. Kalmar AF, Foubert L, Hendrickx JFA et al. Influence of steep Trendelenburg position and CO2 pneumoperitoneum on cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory homeostasis during robotic prostatectomy. Br J Anaesth 2010; 104: 433-439

35. Awad H, Santilli S, Ohr M et al. The effects of steep Trendelenburg positioning on intraocular pressure during robotic radical prostatectomy. Anesth Analg 2009; 109: 473-478

36. Park EY, Koo BN, Min KT, Nam HS. The effect of pneumoperitoneum in the steep Trendelenburg position on cerebral oxygenation. Acta Anaesthesiol Scand 2009; 53: 895-8)

37. Lee LA. Visual loss, venous congestion and robotic prostatectomies. ASA Newsletter 2011; 75: 26-27

38. Schuessler W, Schulam P, Clayman R. Laparoscopic radical prostatectomy: initial short-term experience. Urology 1997; 50: 854-857

39. Billroth T. Chirurgische Erfahrungen Zürich 1860–1867. Langenbeck`s Arch Klin Chir 1870; 10: 548-554

40. Striebel, Auflage 8, Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin. Für Studium und Ausbildung (S.1 allgemeiner Teil). Schattauer
41. C.-P. Crie, D. Berdel, D. Heise, P. Kardos, D. Köhler, P., Leupold, W., Magnussen, H., Marek, W., Merget, R., Mitfessel, H., Rolke, M., Sorichter, S., Worth, H., H., Wuthe, H., Empfehlungen der deutschen Atemwegsliga zur Spirometrie. 2006, 1-17
42. Pierce, R., Spirometry: an essential clinical measurement. Aust Fam Physician 2005, 34: 535-539
43. Dissertation Samrau A. M. 2012, Zentrum für Anästhesiologie und Intensivmedizin Hamburg Eppendorf, Prof. Dr. Goetz
44. M. Friedrich, T. Steiner, G. Popken, Rage against the Machine- Necessity of Robotic Assisted Prostatektomie, Aktuel Urologie 2013;44(02): 129-136
45. Liistro, G., Vanwelde, C., Vincker, W., Vandevoorde, J., Verleeden, G., Bufeels, J., Technical and Functional Assesment of 10 Office Spirometers: A multi-center Comparative Study. Chest 2006, 130: 657-665
46. Alexander, J.I., Spence, A.A., Parikh, R.K., Stuart, B. The role of Airway Closure in postoperative Hypoxemia. Bj Anaesth 1973, 45/1: 34-40
47. Lindber, P., Gunnarsson, L., Tokics, L., Secher, E., Lundquist, H., Brismar, B., Hedenstierna, G., Atectasis and lung function in the post operative period. Acta anaesthesiol Scand 1992, 36/6: 546-553
48. Meyers, J., Lembeck, L., O'Khane, H., Baue, A.E., Changes in functional residual capacity of the lung after operation. Arch Surg 1975, 110/5: 576-583

49. Natalini, G., Franceschetti, M.E., Pletti, C., Recupero, D., Lanza, G., Bernardini, A., Impact of laryngeal mask airway and tracheal tube on pulmonary function during the early postoperative period. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002, 46: 525-528
50. Slutsky, A.S., Ventilator- Induced Lung Injury: From Barotrauma to Biotrauma. *Resp Care* 2005, 50/5: 646-659
51. Martinez, G., Cruz, P., Atelectasis in general anesthesia and alveolar recruitment strategies; *Anaesthesiol*, 2008 Oct;55(8):493-503
52. Andersson, L.E., Baath, M., Thörne, A., Aspelin, P., Odeberg- Wernerman, S., Effect of carbon dioxide pneumoperitoneum on development of atelectasis during anesthesia, examined by spiral computed tomography, *Anesthesiology* 2005, 102(2): 293-299
53. Joris, J., Kaba, A., Lamy, M., (1997). Postoperative spirometry after laparoscopy for lower abdominal or upper abdominal surgical procedures, *Br J Anaesth* 79(4): 422-426
54. Schultz MJ¹, Haitsma JJ, Slutsky AS, Gajic O. What tidal volumes should be used in patients without acute lung injury *Anesthesiology*, 2007 Jun;106(6):1226-31
55. Gajic O¹, Dara SI, Mendez JL, Adesanya AO, Festic E, Caples SM, Rana R, St Sauver JL, Lymp JF, Afessa B, Hubmayr RD; Ventilator-associated lung injury in patients without acute lung injury at the onset of mechanical ventilation, *Crit Care Med*. 2004 Sep;32(9):1817-24

56. Jeong OI, Ryu SY, Park YK. The value of preoperative lung spirometry test for predicting the operative risk in patients undergoing gastric cancer surgery. *J Korean Surg Soc.* 2013 Jan;84(1):18-26. doi: 10.4174/jkss.2013.84.1.18. Epub 2012 Dec 26
57. Smetana GW. Preoperative pulmonary assessment of the older adult, *Clin Geriatr Med.* 2003 Feb;19(1):35-55
58. Grabowski JE1, Talamini MA. Physiological effects of pneumoperitoneum *J Gastrointest Surg.* 2009 May;13(5):1009-16. doi: 10.1007/s11605-008-0662-0. Epub 2008 Sep 3
59. Strandberg, A., et al. (1986); "Atelectasis during anaesthesia and in the postoperative period. "Acta Anesthesiol Scand 30(2): 154-158
60. Cinnella, G., et al. (2013). "Effects of recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure on respiratory mechanics and transpulmonary pressure during laparoscopic surgery."Anesthesiology 118(1): 114-122
61. Hee Jong Lee, Kyo Sang Kim, Ji Seon Jeong, Jae Chul Shim, Eun Sun Cho. Optimal positive end-expiratory pressure during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *Korean J Anesthesiol.* 2013 Sep: 65(3): 244-250
62. Sharma, N.L., et al. (2009). „Robotic-assisted laparoscopic prostatectomy“ *Br J Cancer* 101(9): 1491-1496
63. A.A. Defrene et al. (2014). „Recruitment of lung volume during surgery neither affects the postoperative spirometry nor the risk of hypoxaemia after laparoscopic gastric bypass in morbidly obese patients: a randomised controlled study. *British Journal of Anaesthesia* 113(3): 501-7

