

Aus dem
CharitéCentrum 8 für Chirurgische Medizin
Chirurgische Klinik
Campus Charité Mitte | Campus Virchow-Klinikum
Direktor: Univ.-Professor Dr. med. Johann Pratschke

Habilitationsschrift

Ergebnisse der Single-Port laparoskopischen Cholezystektomie und Appendektomie im Kurz- und Langzeitverlauf

zur Erlangung der Lehrbefähigung
für das Fach Chirurgie

vorgelegt dem Fakultätsrat der Medizinischen Fakultät
Charité -Universitätsmedizin Berlin

von

Dr. med. Jonas Raakow
geboren in Berlin

Eingereicht: Dezember 2021
Dekan: Prof. Dr. Axel Radlach Pries
1. Gutachter: Prof. Dr. Andreas Pascher
2. Gutachter: Prof. Dr. Karsten-H. Weyland

Für Rebecca, Fritz, Toni und Klara

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen	4
1. Einleitung.....	5
1.1 Vom Lichtleiter zur Laparoskopie	5
1.2 Von der Laparoskopie zur Single-Port Laparoskopie	9
1.3 Nomenklatur der Single-Port Laparoskopie.....	12
1.4 Zugangsmöglichkeiten der Single-Port Laparoskopie	12
1.5. Technische Aspekte der Single-Port Laparoskopie.....	16
1.6. Vorteile und Bedenken der Single-Port Laparoskopie.....	18
1.6. Zielsetzung	19
2. Eigene Arbeiten	21
2.1 Eine paarweise gematchte Vergleichsanalyse der Single-Port und der Multiport laparoskopische Appendektomie.....	21
2.2 Randomisiert kontrollierte Studie zum Vergleich von Single-Port und Multiport laparoskopischer Cholezystektomie mit Langzeitverlauf	29
2.3 Untersuchung der Sicherheit und der Effektivität der Single-Port laparoskopischen Cholezystektomie bei adipösen Patienten.....	41
2.4 Lanzeitverlauf nach Single-Port laparoskopischer Chirurgie	48
2.5 Vergleich der langfristigen Patientenzufriedenheit und des kosmetischen Ergebnisses zwischen Single-Port und Multiport laparoskopischer Chirurgie	56
3. Diskussion	64
3.1. Operative Ergebnisse	65
3.2. Postoperative Ergebnisse	67
3.3. Langzeit-Ergebnisse.....	69
4. Zusammenfassung	73
5. Literatur	76
Danksagung	89
Erklärung	90

Abkürzungen

ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Body-Mass-Index
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DRG	Diagnosis Related Groups
MPL	Multiport Laparoskopie
MPLA	Multiport laparoskopische Appendektomie
MPLC	Multiport laparoskopische Cholezystektomie
NOTES	Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery
OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel
POSAS	Patient and Observer Scar Assessment Scale
RR	relatives Risiko
SPL	Single-Port Laparoskopie
SPLA	Single-Port laparoskopische Appendektomie
SPLC	Single-Port laparoskopische Cholezystektomie
TAMIS	transanale minimal-invasive Chirurgie
u.a.	unter anderem
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

Schon seit langer Zeit besteht der Wunsch von Medizinern zur Diagnostik und zur Therapie in das Innere des Menschen zu schauen. Erste Endoskopien des Rektums mit Sonnenlicht sind diesbezüglich schon von Hippokrates von Kos (460 bis ~370 vor Christus) aus dem Altertum beschrieben, wobei die moderne Geschichte der Endoskopie bzw. der Laparoskopie erst rund 2000 Jahre später beginnt. Die Laparoskopie ermöglicht heutzutage in der Chirurgie neben einem diagnostischen „Blick“ in die Abdominalhöhle auch die Durchführung höchst komplexer Operationen über minimalste Zugänge zum Operationsgebiet. Diese bieten den Patientinnen und Patienten im Vergleich zur Laparotomie neben einem besseren kosmetischen Ergebnis vor allem aber geringere postoperative Schmerzen und damit eine deutlich verkürzte Rekonvaleszenz. Die Laparoskopie ist damit aktuell und auch in der Zukunft von keinem Operationsplan mehr wegzudenken und unterliegt im Rahmen des technisch-wissenschaftlichen Fortschritts der modernen Chirurgie, kontinuierlicher Weiterentwicklung, wie am Beispiel der Single-Port oder der roboter-assistierten Laparoskopie ersichtlich.

1.1 Vom Lichtleiter zur Laparoskopie

Der Beginn der modernen Geschichte der Endoskopie/ Laparoskopie liegt etwa 200 Jahre zurück. Philipp Bozzini beschreibt Anfang des 19. Jahrhunderts eine frühe Version eines starren Endoskops [1]. Er konstruierte ein rund 30 cm großes Gerät, in dem er das Licht einer Wachskerze über Konkavspiegel durch eine zweigängige Röhre leitete. Ein Strahlengang war dabei für die Lichtleitung, ein zweiter für das Auge des Untersuchers. Bozzini war damit jedoch scheinbar seiner Zeit zu weit voraus, denn die Anerkennung der Fachwelt blieb ihm verwehrt. Sein Lichtleiter wurde in einem Gutachten der medizinische Fakultät der Universität Wien als unseriöses Spielzeug abgetan [2]. Auch wenn Bozzinis Erfindung zunächst nur bei Tieren Anwendung fand, inspirierte die Idee Andere auf dem Feld der Humanmedizin. So beschrieb Carl Gustav Carus in seinem Lehrbuch der Gynäkologie aus dem Jahr 1820, dass die Anwendung des Lichtleiters durchaus auch beim Menschen einen diagnostischen Zugewinn bringen könnte, wobei er in der Instrumentenuntersuchung noch keinen praktischen Vorteil gegenüber der manuellen Untersuchung sah [3].

Nicht zuletzt die Weiterentwicklung auf dem Gebiet der elektrischen Lichtquellen brachte auch in der Konstruktion von Endoskopen den entscheidenden Durchbruch. Am 2. Oktober 1877 demonstrierte der Dresdener Urologe Maximilian Nitze sein *Kystoskop* vor den Mitgliedern des königlich-sächsischen Landesmedicinalcollegiums an der Blase einer Leiche [4]. Dieses gilt als Geburtsstunde der modernen Endoskopie mit starren Instrumenten samt optischem Apparat und eingebauter Lichtquelle. Im Verlauf der nächsten Jahre wurden die Instrumente unter der Federführung von Nitze weiterentwickelt und fanden neben der Urologie auch Anwendung in der Darstellung des Rektums, des Oropharynx, des Ösophagus und des Magens [5]. Auch die ersten Operationsendoskope, primär zur Behandlung von Blasen- und Prostatapathologie, wurden erfolgreich eingesetzt und führten nicht nur zu einer Revolution in der Urologie durch die Begründung der Endorurologie, sondern müssen nicht zuletzt auch als Beginn der endoskopischen und minimal-invasiven Chirurgie gewertet werden [4].

Als Erfinder der Laparoskopie gilt der Dresdener Georg Kelling. Er beschrieb 1901 erstmalig das Konzept, die Abdominalhöhle mit Luft zu füllen. Zunächst waren seine Überlegungen jedoch nicht dem operativen Zugang gewidmet, sondern vielmehr im Falle von intraabdominellen Blutungen durch eine transabdominelle Luftinsufflation (mit Drücken von 50-80 mm Hg) eine Gefäßkompression zu erreichen [6]. Im Rahmen dieser Überlegungen stellte er jedoch rasch fest, dass durch die Insufflation von Luft in die Bauchhöhle ein großer Kuppelraum entsteht, in dem man sich bequem orientieren könnte. Durch das Einbringen eines Endoskops in diesen Raum wiederum könnte durch die erweiterte Diagnostik der Verdauungsorgane in vielen Fällen eine Laparotomie vermieden werden [7]. Er nannte diese Methode der Endoskopie der uneröffneten Bauchhöhle zunächst Coelioskopie, führt jedoch erste Versuche nur an Hunden durch. Die erste Laparoskopie an einem Menschen wurde darauf folgend von Hans Christian Jacobaeus 1910 in Stockholm durchgeführt. Er veröffentlichte seine ersten Erfahrungen, bestehend aus 17 Laparoskopien in Lokalanästhesie bei Patienten mit Aszites, unter dem Titel „Über die Möglichkeit die Zystoskopie bei Untersuchungen seröser Höhlen anzuwenden“ [8]. Jacobaeus erkannte bereits klar die Optionen und auch die Gefahren der Laparoskopie. So war er auch der erste Beschreiber vom Risiko der Darmverletzung im Rahmen der Laparoskopie [9].

In den folgenden Jahren gab es zahlreiche Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Laparoskopie. Otto Goetze gilt als Erstbeschreiber des Begriffs Pneumoperitoneum

und beschrieb im Jahre 1918 auch seine Konstruktion einer automatischen doppelwandigen Nadel zur sicheren Punktion des Abdomens und Insufflation von Luft (bzw. in seinem Falle von Sauerstoff). Diese erste Idee wurde Anfang der 1930er Jahre von dem ungarischen Internisten János Veres wieder aufgegriffen und verbessert. Auch heutzutage ist die Veres-Kanüle weitestgehend in ihrer ursprünglichen Form weltweit verbreitet und erlaubt durch ihren Federmechanismus die komplikationsarme Anlage des Pneumoperitoneums. Dieses wiederum wurde erstmals im Jahre 1924 in seiner noch heute bestehenden Form von Richard Zollikofer mit Kohlenstoffdioxid (CO₂) anstatt mit gefilterter Luft oder Sauerstoff erzeugt [10]. Der Vorteil von CO₂ besteht einerseits in einer zügigen Resorption durch den Körper. Andererseits ist es im Vergleich zu den zuvor verwendeten Gasen deutlich weniger explosiv und macht dadurch auch die gefahrlose Anwendung von Hochfrequenzstrom (z.B. zur Koagulation) innerhalb des Pneumoperitoneums möglich.

In den 1930er Jahren erhielt die Laparoskopie insbesondere durch den Berliner Hepatologen Heinrich Otto Kalk Einzug in die diagnostische Routine der Inneren Medizin. Durch die Bauchspiegelung eröffnete sich die Möglichkeit der direkten Diagnostik der intraabdominellen Organe insbesondere zur Beurteilung von Pathologien der Leber. Neben den diagnostischen Möglichkeiten wurden zeitgleich auch erste Berichte über den therapeutischen Einsatz der Laparoskopie publiziert. Der französische Gynäkologe Carl Fervers führte 1933 die erste laparoskopische Adhäsiole durch, indem er unter direkter Sicht intraabdominelle Verwachsungen mittels monopolem Hochfrequenzstrom durchtrennte. 1936 gelang Boesch in der Schweiz der erste Versuch einer Eileitersterilisation ebenfalls mittels monopolem Strom, was insbesondere auf dem Gebiet der gynäkologischen Sterilitätsdiagnostik zu einer raschen Verbreiterung der operativen Methode führte. Als weiterer Wegbereiter auf diesem Gebiet gilt der Franzose Raoul Palmer, der in den Folgejahren u.a. die Lagerung nach Trendelenburg im Rahmen der Laparoskopie einführte, um die inneren Organe des weiblichen kleinen Beckens deutlich besser beurteilen, und um Biopsien, Zystenpunktionen, Adhäsioleasen oder Koagulationen durchführen zu können [11]. Nach dem zweiten Weltkrieg wurden durch die Erfindung der Kaltlichtquelle der Firma Karl Storz und durch das Stabliniensystem des englischen Physikers Harold Hopkins die Optiken der Laparoskopie bzw. starren Endoskope revolutioniert. Die Kombination beider Techniken entspricht in den Grundsätzen auch heute noch den täglich und weltweit verwendeten modernen starren Optiken in der Medizin. Hierbei wird durch

eine externe Lichtquelle das Licht über Glasfasern durch das Endoskop geleitet und gelangt so als „kaltes Licht“ in die entsprechende Körperhöhle. So ergeben sich nicht nur Verbesserungen in der Ausleuchtung, da die externe Lichtquelle leuchtstärker ist als eine kleine interne am Ende der Endoskope, sondern auch das Risiko der thermalen Organverletzung durch die interne Glühbirne kann hierdurch minimiert werden.

Im Verlauf war es zunächst die Gynäkologie, in der die Vorzüge und Möglichkeiten der Laparoskopie erkannt und eingesetzt wurden. Von Seiten der Allgemein- und Viszeralchirurgie erhielt diese minimal-invasive Operationsmethode keine Aufmerksamkeit. So gilt insbesondere der Gynäkologe Kurt Semm als Vorreiter der modernen Laparoskopie. Neben der Erfindung zahlreicher technischer Neuerungen und Operationsinstrumente, führte Semm im September 1980 in Kiel bei einer Patientin mit Endometriosis genitalis externa der Appendix zum weltweit ersten Mal eine Blinddarmentfernung auf laparoskopischem Wege durch [12,13]. In diesen frühen Pionierjahren war Semm jedoch national wie auch international massiven kollegialen Anfeindungen ausgesetzt und die Akzeptanz der neuartigen Operationsmethode erfolgte nur zögerlich [14]. Fasziniert von dieser Operationsmethode und den Arbeiten von Semm führte Erich Mühe den Gedanken der minimal-invasiven Operation weiter und konnte mit Hilfe seines dafür entwickelten Galloskops im September 1985 in Böblingen die erste laparoskopische Cholezystektomie durchführen [15]. Bis zum Frühjahr 1987 hatte Mühe 94 Gallenblasenentfernungen in dieser Technik durchgeführt und war insbesondere fasziniert von der raschen postoperativen Rekonvaleszenz seiner Patienten [16,17]. Mitte der 1980er Jahre gelang auch die technische Entwicklung einer Computer-Chip Kamera, die den Weg zur Videolaparoskopie eröffnete. Hierdurch gelang es 1987 dem Franzosen Philippe Mouret die erste video-laparoskopische Cholezystektomie durchzuführen [18]. Im folgenden Jahrzehnt erlangte die minimal-invasive Operationsmethode dann ihren Einzug in die breite operative Routine.

1.2 Von der Laparoskopie zur Single-Port Laparoskopie

Von den ersten Eingriffen als single-incision Laparoskopie wurde bereits vor über 50 Jahren berichtet. Clifford Wheeless veröffentlichte seine Ergebnisse der Tubenligatur über eine singuläre Inzision im Jahre 1969 [19]. Hierbei wurde über den ca. 1cm langen infraumbilikalen Zugang das Pneumoperitoneum erzeugt und das Laparoskop eingeführt. Die Manipulation des Uterus erfolgt transvaginal. Über einen zusätzlichen Arbeitskanal des Laparoscops wurde eine Biopsiezange zum Fassen und Koagulieren der beiden Tubae uterinae eingeführt. Im Verlauf berichtete Wheeless über eine große Fallpopulation von rund 2600 Patientinnen, die nach der oben beschriebenen Variante behandelt wurden [20]. In einer weiteren Fallserie mit über 1000 Patientinnen wurden von Krishna Singh im Jahre 1977 bereits die kosmetischen Vorteile des Verfahren hervorgehoben: „Wound healing is so satisfactory that no scar is grossly visible postoperatively“ [21].

