

Aus der Chirurgischen Klinik Charité Campus Mitte / Campus Virchow-
Klinikum der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Vergleichsanalyse innovativer, minimalinvasiver
Rekonstruktions-Techniken abdominaler Hernien:
ventral TAPP versus laparoskopisches IPOM

Comparative analysis of innovative minimally invasive
reconstructive techniques of abdominal-wall hernias:
ventral TAPP versus laparoscopic IPOM

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Ioannis-Fivos Megas

Datum der Promotion: 30.11.2023

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	iii
Abbildungsverzeichnis.....	iv
Abkürzungsverzeichnis.....	v
Zusammenfassung	1
1. Einleitung.....	4
1.1 Definition und Klassifikation von Bauchwandbrüchen	4
1.2 Kurzgefasste klinische Präsentation, Diagnostik und Komplikationen.....	5
1.3 Überblick der Operationsverfahren.....	6
1.4 Erarbeitung der Arbeitshypothese und aktueller Stand der Forschung	7
1.5 Fragestellung.....	8
2. Methodik.....	9
2.1 Datenerhebung und Ausschlusskriterien	9
2.2 Patientendaten, Daten zur Hernie und zu den Netzen	10
2.3 Postoperative Daten und Hospitalisierung.....	11
2.4 Kostenanalyse	11
2.5 Statistik und Propensity-Score-Analyse.....	12
2.6 Vorstellung der Operationstechniken.....	13
2.6.1 Lap. IPOM Methode.....	13
2.6.2 Ventral TAPP Methode	14
3. Ergebnisse	16
3.1 Demographie der beiden Kohorten	16
3.2 Patienten-, hernien- und operationsbezogene Parameter der Kohorten	16
3.3 Der früh-postoperative Verlauf und das Follow-Up.....	19
4. Diskussion.....	22
4.1 Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse.....	22
4.2 Interpretation und Einbettung der Ergebnisse in den Forschungsstand	22

4.3	Stärken und Schwächen der Studie	28
4.4	Implikationen für Praxis und zukünftige Forschung	30
5.	Schlussfolgerungen	33
	Literaturverzeichnis	34
	Eidesstattliche Versicherung	43
	Anteilerklärung an den erfolgten Publikationen.....	44
	Auszug aus der Journal Summary List	45
	Druckexemplar der Publikation: A propensity-score matched analysis of ventral-TAPP vs. laparoscopic IPOM for small and mid-sized ventral hernias. Comparison of perioperative data, surgical outcome and cost-effectiveness	47
	Lebenslauf.....	57
	Komplette Publikationsliste.....	59
	Danksagung	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	EHS-Klassifikation für primäre Bauchwandhernien, (modifiziert nach Muysoms et al., 2009).....	5
Tabelle 2:	EHS-Klassifikation für Narbenhernien, (modifiziert nach Muysoms et al., 2009)	5
Tabelle 3:	Überblick der Operationstechniken für ventrale Bauchwandbrüche/ Nabelbrüche, (eigene Darstellung).....	6
Tabelle 4:	Vergleich der demographischen und hernienbezogenen Parameter vor und nach der Propensity-Score-Analyse, (modifiziert nach Megas et al., 2022)	17
Tabelle 5:	Vergleich der operativen Daten vor und nach Propensity-Score- Analyse, (modifiziert nach Megas et al., 2022).....	18
Tabelle 6:	Postoperative Ergebnisse vor und nach Propensity-Score-Analyse, (modifiziert nach Megas et al., 2022).....	21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Flussdiagramm der Patientenauswahl, (übernommen aus Megas et al., 2022)	10
Abbildung 2:	Platzierung der Trokare a) 12 mm, b) 10 mm, c) 5 mm, (eigene Darstellung)	13
Abbildung 3:	intraoperative Fotografie: a) paramediane Inzision des Peritoneums, b) Präparation des Bruchsackes, c) Verschluss des Bruchdefektes, d) Einsetzen des Netzes, e) Verschluss des Peritoneums, f) endgültiges Operationsergebnis mit vollständiger peritonealer Abdeckung des Netzes, (übernommen aus Megas et al., 2022)	15

Abkürzungsverzeichnis

- Abb.: Abbildung
- lap. IPOM: laparoscopic intra-peritoneal onlay mesh repair
- IPOM: Intra-peritoneale Onlay-Mesh
- lap.: Laparoskopisch
- kg: Kilogramm
- ventral TAPP: ventral Transabdominal Preperitoneal Patch Plasty
- eTEP: enhanced view totally extraperitoneal
- PUMP: preperitoneal umbilical hernia mesh plasty
- IEHS: International Endohernia Society
- EHS: European Hernia Society
- VAS: Visual Analogue Scale
- p: p-Wert, Signifikanzwert
- n: Anzahl
- n (%): Anzahl (%)
- SD: Standardabweichung
- POD: postoperativer Tag
- EHS: European Hernia Society
- cm: Centimeter
- cm²: Quadratcentimeter
- ca.: circa
- min.: Minuten
- mean: Mittelwert
- bzw.: beziehungsweise
- et al.: und Mitarbeiter:innen / Koautor:innen
- BMI: Body-Mass-Index
- ASA-Score: American Society Anesthesiologists – Score
- mmHg: Millimeter-Quecksilbersäule
- m.: männlich
- WHO: World Health Organization, Weltgesundheitsorganisation

Zusammenfassung

Die laparoskopische Reparatur von Bauchwandbrüchen ist seit Jahren Bestandteil der Hernienchirurgie. Als Standardtechnik gilt das lap. IPOM Verfahren, welches sich aufgrund seiner vergleichsweise einfachen und standardisierten Operationstechnik sowie der guten Langzeitergebnisse bezüglich eines Rezidivs etabliert hat. Diese Methode wird jedoch aufgrund von nicht unerheblichen postoperativen Schmerzen und der Tatsache, dass die Netzeinlage intraabdominell erfolgt und somit direkten Kontakt zu den viszeralen Organen hat, in der aktuellen Literatur zunehmend kontrovers diskutiert. In der Chirurgischen Klinik Charité Campus Mitte / Campus Virchow-Klinikum wird seit 2014 neben der etablierten lap. IPOM Methode die ventral TAPP für ventrale Hernien kleiner bis mittlerer Größe durchgeführt. Dieses ebenfalls minimalinvasive Verfahren erlaubt eine präperitoneale Netzplatzierung.

Gegenstand dieser Arbeit ist es, die lap. IPOM Methode mit der innovativen ventral TAPP Technik im Anwendungsgebiet von ventralen Hernien kleiner bis mittlerer Größe zu vergleichen. Diesbezüglich wurden sämtliche Fälle, die zwischen 2014 und 2020 am Campus Mitte / Campus Virchow-Klinikum mit den beiden Operationstechniken behandelt wurden, aus der prospektiv geführten Datenbank extrahiert und retrospektiv aufgearbeitet. Dies ergab nach Anwendung der Exklusionskriterien 180 Fälle. Patienten mit einer Herniengröße von mehr als 5 cm wurden ausgeschlossen, da die ventral TAPP hier nicht zur Anwendung kam. Anschließend wurde eine Propensity-Score-Analyse durchgeführt. Hieraus ergaben sich Kohorten von jeweils 27 Patienten, welche in Bezug auf ihre perioperativen Daten, postoperativen Ergebnisse und Kosteneffektivität analysiert wurden.

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten zeigte signifikant erhöhte Werte in Bezug auf die postoperative Einnahme von Opiaten in der lap. IPOM Gruppe im Vergleich zu den ventral TAPP Patienten ($p=0,001$). Weiterhin war die objektivierte postoperative Schmerzempfindung anhand des VAS nach einer lap. IPOM Hernienreparation sowohl in ihrem maximalen Ausmaß ($p=0,004$) als auch bei Bewegung ($p=0,008$) und in Ruhe ($p=0,023$) signifikant höher. Hernienrezidive wurden über einen Nachbeobachtungszeitraum von 31.96 ± 27.57 (lap. IPOM) sowie 14.70 ± 15.76 (ventral TAPP) Monaten in keiner der beiden Gruppen festgestellt. Bezüglich der Materialkosten ist die ventral TAPP ($34,37 \pm 0,47$ €) deutlich günstiger als die lap. IPOM Methode ($742,57 \pm 128,44$ €;

p=0,001). Auch war die Dauer des stationären Aufenthaltes bei der lap. IPOM Kohorte signifikant länger (2.81 ± 0.88 versus 2.37 ± 0.69 Tage; p=0,043).