64. Silberstein, J. L., et al.(2013). „A case- mix-adjusted comparison of early oncological outcomes of open and robotic prostatectomy performed by experienced high volume surgeons.“ *BJU Int* 111(2): 206-212

65. S2k-Leitlinie der Deutschen Atemwegsliga, der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin und der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin zur Spirometrie

66. T. Kiss. T. Bluth. M. Gama de Abreu (2016). „Reduziert eine intraoperative lungenprotektive Beatmung postoperative pulmonale Komplikationen?“ *Anaesthesist* 2016. 65:573-579

67. Lacy AM, Garcia-Valdecasas JC, Castells A, Pique JM (1995) Short outcome analysis of randomized study comparing laparoscopic vs. open colectomy for cancer. *Surg Endosc* 9: 1101–1105

68. Gunnarsson L1, Tokics L, Gustavsson H, Hedenstierna G, Influence of age on atelectasis formation and gas exchange impairment during general anaesthesia, *Br J Anaesth.* 1991 Apr;66(4):423-32

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Reuter für die Überlassung des Themas und für den hervorragenden Betreuer, Dr. Alexander März, den er mir zur Seite gestellt hat.

Mein ganz besonderer Dank an Dr. März für die außergewöhnlich umfangreiche Betreuung, Unterstützung und Motivation während des gesamten Studienzeitraums.

Ich bedanke mich ganz herzlich beim Team der Martini Klinik für die Nutzung der Räumlichkeiten sowie für die angenehme Zusammenarbeit.

Besonders danken möchte ich allen Patienten, die an dieser Studie teilgenommen haben.

Ganz herzlich möchte ich mich noch bei meiner Familie bedanken, die mir immer zur Seite stand, mich motiviert und unterstützt hat.

Ein Dankeschön an meine Ersatz-Mama, die unermüdlich Korrektur gelesen hat.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Fakhria Mudasir, geb. Multaheb
Geburtsdatum	26.05.1979
Geburtsort	Kabul, Afghanistan
Familienstand	verheiratet
Staatsangehörigkeit	deutsch
Kinder	eine Tochter, geb. am 04.07.2007 ein Sohn, geb. am 09.02.2017

Schulbildung

03/1985 – 06/1990	Grundschule Mariam, Kabul/Afghanistan
02/1991 – 12/1991	Ausländerklasse, Schule Fränkelstraße, Hamburg
01/1992 – 07/1992	6. Klasse Beobachtungsstufe, Schule Fränkelstraße, Hamburg
08/1992 – 06/1996	Realschule, Fränkelstraße, Hamburg
06/1996	Realschulabschluss
08/1996 – 06/1999	Emilie-Wüstenfeld-Gymnasium, Hamburg
06/1999	Allgemeine Hochschulreife

Hochschulausbildung

04/2000 – 04/2008	Studium der Humanmedizin an der Universität Hamburg
03/2003	Ärztliche Vorprüfung
04/2008	2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Famulaturen

02/2004 – 03/2004	Gynäkologie, Marien Krankenhaus, Hamburg
07/2004 – 08/2004	I. Medizinische Abteilung, AK St.Georg, Hamburg
08/2004 – 09/2004	Praxis für Allgemeinmedizin, Dr. med. Klaus Weidner
08/2005 – 09/2005	Neurologie, Universitätsklinik Eppendorf, Hamburg

Praktisches Jahr

08/2006 – 12/2006	Neurologie, Asklepios Klinik Wandsbek, Hamburg
12/2006 – 03/2007	Innere Medizin, II. Medizinische Abteilung, Asklepios Klinik Wandsbek, Hamburg
04/2007 – 07/2007	Chirurgische Abteilung, Asklepios Klinik Wandsbek, Hamburg

Berufsweg

07/2009 – 11/2009	Assistenzärztin in der Inneren Medizin im Klinikum Leer
12/2009 – 06/2011	Assistenzärztin in der Geriatrie im Amalie Sieveking Krankenhaus, Hamburg
07/2011 – 12/2012	Gemeinschaftspraxis für Innere- und Allgemeinmedizin Dr. Lampe, Dr. Ochs & Dr. Kröger in Hamburg
01/2013 – 06/2013	Gemeinschaftspraxis für Chirurgie und Orthopädie Dr. Poetsch und Dr. Stolley
07/2013 – 02/2014	Teilnahme an der Studie AirSeal-System an der Martiniklinik Hamburg Eppendorf
01/2014 – 07/2014	Assistenzärztin in der Geriatrie im Asklepios Klinikum Ochenszoll/ Heidberg
08/2014 - 12/2014	Auswertung und theoretisches Arbeiten an der AirSeal-Studie

12/2014 – 01/2016	letzter Abschnitt der ärztlichen Weiterbildung zur Erlangung des Facharztes für Allgemeinmedizin, Klinische Praxen Dres. Lange-Manchot
04/2016	Facharztprüfung Allgemeinmedizin
05/2016 – dato	angestellt als Fachärztin, Dres. Lange-Manchot, zur Zeit in Elternzeit

Eidesstaatliche Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: _____