Wie in Tabelle 1 dargestellt, wurden die ersten komplexeren resezierenden Eingriffe Anfang der 1990er Jahre in New Jersey durchgeführt. In ähnlicher Technik wie bei der Tubenligatur, beschrieben Pelosi et al. die ersten totalen abdominalen Hysterektomien mit beidseitiger Salpingo-Oophorektomie mit einem singulären transumbilikalen Zugang und führen hierfür im Verlauf den Terminus der Mini-Laparoskopie ein [22,23]. Dieselben Autoren veröffentlichten 1992 auch die erste Fallserie, 25 Patienten umfassend, mit singulärem Zugang zur laparoskopischen Appendektomie [24]. Sie beschrieben die Methode als sichere und kostengünstigere Alternative zur bestehenden Multitrokar (bzw. „Multipunktion“) Operation. Aufgrund der vielversprechenden Resultate sahen die Autoren ihre „single-puncture (minilaparoscopy) operative endoscopy“ bereits zu dieser Zeit als ultimatives Ziel in der Progression der Laparoskopie an. Weitere Fallserien zur laparoskopischen Appendektomie über einen singulären Zugang wurden 1998 von Esposito aus Neapel und 2001 von D’Alessio et al. aus Mailand jeweils bei pädiatrischen Patienten berichtet. Bei beiden Arbeitsgruppen erfolgte die Operation als laparoskopisch assistierte Methode, da die eigentliche Resektion des Blinddarms extrakorporal vor der Bauchdecke erfolgte.

Navarra et al. veröffentlichten 1997 den ersten Bericht über laparoskopische Cholezystektomien über einen singulären Zugang als Short note im British Journal of Surgery [25]. Bei 30 Patienten erfolgten dabei zwei Hautschnitte am Nabeloberrand

jeweils zur Platzierung eines 10mm Trokars; ein Zugang wurde für die 0° oder 30° Optik geschaffen, ein weiterer als Arbeitstrokar. Um die Gallenblase anzuheben und

Operation	Jahr	Erstbeschreibung	Anzahl der Fälle	Kommentar
Tubenligatur	1969	Wheeless [19,20]	~ 2600	Infraumbilikaler Zugang, Laparoskop mit zusätzlichem Arbeitskanal
Abdominale Hysterektomie	1991	Pelosi et al. [22]	1	Erste Beschreibung eines resezierenden Verfahrens über singulären transumbilikalen Zugang, Laparoskop mit zusätzlichem Arbeitskanal, „ <i>Mini-Laparoskopie</i> “
Appendektomie	1992	Pelosi et al. [24]	25	Laparoskop mit zusätzlichem Arbeitskanal, „ <i>Mini-Laparoskopie</i> “
Cholezystektomie	1997	Navarra et al. [25]	30	Zwei transumbilikale Trokare, perkutane Haltefäden an der Gallenblase
Nephrektomie	2007	Raman et al. [26]	1	Multiple transumbilikale Trokare, zusätzlicher 3mm Trokar für den Leberretractor
Prostatektomie	2008	Kaouk et al. [27]	4	Single-Port transumbilikal
Hemikolektomie rechts	2008	Bucher et al. [28]	1	Single-Port transumbilikal, gerade laparoskopische Instrumente
Magenband	2008	Nguyen et al. [29]	1	Multiple Trokare durch singulären Zugang im Oberbauch
Leistenhernie (TEP)	2008	Cugura et al. [30]	1	Singulärer transumbilikaler Zugang, multiple Trokare, gerade laparoskopische Instrumente
Hemikolektomie links	2009	Bucher et al. [31]	1	Single-Port transumbilikal, gerade laparoskopische Instrumente
Retroperitoneale Adrenalektomie	2009	Walz et al. [32]	5	Singulärer Zugang am Unterrand der 12. Rippe, gerade laparoskopische Instrumente
Pankreaslinksresektion	2010	Barbaros et al. [33]	1	Single-Port transumbilikal, abwinkelbare laparoskopische Instrumente
Links-laterale Leberresektion	2010	Aldrighetti et al. [34]	1	Single-Port supraumbilikal, zusätzlicher Trokar rechter Oberbauch

Tabelle 1: Zeitliche Übersicht über die Erstbeschreibungen von Operationen mit einem singulären Zugang.

das Calot'sche Dreieck aufzuspannen wurden drei Haltefäden perkutan durch den rechten Oberbauch eingebracht. Die Hautbrücke zwischen den zwei Trokarinzisionen

wurde zur Bergung der Gallenblase durchtrennt. Es verblieb zum Ende der Operation ein singulärer ca. 20mm langer supraumbilicaler Hautschnitt. Mehrheitlich gilt dieser Bericht in der Literatur als erste publizierte Fallserie von laparoskopischen Operationen über einen singulären Zugang.

Initial fand die Methode jedoch wenig Beachtung und keinen Anklang. Erst in den Folgejahren, beginnend ab 2004 nach der Publikation der ersten transgastrischen Peritoneoskopie nahm das weltweite Interesse von Chirurginnen und Chirurgen und Endoskopikern an „narbenfreien“ Operationsverfahren rapide wieder zu [35]. Unter dem Terminus NOTES (Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery) wurden daraufhin endoskopische oder laparoskopische Operationsverfahren zusammengefasst, deren Zugang zur Abdominalhöhle durch eine natürliche Körperöffnung erfolgte. Im Zuge der daraufhin entstandenen technischen, wissenschaftlichen und auch ethischen Diskussion wurde in den späten 2000er Jahren auch die Idee der Laparoskopie über einen singulären umbilicalen Zugang wieder aufgegriffen und das Interesse an der Methode erlangte in den Folgejahren einen regelrechten „Boom“, wie anhand der wissenschaftlichen Publikationen in Abbildung 1 dargestellt ist.

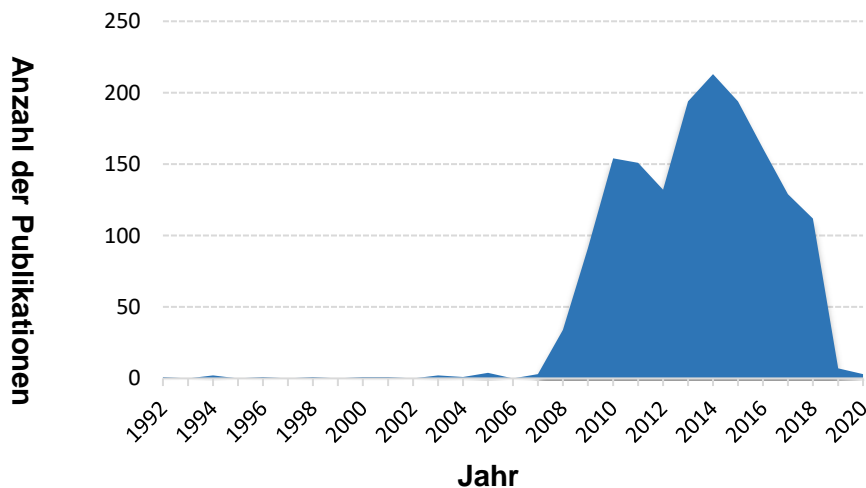


Abbildung 1: Anzahl der unter dem Suchbegriff „*single-port laparoscopy*“ in der National Library of Medicine (www.pubmed.gov) gelisteten wissenschaftlichen Publikationen nach Erscheinungsjahr (aufgerufen im Mai 2020)

1.3 Nomenklatur der Single-Port Laparoskopie

Im Gegensatz zu NOTES gibt es auch bis heute keinen einheitlichen Namen für diese sich entwickelnde Technik der minimal-invasiven Chirurgie. In den ersten Berichten über die Single-Port Laparoskopie (SPL) wurde jede Arbeit mit einer anderen Nomenklatur für den Eingriff veröffentlicht. Viele Namen, die sich scheinbar auf die Art des Akronyms konzentrieren, das sie bilden werden, wurden verwendet, anstatt die Zugangstechnik und die Expositionsmethoden zu beschreiben. Einer der ersten Namen, der an Popularität gewonnen hat, ist die *Single-Port-Access-Surgery (SPA)*, der von Paul Curcillo von der Drexel University aus Philadelphia geprägt wurde und dort wohl auch geschützt ist. Weitere vorgeschlagene Namen der Operation sind z.B. *One-Port Umbilical Surgery (OPUS)*, *Transumbilical Endoscopic Surgery (TUES)* oder *Single-Incision Multi-Port Laparo Endoscopic Surgery (SIMPLE)*. Aber auch Begriffe in Anlehnung an NOTES finden Verwendung wie z.B. *Embryonic Natural Orifice Transumbilical Endoscopic Surgery (eNOTES)* und *Natural Orifice Transumbilical Surgery (NOTUS)*. Auch die Industrie hat zur besseren Vermarktung ihrer Produkte eine eigene Nomenklatur entwickelt und teilweise geschützt. Von Covidien Inc. bzw. gegenwärtig Medtronic wird die Technik *Single-Incision Laparoscopic Surgery (SILS)* genannt und von Ethicon, Inc. wird der Name *Single-Site Laparoscopy (SSL)* verwendet. Ein einberufenes Symposium, unter anderem mit dem Ziel, einen Konsens bezüglich der Single-Port-Nomenklatur zu finden, hat den Namen *Laparoendoscopic Single-Site-Surgery (LESS)* vorgeschlagen [36]. Demgegenüber wird in der europäischen Leitlinie der EAES (European association for endoscopic surgery) der Begriff *Single-incision endoscopic surgery (SIES)* gewählt [37]. Mit Blick auf die publizierte Literatur der letzten Jahre haben sich letztendlich die Begriffe SILS und der Terminus Single-Port durchgesetzt. Da in unserer Klinik und in unseren Studien alle Operationen mit der Verwendung eines Port-Systems durchgeführt wurden, hat sich hierbei der Begriff der Single-Port Laparoskopie etabliert, wie mehrheitlich im deutschen Sprachgebrauch. In dieser Arbeit wird daher der Begriff Single-Port Laparoskopie verwendet.

1.4 Zugangsmöglichkeiten der Single-Port Laparoskopie

Der zentrale Unterschied zwischen der Multiport Laparoskopie (MPL) und der SPL ist, wie es sich anhand der Namen schon herleiten lässt, die Anzahl der abdominalen

Zugänge oder Ports. Am Beispiel einer Cholezystektomie ist in Abbildung 2 eine typische Trokarpositionierung einer 4-Port Variante und einer Single-Port Variante gegenübergestellt. Die Positionierung des singulären Zugangs ist hierbei zumeist im Bereich des Bauchnabels, der sich als einzige physiologische Narbe des Körpers aus kosmetischer Sicht anbietet. Zusätzlich bietet der Bauchnabel den Vorteil, dass hier auch bei adipösen Patienten die Bauchdecke aufgrund der embryonalen Verwachsungen des Nabels zumeist dünner ist als die laterale Bauchdecke, was den abdominellen Zugang erleichtert. Grundsätzlich können als Zugang bei der SPL jedoch auch alle anderen Positionen am Abdomen gewählt werden, je nach operativem Eingriff. Im Bereich der Kolonchirurgie bietet es sich z.B. an, den singulären Port an der Position einer zuvor festgelegten Durchtrittsstelle eines Ileo- oder Kolostomas zu wählen, so dass am Ende der Operation abgesehen von dem Stoma keine weiteren abdominellen Inzisionen und Narben bestehen.

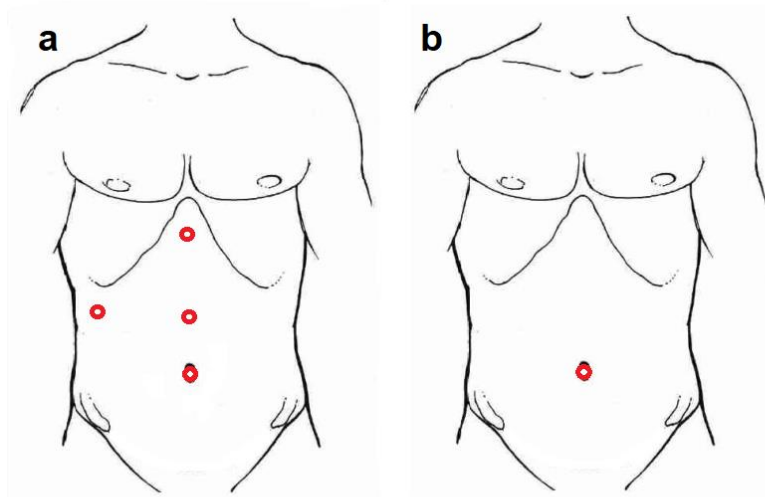


Abbildung 2: Trokarpositionierung einer beispielhaften 4-Port Cholezystektomie (a) und einer Single-Port Cholezystektomie (b)

Für den Zugang bei der SPL stehen verschiedene technische Möglichkeiten und kommerzielle Portsysteme zur Verfügung. Exemplarisch sollen hier nur einige beschrieben werden.

Wie z.B. schon von Navarra et al. 1997 beschrieben, können über eine singuläre kutane Inzision nach der Präparation der Faszie mehrere Trokare durch einzelne Faszieninzisionen mit geringem Abstand zueinander in die Abdominalhöhle

eingebraucht werden. Es handelt sich hierbei quasi um eine Multiport-Laparoskopie durch eine einzige Hautinzision. Diese Technik bietet den Vorteil, dass hierzu kein spezielles Portsystem oder keine besonderen Trokare nötig sind, sondern zumeist vorhandene Standardmaterialien verwendet werden können. Aufgrund der sehr nahen Platzierung der Trokare nebeneinander und der dadurch nur sehr kleinen Faszienbrücken zwischen den Trokardurchtrittsstellen haben sich vor allem zwei entscheidende Nachteile herausgestellt. Im Verlauf der Operation kommt es durch die Manipulation und Bewegung der Trokare zu einer Vergrößerung der Faziendurchtrittsstellen und damit zu einer zunehmenden Undichtigkeit des Pneumoperitoneums. Zusätzlich gestaltet sich der Verschluss, der auch als „Schweizer-Käse-Defekt“ bezeichneten multiplen Faszieninzisionen am Ende der Operation schwierig und nicht sicher [38].

Eine weitere Zugangsmöglichkeit bietet ein Handschuh-Portsystem bestehend aus einem Wundretraktor, einem chirurgischen Handschuh und konventionellen Trokaren. Hierbei wird, wie z.B. von Burke et al. beschrieben und in Abbildung 3 dargestellt, zunächst ein kleiner Wundretraktor in den abdominellen Zugang eingebracht [39]. Hierüber wird ein einfacher chirurgischer Handschuh luftdicht fixiert. In die abgeschnittenen Fingerspitzen des Handschuhs werden konventionelle Trokare jeder benötigten Größe eingebracht und mit Ligaturen ebenfalls luftdicht abgeschlossen. Der CO₂-Insufflator zur Anlage des Pneumoperitoneums wird ebenfalls direkt über eine weitere Fingerspitze angeschlossen. Vorteile dieses „Selbstbau“-Ports sind die ubiquitäre Verfügbarkeit der Materialien und die Kostenreduktion im Vergleich zu kommerziellen Port-Systemen [40]. Ein Nachteil ist jedoch die zeitaufwendigere Anlage des Systems und eine fehlende Fixierung der Trokare im Bereich der Bauchwand, was ein Einführen von Instrumenten nur zweihändig möglich macht.

Kommerzielle Port-Systeme gibt es mittlerweile zahlreiche auf dem Markt. Exemplarisch sollen hier die zwei Modelle vorgestellt werden, die in den zu dieser Arbeit gehörenden Publikationen Anwendung fanden.