Insgesamt zeigte der Vergleich der beiden Methoden, dass die ventral TAPP eine alternative Technik zur etablierten lap. IPOM Hernienreparation bietet. Die Ergebnisse zeigen, dass die postoperativen Schmerzen, die Materialkosten und der stationäre Krankenhausaufenthalt der ventral TAPP Kohorte im Vergleich zur lap. IPOM signifikant niedriger waren.

Abstract

Laparoscopic repair of abdominal wall hernias has been an essential part of hernia surgery for many years. The lap. IPOM has established itself due to its comparatively simple and standardized surgical technique as well as good long-term results with regard to recurrence. However, this method is controversially discussed in the current literature due to considerable postoperative pain and the fact that the mesh is placed intraabdominally and thus has direct contact to the visceral organs. In addition to the established lap. IPOM method, the innovative ventral TAPP for ventral hernias of small to medium size has been performed at the Department of Surgery Charité Campus Mitte / Campus Virchow-Klinikum, Charité - Universitätsmedizin Berlin since 2014. This procedure, also minimally invasive, allows for preperitoneal mesh placement.

The purpose of this study is to compare the lap. IPOM method with this innovative technique (ventral TAPP) for treatment of ventral hernias of small to medium size. In this regard, all cases between 2014 and 2020 at Charité Campus Mitte / Campus Virchow-Klinikum treated with either one of these surgical techniques were extracted from the prospectively maintained database and retrospectively analyzed. 180 cases were identified after application of the exclusion criteria. Subsequently, patients with hernia size greater than 5 cm were excluded because the ventral TAPP method is not suitable for larger hernias. A propensity-score matching was performed. This resulted in cohorts of 27 patients each, which were analyzed in terms of their perioperative data, surgical outcomes, and cost-effectiveness.

Statistical analysis of the collected data showed significant higher values in terms of post-operative opiate use in the lap. IPOM group compared to the ventral TAPP patients ($p=0.001$). Furthermore, objectified postoperative pain perception using the VAS was significantly elevated after lap. IPOM hernia repair. Data was showed higher values during maximum extent ($p=0.004$) and during movement ($p=0.008$) as well as at rest ($p=0.023$). Hernia recurrences were not observed in either group over a follow-up period of 31.96 ± 27.57 months (lap. IPOM) and 14.70 ± 15.76 months (ventral TAPP). Regarding material costs, the ventral TAPP ($34,37 \pm 0,47$ €) is significantly cheaper than the lap. IPOM method (742.57 ± 128.44 €; $p=0.001$). Also, the length of inpatient stay was significantly longer in the lap. IPOM cohort (2.81 ± 0.88 versus 2.37 ± 0.69 days; $p=0,043$).

Overall, the comparison of the two methods showed that the ventral TAPP method is an alternative technique to the established lap. IPOM hernia repair. In particular the results show that postoperative pain, material costs and inpatient hospital stay were significantly lower in the ventral TAPP cohort compared with lap. IPOM cohort.

1. Einleitung

1.1 Definition und Klassifikation von Bauchwandbrüchen

Bauchwandhernien gehören zu den häufigsten Krankheitsbildern, welche im Verlauf einer operativen Therapie zugeführt werden. Vereinfacht kann man diese ventralen Hernien in zwei Kategorien unterteilen: Zum einen in die primären Hernien, welche im Bereich präformierter anatomischer Schwachstellen entstehen. Mit etwa 5% aller Hernien sind dies Nabelhernien sowie bei etwa 5% aller Erwachsenen sogenannte epigastrische Hernien. Zusammen repräsentieren sie die häufigsten Bauchwandbrüche (1,2). In der zweiten Kategorie finden sich die sogenannten sekundären Hernien. Diese, auch Narbenhernien genannt, bilden sich im Bereich von früheren Inzisionen und sind Folge technischer Fehler während der vorangegangenen Operation oder insuffizienter Vernarbung im Sinne einer Wundheilungsstörung. Das Auftreten von Narbenhernien zeigt sich in ca. 10% der Laparotomien (1).

Bei unterschiedlicher Pathophysiologie ist jedoch das Resultat das gleiche. Anatomisch zeigen sich eine Bruchpforte, ein Bruchsack und ein Bruchinhalt. Die Bruchpforte ist der angesprochene Defekt im Bereich einer früheren Inzision bzw. einer anatomischen Schwachstelle, der Bruchsack ist beschrieben durch die Ausstülpung des Peritoneums und letztlich besteht der Bruchinhalt aus unterschiedlichen Bestandteilen des Abdomens, welche sich im Bruchsack befinden können (1,3).

Es existieren unterschiedliche Klassifikationssysteme für Bauchwandhernien, wobei sich das von Muysoms et al. aus dem Jahr 2009 zunehmend etabliert hat (4). Um Studienergebnisse besser vergleichen zu können sowie als Instrument der Objektivierung wurde durch die European Hernia Society das angesprochene Klassifikationssystem entworfen (4). So entstanden für primäre- und sekundäre Hernien zwei eigenständige Einteilungs-Algorithmen, welche in den unten aufgeführten Tabellen abgebildet werden (Tabelle 1 und Tabelle 2) (4). Eine 3 cm große umbilicale Hernie (Nabelhernie) würde z.B. nach der Klassifikation von Muysoms et al. als „Umbilical Medium“ bezeichnet werden und eine 5 cm breite, epigastrisch gelegene Narbenhernie als „M2W2“.

Tabelle 1: EHS-Klassifikation für primäre Bauchwandhernien, (modifiziert nach Muysoms et al., 2009 (4))

EHS	Diameter	Small	Medium	Large
Primary Abdominal Wall Hernia Classification	cm	<2cm	≥ 2 – 4 cm	≥ 4 cm
Midline	Epigastric			
	Umbilical			

Tabelle 2: EHS-Klassifikation für Narbenhernien, (modifiziert nach Muysoms et al., 2009(4))

EHS			
Incisional Hernia Classification			
Midline	Subxiphoidal	M1	
	Epigastric	M2	
	Umbilical	M3	
	Infraumbilical	M4	
	Suprapubic	M5	
Lateral	Subcostal	L1	
	Flank	L2	
	Iliac	L3	
	Lumbar	L4	
Recurrent incisional hernia?			Yes/No
Length: cm		Width: cm	
Width cm	W1: <4cm	W2: ≤ 4-10cm	W3: ≥10 cm

1.2 Kurzgefasste klinische Präsentation, Diagnostik und Komplikationen

Das klinische Präsentationsbild von ventralen Hernien variiert zwischen einem asymptomatischen Zufallsbefund, einer diskreten Vorwölbung aber auch einer großen Hernierung und nicht zuletzt einer möglichen Inkarzeration, welche sich mit massiven abdominellen Schmerzen als chirurgischer Notfall äußert (2,3). Letzteres stellt mit Sicherheit die

gefürchtetste Komplikation dar und ist sowohl mit einer hohen Rate an Notfalloperationen (7,12% bis 7,3%) verbunden, als auch mit einer erhöhten Morbidität, beispielsweise aufgrund von Resektionen von nekrotischen Darmanteilen und nicht zuletzt mit einer vitalen Bedrohung des Patienten aufgrund einer potentiellen Peritonitis (5–7). Die Diagnosestellung erfolgt in der Regel durch die klinische Untersuchung, wird aber maßgeblich durch einen bildgebenden Befund wie beispielsweise Sonographie oder Kontrastmittel-Computertomographie erhärtet (8).

Demzufolge sind ventrale Bauchwandbrüche aufgrund ihrer Häufigkeit sowie ihrer nicht von der Hand zuweisenden Morbidität insbesondere im Zusammenhang mit einer möglichen Inkarzeration von abdominalen Inhalten und einer daraus resultierenden Notfalloperation ein fundamentaler Bestandteil der Hernienchirurgie (5,6).

1.3 Überblick der Operationsverfahren

Die operative Therapie von Bauchwandhernien kann in zwei grundlegende Methoden unterteilt werden: auf der einen Seite stehen offene Verfahren, wie eine einfache Direktnaht bis hin zu netzbasierten offenen Herangehensweisen und auf der anderen Seite laparoskopische, zumeist netzbasierte Verfahren. Ein Überblick über die wichtigsten Verfahren findet sich in Tabelle 3.

Tabelle 3: Überblick der Operationstechniken für ventrale Bauchwandbrüche/Nabelbrüche, (eigene Darstellung)

Offene Hernienreparation		Laparoskopische Hernienreparation
konventionelle Naht <i>(nur für Nabelbrüche)</i>	netzbasiert	netzbasiert
1. Direktnaht nach Spitzzy (12)	1. Sublay(14)	1. eTEP/V-TEP (9)
2. Ggf. mit Fasziendopplung nach Mayo (13)	2. Onlay(14)	2. IPOM (10)
	3. PUMP (15) <i>(nur für Nabelbrüche)</i>	3. ventral TAPP (11)

PUMP: preperitoneal umbilical hernia mesh plasty, IPOM: laparoscopic intra-peritoneal onlay mesh repair, TAPP: transabdominal preperitoneal patch plasty, eTEP: enhanced view totally extraperitoneal

1.4 Erarbeitung der Arbeitshypothese und aktueller Stand der Forschung

Unter den laparoskopischen Methoden hat sich in den letzten Jahren die lap. IPOM als einfache und sichere Methode etabliert (16–19). Für kleine bis mittelgroße Hernien ist aktuell die lap. IPOM, die am häufigsten verwendete Technik und für größere Hernien die offene Sublay-Methode (14,19,20). Überschneidungspunkte bezüglich der Indikation der einen oder anderen Methode finden sich bei mittelgroßen bis großen Bruchlücken, wobei die lap. IPOM Methode Vorteile gegenüber den offenen Methoden in Bezug auf die postoperativen Komplikationen und die Dauer des stationären Aufenthaltes zu haben scheint (10). Dennoch bleiben die postoperativen Schmerzen nach einer lap. IPOM ein auffälliger Bestandteil des postoperativen Verlaufes dieser Operationstechnik. Dies wird in der Literatur auch im Hinblick auf die verwendeten Gewebetacker zur Netzfixierung und die damit verbundenen postoperativen Schmerzen sowie chronischen Schmerzen aufgrund von Adhäsionen diskutiert (21–23). Zu den wichtigsten beschriebenen Komplikationen der lap. IPOM Methode gehören Dünndarmobstruktionen aufgrund von Verwachsungen, welche sich im schlimmsten Fall in Form eines mechanischen Ileus äußern können. Weiter sind Netzinfectionen und enterokutane Fisteln beschrieben, die auf die Migration des Netzes in Richtung viszeraler Organe zurückzuführen sind (19,24). Vor diesem Hintergrund wird die Möglichkeit einer laparoskopischen Hernienreparation mit präperitonealer Netzeinlage ohne Kontakt des Netzes zum Darm, wie es bei der neuartigen ventral TAPP Methode der Fall ist, zunehmend als potentielle Alternative diskutiert (19,25,26).

Wichtigster Referenzpunkt in Bezug auf Hernienreparationen sind die Richtlinien der International Endohernia Society (IEHS) mit den entsprechenden Publikationen (7,8,27). In der aktuellen Fassung dieser Richtlinien werden sowohl präperitoneale (ventral TAPP) als auch intraabdominale (lap. IPOM) Hernienreparationen als adäquate Methoden für die Behandlung kleiner bis mittelgroßer ventraler Hernien sowie Narbenhernien (EHS-Klassifikation W1 und W2) beschrieben (8). In diesen Leitlinien wurde die laparoskopische präperitoneale Hernienreparation (ventral TAPP) diskutiert und als innovative Methode hervorgehoben (7,8,27).

In der Chirurgischen Klinik Charité Campus Mitte / Campus Virchow-Klinikum, Charité – Universitätsmedizin Berlin wird seit 2014 neben der etablierten lap. IPOM Methode die innovative ventral TAPP für ventrale Hernien kleiner bis mittlerer Größe durchgeführt. Diese Technik wurde zwar bislang sporadisch in der Literatur erwähnt, jedoch bis zum heutigen Tag in keiner europäischen Übersichtsarbeit oder Vergleichsanalyse. Weiter

lassen sich nach ausführlicher Literaturrecherche wenige „high-impact“-Publikationen mit einer aussagekräftigen Patientenzahl zu diesem Komplex finden. Die Arbeit von Gokal et al. (28) aus dem Jahr 2019 ist die aussagekräftigste, welche diese Technik im Kontext der robotischen Chirurgie beschreibt (28). Eine weitere ausführliche Studie beschreibt die Ergebnisse einer ähnlichen Operationsmethode, der e-TEP (29).

Die Operationstechnik, die in dieser Arbeit „ventral TAPP“ genannt wird, ist in der Literatur unter einer Vielfalt von Namen zu finden. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang das „preperitoneal mesh placement“, das „transabdominal preperitoneal mesh repair“ sowie die Begriffe „robotic – rTAPP“ und „vTAPP“ (11,28). In dieser Arbeit wird der Begriff „ventral TAPP“ entsprechend der aktuellen IEHS-Publikation von 2019 von Bittner et al. verwendet (8).

Die EHS-Klassifikation ist, wie eingangs erwähnt, eine standardisierte Aufgliederung für primäre und sekundäre Bauchwandhernien, um einen objektiven Vergleich von Veröffentlichungen und zukünftigen Studien über diese Hernien zu ermöglichen. Wesentlicher Faktor der o.g. Klassifikation ist in dieser Arbeit die Breite des Herniendefektes (englisch: width) (19). In der vorliegenden Studie wurden Hernien der Größe „W1“ und „W2“ analysiert.

Die im Zuge dieser Arbeit durchgeführte Literaturrecherche ergab, dass die ventral TAPP für die ventrale Hernienreparation zwar technisch anspruchsvoll ist und ein hohes Maß an Fachwissen seitens des Chirurgen erfordert, jedoch Vorteile in Bezug auf die Kosteneffizienz und die Lage des Netzes zu haben scheint (8,11,19,28).

Nach dem Kenntnisstand unserer Arbeitsgruppe ist die vorliegende Studie die erste europäische Studie, die lap. IPOM und ventral TAPP bei der RepARATION von ventralen Hernien miteinander vergleicht (19).

1.5 Fragestellung

Die Hypothese der vorliegenden retrospektiven Studie lautet: Die ventral TAPP Methode stellt eine sinnvolle Alternative zu den bereits etablierten Methoden der laparoskopischen Hernienreparation von ventralen Bauchwandbrüchen dar und bietet darüber hinaus peri-/postoperative und Langzeitvorteile im Vergleich zur etablierten lap. IPOM Methode (19).

2. Methodik

Bei der folgenden retrospektiven Vergleichsstudie wurden mittels elektronischer Abfrage durch die informationstechnische Abteilung des Krankenhauses alle Patienten erfasst, die zwischen den Jahren 2014 und 2020 aufgrund einer primären ventralen Bauchwandhernie oder Narbenhernie in der Chirurgischen Klinik Charité Campus Mitte / Campus Virchow-Klinikum, Charité - Universitätsmedizin Berlin operativ behandelt worden sind (19). Die zugehörigen OPS-Codes lauten 5-534.36 (lap. IPOM) und 5-534.37 (ventral TAPP). Der Nachbeobachtungszeitraum (Follow-Up) betrug mindestens sechs Monate und wurde gemäß der Clavien-Dindo-Klassifikation prospektiv erhoben und dokumentiert (30).

2.1 Datenerhebung und Ausschlusskriterien

Von Juni 2014 bis August 2020 wurden 180 Patienten in der Chirurgischen Klinik Charité Campus Mitte / Campus Virchow-Klinikum, Charité - Universitätsmedizin Berlin bei einer Nabel-, epigastrischen- bzw. Narbenhernie mittels lap. IPOM oder ventral TAPP versorgt. Die patientenspezifischen Daten wurden mittels Abfrage aus der prospektiv geführten SAP® -Datenbank extrahiert. Die entsprechenden Aufnahmebögen, Narkoseprotokolle, Operationsberichte und Verlaufsdokumentationen während des stationären Aufenthaltes dienten ebenfalls als Informationsquelle. Aufgrund der Tatsache, dass es sich um eine retrospektive Studie handelt, wurde von der Ethikkommission der Charité - Universitätsmedizin Berlin die Genehmigungs-Nummer EA1/067/20 ausgestellt. Diese Studie wurde in Übereinstimmung mit den ethischen Standards der Deklaration von Helsinki von 1964 durchgeführt (19).