Der *TriPort* (zunächst auch als *R-Port* bezeichnet [41]) wurde initial von der Firma *Advanced Surgical Concepts* aus Wicklow in Irland entwickelt und vertrieben. Aktuell erfolgt der Vertrieb über die Firma *Olympus* unter dem Namen *TriPort*, sowie als Weiterentwicklung unter dem Namen *TriPort+* und *QuadPort+* [42]. Das Portsystem besteht aus zwei Teilen, einem schlauchförmigen Wundretraktor mit Ringverstärkung

an beiden Enden und einer Verschlusskappe mit integrierten Instrumentenkanälen. Zunächst waren die Instrumentenzugänge mit Gelmembranen zur Abdichtung



Abbildung 3: Details der Anlage eines Handschuh-Ports (aus Burke et al. [39])

versehen, was den Nachteil hatte, dass die Membranen im Laufe der Operation durch häufigen Wechsel der Instrumente Schaden nahmen und nicht mehr vollständig abdichteten. Zusätzlich mussten die Instrumente „geschmiert“ werden, um die Reibung an der Membran zu reduzieren und ein besseres Gleiten der Instrumente zu ermöglichen. Bei der aktuell verfügbaren Weiterentwicklung wurden die Membranen durch weiche Ventilkappen zum Verschluss der Instrumentenkanäle ausgetauscht. Der TriPort besitzt zwei 5mm und einen 12mm Zugang, der TriPort+ drei 5mm und einen 12mm Zugang und der QuadPort+ ermöglicht zwei 5mm und drei 12mm Instrumenten das Einführen in die Bauchhöhle. Alle Portsysteme haben zusätzlich zwei Anschlüsse zur Anlage des Pneumoperitoneums. Zur Anlage wird über eine ca. 1,5 bis 2cm große Faszieninzision der Wundretraktor mit der Hilfe einer mitgelieferten Einführhilfe eingebracht, der untere selbstexpandierende Ring also unter dem Peritoneum aufgespannt. Der Wundretraktor kann anschließend über den äußeren Ring aufgewickelt werden und so in der Länge der Dicke der Bauchdecke angepasst werden. Anschließend wird der Portdeckel mit den Trokarhülsen befestigt - wie auf Abbildung 4 dargestellt. Der SILS™-Port wurde initial 2009 von Covidien eingeführt, Inc. (Dublin, Irland) und wird seit 2015 nach der Übernahme von Medtronic (Dublin,

Irland) vermarktet. Auch hierbei handelt es sich um einen kommerziellen Single-Port zur einmaligen Anwendung.



Abbildung 4: Am Bauchnabel eingesetzter TriPort+ mit drei 5mm Zugängen und einem 12mm Zugang (aus Raakow et al. [43])

Der SILS™-Port besteht aus einem sanduhrförmigen elastischen Polymer, der zum Beispiel mit Hilfe einer Kornzange in die ca. 2cm lange Faszienschnittlinie eingebracht wird. Der weiche, komprimierbare Port besitzt 4 Öffnungen durch die neben der rechtwinkligen CO₂-Zuleitung drei Trokare bis zu 12mm Größe eingebracht werden können.

1.5. Technische Aspekte der Single-Port Laparoskopie

Wie bei den meisten neuen chirurgischen Techniken war auch die frühe Entwicklung der SPL mit Herausforderungen behaftet. Diese waren in erster Linie technischer Natur, da es durch den singulären Hautschnitt zu einer teilweise extremen Nähe der Instrumente zueinander kommt. Dieses wiederum kann aufgrund des begrenzten Bewegungsspielraums zu einer mangelnden Manövrierbarkeit und zu einem Zusammenstoßen der Instrumente und der Hände der Chirurginnen und Chirurgen führen. Dieser geringe Bewegungsspielraum steht jedoch grundsätzlich im Widerspruch mit der Theorie der Triangulation in der laparoskopischen Chirurgie. Die Triangulation ermöglicht gemäß dem Zug-Gegenzug Prinzip durch eine Distanz der Zugänge eine angemessene Exposition und dadurch räumliche Wahrnehmung intraabdominell bei gleichzeitiger Beibehaltung einer ergonomisch günstigen Position

für dir Chirurginnen und Chirurgen. Bei der Single-Port Laparoskopie ist dieses jedoch aufgrund der Nähe der Instrumente und der Kamera zueinander nur begrenzt möglich. Zur Überwindung bzw. Verringerung dieses Problems wurden zahlreiche technische Aspekte diskutiert und untersucht und von der Industrie multiple neue Instrumente auf den Markt gebracht. Eine Möglichkeit, insbesondere bei der Verwendung von konventionellen, geraden Instrumenten, ist das Kreuzen dieser an der abdominalen Zugangsstelle, also dem Single-Port. Dieses führt außerhalb zu größeren Freiheitsgraden in der Beweglichkeit und intraabdominell zu einer größeren Distanz der Instrumente zueinander um Gewebetraction zu ermöglichen. Der „Nachteil“ dieser Methode ist jedoch, dass durch das Kreuzen der Instrumente, die linke Hand das Instrument rechts im Bild der Kamera, und die rechte Hand das Instrument links im Bild manövriert. Zwar kann dieses durch ein erneutes Kreuzen der Arme (Doppelkreuzung) überwunden werden, dieses führt jedoch erneut zu einer Einschränkung der Bewegungsmöglichkeiten. Alternativ hat die Technologie bzw. die Industrie hierzu einige Lösungen entwickelt, um diesem „Schwertkampf“ der Instrumente entgegenzuwirken. Gebogene oder flexibel winkelbare Instrumente bieten die Möglichkeit einer nicht kreuzenden Anwendung mit größerem extrakorporalem Bewegungsspielraum. Studien am Modell haben gezeigt, dass hierdurch eine Verbesserung der operativen Performance möglich ist, wobei die subjektive Bewertung der einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmer unterschiedlich ausfällt [44,45]. Spezielle gebogene Instrumente haben jedoch den Nachteil, dass sie extra angeschafft werden müssen, sodass Kosten verursacht werden und dass sich diese Instrumente zumeist nicht durch normale starre Trokare einführen lassen. Die Benutzung ist daher neben der SPL einschränkt. Zusätzlich haben insbesondere winkelbare Instrumente eine nicht unerhebliche Lernkurve, bis diese geschickt gehandhabt werden [38]. Weitere technische Neuerungen, die Einzug im Rahmen der SPL erhalten haben, betreffen vor allem die Kamera bzw. das Laparoskop. So bietet die Verwendung von überlangen Laparoskopien die Möglichkeit, den am Ende der Optik befestigten Kamerakopf aus dem Bewegungsfeld der anderen Instrumente zu bringen. Vorteilhaft sind auch Laparoscope, die die Kamera bereits an der Spitze der Optik eingebaut haben („Chip-on-the-Tip“-Technologie), da hier extern nur ein Kabel (Lichtleiter und Kameraanschluss) konnektiert werden muss und das Ende des Laparoscops damit deutlich schlanker ausfällt. Auch intern oder extern flexibel abwinkelbare Optiken, wie z.B. das *EndoEye* der Firma Olympus bieten die

Möglichkeit, den Kamerakopf bzw. den Kameraanschluss, sowie damit auch die haltende Hand der Assistenz aus dem Bewegungsfeld zu schaffen.

1.6. Vorteile und Bedenken der Single-Port Laparoskopie

Bei der Einführung einer neuen Operationsmethode kann diese den Goldstandard nur ablösen oder zumindest eine Alternative darstellen, wenn sie mindestens genauso sicher ist in Bezug auf Morbidität und Mortalität und darüber hinaus Vorteile für die Patientinnen und Patienten mit sich bringt. Vorteile der SPL liegen vor allem im Bereich der verbesserten Kosmetik und geringerer postoperativer Schmerzen durch die Verringerung der Anzahl der abdominellen Hautinzisionen und damit der Verringerung des Zugangstraumas. Betrachtet man hierbei insbesondere die Cholezystektomie als die am häufigsten in SPL-Technik durchgeführte und die auch wissenschaftlich am besten und hochwertigsten evaluierte Operation, konnten diese mittlerweile in mehreren Reviews und Meta-Analysen gezeigt werden [46-48]. Es liegen jedoch in der Literatur auch Übersichtsarbeiten vor, die vor allem in Bezug auf postoperative Schmerzen keinen Unterschied zur Multiport Laparoskopischen Cholezystektomie (MPLC) aufzeigen [49,50]. In Bezug auf beide potentiellen Vorteile der SPL über die MPL, handelt es sich in der Literatur zumeist jedoch nur um Ergebnisse im direkten postoperativen Verlauf. Echte Langzeitdaten zur Kosmetik und zu chronischen Schmerzen liegen nur sehr wenige vor. Eine systematische Übersichtsarbeit der *Cochrane Library* aus dem Jahre 2014 ergab, dass es zwischen den Operationsmethoden keinen signifikanten Unterschied in Bezug auf die Lebensqualität und auch nicht auf die postoperative Kosmetik gibt, jedoch auch keinen Unterschied bezüglich der Mortalität und der Rate an schweren Komplikationen [51]. Insgesamt werten einige Übersichtsarbeiten die SPL als sichere und effektive Alternativ zur MPL [52,50], andere wiederum sehen keine Vorteile oder raten zur Vorsicht bei der Operationsmethode [46,49,48]. Hierbei werden immer wieder vor allem zwei zentrale Bedenken bei der SPL geäußert. Zum einen ist die operative Sicherheit im Vergleich zu den Standardmethoden nicht abschließend geklärt. Dieses betrifft insbesondere seltenere Komplikationen, für deren sichere Abschätzung der Inzidenzen es größere Fallzahlen benötigt. Am Beispiel der Cholezystektomie handelt es sich speziell um die intraoperativen Gallengangsverletzungen, deren Häufigkeit bei der MPL insgesamt zwischen 0,4 und 1,5% geschätzt wird [53]. Insbesondere in der frühen Phase der SPL

gab es daher aufgrund der schwierigeren Retraktion am Calot'schen Dreieck aufgrund der reduzierten Triangulation Befürchtungen und kritische Warnungen, es könnte zu einem Anstieg von Gallengangsverletzungen kommen [54,55]. Neuere Übersichtsarbeiten bewerten die Ergebnisse diesbezüglich unterschiedlich [56,46,49]. So berichtet die Auswertung eines nationalen deutschen Registers von einer Rate von 0,1% Gallengangsverletzungen bei der SPLC [57]. Der zweite zentrale Kritikpunkt der Single-Port Laparoskopie ist das möglicherweise erhöhte Risiko für eine postoperative umbilicale Narbenhernie, aufgrund der größeren Faszieninzision im Vergleich zur MPL. Betrachtet man hierbei Übersichtsarbeiten mit gepoolten Daten, zeigt sich zunehmend der Nachweis einer höheren Inzidenz von Narbenhernien, wobei es sich im Höchstfall um einen Beobachtungszeitraum von 12 Monaten postoperativ handelt [58,56,47,59]. Eine der wenigen relevanten Publikationen mit Langzeitdaten aus Dänemark zeigt jedoch keinen Unterschied, was in der Literatur zu einer kontroversen Diskussion führte [60-62].

Die Diskrepanz der Ergebnisse zwischen der SPL und der MPL und die teilweise sehr unterschiedliche Wertung der wissenschaftlichen Ergebnisse und der Übersichtsanalysen werden in einer Statusanalyse aus dem Jahre 2017 von Helmut Weiss aus Salzburg zusammenfassend wie folgt beschrieben: *„Ähnlich wie zu Beginn der laparoskopischen Ära finden sich konventionell agierende Verfechter der Multiport-Laparoskopie und enthusiastisch innovative SIL-Chirurgen (Single-incision Laparoskopie) gegenübergestellt, jede Gruppe mit seriösen Argumenten zur Untermauerung des jeweiligen Standpunktes.“* [63]. Zusammenfassend werden daher auch in neueren Publikationen, insbesondere auch im Rahmen der Erstellung einer internationalen Leitlinie, weitere wissenschaftliche Untersuchungen zur SPL, vor allem mit Langzeitdaten gefordert [37].

1.6. Zielsetzung

In dieser kumulativen Habilitationsschrift sollen daher anhand der sich anschließenden eigenen Publikationen einige Zielsetzungen erarbeitet werden.

Grundsätzlich sollen die klinischen Ergebnisse der SPLA und der MPLA in Bezug auf den operativen und postoperativen Verlauf verglichen werden. Der besondere Fokus

wird dabei auf die Morbidität und damit die Sicherheit der SPLA aber auch auf die chirurgisch-technische Machbarkeit in der klinischen Routine gelegt.

Ähnliches gilt für die SPLC; auch hier sollen die klinischen Ergebnisse mit denen der klassischen MPLC im Rahmen einer randomisierten Studie verglichen werden. Der Fokus liegt auf der operativen und postoperativen Sicherheit, jedoch auch im Hinblick auf postoperative Schmerzen. Darüber hinaus soll das Übergewicht als möglicher patientenspezifischer Risikofaktor bei der SPLC evaluiert werden, um der Frage nach der Machbarkeit und der Sicherheit einer Single-Port Operation bei adipösen Patientinnen und Patienten nachzugehen.

Ein besonderer Fokus wird auf die Erhebung und die Analyse von Langzeitergebnissen nach SPL gelegt. So soll zur Beantwortung der Frage nach der Rate an Narbenhernien nach SPL und MPL, sowie patientenspezifischen Risikofaktoren für die Entwicklung solcher Hernie beigetragen werden. Zusätzlich soll der Langzeiteffekt auf die kosmetische Bewertung und die Patientenzufriedenheit mit den beiden Operationsverfahren erhoben werden.

2. Eigene Arbeiten

2.1 Eine paarweise gematchte Vergleichsanalyse der Single-Port und der Multiport laparoskopische Appendektomie

Raakow, J.*, Liesaus, H.G.*, Neuhaus, P., Raakow, R. Single-incision versus multiport laparoscopic appendectomy: a case-matched comparative analysis. Surg Endosc. 2015 Jun;29(6):1530-6.

*geteilte Erstautorenschaft

Web-link to publication: <https://doi.org/10.1007/s00464-014-3837-7>

Die laparoskopische Appendektomie mit zumeist 3 Zugängen hat sich in den Jahrzehnten nach der Erstbeschreibung des Gynäkologen Kurt Semm im Jahre 1983 zur bevorzugten Operation der Blinddarmentfernung etabliert. Im Zuge der weiteren Minimalisierung der Zugangswege hat in den vorausgehenden Jahren die SPL an Interesse gewonnen. In der vorliegenden Studie wurden die Patienten nach Single-Port laparoskopischer Appendektomie (SPLA) paarweise nach Alter (± 5 Jahre), Geschlecht, ASA-Klassifikation und dem BMI (± 2 kg/m²) gematched und mit Patienten nach konventioneller Multiport laparoskopischer Appendektomie (MPLA) verglichen.