Ausschlusskriterien für diese Studie waren Patienten, die sich einer laparoskopisch assistierten Hernienreparation mittels primärem Verschluss durch Naht, einer Hernienreparation mittels einer Hybridtechnik (beispielsweise MILOS), einer retro-rektalen/retromuskulären Netzreparation (Sublay) oder einer Komponentenseparation unterzogen haben. Zudem wurden sämtliche Fälle exkludiert, bei denen eine lap. IPOM oder ventral TAPP simultan zu einem anderen chirurgischen Eingriff durchgeführt wurde. Von den erwähnten 180 Patienten unterzogen sich 34 einer ventral TAPP und 146 einer lap. IPOM Hernienreparation. Die ventral TAPP kann bei größeren Hernien nicht angewandt werden, weil die präperitoneale Netzplatzierung durch die Verteilung des Peritonealfettes am

Unterbauch und an der Mittellinie begrenzt ist. Daher wurden Patienten mit einer Defektgröße der Hernie von mehr als 5 cm ebenfalls aus der Analyse ausgeschlossen. Schließlich resultierten 30 Fälle von lap. IPOM und 34 ventral TAPP Hernienreparationen. Das Flussdiagramm der Patientenauswahl ist in Abbildung 1 dargestellt (19,31).

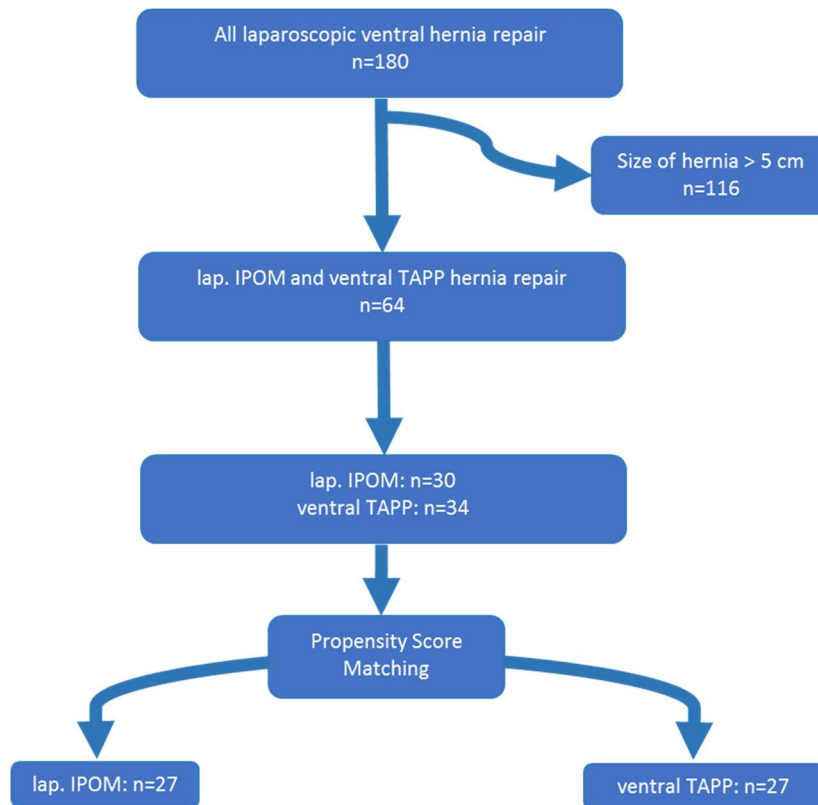


Abbildung 1: Flussdiagramm der Patientenauswahl, (übernommen aus Megas et al., 2022 (19))

2.2 Patientendaten, Daten zur Hernie und zu den Netzen

Die zu analysierenden Daten umfassten zum einen allgemeine Patientendaten wie Alter, Geschlecht sowie Vorerkrankungen, Body-Mass-Index (BMI) und den American Society Anesthesiologists (ASA) - Score. Weiterhin wurden Daten zur Hernie selbst erhoben, wie deren Ursache (primär (ventral)/ Narbenhernie), ihre Lokalisation, die Umstände der operativen Therapie (elektiv/ notfallmäßig) sowie das Vorhandensein einer Inkarzeration. Die nominalen intraoperativen Daten beinhalteten, ob ein Verschluss des Defektes durchgeführt wurde sowie welche Art von Netz verwendet wurde. Die Größe der Hernie wurde, wie eingangs erläutert, gemäß der EHS-Klassifikation nach Muysoms et al. erhoben (4). Zu den numerischen intraoperativen Variablen gehörten die Operationszeit (Schnitt-Naht-Zeit) in Minuten, die Größe des Defektes sowie des Netzes.

2.3 Postoperative Daten und Hospitalisierung

Der peri- und postoperative Verlauf nach einer mit den beiden vorgestellten Techniken (lap. IPOM/ ventral TAPP) versorgten Bauchwandhernie, wurde in der vorliegenden Studie im Hinblick auf postoperative Komplikationen wie Wundheilungsstörungen, Darmobstruktion im Sinne eines Ileus, die Dauer des Krankenhausaufenthaltes in Tagen und die eingenommene Schmerzmedikation, insbesondere mit Augenmerk auf die Einnahme von Opiaten aufgrund von starken Schmerzen, welche bei Bedarf erfolgte, analysiert. Die Verordnung der perioperativen Schmerzmittel erfolgte nach WHO-Stufenschema (32). Weiterhin wurden mehrmals täglich die postoperativen Schmerzen durch das Pflegepersonal und die visitierenden Ärzte erhoben. Es wurde eine Unterscheidung vorgenommen zwischen Schmerzen, die bei Bewegung auftraten, und solchen, die in Phasen der Ruhe empfunden wurden. Hierzu wurde ein Bewertungssystem zu Hilfe genommen, was anhand der Visuellen Analogskala (VAS) von 0-10 (0: keine Schmerzen, 10: stärkste Schmerzen) eine objektivierte Dokumentation ermöglicht (33,34). Zwei der erhobenen VAS-Werte wurden in unserer Analyse berücksichtigt, nämlich der VAS-Wert am ersten postoperativen Tag und der maximale postoperative Schmerz, der im stationären Verlauf der Patienten dokumentiert wurde, unabhängig davon, wann dieser auftrat.

Nachdem die Patienten in die Häuslichkeit entlassen wurden, folgte eine standardisierte Follow-Up-Routine. Hierbei sowie bei fakultativen Vorstellungen der Patienten nach der Operation im Rahmen der Hernien-Sprechstunde wurden etwaige Langzeitkomplikationen erhoben und ebenfalls analysiert (19). Um eine objektivierbare und standardisierte Bewertung der postoperativen Komplikationen zu ermöglichen, wurden die in einem dreimonatigen Intervall nach der Operation identifizierten Komplikationen nach dem Clavien-Dindo-System klassifiziert, wobei Stufe I und II geringfügige Komplikationen darstellen, während Stufe III bis V schwere Komplikationen darstellen (30).

2.4 Kostenanalyse

Ein weiterer Bestandteil der durchgeführten Vergleichsanalyse war die Berechnung der Kosten der jeweiligen Operationsmethode. Es wurden die reinen Materialkosten erhoben, wie sie in der Charité - Universitätsmedizin Berlin zu Buche schlagen. Für die lap. IPOM Methode wurden die Kosten für das Netz und die Tacker-Instrumente berücksichtigt. Für die ventral TAPP Methode wurden nur die Kosten für das Netz berechnet, da das Netz ohne zusätzliche Fixierung zwischen Faszie und Peritoneum platziert wird. Standard-

Nahtmaterial und angewandtes Operationsinstrumentarium wurde nicht berücksichtigt, da diesbezüglich zwischen den beiden Methoden keine Unterschiede bestehen.

2.5 Statistik und Propensity-Score-Analyse

Die statistische Auswertung der erstellten Datenmatrix erfolgte mit der Software Statistical Package for Social Sciences (SPSS Statistics Version 25, IBM Corp.) für die deskriptive Statistik und sämtliche zugehörige statistische Tests. Für die Propensity-Score-Analyse wurde auf die Software R Studio Desktop Version 1.4.1103 und R Version 3.3.2 zurückgegriffen. Im Detail wurden mittels SPSS die demografischen Daten der Patienten, präoperative Merkmale wie Herniengröße und Komorbiditäten, operative Merkmale und Techniken sowie postoperative Ergebnisse einschließlich Nachuntersuchungen deskriptiv analysiert. So wurden absolute und relative Häufigkeiten [n (%)] sowie Mediane (Interquartilsbereich, IQR) und Mittelwerte \pm SD (Standardabweichung) ermittelt. Bei der Analyse kategorialer Daten wurden in der vorliegenden Studie der Pearson-Chi-Quadrat-Test und der exakte Test von Fisher verwendet, um festzustellen, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen zwei kategorialen Variablen besteht. Beim Vergleich der kontinuierlichen Variablen zwischen den beiden Gruppen (lap. IPOM und ventral TAPP) wurde der t-Test und der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Beim t-Test wurden die normalverteilten Daten und somit die Mittelwerte der beiden Gruppen verglichen. Beim Mann-Whitney-U-Test hingegen, welcher ein nichtparametrischer Test ist, der nicht von einer Normalverteilung ausgeht, wurden die Mediane der beiden Gruppen miteinander verglichen. Ein p-Wert von $<0,05$ wurde als signifikant angesehen.

Es folgte eine Propensity-Score-Analyse, ein statistisches Verfahren, das in medizinischen Studien häufig eingesetzt wird, um die durch Störvariablen verursachte Verzerrung (Bias) von Beobachtungsdaten zu verringern und welches nachgewiesene Vorteile gegenüber traditionelleren Regressionsmethoden in Beobachtungsstudien bietet (31). In der vorliegenden Studie wurde diese Methode angewandt, um ausgewogene, vergleichbare Kohorten zwischen der lap. IPOM und ventral TAPP Gruppe zu ermitteln (35). Das Propensity-Score-Matching wurde nach Exklusion der Patienten mit Herniendefekten > 5 cm durchgeführt. Im Rahmen des Propensity-Score-Matchings wurden eine Reihe von Paaren von Patienten gebildet, die ähnliche Ausgangscharakteristika aufweisen, der/des sogenannten "Nachbar:in" und daraufhin 1 zu 1 miteinander verglichen. Hierzu ist der "Caliper" notwendig, welcher einen vorab festgelegten maximalen Abstand darstellt,

innerhalb dessen zwei Personen als vergleichbar angesehen werden können. In der vorliegenden Studie betrug der Caliper 0,5 (19).

2.6 Vorstellung der Operationstechniken

Im folgenden Kapitel werden die beiden, für die vorliegende Studie relevanten, Operationstechniken vorgestellt. Sowohl die ventral TAPP als auch die lap. IPOM Technik wurden unter Vollnarkose mittels Intubation oder Larynxmaske in Rückenlage der Patientinnen und Patienten durchgeführt. Zuerst erfolgte der obligatorische Sicherheitscheck mit Team-Time-Out und die Applikation einer prophylaktischen, intravenösen Single-Shot-Antibiose. Nach Abwaschen und Abdecken des Operationsgebietes nach Standard, erfolgte der Zugang zum Abdomen über eine Mini-Laparotomie unter Einsatz eines optischen Trokars (12 mm). Daraufhin wurde das Pneumoperitoneum auf einen Insufflationsdruck von 15 mmHg angelegt. Im Verlauf der Operationen werden weitere Arbeits-Trokare (10 mm und 5 mm) eingebracht. Die soeben beschriebenen Operationsschritte unterscheiden sich nicht in den beiden Operationsmethoden. Die Platzierung der Trokare wird in Abbildung 2 dargestellt.

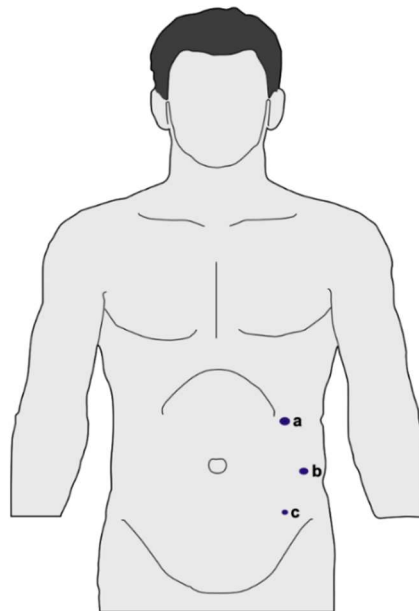


Abbildung 2: Platzierung der Trokare a) 12 mm, b) 10 mm, c) 5 mm, (eigene Darstellung)

2.6.1 Lap. IPOM Methode:

Bei der lap. IPOM Methode wird der Fasziendefekt zunächst identifiziert und der sich darin befindende Hernieninhalt in die Bauchhöhle reponiert. Nicht selten müssen die

vorhandenen Adhäsionen zwischen Darm, Peritoneum, Bruchinhalt und der Bauchdecke unter Verwendung einer Faszange und einer Schere vorher vollständig gelöst werden. Sobald der Fasziendefekt suffizient präpariert worden ist, wird er unter Desufflation vermessen. Ein primärer Verschluss des Herniendefektes in Einzelknopftechnik mit nicht-resorbierbarem Nahtmaterial (Ethibond™, UPS 0) wird nun je nach Vorliebe der Operateurin/ des Operateurs durchgeführt, wobei erwähnt werden sollte, dass der soeben genannte Operationsschritt eines Defektverschlusses nach 2019 obligatorisch war. Daraufhin wird über den einen der beiden Arbeits-Ports, ein den Fasziendefekt mindestens 5 cm zu allen Seiten überlappendes Netz eingeführt. Anschließend wird das Netz entfaltet und mittig, mit leichter Spannung über der Bruchpforte platziert. Die Fixierung erfolgt mit den zwei transfaszialen, nicht resorbierbaren Nähten sowie resorbierbarem Klammernahtmaterial (Securestrap™, Ethicon) in der zweireihigen, "double-crown-Technik" an der hinteren Rektusscheide. Daraufhin erfolgt das Ablassen des Pneumoperitoneums, das Entfernen der Trokare unter Sicht, der Faszienverschluss mit PDS USP 0, subcutane/ tieferdermale Einzelknopfnähte mit Vicryl 3-0 sowie der Hautverschluss mittels Monocryl 4-0 intrakutaner Naht. Zuletzt die Anlage eines sterilen Verbandes (19).

2.6.2 Ventral TAPP Methode:

Auch hier wird zunächst der Herniendefekt identifiziert, nachdem etwaige Adhäsionen gelöst wurden. Nun erfolgt die Präparation des präperitonealen Raumes. Hierfür wird das Peritoneum etwa 4 cm von dem Herniendefekt entfernt mit einer Faszange gegriffen und an der Paramedianlinie mit einer monopolaren Schere inzidiert (Abb. 2a – im abgebildeten Fall linksseitig). Sodann wird die Hernierung samt Bruchsack freipräpariert, wobei penibelst darauf geachtet wird, das Peritoneum im Ganzen zu erhalten und nicht zu perforieren. Nach vollständiger Präparation des Bruchsackes kann dieser nun nach intraabdominal zurückgezogen werden (Abb. 2b). Die faltenfreie Platzierung des Netzes über dem Herniendefekt erfordert, dass das Peritoneum in alle Richtungen mindestens 5 cm freipräpariert wird, was mittels Faszange und Schere erfolgt. Teilweise erfolgt das Ablösen auch mithilfe eines Präparierstieles. Nun wird der Defektverschluss mittels nicht-resorbierbarem Nahtmaterial (Ethibond™, UPS 0) durchgeführt, der bei dieser Methode obligatorisch ist, weil das Netz ansonsten in die Bruchlücke hernieren könnte und somit das Risiko für ein Rezidiv erhöht wäre. Der Defektverschluss erfolgt unter Reduktion des intraabdominellen Druckes (Abb. 2c). Nun erfolgt die Augmentation der ehemaligen Hernie mittels Netzimplantation, welches zwischen der hinteren Rektusscheide und dem

Peritoneum positioniert wird. Hierbei sind keine zusätzlichen Befestigungsnähte des Netzes am Peritoneum erforderlich (Abb. 2d). Sollte eine Rekonstruktion kleinerer, iatrogenen Verletzungen des Peritoneums notwendig sein, werden diese mittels resorbierbarem Nahtmaterial durchgeführt. Abschließend wird das initial eröffnete Peritoneum wieder verschlossen, was mittels einer resorbierbaren Widerhakennaht (z.B. 3-0 V-Loc™, Covidien™) erfolgt (Abb. 3e,f). Die weiteren Operationsschritte wie u.a. das Ablassen des Peritoneums und der schichtweise Verschluss des Abdomens sind analog zur lap. IPOM Methode (19).