Insgesamt 156 Patienten nach SPLA im Zeitraum zwischen Juli 2009 und Dezember 2013 wurden mit ebenso vielen Patienten nach MPLA nach oben genannten Parametern gematched und ausgewertet. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied bei den Operationszeiten (50,8 vs 50,6 Minuten für SPLA und MPLA; $p = 0,924$) und auch nicht in Bezug des Krankenhausaufenthalts (3,6 vs. 3,7 Tage; $p = 0,704$). Eine Konversion der Operation zur offenen Appendektomie war bei keinem Patienten nötig. Bei sechs Patienten (3,8 %) musste im Rahmen der SPLA ein weiterer Trokar etabliert werden um die Operation sicher abschließen zu können. Die SPLA war nicht mit einer signifikant höheren postoperativen Morbidität assoziiert im Vergleich zur MPLA (9,6 % vs. 5,8 %; $p = 0,288$). Die postoperativen Wundinfektionsraten war höher nach SPLA (3,2 % gegenüber 0,6 %); der Unterschied erreichte jedoch keine statistische Signifikanz ($p = 0,214$). Im Rahmen der univariaten Analyse zeigten sich keine signifikanten Risikofaktoren für die Entwicklung von postoperativen Komplikationen nach SPLA.

Insgesamt zeigte sich die SPLA als technisch machbar und als sichere Alternative zu herkömmlichen MPLA. Die beiden Verfahren zeigten keinen Unterschied in Bezug auf die Operationszeiten, die Krankenhausverweildauer oder das frühe postoperative Ergebnis. [43]

2.2 Randomisiert kontrollierte Studie zum Vergleich von Single-Port und Multiport laparoskopischer Cholezystektomie mit Langzeitverlauf

Klein, D., Barutcu, A.G., Kilian, M., Kröll, D., Pratschke, J., Raakow, R., **Raakow, J.:** Randomized controlled trial of single incision versus conventional multiport laparoscopic cholecystectomy with long-term follow-up. *Langenbecks Arch Surg* 2020 405, 551–561

Web-link to publication: <https://doi.org/10.1007/s00423-020-01911-1>

Nach der Auswertung der Daten zur Appendektomie war das Ziel der vorliegenden randomisiert kontrollierten Studie die Untersuchung der kurz- und langfristigen Ergebnisse nach Cholezystektomie in SPL- versus MPL-Technik. Hierzu wurde eine randomisierte Studie mit insgesamt 193 Patienten zwischen Dezember 2009 und Juni 2011 durchgeführt. Der primäre Endpunkt waren postoperative Schmerzen am ersten Tag nach der Operation. Sekundäre Endpunkte waren die Konversionsrate, die Operationszeit, die intraoperative und postoperative Morbidität, die technische Machbarkeit und der Krankenhausaufenthalt. Im Langzeitverlauf wurden die Rate an Narbenhernien, das kosmetische Ergebnis und chronische Beschwerden erhoben.

Achtundneunzig Patienten (50,8%) erhielten eine SPLC und 95 Patienten (49,2%) eine MPLC. Es wurden keine signifikanten Unterschiede in der Operationszeit oder der Gesamtrate an postoperativen Komplikationen beobachtet (SPLC vs. MPLC, 4,1% vs. 3,2%, $p = 0,731$). Postoperative Schmerzen waren am ersten postoperativen Tag vergleichbar (SPLC vs. MPLC, $3,4 \pm 1,8$ vs. $3,7 \pm 1,9$; $p = 0,317$), jedoch am Entlassungstag signifikant niedriger nach SPLC als nach MPLC (SPLC vs. MPLC, $1,5 \pm 1,3$ vs. $2,1 \pm 1,5$; $p = 0,021$). Im Langzeitverlauf nach 70,4 Monaten im Mittel zeigte sich kein Unterschied bezüglich der Rate an Narbenhernien. Auch die kosmetischen Ergebnisse und chronischen Beschwerden sind im Langzeitverlauf vergleichbar zwischen SPLC und MPLC. [64]

2.3 Untersuchung der Sicherheit und der Effektivität der Single-Port laparoskopischen Cholezystektomie bei adipösen Patienten

Raakow, J., Klein, D., Barutcu, A.G., Biebl, M., Pratschke, J., Raakow, R.: Safety and Efficiency of single-incision laparoscopic cholecystectomy in obese patients: a case-matched comparative analysis. J Laparoendosc Adv Surg Tech A. 2019 29 (8), 1005-1010

Web-link to publication: <https://doi.org/10.1089/lap.2018.0728>

Im Rahmen der SPLC wurden bei zahlreichen Studien in der Literatur adipöse Patienten primär ausgeschlossen, da deren Einfluss auf das Ergebnis nur unzureichend untersucht und umstritten ist. Das Ziel der vorliegenden Studie war es daher, eine Patientenkohorte mit adipösen mit der von normalgewichtigen Patientinnen und Patienten zu vergleichen und die operativen und postoperativen Ergebnisse im Rahmen der SPLC weiter zu untersuchen.

Alle Patientinnen und Patienten mit einem BMI von $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ wurden paarweise in einer 1:2 ratio gematched nach Alter (± 5 Jahre), Diagnose und Geschlecht und mit normalgewichtigen Patienten nach SPLC verglichen. 106 adipöse wurden dadurch mit 212 nicht adipösen Patientinnen und Patienten nach SPLC verglichen. Die Operationszeit bei Adipositas war länger (53,9 vs. 62,3 Minuten; $p = 0,189$), der Unterschied erreichte jedoch keine Signifikanz. In beiden Gruppen mussten bei jeweils vier Patientinnen oder Patienten weitere Trokare eingebracht werden oder auf das offenes Verfahren konvertiert werden (nicht-adipöse vs. adipöse, 1,9 % vs. 3,8 %; $p = 0,236$). Postoperative Komplikationen traten in 4,3 % bei nicht-adipösen und bei 5,7 % der adipösen Patientinnen oder Patienten auf ($p = 0,790$). Auch die Krankenhausverweildauer unterschied sich nicht signifikant zwischen den Gruppen (3,3 vs. 3,3 Tagen; $p = 0,958$). Im Langzeitverlauf zeigten adipöse Patientinnen und Patienten eine signifikant höhere Hernieninzidenz von 9,8 % im Vergleich zu 1,9 % bei nicht-adipösen Patienten ($p = 0,027$). SPLC ist grundsätzlich technisch auch bei adipösen Patientinnen und Patienten durchführbar mit vergleichbarer kurzfristiger Morbidität. Die Operationszeit ist jedoch länger und die Inzidenz der Narbenhernien im Langzeitverlauf um etwa das sechsfache höher als bei nicht-adipösen Patienten. [65]

2.4 Langzeitverlauf nach Single-Port laparoskopischer Chirurgie

Barutcu, A.G., Klein, D., Kilian, M., Biebl, M., Raakow, R., Pratschke, J., **Raakow, J.:** Long-term follow-up after single-incision laparoscopic surgery. Surg Endosc. 2020 34(1):126–132.

Web-link to publication: <https://doi.org/10.1007/s00464-019-06739-5>

Im Rahmen der durchgeführten randomisierten Studie war bereits ein Langzeitverlauf der dort eingeschlossenen Patientinnen und Patienten evaluiert worden; dieses sollte nun auch bei einer größeren Patientenkohorte mit besonderem Fokus auf die Entwicklung einer Narbenhernie erfolgen. Das Ziel dieser Studie war es daher, die Häufigkeit von umbilikalen Narbenhernien nach SPL im Langzeitverlauf zu erheben, sowie Risikofaktoren diese Komplikation aufzudecken.

Insgesamt wurden 286 Patientinnen und Patienten mit einem vollständigen Follow-up in die Analysen eingeschlossen. Die mittlere Nachbeobachtungsdauer betrug rund 5 Jahre (58,4 Monate). Bei 192 Patientinnen und Patienten (67,1 %) erfolgte eine Cholezystektomie; in 94 (32,9 %) Fällen eine Appendektomie. Das Studienkollektiv bestand aus 218 Frauen (76,2 %) und 68 Männern (23,8 %). Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation betrug 38,5 Jahre. In 5 Fällen (1,7 %) musste die SPL zur konventionellen Laparoskopie konvertiert werden. Die intraoperative Komplikationsrate betrug 0,3% und die postoperative Komplikationsrate 5,9 %. 7 Patientinnen und Patienten (2,4 %) entwickelten im Langzeitverlauf eine umbilikale Narbenhernie. Übergewichtige Patientinnen und Patienten hatten eine Hernieninzidenz von 10,9 %. 3 von 19 Patienten (15,8 %) mit einem vorbestehenden Nabelbruch entwickelten während der Nachsorge einen Narbenbruch. In der univariaten und der multivariaten Analyse zeigten sich sowohl eine Adipositas (BMI \geq 30 kg/m²) und eine vorbestehende Nabelhernie als Risikofaktoren für die Entwicklung einer Narbenhernie. Das Geschlecht, das Alter, das operative Verfahren (Appendektomie oder Cholezystektomie), das Vorliegen einer akuten Entzündung und die Operationsdauer zeigten keinen statistisch signifikanten Zusammenhang mit einer Hernienentwicklung. [66]

2.5 Vergleich der langfristigen Patientenzufriedenheit und des kosmetischen Ergebnisses zwischen Single-Port und Multiport laparoskopischer Chirurgie

Raakow, J., Barutcu, A.G., Klein, D., Biebl, M., Pratschke, J., Raakow, R.: Single-Port versus Multiport laparoscopic surgery comparing long-term patient satisfaction and cosmetic outcome. Surg Endosc 2020 34:5533–5539

Web link to publication: <https://doi.org/10.1007/s00464-019-07351-3>

Mehrere Studien und Metaanalysen haben gezeigt, dass die SPL der MPL vor allem in Bezug auf postoperative Schmerzen und kosmetische Ergebnisse überlegen ist. Es ist jedoch nur sehr wenig bekannt, ob es sich hierbei lediglich um kurzfristige Ergebnisse handelt, oder ob der positive Effekt der SPL auch im Langzeitverlauf bestehen bleibt. In der vorliegenden Studie wurden daher analog zur vorherigen Studie Langzeitergebnisse in Hinblick auf die Kosmetik und chronische Schmerzen nach SPL und MPL ausgewertet und verglichen.

Das postoperative kosmetische Ergebnis wurde anhand einer subjektiven Bewertung der Operationsnarbe durch die Patientin oder den Patienten anhand einer 10-Punkte-Skala, sowie anhand einer standardisierten Bewertungsskala für Operationsnarben (POSAS) bewertet. Chronische Narbenschmerzen und abdominelle Beschwerden wurden ebenfalls anhand von 10-Punkte-Skalen untersucht. Zur besseren Vergleichbarkeit der Gruppen erfolgte zusätzlich ein Matching anhand von Propensity scores. Insgesamt wurden 280 Patientinnen und Patienten in die Studie eingeschlossen, 188 (67,1 %) nach SPL und 92 (32,9 %) nach MPL. 141 Patientinnen und Patienten (50,4 %) erhielten eine Cholezystektomie und 139 (49,6 %) eine Appendektomie. Die mittlere Nachbeobachtungszeit betrug $61,1 \pm 19,1$ Monate. Insgesamt zeigte sich kein signifikanter Unterschied in den untersuchten Merkmalen, weder in der Gesamtkohorte, noch in der nach Propensity scores gematchten Kohorte. Schlussfolgernd ist die kosmetische Bewertung der Operationsnarben durch die Patientinnen und Patienten im Langzeitverlauf vergleichbar nach SPL und MPL. Auch chronische abdominelle Beschwerden oder chronische Narbenschmerzen zeigen sich über die beiden untersuchten Gruppen vergleichbar verteilt. [67]

3. Diskussion

Die minimal-invasive laparoskopische Chirurgie ist innerhalb der letzten drei Jahrzehnte zu einem unverzichtbaren Bestandteil des viszeralchirurgischen Alltags geworden. Nicht nur für „Alltagseingriffe“ wie die Cholezystektomie und die Appendektomie gilt der laparoskopische Zugang aktuell als Goldstandard, sondern auch onkologische Resektionen des Rektums, des Kolons, der Leber und auch des Pankreas werden zunehmend minimal-invasiv durchgeführt. Im Rahmen des anhaltenden medizinischen Fortschritts wurden daher in den letzten Jahren weitere Schritte der Minimalisierung der Laparoskopie unternommen, wie z.B. die Mini-Laparoskopie mit 3mm Trokaren, die Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery (NOTES) und auch die Single-Port Laparoskopie.

Der zentrale Antrieb für einen weiteren Fortschritt auf diesem Gebiet und eine weitere Minimalisierung des operativen Zugangsweges ist nicht nur der chirurgische Anreiz für technische und medizinische Innovationen und Weiterentwicklung, sondern ist es insbesondere, eine höhere Patientenzufriedenheit zu erreichen.

Das zentrale Argument für die Einführung der Laparoskopie mit Einzelschnitt oder Einzelport war die Minimierung von Einschnitten und damit Narben. Dieses war nicht nur auf den chirurgischen Anreiz für technische und medizinische Innovationen oder auf das Interesse der Branche an der Förderung neuer Geräte und Instrumente zurückzuführen, sondern vor allem auf das Ziel, eine höhere Patientenzufriedenheit zu erreichen, vor allem durch die Verringerung der postoperativen Schmerzen und die Verbesserung des kosmetischen Gesamtergebnisses bei vergleichbarem Risiko für Komplikationen.

Die Einführung einer neuen Operationsmethode ist nur dann gerechtfertigt und wird sich auch nur dann durchsetzen, wenn sie neben möglichen Vorteilen für die Patientinnen und Patienten mit der gleichen oder gar einer höheren Patientensicherheit im Hinblick auf intra- und postoperative Komplikationen und auf den langfristigen Verlauf durchgeführt werden kann. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, die Durchführbarkeit und die Ergebnisse insbesondere im Sinne der Patientensicherheit der Single-Port Laparoskopie bei verschiedenen operativen Indikationen und bei unterschiedlichen Patientengruppen teilweise auch im Vergleich zur konventionellen Laparoskopie zu untersuchen.

3.1. Operative Ergebnisse

Die zeitliche Dauer einer Operation von Schnitt bis Naht erscheint zunächst auf den ersten Blick als guter Vergleichsparameter zwischen zwei Operationsmethoden. Hierbei zeigt sich in den meisten größeren Studien und Metaanalysen eine längere Operationszeit für SPL als für MPL sowohl für die Cholezystektomie, wie auch für die Appendektomie [68,69,56,46,70]. Bei der genaueren Betrachtung der Metaanalysen zeigt sich jedoch eine ausgeprägte Heterogenität der Studiengruppen, was neben patienten- und erkrankungsspezifischen Faktoren auch vor allem die verwendeten operativen Materialien und die Zugangswege betrifft. So wurden zum Beispiel der Studieneinschluss von adipösen Patientinnen und Patienten sehr unterschiedlich definiert. Dass diese Körperkonstitution jedoch einen teils ausgeprägten Einfluss auf die Operationszeit haben kann, zeigte sich in einer von uns durchgeführten Untersuchung zur SPLC und wird auch von anderen Studien bekräftigt [71,72,65].