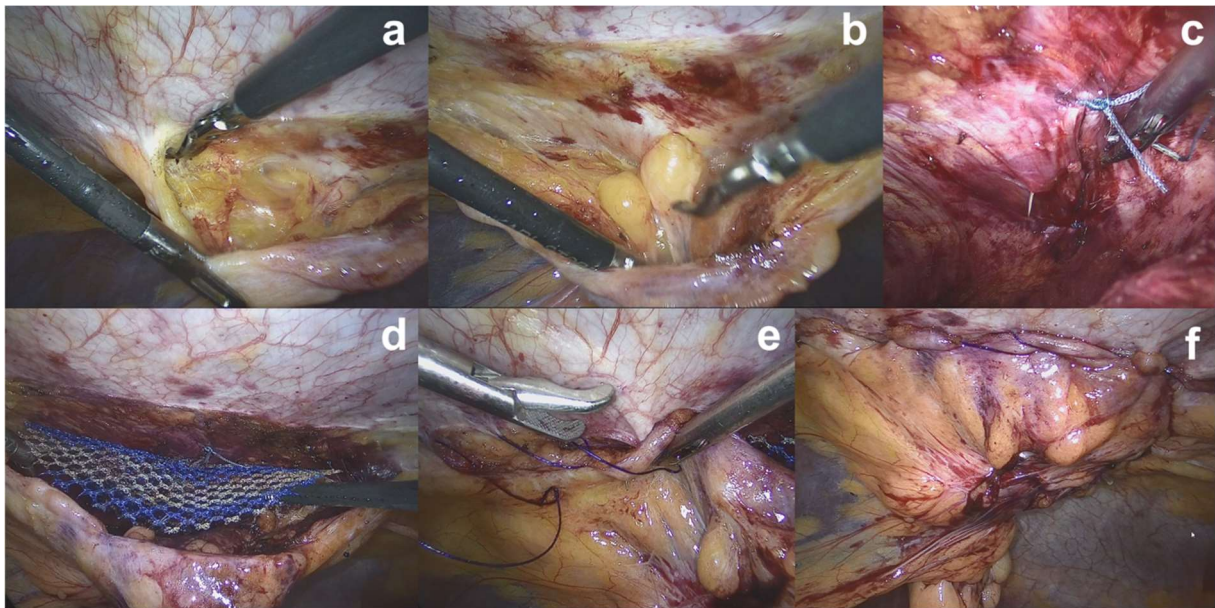


Abbildung 3: intraoperative Fotografie: a) paramediane Inzision des Peritoneums, b) Präparation des Bruchsackes, c) Verschluss des Bruchdefektes, d) Einsetzen des Netzes, e) Verschluss des Peritoneums, f) endgültiges Operationsergebnis mit vollständiger peritonealer Abdeckung des Netzes, (übernommen aus Megas et al., 2022 (19))

Das postoperative Procedere beinhaltet die frühzeitige Mobilisation der Patientinnen und Patienten, welche zumeist bereits am Abend des Operationstages möglich ist. Eine Thromboseprophylaxe erfolgt regelmäßig mit niedermolekularem Heparin bis zur vollständigen Mobilisierung. Im Regelfall wird schon am ersten postoperativen Tag wieder Vollkost verabreicht. Nach der Entlassung in die Häuslichkeit werden die routinemäßigen Kontrollen von der jeweiligen Hausärztin/ Hausarzt durchgeführt und durch die Follow-Up Routine der Chirurgischen Klinik der Charité komplettiert.

3. Ergebnisse

3.1 Demographie der beiden Kohorten

Das Patientenkollektiv erfasste 180 Patienten, die zwischen den Jahren 2014 und 2020 einer laparoskopischen Hernienreparation in lap. IPOM beziehungsweise ventral TAPP Technik zugeführt wurden. Nach Exklusion der Hernien mit mehr als 5 cm Defektgröße verblieben 30 in der lap. IPOM Kohorte und 34 in der ventral TAPP Kohorte (19).

3.2 Patienten-, hernien- und operationsbezogene Parameter der Kohorten

Vor der Propensity-Score-Analyse war die Patientenkohorte heterogen und bestand aus 64 Patienten, von denen 64,1% männlich waren und ein Durchschnittsalter von $55,36 \pm 13,26$ Jahren hatten. Die Verteilung auf die jeweiligen Operationsmethoden zeigte, dass sich 46,9% ($n= 30$) der Patienten einer laparoskopischen IPOM-Operation unterzogen hatten und 53,1% ($n= 34$) einer ventral TAPP-Operation (19). Die Propensity-Score-Analyse berücksichtigte die demografischen Daten der Patienten, wie Alter und BMI, das Scoring-System ASA zur Vereinheitlichung des Allgemeinzustandes und der Vorerkrankungen der Patienten sowie die Herniengröße. Das Ergebnis der Propensity-Score-Analyse ergab jeweils 27 Patienten, die den beiden, nun ausgeglichenen und vergleichbaren, Gruppen zugeordnet wurden. Das Durchschnittsalter lag nun bei $56,35 \pm 12,793$ Jahren bei 68,5% männlichen Patienten. Beide Kohorten wurden für die statistische Analyse mittels SPSS berücksichtigt, sowohl die „gematchten“ als auch die „nicht-gematchten“ Kohorten. Die demografischen Daten, Patienten- und Hernienmerkmale der nicht-gematchten und gematchten Kohorten sind in Tabelle 4 aufgeführt (19).

Die Überprüfung der Regressionsmethode ergab eine adäquate statistische Analyse. Diese wurde durchgeführt, indem zum einen die Gesamtbalance des Prozesses überprüft wurde, um so die Propensity-Score-Analyse zu bewerten. Es ergab sich ein nicht signifikanter Wert, was bestätigt, dass die Patienten in den beiden Kohorten angemessen verteilt sind. Zum anderen sei erwähnt, dass der Vergleich der Größe der Herniendefekte der gematchten Kohorten keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden untersuchten Gruppen ergab ($p=0,206$). Dies spiegelte sich auch in den einzelnen EHS-Klassifikationen der Hernien wider und bescheinigt somit ein adäquates Propensity-Score-Matching für unsere folgende statistische Auswertung.

Tabelle 4: Vergleich der demographischen und hernienbezogenen Parameter vor und nach der Propensity-Score-Analyse, (modifiziert nach Megas et al., 2022 (19))

Demografische Daten, Patienten- und Hernien- merkmale	Nicht-gematchte Kohorten			Gematchte Kohorten		
	lap. IPOM (n=30)	ventral TAPP (n=34)	p-Wert	lap. IPOM (n=27)	ventral TAPP (n=27)	p-Wert
Alter (Jahre) mean ± SD	55.8±11.6	54.94±14.70	0.791	55.4±11.7	57.22±13.95	0.622
Geschlecht, m. [n (%)]	19 (63.3)	22 (64.7)	0.91	18 (66.7)	19 (70.4)	0.769
BMI (kg/m ²) mean ± SD	32.15±6.6	30.35±5.82	0.252	31.65±6.2	30.84±5.93	0.626
ASA Score						
ASA I [n (%)]	1 (3.3)	6 (17.6)	0.05	1 (3.7)	2 (7.4)	0.593
ASA II [n (%)]	17 (56.7)	22 (64.7)		17(63.0)	19 (70.4)	
ASA III [n (%)]	12 (40.0)	6 (17.6)		9 (33.3)	6(22.2)	
Umstände der Operation						
Elektiv [n (%)]	30 (100)	34 (100)		27 (100)	27 (100)	
Notfallmäßig [n (%)]	0 (0)	0 (0)		0 (0)	0 (0)	
Ursache der Hernie [n (%)]						
Primär ventral	19 (63.3)	26 (76.5)	0.251	17 (63.0)	23 (85.2)	0.283
Epigastrisch	2 (6.7)	1 (2.9)		1 (3.7)	1 (3.7)	
Epigastrisch + umbilical	2 (6.7)	4 (11.8)		2 (7.4)	4 (14.8)	
Umbilical	14 (46.7)	21 (61.8)		13 (48.1)	18 (66.7)	
Spighelsche Hernie	1 (3.3)	0 (0)		1 (3.7)	0 (0)	
Narbenhernie	11 (36.7)	8 (23.5)		10 (37.0)	4 (14.8)	
Inkarzeration [n (%)]	0 (0)	0 (0)		0 (0)	0 (0)	

m.: männlich

Die Versorgungen einer inkarzerierten Nabel- oder Narbenhernie, welche im Rahmen einer Notfalloperation erfolgt, wurde im Beobachtungszeitraum nicht mittels lap. IPOM oder ventral TAPP durchgeführt. Somit wurden sämtliche Eingriffe elektiv geplant und unter stationären Bedingungen durchgeführt. Die Operationszeit war in der lap. IPOM Gruppe (65,19 Minuten) im Durchschnitt etwas länger als in der ventral TAPP Gruppe (58,65 Minuten), dies verblieb jedoch ohne statistische Signifikanz ($p=0,3$). Der primäre Defektverschluss wurde in der ventral TAPP Gruppe häufiger durchgeführt als in der lap. IPOM Gruppe. Dies erfolgte anfangs entsprechend der Präferenz der Operateurinnen und Operateure und ab 2019 gemäß der IEHS-Richtlinien, welche eine primären Defektverschluss empfehlen (7,4 % vs. 100 %; $p=0,001$) (27,36). Es sind verschiedene Netze für die laparoskopische IPOM-Technik verfügbar, die sich in Größe, Form, Material und Beschichtung unterscheiden. Es wurden in unserer Studie folgende Netze verwendet: In

92,6 % der lap. IPOM Operationen kam das Parietex™ Optimised Composite (PCOx) Mesh von Covidien™ zur Anwendung, in 3,7% das PHYSIOMESH von ETHICON und in 3,7% das PROCEED™ Surgical Mesh von ETHICON™.

In der ventral TAPP Kohorte wurden alle Patienten mit dem Optilene™ MESH der Firma B Braun versorgt. Dieses Netz ist nicht beschichtet, da es bei dieser Methode zu keinem dauerhaften Kontakt mit den intraabdominalen Organen kommt.

Es bestand ein signifikanter Unterschied ($p=0,001$) in der Größe des verwendeten Netzes zwischen den beiden Gruppen: $199,33 \pm 28,22 \text{ cm}^2$ (Netzfläche bei der lap. IPOM Methode) gegenüber $87,19 \pm 49,07 \text{ cm}^2$ (Netzfläche bei der ventral TAPP Methode). Der Unterschied rührt daher, dass das Netz bei der ventral TAPP-Methode individuell angepasst und zugeschnitten wird, während das Netz bei der lap. IPOM-Methode in der Originalgröße platziert wird, was ein standardisiertes, vom Hersteller des jeweiligen Netzes empfohlenes, Verfahren darstellt.

Intraoperative Komplikationen wie Darmverletzungen, welche einer Intervention bedürfen, ausgedehntere Blutungen oder andere Verletzungen von anatomischen Strukturen der Region/des Abdomens, wurden bei keinem, der in dieser Studie eingeschlossenen Patienten, beobachtet.

Der gematchte und nicht-gematchte Vergleich der intraoperativen Daten zwischen lap. IPOM und der ventral TAPP Gruppe ist in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Vergleich der operativen Daten vor und nach Propensity-Score-Analyse, (modifiziert nach Megas et al., 2022 (19))

Intraoperative Daten	Nicht-gematchte Kohorten			Gematchte Kohorten		
	lap.IPOM (n=30)	ventral TAPP (n=34)	p-Wert	lap. IPOM (n=27)	ventral TAPP (n=27)	p-Wert
Größe der Hernie (cm ²) mean±SD	3.45±1.1	2.747± .98	0.012	3.35 ± 1.17	2.98± .945	0.206
Größe des Netzes (cm ²) mean±SD	197.1±27.5	84.74±47.48	0.001	199.3±28	87.19±49.07	0.001
Operationsdauer (min) mean±SD	65.33±25.3	57.61±18.36	0.169	65.1± 26.4	58.65±18.43	0.303
Verwendete Netze [n (%)]						
Optilene® Mesh, Braun™	0 (0)	34 (100)		0 (0)	27 (100)	
Parietex™ Composite Mesh, Medtronic™	28 (93.3)	0 (0)		25 (92.6)	0 (0)	
PHYSIOMESH™ ETHICON™	1 (3.3)	0 (0)		1 (3.7)	0 (0)	
PROCEED™ Mesh, ETHICON™	1 (3.3)	0 (0)		1 (3.7)	0 (0)	
Intraoperative Komplikationen	0 (0)	0 (0)		0 (0)	0 (0)	

[n (%)]						
Material-Kosten (in €) mean±SD	733.4±124.7	34.34 ± 0.42	0.001	742.5±128	34.37 ± .47	0.001
Diastasis recti [n (%)]	1 (3.3)	4 (11.8)	0.179	1 (3.7)	2 (7.4)	0.552
Primärer Defektverschluss [n (%)]	3 (10.0)	33 (97.1)	0.001	2 (7.4)	27 (100)	0.001
EHS-Klassifikation (Weite in cm)						
w1	24 (80.0)	30 (88.2)	0.365	23 (85.2)	23 (85.2)	1
w2	6 (20)	4 (11.8)		4 (14.8)	4 (14.8)	
w3	0 (0)	0 (0)		0 (0)	0 (0)	

statistisch signifikante p-Werte sind fett-markiert

3.3 Der früh-postoperative Verlauf und das Follow-Up

Nach erfolgreicher Operation folgte ein stationärer Kurzaufenthalt mit einer Dauer von 2.81 ± 0.88 Tagen in der lap. IPOM Gruppe sowie 2.37 ± 0.69 Tagen in der ventral TAPP Gruppe, was sich als statistisch signifikant herausstellte mit einem p-Wert von $p=0.043$. Sämtliche stationären Aufenthalte, der in diese Studie eingeschlossenen Patienten, gestalteten sich regelrecht. Die Verwendung der postoperativen Schmerzmedikation erfolgte nach dem an die WHO-Empfehlungen angelehnten Schmerzstandard der Chirurgischen Kliniken der Charité. Diesbezüglich gab es postoperativ signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Der Einsatz von intravenösen sowie oralen Opiaten war in der lap. IPOM Kohorte signifikant erhöht. So wurden 14 Patienten nach lap. IPOM Hernienreparation Opiate verabreicht. In der ventral TAPP Kohorte waren lediglich bei 3 Patienten Opiate zur Schmerztherapie notwendig ($p=0,001$). Darüber hinaus waren auch sämtliche Schmerz-Scores in der lap. IPOM Gruppe signifikant höher. Im Detail gestaltete sich dies wie folgt: der erste Schmerzscore wurde am 1. postoperativen Tag (POD) in Ruhe und bei Bewegung erhoben. Nach dem 0-10-Skala-System (Visual Analogue Scale) betrug der VAS-Score in der lap. IPOM Gruppe $2,28 \pm 1,275$ in Ruhe und $3,32 \pm 1,49$ in Bewegung. In der ventral TAPP Kohorte war dies signifikant weniger mit $1,33 \pm 1,18$ in Ruhe und $2,26 \pm 1,75$ bei Bewegung. Der dazugehörige p-Wert betrug $p=0,008$ in Ruhe bzw. $p=0,023$ bei Bewegung.

Weiter wurde die maximale Schmerzempfindung während des stationären Krankenhausaufenthalts analysiert und es ergab sich hier ebenfalls ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Der maximale VAS-Score war in der lap. IPOM Gruppe im Vergleich zu dem der ventral TAPP Patienten signifikant erhöht ($3,76 \pm 1,45$ lap. IPOM vs. $2,48 \pm 1,58$ ventral TAPP; $p=0,004$).