Zusätzlich ist die Erfahrung der Chirurgeninnen und Chirurgen vor allem mit der neueren Operationsmethode ein entscheidender Faktor für den Vergleich von OP-Zeiten. In einer komparativen Studie von Omar et al. zeigte sich grundsätzlich eine deutlich längere mittlere OP-Zeit für die SPLC als für die MPLC [73]. Die Autoren beschreiben aber eine ausgeprägte Varianz der Operationszeiten der SPLC im Studienzeitraum. In der SPLC-Gruppe betrug die Operationszeit der ersten 10 der insgesamt 89 eingeschlossenen Patienten mehr als doppelt so lange als bei den letzten 10 Operationen (103 vs. 47 Minuten) [73]. Dieses Ergebnis legt nahe, dass die Dauer der Operation stark von der Erfahrung und damit der Lernkurve der jeweiligen Chirurgin oder des jeweiligen Chirurgen abhängt. Gestützt wird diese Hypothese durch die Studienergebnisse von vor rund 30 Jahren im Rahmen der klinischen Einführung der laparoskopischen Cholezystektomie [74,75]. So beschreiben Zucker et al. 1991 zunächst eine mittlere Operationszeit von fast zwei Stunden, die sich im weiteren Studienverlauf mit zunehmender Erfahrung und damit ansteigender Lernkurve stetig reduzierte [75]. In den von uns durchgeführten Untersuchungen zur Cholezystektomie und zur Appenektomie zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den Operationszeiten zwischen MPL und SPL [64,43]. Bei beiden Studien wurden jedoch die ersten durchgeführten SPL-Operationen nach der klinischen Einführung dieser OP-Technik bewusst ausgeschlossen, um eine ausreichende Erfahrung und damit eine bereits abgeschlossene Lernkurve voraussetzen zu können.

Intraoperative Komplikationen sind bei Appendektomien und Cholezystektomien insgesamt selten. Eine zwar ebenfalls seltene, aber gefürchtete Komplikation der Cholezystektomie ist die intraoperative Gallengangsverletzung, welche die postoperative Morbidität erheblich beeinflusst [76]. In der frühen Ära der SPLC wurde zunächst eine erhöhte Inzidenz von Gallengangsverletzungen im Rahmen der minimalen Operationsmethode berichtet und Warnhinweise wurden ausgesprochen [54,55]. Neuere Untersuchungen, insbesondere Metaanalysen mit insgesamt größeren Fallzahlen beschreiben ein vergleichbares Ergebnis in Bezug auf Gallengangsverletzungen zwischen SPLC und MPLC [56,47,77]. Grundsätzlich sind aber auch in diesen Studien die Fallzahlen noch zu niedrig, um eine verlässliche abschließende Aussage zu Inzidenzen von seltenen Komplikationen treffen zu können.

In Bezug auf die Konversionsraten müssen zwei verschiedene Konversionen unterschieden werden: das zusätzliche Einbringen von weiteren Trokaren bei der Laparoskopie und die tatsächliche Konversion der laparoskopischen zu einer offenen Operation. Bei der Konversion zur offenen Operation zeigt sich in der Literatur für Cholezystektomien und Appendektomien recht eindeutig kein Unterschied zwischen der traditionellen MPL und der minimaleren Variante, der SPL [56,46,47,77]. Auch bei kolorektalen Operationsindikationen scheint es keinen Unterschied in der Konversionsrate zur offenen Operation zwischen SPL und MPL zu geben [78,79]. Der Einsatz von zusätzlichen Trokaren ist bei der SPL signifikant häufiger nötig als bei der MPL [46,47]. Gründe für das Einbringen von weiteren Trokaren oder die Konversion sind zumeist eine unzureichende Exposition des Operationsgebiets (bei der Cholezystektomie z.B. des Chalot-Dreiecks) oder eine akute Entzündung [80,81,71]. Auch hierbei könnte es einen Bezug zur Lernkurve der Operationsmethode geben wie von Omar et al. berichtet [73]. Den Einfluss von patientenspezifischen Faktoren auf eine Konversionsrate haben nur wenige Studien untersucht und kommen dabei zu kontroversen Ergebnissen. Unter anderem unsere Untersuchung hierzu, wie auch andere konnten keinen Einfluss der Patientenkonstitution auf die Konversionsrate bei SPL feststellen [81,65]. Demgegenüber berichteten Khambaty et al. über eine Notwendigkeit von zusätzlichen Trokaren in 24% der 107 Fälle in der SPLC-Gruppe und stellten dabei fest, dass die konvertierten Fälle signifikant adipöser waren als die Patientinnen und Patienten, bei denen keine weiteren Trokare nötig waren [80]. In einer weiteren Studie wurde festgestellt, dass der BMI, die Körpergröße und das

Gewicht der Patientinnen und Patienten im Rahmen einer SPL einen signifikanten Einfluss auf die Konversionsrate haben, wobei die Körpergröße in der multivariaten Analyse einen unabhängigen Risikofaktor für die Notwendigkeit eines zusätzlichen Trokars darstellt [71]. Grundsätzlich sollte eine Konversion zur offenen Operation und auch das Einbringen von weiteren Trokaren bei der Laparoskopie jedoch nie als nicht-Erfolg oder gar als Komplikation definiert werden. Vielmehr handelt es sich hierbei um einen nötigen Operationsschritt, um die Patientensicherheit nicht zu gefährden. Eine Stigmatisierung als Komplikation würde ggf. zu einer höheren Risikobereitschaft bei der Laparoskopie, vor allem bei schwierigen Befunden führen und damit ggf. die Morbidität oder gar die Mortalität erhöhen.

Die längere Operationszeit und auch die höheren Konversionsraten bzw. die Rate für weitere Trokare legt nahe, dass die SPL höhere operative Anforderungen stellt, als die klassische MPL. Multiple Studien sind dieser Frage nachgegangen, insbesondere bei der Cholezystektomie. Im Rahmen der Studie von Lurje et al. beschrieben die beteiligten Chirurginnen und Chirurgen generell eine operative Unbehaglichkeit bei der SPL im Vergleich zur bekannten MPL [82]. Mehrfach wird eine schwierigere Handhabung der Instrumente durch die singuläre Inzision und die damit fehlende Triangulation berichtet [69,45,83,84]. Abdelrahman et al. haben im Rahmen einer Vergleichsstudie bei jeweils 25 durchgeführten SPLC und MPLC neben der Messung von klinischen Parametern (die Herzfrequenz und Cortisol Werte im Speichel) bei den Operateurinnen und Operateuren auch die operative Belastung durch einen standardisierten Fragebogen (SURG-TLX) erhoben und verglichen [85]. Alle Parameter weisen darauf hin, dass die SPL mit höherem Stress und größerer körperlicher Anstrengung für die Chirurginnen und Chirurgen als die MPL verbunden ist. Die Autoren stellen daher die Vermutung auf, dass die höhere operative Arbeitsbelastung im Rahmen der SPL einen negativen Einfluss auf die Patientensicherheit haben könnte und fordern schlussfolgernd eine ergonomische Verbesserung der SPL [85,86].

3.2. Postoperative Ergebnisse

In Bezug auf postoperative Komplikationen nach SPL im Vergleich zur MPL liegen zur Appendektomie und zur Gallenblasenresektion unterschiedliche Ergebnisse vor. Für die Appendektomie bei akuter Appendizitis scheint die postoperative Morbiditätsrate

vergleichbar zu sein zwischen den beiden laparoskopischen Operationsverfahren. Zu diesem Ergebnis kommen eindeutig die aktuelleren durchgeführten Meta-Analysen von randomisiert-kontrollierten Studien [68,87-89]. Diese vergleichbaren Ergebnisse zeigen sich sowohl bei der Schwere der Komplikationen (klassifiziert nach Clavien-Dindo), wie auch bei der Gesamtmorbidität und ebenso bei der Betrachtung spezieller postoperativer Komplikationen wie Wundinfektion, intraabdominelle Abszesse oder postoperativem Ileus. Auch in der von uns durchgeführten retrospektiven Studie zeigten sich die Komplikationsraten vergleichbar. Eine univariate logistische Regression zur Analyse demografischer oder chirurgischer Parameter im Zusammenhang mit postoperativen Komplikationen nach SPLA ergab keine potenziellen Risikofaktoren, wohingegen Buckley et al. eine komplizierte Blinddarmentzündung, einschließlich Perforation oder intraabdominalem Abszess zum Zeitpunkt der Operation als potenzielle Risikofaktoren für die Entwicklung von postoperativen Komplikationen nach SPLA identifizierten [90]. Insgesamt muss bei der Interpretation der Daten beachtet werden, dass auch in den vorliegenden Metaanalysen die Fallzahlen mit insgesamt jeweils rund 800 eingeschlossenen Patienten (ca. 400 je Operationsgruppe) zu gering sind, um eine abschließende Bewertung in Bezug auf die postoperative Morbidität abgeben zu können. Nach Cholezystektomien wurde kürzlich in zwei Studien eine signifikant erhöhte Rate an postoperativen Komplikationen nach SPLC im Vergleich zur MPLC beschrieben [56,46]. Arezzo et al. berichten bei insgesamt 5141 eingeschlossenen Operationen eine Gesamtrate an unerwünschten postoperativen Ereignissen von 8,7% nach MPLC und 11,3% nach SPLC (RR 1,41; $p < 0.001$) [56]. Das erhöhte Risiko betrifft in beiden Studien sowohl milde, als auch schwere postoperative Komplikationen entsprechend der Klassifikation von Clavien und Dindo [91].

Die Ergebnisse des Vergleichs postoperativer Schmerzen nach SPL und MPL sind insgesamt inkongruent. Die Minimalisierung des Zugangsweges durch eine singuläre Inzision verringert entsprechend der Theorie der SPL das operative Trauma und damit möglicherweise auch die postoperativen Schmerzen. Demgegenüber kann argumentiert werden, dass die Schmerzintensität bei der SPL höher ist, da die singuläre Inzision umbilical größer ist als bei der MPL und der umbilicale Zugang nach einer Untersuchung von Benschath et al. die schmerzhafteste Inzision im Rahmen einer Laparoskopie darstellt [92]. Insgesamt liegt bei der Auswertung von postoperativen Schmerzen nach SPL eine ausgeprägte Heterogenität vor, was die Schmerzmessung

angeht. Hierbei werden neben verschiedenen Schmerzzeitpunkten (von Stunden nach der Operation bis zu Schmerz bei der Entlassung) auch Messungen in Ruhe oder unter Belastung angegeben, was ein Datenpooling zur Analyse von größeren Fallzahlen schwierig macht. Arezzo, Evers und Haueter et al. berichten in ihren Metaanalysen von niedrigeren Schmerzen in der SPL-Gruppe nach Cholezystektomien, wohingegen eine kürzlich veröffentlichte Arbeit keinen Unterschied in der Intensität von postoperativen Schmerzen feststellen konnte [56,46,47,49]. Betrachtet man Einzelstudien, so konnten Tamini et al. analog zu unseren Ergebnissen am ersten postoperativen Tag einen signifikanten Vorteil bei der postoperativen Schmerzintensität zugunsten der SPLC beobachten [64,77]. Dieses Ergebnis wird auch von anderen randomisierten Studien bestätigt [93,82,94]. Andere hingegen beschreiben eine bessere Schmerzlinderung nach MPLC oder haben keinen Unterschied beim Vergleich der postoperativen Schmerzen feststellen können [69,95,96,73]. Nach Appendektomie und auch nach Koloneingriffen sind die Ergebnisse ähnlich, es zeigt sich jedoch ein Trend zu vergleichbaren postoperativen Schmerzen zwischen SPL und MPL [68,97,87,98,88,89].

In der von uns durchgeführten randomisierten Studie zum Vergleich zwischen SPLC und MPLC zeigte sich eine signifikant kürzere Krankenhausverweildauer der Patientinnen und Patienten nach Operation mit einem singulären Zugang [64]. Bei zwei weiteren retrospektiven Auswertungen zeigte sich ein vergleichbares Ergebnis zwischen den Operationsgruppen [67,43]. In der internationalen Literatur zeigte die Mehrzahl der Studien eine äquivalente Krankenhausaufenthaltsdauer [69,56,47,82,73]. Drei Studien berichteten über eine zügigere Wiederaufnahme normaler Alltagstätigkeiten nach SPL, wobei St. Peter et al. diesbezüglich bei Kindern keinen Unterschied in der Rückkehr zur Schule feststellen konnten [99,88].

3.3. Langzeit-Ergebnisse

Einer der sicherlich am kritischsten diskutierte Aspekt der SPL ist die möglicherweise höhere Inzidenz an Narbenhernien im Langzeitverlauf. Grund für diese Annahme ist die größere Länge der Faszieninzision am Nabel bei der SPL im Vergleich zur klassischen MPL [96].

Die Rate einer Narbenhernie nach einer MPLC liegt größeren Studien zufolge zwischen 0,9% - 4,1%, wobei auch Raten bis zu 25,9% beschrieben wurden [100-103]. Mehrheitlich treten die Hernien im Bereich des Nabels auf, also im Bereich der Bergeinzision der Gallenblase. Bei allen Studien hierzu fehlt diesbezüglich eine Untersuchung, ob die Erweiterung der umbilicalen Inzision zur Gallenblasenbergung (z.B. bei großen Steinen in der Gallenblase) einen Einfluss auf die Entwicklung einer Hernie hat. Durch eine möglicherweise nötige Erweiterung der Inzision um 5-10mm erreicht die Nabelinzision damit die Länge einer nötigen Inzision für eine SPLC. Nach SPL erscheint den vorliegenden Meta-Analysen zufolge die Hernienrate höher zu sein, als nach MPL [58,56,47]. In allen drei Analysen erfolgt dabei allerdings eine kritische Würdigung einer Einzelstudie mit einem deutlich höheren Anteil an Hernien in der SPL-Gruppe [96]. Werden die Daten dieser Studie aus den gepoolten Daten ausgeschlossen ist die Hernieninzidenz zwischen den Operationsgruppen vergleichbar [58,47]. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt auch eine landesweite prospektive Kohortenstudie der dänischen Bevölkerung [62]. Anhand von Registerdaten haben Christoffersen et al. nach einer mittleren Nachbeobachtungszeit von 48 Monaten keinen signifikanten Unterschied in der Hernienrate zwischen SPL und MPL herausgefunden. Die unterschiedlichen Ergebnisse zwischen den Metaanalysen und der prospektiven Registerstudie führten zu erheblichen Diskussionen nicht nur auf Fachkongressen, sondern auch in der Literatur wurden die Ergebnisse und die Wertigkeit der unterschiedlichen wissenschaftlichen Ansätze ausgiebig diskutiert [60,61]. Bury et al. untersuchten dabei den Widerspruch in den Ergebnissen zwischen der Metaanalyse von Antoniou et al. und der Registerstudie von Christoffersen et al. und erkannte dabei beide Studien in ihrem Evidenzgrad als wissenschaftlich gleichwertig an [61]. Zur abschließenden Klärung der Hernieninzidenz nach SPL im Vergleich zur MPL forderten Bury und Muysoms weitere Studien mit einer längeren postoperativen Beobachtungszeit [61]. Hierzu liegen durch die von unserer Arbeitsgruppe durchgeführten Untersuchungen zwei Studien zur Klärung dieser Fragestellung mit einem mittleren postoperativen Beobachtungszeitraum von 58 bzw. 70 Monaten vor [66,64]. Im Verlauf nach 286 SPL Appendektomien und Cholezystektomien zeigte sich hierbei eine Hernienrate von 2,4% [66]. Diese ist vergleichbar mit anderen in der Literatur angegebenen Hernieninzidenzen nach SPL [58,62]. Bei der von uns durchgeführten randomisierten Studie zeigte sich im Rahmen der Langzeitbeobachtung im Mittel von fast 6 Jahren

kein signifikanter Unterschied zwischen den Inzidenzen von Narbenhernien nach SPLC und MLPC (5,7% vs. 8,3%; $p=0.593$) [64].

Als Risikofaktoren für die Entwicklung einer umbilikalen Narbenhernie nach einer SPL haben sich neben einem erhöhten BMI auch eine vorbestehende Nabelhernie gezeigt [66,104,65,105]. In einer Studie von Julliard et al. lag die Hernieninzidenz bei adipösen Patienten bei 33% und damit signifikant höher als bei normalgewichtigen Patienten [104]. Auch wir fanden heraus, dass die Inzidenz der Hernienentwicklung nach SPL für adipöse Patienten mit einem BMI von $>30 \text{ kg/m}^2$ signifikant höher ist, als bei Patienten mit einem geringeren BMI (9,8% vs. 1,9%; $p=0.027$) [65].

Ein ebenfalls vielfach diskutierter Aspekt der SPL ist der kosmetische Vorteil durch die Verringerung der Anzahl der Inzisionen im Vergleich zur MPL. In einer aktuellen Metaanalyse, die genau dieser Frage nachgeht, konnten Haueter et al. aus der Schweiz eine klinisch moderate bis signifikante Verbesserung der Patientenzufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis nach SPL im Vergleich zur MPL nachweisen [47]. Dieses Ergebnis zeigte sich sowohl in der frühen postoperativen Phase, als auch bis rund 12 Monate nach der Operation. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich auch beim europäischen multizentrischen MUSIC-Trial bei dem 600 Patienten randomisiert wurden zwischen SPLC und MPLC [69]. Hierbei zeigte sich rund 60 Tage postoperativ im Rahmen einer Patientenbefragung eine signifikant höhere Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis nach SPLC als nach MPLC. Zusätzlich wurden die kosmetischen Ergebnisse der Patientinnen und Patienten in annähernd der Hälfte der Fälle (48,2%; $n=289$) von drei qualifizierten Chirurginnen oder Chirurgen anhand von jeweils zwei Photographien der Narben ebenfalls kosmetisch bewertet. Bei der chirurgischen Beurteilung zeigte sich interessanterweise ein signifikant besseres kosmetisches Ergebnis in der MPLC-Gruppe insbesondere in Bezug auf die Narbe und die Hautvertiefung. Diese divergenten Ergebnisse zeigen, dass eine kosmetische Beurteilung in hohem Maße einer subjektiven Bewertung und damit sicherlich auch potenziellen Vorurteilen und Erwartungen der Patientinnen und Patienten, aber auch der chirurgischen Beurteilung, unterliegt. Die Wertigkeit eines kosmetischen Ergebnisses nach laparoskopischer Chirurgie bleibt daher kontrovers diskutiert. Zwar könnte insbesondere bei jüngeren Patientinnen und Patienten mit einer elektiven Operationsindikation das zu erwartende postoperative kosmetische Ergebnis die Verfahrenswahl beeinflussen, in der Mehrzahl der Fälle scheint der Patientenfokus bei

einer Operation jedoch vielmehr bei anderen Faktoren zu liegen. Hierzu zählen z.B. der dringliche Wunsch der Linderung der Symptome, die Erfahrung oder das Renommee der Chirurgin oder des Chirurgen. Auch mögliche operative Komplikationen scheinen die Verfahrenswahl durch die Patientinnen und Patienten in der Chirurgie maßgeblich zu beeinflussen [106,107]. Darüber zudem ist es unklar, ob sich ein initial postoperativer kosmetischer Vorteil einer Operationsmethode auch im Langzeitverlauf bestätigen lässt. Bencsath et al. konnten diesbezüglich zeigen, dass das kosmetische Ergebnis postoperativ vermutlich lediglich kurz- bis mittelfristige Beachtung findet. Im Rahmen von Telefoninterviews (n=125) stellten die Autoren fest, dass im Mittel rund zwei Jahre (21 Monate) nach einer MPL nur rund die Hälfte der Patientinnen und Patienten (47,2%) die korrekte Anzahl der durchgeführten Inzisionen bzw. Narben angeben konnte [92]. Auch im Rahmen unserer Untersuchungen zu kosmetischen Langzeitergebnissen nach SPL und MPL zeigte sich nach einer mittleren Nachbeobachtungszeit von rund 5 Jahren (61 Monate) kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Operationsverfahren [67]. Es bleibt also fraglich, ob der frühe postoperative kosmetische Vorteil der SPL tatsächlich einen Verfahrensvorteil darstellt, wobei insbesondere weitere Langzeitstudien hierzu wünschenswert wären.

In Bezug auf chronische Schmerzen liegen zum Vergleich von SPL und MPL nur sehr wenige Daten vor. Nach Cholezystektomien scheinen chronische, zumeist sehr unspezifische Schmerzen in bis zu 50% der Fälle aufzutreten, wobei frühe postoperative viszerale Schmerzen ein möglicher Risikofaktor für langanhaltende Schmerzen sind [108,109]. Da wie oben bereits aufgeführt, die frühen postoperativen Schmerzen nach einer SPL möglicherweise geringer sind als nach einer MPL, könnte man vermuten, dass auch die chronischen Schmerzen nach einer SPL geringer sind. In der dänischen Kohortenstudie mit 552 Patientinnen und Patienten zum Langzeitverlauf nach SPL und MPL von Christoffersen et al. wurde auch der Frage nach chronischen abdominellen Schmerzen nachgegangen [62]. Hierbei zeigte sich rund vier Jahre nach der Operation kein Unterschied in Bezug auf chronische Schmerzen insgesamt, sowie auf Schmerzen bei der täglichen Arbeit oder bei Freizeitaktivitäten zwischen MPL und SPL. Dieses Ergebnis wurde durch unsere Langzeituntersuchungen bestätigt. Auch bei unserem Berliner Patientenkollektiv zeigte sich kein Unterschied von chronischen Schmerzen zwischen den beiden Operationsgruppen [67].

4. Zusammenfassung

Nachdem die klassische Laparoskopie in den Dekaden vor und nach der Jahrtausendwende bei praktisch allen abdominellen Operationen und viszeralchirurgischen Indikationen in die Routine Einzug erhalten hat, löste im Rahmen der weiteren Minimalisierung der Zugangswege ab etwa 2008 die Single-Port Laparoskopie zeitweise einen regelrechten Boom aus. Der primäre Unterschied zur klassischen Multiport Laparoskopie liegt hierbei bei der Anzahl der benötigten Zugänge zum Abdomen. Bei der Single-Port Laparoskopie wird lediglich ein singulärer Operationszugang zum Abdomen benötigt, für den zumeist der Bauchnabel als bereits vorbestehende embryonale Narbe gewählt wird.

Vorteile der Single-Port Laparoskopie gegenüber der klassischen Laparoskopie sind für die Patientinnen und Patienten neben geringeren perioperativen Schmerzen auch ein verbessertes kosmetisches Ergebnis aufgrund der verringerten Anzahl an Hautinzisionen. Die Nachteile sind verbunden mit einer erhöhten operativ-technischen Herausforderung durch die Enge der Instrumente im Bereich des Zugangs, was sich zum Beispiel durch eine längere Operationszeit zeigt. Hieraus entstehen auch immer wieder Bedenken hinsichtlich der operativen Sicherheit der Single-Port Laparoskopie aufgrund einer verringerten Möglichkeit der Triangulation des intraabdominellen Gewebes. Zusätzlich bestehen Ungewissheiten bezüglich der Entwicklung von Komplikationen im Langzeitverlauf nach SPL, wobei eine erhöhte Rate an umbilicalen Narbenhernien immer wieder in der Literatur diskutiert wird.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, anhand ausgewählter Publikationen, einen Überblick über die operative Sicherheit der Single-Port Appendektomie und Cholezystektomie darzustellen, patientenspezifische Risikofaktoren für das Operationsverfahren am Beispiel der Adipositas zu evaluieren und darüber hinaus Langzeitdaten zu erheben und zu analysieren. Die veröffentlichten Arbeiten stellen dabei zum Publikationszeitpunkt den aktuellen Stand der Wissenschaft an dem, in Bezug auf die Langzeitdaten, weltweit größten Patientenkollektiv eines einzelnen Zentrums dar.

Zusammenfassend können die Ergebnisse der SPL am Beispiel der Appendektomie und der Cholezystektomie im perioperativen Verlauf als vergleichbar mit der klassischen MPL angesehen werden. Neben der chirurgisch-technischen Machbarkeit

zeigen sich unseren Ergebnissen nach keine Unterschiede in Bezug auf die Operationszeit und auch nicht in Hinblick auf die intra- und postoperativen Komplikationen. Die SPLC führt im postoperativen Verlauf zu signifikant weniger Schmerzen am Entlassungstag und zu einem kürzeren Krankenhausaufenthalt. Auch operative Risikogruppen, wie übergewichtige Patientinnen und Patienten (BMI >30kg/m²) können per SPL sicher operiert werden. Im Rahmen einer Cholezystektomie zeigte sich bei ihnen zwar eine gering verlängerte Operationszeit, jedoch ohne einen Unterschied in der Komplikationsrate der nicht-adipösen Vergleichsfälle. Im Langzeitverlauf kommt es bei den adipösen Patientinnen und Patienten jedoch deutlich häufiger zur Entwicklung einer umbilicalen Narbenhernie im Vergleich zu der normalgewichtigen Gruppe nach SPLC. Betrachtet man die Rate an Narbenhernien im Langzeitverlauf nach SPL im Vergleich zur MPL hat sich bei unserem Gesamtpatientenkollektiv im Mittel rund 6 Jahre postoperativ kein Unterschied zwischen den Operationsgruppen gezeigt. Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu publizierten Metaanalysen, die eine erhöhte Hernienrate nach SPL berichten, wobei der Beobachtungszeitraum hier lediglich 12 Monate umfasst. Zusätzlich zeigte sich bei unseren Analysen im Langzeitverlauf, dass die Rate an chronischen Schmerzen nach SPL nicht höher ist als nach MPL. Der zunächst positive kosmetische Effekt der SPL im frühen postoperativen Zeitraum kann im Langzeitverlauf nicht reproduziert werden; hier zeigte sich das kosmetische Ergebnis zwischen SPL und MPL vergleichbar. Die Diskussion über die Langzeitergebnisse wird anhalten und bedarf insbesondere in Bezug auf die Hernienraten Untersuchungen an großen Patientenkollektiven, z.B. aus Register- oder nationalen Gesundheitsdatenbanken, um einer Klärung näher zu kommen.

Auch wenn die SPL dem Goldstandard der MPL gegenüber im frühen postoperativen Verlauf zumindest bezüglich Schmerzen und dem kosmetische Ergebnis überlegen scheint, und die tatsächlichen Langzeiteffekte noch nicht abschließend geklärt sind, ist das Interesse an der SPL und auch die Fallzahl in den letzten Jahren zurückgegangen. Mutmaßliche Erklärungen sind neben erhöhtem chirurgischen Schwierigkeitsgrad und gewissem operativen „Dyskomfort“ im Vergleich zur klassischen MPL und nachlassender Anfangseuphorie nicht zuletzt auch ökonomische Faktoren. Die SPL ist durch den Einsatz spezieller Portsysteme teurer als die MPL, was im deutschen DRG-System bei lediglich gering vergüteten Versorgungseingriffen wie der Cholezystektomie und der Appendektomie nicht selten zu einer Unterdeckung der

Kosten führt. Auch die Einführung einer speziellen OPS-Kodierung konnte keine Besserung herbeibringen. Dieses wiederum wird im Rahmen der zunehmenden Ökonomisierung des Gesundheitssystems von den meisten Klinikträgern nicht toleriert, was daher im Umkehrschluss zu einem Verlassen der SPL führt.

Trotzdem hat die Euphorie-Welle der SPL einen erheblichen Innovationsschub im Bereich der minimal-invasiven Chirurgie durch neue Instrumente, Kamera- und Portsysteme bedingt, die in mehreren Bereichen, wie z.B. der transanal minimal-invasiven Chirurgie (TAMIS), neue Operationsmethoden ermöglicht hat. Auch das Aufkommen der robotischen Chirurgie in der Viszeralchirurgie führt wieder zu einem vermehrten Interesse an der SPL, da durch den Einsatz des Roboters die oben beschriebenen Nachteile im Sinne der operativen Schwierigkeit und damit verbundenem erhöhten operativen Stress auf die Maschine verschoben und ausgeglichen werden können.

5. Literatur

1. Bozzini P (1807) Der Lichtleiter oder Beschreibung einer einfachen Vorrichtung und ihre Anwendung zur Erleuchtung innerer Höhlen und Zwischenräume des lebenden animalischen Körpers. Verlag des Landes, Industrie-Comptoirs, Weimar
2. Nezhat F (2003) Triumphs and controversies in laparoscopy: the past, the present, and the future. *JLS* 7 (1):1-5
3. Carus CG (1820) Lehrbuch der Gynäkologie. Bd. 1. Leipzig
4. Schultheiss D, Rathert P, Jonas U (2002) Wegbereiter der Urologie. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
5. Nitze M (1879) Eine neue Beobachtungs- und Untersuchungsmethode für Harnröhre, Harnblase und Rectum. *Wiener medizinische Wochenschrift* (24),
6. Kelling G (1901) Die Tamponade der Bauchhöhle mit Luft zur Stillung lebensgefährlicher Intestinalblutungen. *Münch Med Wochenschr* 48: 1480–1483
7. Kelling G (1902) Über Ösophagoskopie, Gastroskopie und Kōlioskopie. *Münch Med Wochenschr* 49: 21–24
8. Jacobaeus HC (1910) Über die Möglichkeit die Zystoskopie bei Untersuchung seröser Höhlungen anzuwenden. *Münch Med Wochenschr* 57:2090–2092
9. Jacobaeus HC (1912) Über Laparo- und Thorakoskopie. *Beitr Klin Tuberk* 25:185–354
10. Zollikofer R (1924) Zur Laparoskopie. *Schweiz Med Wochenschr* 54:264
11. Schlogel G (1996) [Raoul Palmer and the coelio-surgical adventure from 1940 to 1995]. *Hist Sci Med* 30 (2):281-287
12. Semm K (1978) Tissue-puncher and loop-ligation--new aids for surgical-therapeutic pelviscopy (laparoscopy) = endoscopic intraabdominal surgery. *Endoscopy* 10 (2):119-124. doi:10.1055/s-0028-1098278
13. Semm K (1983) Endoscopic appendectomy. *Endoscopy* 15 (2):59-64. doi:10.1055/s-2007-1021466

14. Litynski GS (1998) Kurt Semm and the fight against skepticism: endoscopic hemostasis, laparoscopic appendectomy, and Semm's impact on the "laparoscopic revolution". *JLS* 2 (3):309-313
15. Mühe E (1986) Die erste Cholezystektomie. *Langenbecks Arch Chiv* 369 (804)
16. Litynski GS (1998) Erich Muhe and the rejection of laparoscopic cholecystectomy (1985): a surgeon ahead of his time. *JLS* 2 (4):341-346
17. Muhe E (1992) Long-term follow-up after laparoscopic cholecystectomy. *Endoscopy* 24 (9):754-758. doi:10.1055/s-2007-1009119
18. Mouret P (1996) How I developed laparoscopic cholecystectomy. *Ann Acad Med Singapore* 25 (5):744-747
19. Wheelless CR, Jr. (1969) A rapid, inexpensive and effective method of surgical sterilization by laparoscopy. *J Reprod Med* (5):65-69
20. Wheelless CR, Jr. (1972) Outpatient laparoscope sterilization under local anesthesia. *Obstet Gynecol* 39 (5):767-770
21. Singh KB (1997) Tubal Sterilization by Laparoscopy. Simplified technique *NY State J Med* 77:193-196
22. Pelosi MA, Pelosi MA, 3rd (1991) Laparoscopic hysterectomy with bilateral salpingo-oophorectomy using a single umbilical puncture. *N J Med* 88 (10):721-726
23. Pelosi MA, Pelosi MA, 3rd (1992) Laparoscopic supracervical hysterectomy using a single-umbilical puncture (mini-laparoscopy). *J Reprod Med* 37 (9):777-784
24. Pelosi MA, Pelosi MA, 3rd (1992) Laparoscopic appendectomy using a single umbilical puncture (minilaparoscopy). *J Reprod Med* 37 (7):588-594
25. Navarra G, Pozza E, Occhionorelli S, Carcoforo P, Donini I (1997) One-wound laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg* 84 (5):695
26. Raman JD, Bensalah K, Bagrodia A, Stern JM, Cadeddu JA (2007) Laboratory and clinical development of single keyhole umbilical nephrectomy. *Urology* 70 (6):1039-1042. doi:10.1016/j.urology.2007.10.001

27. Kaouk JH, Goel RK, Haber GP, Crouzet S, Desai MM, Gill IS (2008) Single-port laparoscopic radical prostatectomy. *Urology* 72 (6):1190-1193. doi:10.1016/j.urology.2008.06.010
28. Bucher P, Pugin F, Morel P (2008) Single port access laparoscopic right hemicolectomy. *Int J Colorectal Dis* 23 (10):1013-1016. doi:10.1007/s00384-008-0519-8
29. Nguyen NT, Hinojosa MW, Smith BR, Reavis KM (2008) Single laparoscopic incision transabdominal (SLIT) surgery-adjustable gastric banding: a novel minimally invasive surgical approach. *Obes Surg* 18 (12):1628-1631. doi:10.1007/s11695-008-9705-6
30. Cugura JF, Kirac I, Kulis T, Jankovic J, Beslin MB (2008) First case of single incision laparoscopic surgery for totally extraperitoneal inguinal hernia repair. *Acta Clin Croat* 47 (4):249-252
31. Bucher P, Pugin F, Morel P (2009) Single-port access laparoscopic radical left colectomy in humans. *Dis Colon Rectum* 52 (10):1797-1801. doi:10.1007/DCR.0b013e3181b551ce
32. Walz MK, Alesina PF (2009) Single access retroperitoneoscopic adrenalectomy (SARA)--one step beyond in endocrine surgery. *Langenbecks Arch Surg* 394 (3):447-450. doi:10.1007/s00423-008-0418-z
33. Barbaros U, Sumer A, Demirel T, Karakullukcu N, Batman B, Icscan Y, Saricam G, Serin K, Loh WL, Dinccag A, Mercan S (2010) Single incision laparoscopic pancreas resection for pancreatic metastasis of renal cell carcinoma. *JSLs* 14 (4):566-570. doi:10.4293/108680810X12924466008448
34. Aldrighetti L, Guzzetti E, Ferla G (2011) Laparoscopic hepatic left lateral sectionectomy using the LaparoEndoscopic Single Site approach: evolution of minimally invasive liver surgery. *J Hepatobiliary Pancreat Sci* 18 (1):103-105. doi:10.1007/s00534-010-0280-6
35. Kalloo AN, Singh VK, Jagannath SB, Niiyama H, Hill SL, Vaughn CA, Magee CA, Kantsevov SV (2004) Flexible transgastric peritoneoscopy: a novel approach to diagnostic and therapeutic interventions in the peritoneal cavity. *Gastrointest Endosc* 60 (1):114-117. doi:10.1016/s0016-5107(04)01309-4

36. Gill IS, Advincula AP, Aron M, Cadeddu J, Canes D, Curcillo PG, 2nd, Desai MM, Evanko JC, Falcone T, Fazio V, Gettman M, Gumbs AA, Haber GP, Kaouk JH, Kim F, King SA, Ponsky J, Remzi F, Rivas H, Rosemurgy A, Ross S, Schauer P, Sotelo R, Speranza J, Sweeney J, Teixeira J (2010) Consensus statement of the consortium for laparoendoscopic single-site surgery. *Surg Endosc* 24 (4):762-768. doi:10.1007/s00464-009-0688-8
37. Morales-Conde S, Peeters A, Meyer YM, Antoniou SA, Del Agua IA, Arezzo A, Arolfo S, Yehuda AB, Boni L, Cassinotti E, Dapri G, Yang T, Fransen S, Forgione A, Hajibandeh S, Hajibandeh S, Mazzola M, Migliore M, Mittermair C, Mittermair D, Morandeira-Rivas A, Moreno-Sanz C, Morlacchi A, Nizri E, Nuijts M, Raakow J, Sanchez-Margallo FM, Sanchez-Margallo JA, Szold A, Weiss H, Weiss M, Zorron R, Bouvy ND (2019) European association for endoscopic surgery (EAES) consensus statement on single-incision endoscopic surgery. *Surg Endosc* 33 (4):996-1019. doi:10.1007/s00464-019-06693-2
38. Rao PP, Rao PP, Bhagwat S (2011) Single-incision laparoscopic surgery - current status and controversies. *J Minim Access Surg* 7 (1):6-16. doi:10.4103/0972-9941.72360
39. Burke J, Toomey D, Reilly F, Cahill R (2020) Single access laparoscopic total colectomy for severe refractory ulcerative colitis. *World J Gastroenterol* 26 (39):6015-6026. doi:10.3748/wjg.v26.i39.6015
40. Hayashi M, Asakuma M, Komeda K, Miyamoto Y, Hirokawa F, Tanigawa N (2010) Effectiveness of a surgical glove port for single port surgery. *World J Surg* 34 (10):2487-2489. doi:10.1007/s00268-010-0649-3
41. Rao PP, Bhagwat SM, Rane A, Rao PP (2008) The feasibility of single port laparoscopic cholecystectomy: a pilot study of 20 cases. *HPB (Oxford)* 10 (5):336-340. doi:10.1080/13651820802276622
42. Olympus - Single Port Surgery Access Devices. <https://medical.olympusamerica.com/products/quadport-wa58030q>. Accessed 18. August 2021 2021

43. Raakow J, Liesaus HG, Neuhaus P, Raakow R (2015) Single-incision versus multiport laparoscopic appendectomy: a case-matched comparative analysis. *Surg Endosc* 29 (6):1530-1536. doi:10.1007/s00464-014-3837-7
44. Botden S, Strijkers R, Fransen S, Stassen L, Bouvy N (2011) The use of curved vs. straight instruments in single port access surgery, on standardized box trainer tasks. *Surg Endosc* 25 (8):2703-2710. doi:10.1007/s00464-011-1633-1
45. Rimonda R, Tang B, Brown SI, Cuschieri A (2012) Comparison of endoscopic task performance with crossed versus uncrossed straight and curved instruments through a single port. *Surg Endosc* 26 (12):3605-3611. doi:10.1007/s00464-012-2379-0
46. Evers L, Bouvy N, Branje D, Peeters A (2017) Single-incision laparoscopic cholecystectomy versus conventional four-port laparoscopic cholecystectomy: a systematic review and meta-analysis. *Surg Endosc* 31 (9):3437-3448. doi:10.1007/s00464-016-5381-0
47. Haueter R, Schutz T, Raptis DA, Clavien PA, Zuber M (2017) Meta-analysis of single-port versus conventional laparoscopic cholecystectomy comparing body image and cosmesis. *Br J Surg* 104 (9):1141-1159. doi:10.1002/bjs.10574
48. Trastulli S, Cirocchi R, Desiderio J, Guarino S, Santoro A, Parisi A, Noya G, Boselli C (2013) Systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials comparing single-incision versus conventional laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg* 100 (2):191-208. doi:10.1002/bjs.8937
49. Lyu Y, Cheng Y, Wang B, Zhao S, Chen L (2020) Single-incision versus conventional multiport laparoscopic cholecystectomy: a current meta-analysis of randomized controlled trials. *Surg Endosc* 34 (10):4315-4329. doi:10.1007/s00464-019-07198-8
50. Markar SR, Karthikesalingam A, Thrumurthy S, Muirhead L, Kinross J, Paraskeva P (2012) Single-incision laparoscopic surgery (SILS) vs. conventional multiport cholecystectomy: systematic review and meta-analysis. *Surg Endosc* 26 (5):1205-1213. doi:10.1007/s00464-011-2051-0

51. Gurusamy KS, Vaughan J, Rossi M, Davidson BR (2014) Fewer-than-four ports versus four ports for laparoscopic cholecystectomy. *Cochrane Database Syst Rev* (2):CD007109. doi:10.1002/14651858.CD007109.pub2
52. Garg P, Thakur JD, Garg M, Menon GR (2012) Single-incision laparoscopic cholecystectomy vs. conventional laparoscopic cholecystectomy: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Gastrointest Surg* 16 (8):1618-1628. doi:10.1007/s11605-012-1906-6
53. de'Angelis N, Catena F, Memeo R, Coccolini F, Martinez-Perez A, Romeo OM, De Simone B, Di Saverio S, Brustia R, Rhaiem R, Piardi T, Conticchio M, Marchegiani F, Beghdadi N, Abu-Zidan FM, Alikhanov R, Allard MA, Allievi N, Amaddeo G, Ansaloni L, Andersson R, Andolfi E, Azfar M, Bala M, Benkabbou A, Ben-Ishay O, Bianchi G, Biffl WL, Brunetti F, Carra MC, Casanova D, Celentano V, Ceresoli M, Chiara O, Cimbanassi S, Bini R, Coimbra R, Luigi de'Angelis G, Decembrino F, De Palma A, de Reuver PR, Domingo C, Cotsoglou C, Ferrero A, Fraga GP, Gaiani F, Gheza F, Gurrado A, Harrison E, Henriquez A, Hofmeyr S, Iadarola R, Kashuk JL, Kianmanesh R, Kirkpatrick AW, Kluger Y, Landi F, Langella S, Lapointe R, Le Roy B, Luciani A, Machado F, Maggi U, Maier RV, Mefire AC, Hiramatsu K, Ordonez C, Patrizi F, Planells M, Peitzman AB, Pekolj J, Perdigao F, Pereira BM, Pessaux P, Pisano M, Puyana JC, Rizoli S, Portigliotti L, Romito R, Sakakushev B, Sanei B, Scatton O, Serradilla-Martin M, Schneck AS, Sissoko ML, Sobhani I, Ten Broek RP, Testini M, Valinas R, Veloudis G, Vitali GC, Weber D, Zorcolo L, Giuliani F, Gavriilidis P, Fuks D, Sommacale D (2021) 2020 WSES guidelines for the detection and management of bile duct injury during cholecystectomy. *World J Emerg Surg* 16 (1):30. doi:10.1186/s13017-021-00369-w
54. Allemann P, Demartines N, Schafer M (2014) Remains of the day: biliary complications related to single-port laparoscopic cholecystectomy. *World J Gastroenterol* 20 (3):843-851. doi:10.3748/wjg.v20.i3.843
55. Joseph M, Phillips MR, Farrell TM, Rupp CC (2012) Single incision laparoscopic cholecystectomy is associated with a higher bile duct injury rate: a review and a word of caution. *Ann Surg* 256 (1):1-6. doi:10.1097/SLA.0b013e3182583fde
56. Arezzo A, Passera R, Forcignano E, Rapetti L, Cirocchi R, Morino M (2018) Single-incision laparoscopic cholecystectomy is responsible for increased adverse

events: results of a meta-analysis of randomized controlled trials. *Surg Endosc* 32 (9):3739-3753. doi:10.1007/s00464-018-6143-y

57. Sahm M, Reinsch AK, Otto R, Monch C, Gerdes M, Winde G, Lancee S, Meyer L, Mantke A, Lippert H, Croner R, Mantke R (2020) [Morbidity and Mortality of Single Incision Cholecystectomy: Results of a 3-Year Register Analysis]. *Zentralbl Chir* 145 (4):390-398. doi:10.1055/a-1071-8082

58. Antoniou SA, Morales-Conde S, Antoniou GA, Granderath FA, Berrevoet F, Muysoms FE, Grp B (2016) Single-incision laparoscopic surgery through the umbilicus is associated with a higher incidence of trocar-site hernia than conventional laparoscopy: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Hernia* 20 (1):1-10. doi:10.1007/s10029-015-1371-8

59. Jensen SAS, Fonnes S, Gram-Hanssen A, Andresen K, Rosenberg J (2021) Low long-term incidence of incisional hernia after cholecystectomy: A systematic review with meta-analysis. *Surgery* 169 (6):1268-1277. doi:10.1016/j.surg.2020.12.027

60. Antoniou SA, Antoniou GA, Granderath FA (2016) Comparing systematic reviews and meta-analyses of randomized clinical trials with cohort studies: a paradigm of single-incision laparoscopic surgery. *Hernia* 20 (1):13-14. doi:10.1007/s10029-015-1430-1

61. Bury K, Pawlak M, Smietanski M, Muysoms F (2016) Single-incision port-site herniation: meta-analysis vs. nationwide cohort study. *Hernia* 20 (1):11-12. doi:10.1007/s10029-015-1401-6

62. Christoffersen MW, Brandt E, Oehlenschlager J, Rosenberg J, Helgstrand F, Jorgensen LN, Bardram L, Bisgaard T (2015) No difference in incidence of port-site hernia and chronic pain after single-incision laparoscopic cholecystectomy versus conventional laparoscopic cholecystectomy: a nationwide prospective, matched cohort study. *Surg Endosc* 29 (11):3239-3245. doi:10.1007/s00464-015-4066-4

63. Weiss H, Mittermair C, Weiss M (2017) [Single incision laparoscopy : Current status]. *Chirurg* 88 (8):669-674. doi:10.1007/s00104-017-0446-8

64. Klein D, Barutcu AG, Kroll D, Kilian M, Pratschke J, Raakow R, Raakow J (2020) Randomized controlled trial of single incision versus conventional multiport

laparoscopic cholecystectomy with long-term follow-up. *Langenbecks Arch Surg* 405 (5):551-561. doi:10.1007/s00423-020-01911-1

65. Raakow J, Klein D, Barutcu AG, Biebl M, Pratschke J, Raakow R (2019) Safety and Efficiency of Single-Incision Laparoscopic Cholecystectomy in Obese Patients: A Case-Matched Comparative Analysis. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 29 (8):1005-1010. doi:10.1089/lap.2018.0728

66. Barutcu AG, Klein D, Kilian M, Biebl M, Raakow R, Pratschke J, Raakow J (2019) Long-term follow-up after single-incision laparoscopic surgery. *Surg Endosc*. doi:10.1007/s00464-019-06739-5

67. Raakow J, Klein D, Barutcu AG, Biebl M, Pratschke J, Raakow R (2020) Single-port versus multiport laparoscopic surgery comparing long-term patient satisfaction and cosmetic outcome. *Surg Endosc* 34 (12):5533-5539. doi:10.1007/s00464-019-07351-3

68. Antoniou SA, Koch OO, Antoniou GA, Lasithiotakis K, Chalkiadakis GE, Pointner R, Granderath FA (2014) Meta-analysis of randomized trials on single-incision laparoscopic versus conventional laparoscopic appendectomy. *Am J Surg* 207 (4):613-622. doi:10.1016/j.amjsurg.2013.07.045

69. Arezzo A, Passera R, Bullano A, Mintz Y, Kedar A, Boni L, Cassinotti E, Rosati R, Fumagalli Romario U, Sorrentino M, Brizzolari M, Di Lorenzo N, Gaspari AL, Andreone D, De Stefani E, Navarra G, Lazzara S, Degiuli M, Shishin K, Khatkov I, Kazakov I, Schrittwieser R, Carus T, Corradi A, Sitzman G, Lacy A, Uranues S, Szold A, Morino M (2017) Multi-port versus single-port cholecystectomy: results of a multi-centre, randomised controlled trial (MUSIC trial). *Surg Endosc* 31 (7):2872-2880. doi:10.1007/s00464-016-5298-7

70. Pisanu A, Porceddu G, Reccia I, Saba A, Uccheddu A (2013) Meta-analysis of studies comparing single-incision laparoscopic appendectomy and conventional multiport laparoscopic appendectomy. *J Surg Res* 183 (2):e49-59. doi:10.1016/j.jss.2013.03.038

71. Meillat H, Birnbaum DJ, Fara R, Mancini J, Berdah S, Bege T (2015) Do height and weight affect the feasibility of single-incision laparoscopic cholecystectomy? *Surg Endosc* 29 (12):3594-3599. doi:10.1007/s00464-015-4115-z

72. Yilmaz H, Alptekin H, Acar F, Calisir A, Sahin M (2014) Single-incision laparoscopic cholecystectomy and overweight patients. *Obes Surg* 24 (1):123-127. doi:10.1007/s11695-013-1041-9
73. Omar MA, Redwan AA, Mahmoud AG (2017) Single-incision versus 3-port laparoscopic cholecystectomy in symptomatic gallstones: A prospective randomized study. *Surgery* 162 (1):96-103. doi:10.1016/j.surg.2017.01.006
74. Peters JH, Ellison EC, Innes JT, Liss JL, Nichols KE, Lomano JM, Roby SR, Front ME, Carey LC (1991) Safety and efficacy of laparoscopic cholecystectomy. A prospective analysis of 100 initial patients. *Ann Surg* 213 (1):3-12. doi:10.1097/00000658-199101000-00002
75. Zucker KA, Bailey RW, Gadacz TR, Imbembo AL (1991) Laparoscopic guided cholecystectomy. *Am J Surg* 161 (1):36-42; discussion 42-34. doi:10.1016/0002-9610(91)90358-k
76. Connor S, Garden OJ (2006) Bile duct injury in the era of laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg* 93 (2):158-168. doi:10.1002/bjs.5266
77. Tamini N, Rota M, Bolzonaro E, Nespoli L, Nespoli A, Valsecchi MG, Gianotti L (2014) Single-incision versus standard multiple-incision laparoscopic cholecystectomy: a meta-analysis of experimental and observational studies. *Surg Innov* 21 (5):528-545. doi:10.1177/1553350614521017
78. Maggiori L, Gaujoux S, Tribillon E, Bretagnol F, Panis Y (2012) Single-incision laparoscopy for colorectal resection: a systematic review and meta-analysis of more than a thousand procedures. *Colorectal Dis* 14 (10):e643-654. doi:10.1111/j.1463-1318.2012.03105.x
79. Podda M, Polignano FM, Luhmann A, Wilson MS, Kulli C, Tait IS (2016) Systematic review with meta-analysis of studies comparing primary duct closure and T-tube drainage after laparoscopic common bile duct exploration for choledocholithiasis. *Surg Endosc* 30 (3):845-861. doi:10.1007/s00464-015-4303-x
80. Khambaty F, Brody F, Vaziri K, Edwards C (2011) Laparoscopic versus single-incision cholecystectomy. *World J Surg* 35 (5):967-972. doi:10.1007/s00268-011-0998-6

81. Kim SG, Moon JI, Choi IS, Lee SE, Sung NS, Chun KW, Lee HY, Yoon DS, Choi WJ (2016) Risk factors for conversion to conventional laparoscopic cholecystectomy in single incision laparoscopic cholecystectomy. *Ann Surg Treat Res* 90 (6):303-308. doi:10.4174/astr.2016.90.6.303
82. Lurje G, Raptis DA, Steinemann DC, Amygdalos I, Kambakamba P, Petrowsky H, Lesurtel M, Zehnder A, Wyss R, Clavien PA, Breitenstein S (2015) Cosmesis and Body Image in Patients Undergoing Single-port Versus Conventional Laparoscopic Cholecystectomy: A Multicenter Double-blinded Randomized Controlled Trial (SPOCC-trial). *Ann Surg* 262 (5):728-734; discussion 734-725. doi:10.1097/SLA.0000000000001474
83. Saad S, Strassel V, Sauerland S (2013) Randomized clinical trial of single-port, minilaparoscopic and conventional laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg* 100 (3):339-349. doi:10.1002/bjs.9003
84. Wagner MJ, Kern H, Hapfelmeier A, Mehler J, Schoenberg MH (2013) Single-port cholecystectomy versus multi-port cholecystectomy: a prospective cohort study with 222 patients. *World J Surg* 37 (5):991-998. doi:10.1007/s00268-013-1946-4
85. Abdelrahman AM, Bingener J, Yu D, Lowndes BR, Mohamed A, McConico AL, Hallbeck MS (2016) Impact of single-incision laparoscopic cholecystectomy (SILC) versus conventional laparoscopic cholecystectomy (CLC) procedures on surgeon stress and workload: a randomized controlled trial. *Surg Endosc* 30 (3):1205-1211. doi:10.1007/s00464-015-4332-5
86. Lowndes BR, Abdelrahman AM, Thiels CA, Mohamed AO, McConico AL, Bingener J, Hallbeck MS (2019) Surgical team workload comparison for 4-port and single-port laparoscopic cholecystectomy procedures. *Appl Ergon* 78:277-285. doi:10.1016/j.apergo.2018.06.005
87. Clerveus M, Morandeira-Rivas A, Moreno-Sanz C, Herrero-Bogajo ML, Picazo-Yeste JS, Tadeo-Ruiz G (2014) Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials comparing single incision versus conventional laparoscopic appendectomy. *World J Surg* 38 (8):1937-1946. doi:10.1007/s00268-014-2535-x
88. Xu AM, Huang L, Li TJ (2015) Single-incision versus three-port laparoscopic appendectomy for acute appendicitis: systematic review and meta-analysis of

randomized controlled trials. *Surg Endosc* 29 (4):822-843. doi:10.1007/s00464-014-3735-z

89. Xue C, Lin B, Huang Z, Chen Z (2015) Single-incision laparoscopic appendectomy versus conventional 3-port laparoscopic appendectomy for appendicitis: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Surg Today* 45 (9):1179-1186. doi:10.1007/s00595-014-1094-y

90. Buckley FP, 3rd, Vassaur H, Monsivais S, Jupiter D, Watson R, Eckford J (2014) Single-incision laparoscopic appendectomy versus traditional three-port laparoscopic appendectomy: an analysis of outcomes at a single institution. *Surg Endosc* 28 (2):626-630. doi:10.1007/s00464-013-3219-6

91. Dindo D, Demartines N, Clavien PA (2004) Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg* 240 (2):205-213. doi:10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae

92. Bencsath KP, Falk G, Morris-Stiff G, Kroh M, Walsh RM, Chalikonda S (2012) Single-incision laparoscopic cholecystectomy: do patients care? *J Gastrointest Surg* 16 (3):535-539. doi:10.1007/s11605-011-1785-2

93. Bucher P, Pugin F, Buchs NC, Ostermann S, Morel P (2011) Randomized clinical trial of laparoendoscopic single-site versus conventional laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg* 98 (12):1695-1702. doi:10.1002/bjs.7689

94. Tsimoyiannis EC, Tsimogiannis KE, Pappas-Gogos G, Farantos C, Benetatos N, Mavridou P, Manataki A (2010) Different pain scores in single transumbilical incision laparoscopic cholecystectomy versus classic laparoscopic cholecystectomy: a randomized controlled trial. *Surg Endosc* 24 (8):1842-1848. doi:10.1007/s00464-010-0887-3

95. Lai EC, Yang GP, Tang CN, Yih PC, Chan OC, Li MK (2011) Prospective randomized comparative study of single incision laparoscopic cholecystectomy versus conventional four-port laparoscopic cholecystectomy. *Am J Surg* 202 (3):254-258. doi:10.1016/j.amjsurg.2010.12.009

96. Marks JM, Phillips MS, Tacchino R, Roberts K, Onders R, DeNoto G, Gecelter G, Rubach E, Rivas H, Islam A, Soper N, Paraskeva P, Rosemurgy A, Ross S, Shah S

(2013) Single-incision laparoscopic cholecystectomy is associated with improved cosmesis scoring at the cost of significantly higher hernia rates: 1-year results of a prospective randomized, multicenter, single-blinded trial of traditional multiport laparoscopic cholecystectomy vs single-incision laparoscopic cholecystectomy. *J Am Coll Surg* 216 (6):1037-1047; discussion 1047-1038.

doi:10.1016/j.jamcollsurg.2013.02.024

97. Athanasiou C, Pitt J, Malik A, Crabtree M, Markides GA (2020) A Systematic Review and Meta-Analysis of Single-Incision Versus Multiport Laparoscopic Complete Mesocolic Excision Colectomy for Colon Cancer. *Surg Innov* 27 (2):235-243. doi:10.1177/1553350619893232

98. Liu X, Yang WH, Jiao ZG, Zhang JF, Zhang R (2019) Systematic review of comparing single-incision versus conventional laparoscopic right hemicolectomy for right colon cancer. *World J Surg Oncol* 17 (1):179. doi:10.1186/s12957-019-1721-6

99. St Peter SD, Adibe OO, Juang D, Sharp SW, Garey CL, Laituri CA, Murphy JP, Andrews WS, Sharp RJ, Snyder CL, Holcomb GW, 3rd, Ostlie DJ (2011) Single incision versus standard 3-port laparoscopic appendectomy: a prospective randomized trial. *Ann Surg* 254 (4):586-590. doi:10.1097/SLA.0b013e31823003b5

100. Bunting DM (2010) Port-site hernia following laparoscopic cholecystectomy. *JLS* 14 (4):490-497. doi:10.4293/108680810X12924466007728

101. Chatzimavroudis G, Papaziogas B, Galanis I, Koutelidakis I, Atmatzidis S, Evangelatos P, Voloudakis N, Ananiadis A, Doundis A, Christoforidis E (2017) Trocar site hernia following laparoscopic cholecystectomy: a 10-year single center experience. *Hernia* 21 (6):925-932. doi:10.1007/s10029-017-1699-3

102. Comajuncosas J, Hermoso J, Gris P, Jimeno J, Orbeal R, Vallverdu H, Lopez Negre JL, Urgelles J, Estalella L, Pares D (2014) Risk factors for umbilical trocar site incisional hernia in laparoscopic cholecystectomy: a prospective 3-year follow-up study. *Am J Surg* 207 (1):1-6. doi:10.1016/j.amjsurg.2013.05.010

103. Erdas E, Dazzi C, Secchi F, Aresu S, Pitzalis A, Barbarossa M, Garau A, Murgia A, Contu P, Licheri S, Pomata M, Farina G (2012) Incidence and risk factors for trocar site hernia following laparoscopic cholecystectomy: a long-term follow-up study. *Hernia* 16 (4):431-437. doi:10.1007/s10029-012-0929-y

104. Julliard O, Hauters P, Possoz J, Malvaux P, Landenne J, Gherardi D (2016) Incisional hernia after single-incision laparoscopic cholecystectomy: incidence and predictive factors. *Surg Endosc* 30 (10):4539-4543. doi:10.1007/s00464-016-4790-4
105. Weiss HG, Brunner W, Biebl MO, Schirnhofner J, Pimpl K, Mittermair C, Obrist C, Brunner E, Hell T (2014) Wound complications in 1145 consecutive transumbilical single-incision laparoscopic procedures. *Ann Surg* 259 (1):89-95. doi:10.1097/SLA.0b013e31827b7818
106. Bucher P, Pugin F, Ostermann S, Ris F, Chilcott M, Morel P (2011) Population perception of surgical safety and body image trauma: a plea for scarless surgery? *Surg Endosc* 25 (2):408-415. doi:10.1007/s00464-010-1180-1
107. Olweny EO, Mir SA, Best SL, Park SK, Donnally lii C, Cadeddu JA, Tracy CR (2012) Importance of cosmesis to patients undergoing renal surgery: a comparison of laparoendoscopic single-site (LESS), laparoscopic and open surgery. *BJU Int* 110 (2):268-272. doi:10.1111/j.1464-410X.2011.10784.x
108. Blichfeldt-Eckhardt MR, Ording H, Andersen C, Licht PB, Toft P (2014) Early visceral pain predicts chronic pain after laparoscopic cholecystectomy. *Pain* 155 (11):2400-2407. doi:10.1016/j.pain.2014.09.019
109. Perkins FM, Kehlet H (2000) Chronic pain as an outcome of surgery. A review of predictive factors. *Anesthesiology* 93 (4):1123-1133. doi:10.1097/00000542-200010000-00038

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Johann Pratschke, Direktor der Chirurgischen Klinik am Campus Charité Mitte und am Campus Virchow-Klinikum der Charité – Universitätsmedizin Berlin, für die Förderung und Unterstützung meiner klinischen und wissenschaftlichen Weiterbildung und der Erlaubnis, die vorliegende Arbeit durchzuführen.

Danken möchte ich vor allem auch meinem Vater, Dr. med. Roland Raakow, ohne dessen eigene laparoskopische Faszination und frühe Umsetzung der Single-Port Chirurgie und seine Weiterreichung der Begeisterung hierfür die vorliegende Arbeit nicht zustande gekommen wäre.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinen derzeitigen und ehemaligen chirurgischen Kolleginnen und Kollegen, insbesondere Prof. Dr. med. Matthias Biebl und PD Dr. med. Christian Denecke für die enge und stets sehr angenehme klinische und wissenschaftliche Zusammenarbeit.

Ein Dank geht auch an Dr. med. Atakan Barutcu und Denis Klein ohne deren Ideenreichtum und tatkräftige Hilfe ein Teil der hier eingeschlossenen Arbeiten nicht möglich gewesen wäre.

Der wichtigste Dank gebührt meiner Frau Rebecca und meinen Kindern Fritz, Toni und Klara, die durch ihre anhaltende Unterstützung und Geduld diese Arbeit überhaupt erst möglich gemacht haben.

Erklärung

§ 4 Abs. 3 (k) der HabOMed der Charité

Hiermit erkläre ich, dass

-weder früher noch gleichzeitig ein Habilitationsverfahren durchgeführt oder angemeldet wurde,

-die vorgelegte Habilitationsschrift ohne fremde Hilfe verfasst, die beschriebenen Ergebnisse selbst gewonnen sowie die verwendeten Hilfsmittel, die Zusammenarbeit mit anderen Wissenschaftlern/Wissenschaftlerinnen und mit technischen Hilfskräften sowie die verwendete Literatur vollständig in der Habilitationsschrift angegeben wurden,

-mir die geltende Habilitationsordnung bekannt ist.

Ich erkläre ferner, dass mir die Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis bekannt ist und ich mich zur Einhaltung dieser Satzung verpflichte.

.....

Datum

.....

Dr. med. Jonas Raakow