Nach der Entlassung in das häusliche Umfeld erfolgte das standardisierte Follow-Up. Die Nachuntersuchungen im Rahmen der Hernien-Sprechstunden erfolgten klinisch und wurden falls erforderlich durch diagnostische Untersuchung wie zum Beispiel Abdomen-Sonographien ergänzt. Eine Computertomografie (CT) zum Ausschluss einer Komplikation war im poststationären Verlauf bei keinem der behandelten Patienten notwendig. So wurden innerhalb der ersten drei Monate nach der Entlassung ausschließlich Komplikationen ersten Grades nach der Clavien-Dindo-Klassifikation beobachtet.

Während in der laparoskopischen IPOM-Gruppe bei 11,1% (drei Patienten) der Fälle eine Komplikation ersten Grades auftrat, wurde in der ventral TAPP-Gruppe bei 7,4% (zwei Patienten) der Fälle eine Komplikation ersten Grades beobachtet. Der diskrete numerische Unterschied in dieser Kategorie zeigte keine statistische Relevanz ($p=0,639$).

Genauer konnte in der lap. IPOM Kohorte erstens ein organisiertes Hämatom festgestellt werden, zweitens wurde eine unklare Schwellung ohne Korrelat eruiert und drittens wurden in einem Fall abdominale Schmerzen beobachtet, die auf die Fixierung des Netzes mit dem Tackernahtmaterial zurückzuführen waren.

In der ventral TAPP Kohorte berichtete ein Patient über diffuse abdominale Schmerzen, welche mit oralen Schmerzmitteln führbar seien. Dies stellt eine Komplikation ersten Grades nach Clavien-Dindo-Klassifikation dar, es konnte jedoch in diesem Fall weder eine klinische, noch eine laborchemische (Entzündungsparameter), noch eine bildmorphologische (Abdomen-Sonographie) Auffälligkeit hierfür gefunden werden. Der zweite Patient aus der ventral TAPP Kohorte berichtete bei der Nachuntersuchung über Wundheilungsstörungen, welche jedoch zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits sekundär verheilt waren.

Keiner der behandelten Patienten entwickelte ein Hernienrezidiv in der Nachbeobachtungszeit von $31,96 \pm 27,57$ Monaten für die lap. IPOM Gruppe und $14,70 \pm 15,76$ Monaten für die ventral TAPP Gruppe.

Schließlich zeigte die Studie hinsichtlich der Kosteneffektivität eindeutige Unterschiede. Die Kosten für Materialien, Instrumente und Geräte der ventral TAPP Methode waren mit $34,37 \pm 4$ € erheblich niedriger als die der lap. IPOM Gruppe $742,57 \pm 128,44$ € ($p=0,001$). Faktoren wie die Erfolgsrate der Operationen, die Operationszeit (Schnitt-Naht-Zeit), das Management von Komplikationen und der Pflegeaufwand, welche ebenfalls die Kosteneffektivität beeinflussen können, wurden aufgrund von nicht-signifikanten perioperativen

Resultaten nicht mit einkalkuliert. Abschließend stellt die o.g., um fast einen halben Tag kürzere Verweildauer in der ventral TAPP Gruppe einen zusätzlichen Parameter für die Kosteneffektivität dieser Methode dar.

Die postoperativen Ergebnisse der gematchten und ungematchten Analyse sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Postoperative Ergebnisse vor und nach Propensity-Score-Analyse, (modifiziert nach Megas et al., 2022 (19))

Postoperative Ergebnisse	Nicht-gematchte Kohorten			Gematchte Kohorten		
	lap. IPOM (n=30)	Ventral TAPP (n=34)	p-Wert	lap. IPOM (n=27)	Ventral TAPP (n=27)	p-Wert
VAS-Score mean±SD						
Schmerzen in Ruhe 1. POD	2.25±1.24	1.31±1.12	0.003	2.28±1.275	1.33±1.18	0.008
Schmerzen bei Bewegung am 1. POD	3.29±1.44	2.25±1.67	0.013	3.32 ± 1.49	2.26±1.75	0.023
Maximale VAS mean±SD	3.68 ± 1.42	2.47 ± 1.50	0.002	3.76 ± 1.45	2.48±1.58	0.004
Opiateinnahme [n (%)]	16 (53.3%)	4 (11.8%)	0.001	14 (51.9%)	3 (11.1%)	0.001
Frühkomplikationen [n (%)]	0 (0)	0 (0)		0 (0)	0 (0)	
Spätkomplikationen [n (%)]						
Wundheilungsstörungen	1 (3.3)	1 (2.9)	0.559	0 (0)	0 (0)	1
Hämatom	1 (3.3)	0 (0)		1 (3.7)	1 (3.7)	
Verweildauer (Tage) mean±SD	2.87±0.860	2.32±0.638	0.005	2.81 ± 0.88	2.37 ± 0.69	0.043
Follow-up (Monate)	31.63±26.57	14.53±15.02		31.9± 27.5	14.7±15.7	
Hernienrezidiv	0 (0)	0 (0)		0 (0)	0 (0)	
Clavien-Dindo						
Grad I	4 (13.3%)	3 (8.8%)	0.564	3 (11.1%)	2 (7.4%)	0.639
Grad II, III, IV	0 (0)	0 (0)		0 (0)	0 (0)	

POD: postoperativer Tag, statistisch signifikante p-Werte sind fett-markiert

4. Diskussion

4.1 Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse

In die vorliegende retrospektive Single-Center Studie wurden ausschließlich Patienten mit kleinen bis mittelgroßen ventralen Bauchwandhernien eingeschlossen, die einer laparoskopischen Hernienreparation in lap. IPOM Technik bzw. ventral TAPP Methode zugeführt wurden. Ziel der Studie war die angesprochenen Operations-Methoden im Hinblick auf alle wesentlichen peri- und postoperativen Parameter sowie das Follow-Up zu vergleichen. Hervorzuheben sind hierbei die statistisch signifikanten Ergebnisse zu Gunsten der ventral TAPP bezüglich der postoperativen Schmerzen, was sich sowohl in sämtlichen erhobenen Schmerzscores der Patienten (am ersten POD in Ruhe und bei Bewegung sowie das maximale Schmerzereignis) mit signifikanten p-Werten von 0.008, 0.023 sowie 0.004 widerspiegelt, als auch aus der signifikant geringeren Gabe von Opiaten mit einem p-Wert von 0.001 abgeleitet werden kann. Weiter konnte die ventral TAPP Vorteile bei der Kosteneffektivität aufweisen. Hier zeigte sich mit einem großen Unterschied der Materialkosten von 742.5 ± 128 € (lap. IPOM) versus 34.37 ± 0.47 € (ventral TAPP) und dem dazugehörigen p-Wert von 0.001 ein weiteres statistisch signifikantes Ergebnis. Überdies war die stationäre Verweildauer der Patienten nach einer ventral TAPP signifikant kürzer als nach einer lap. IPOM (2.81 ± 0.88 Tage versus 2.37 ± 0.69 Tage; $p=0.043$). Während der Nachbeobachtungszeit der beiden Studiengruppen konnte kein Rezidiv der Hernien beobachtet werden.

4.2 Interpretation und Einbettung der Ergebnisse in den Forschungsstand

Die gewonnenen Ergebnisse dieser Studie stehen im Einklang mit den Schlussfolgerungen aus den wenigen bisher veröffentlichten Studien zu diesem Komplex (11,28). Die ventral TAPP Methode hat, wie die vorliegende Studie zeigen konnte, ganz offensichtlich einen Vorteil gegenüber der lap. IPOM Methode in Bezug auf die postoperativen Schmerzen der Patienten (19). Weiterhin stellt sie eine sichere Methode zur RepARATION von Bauchwandbrüchen dar (8,19). Erwähnt werden muss jedoch die technisch anspruchsvollere Präparation und die Limitation auf kleine und mittelgroße Brüche im medianen ventralen Bereich der Bauchdecke, was sich so auch in der entsprechenden Fachliteratur widerspiegelt und ebenfalls unseren Erfahrungen mit dieser Methode entspricht (8,19).

Die recherchierte Literatur zeigt, dass aktuell kein Konsens bezüglich eines standardisierten Managements im Sinne eines Gold-Standards von ventralen Hernien besteht (37,38). Bei dem Krankheitsbild einer ventralen Hernie handelt es sich nichtsdestotrotz um eine häufige Erkrankung, welche seit Jahren in hoher Zahl und in Form von standardisierten Operationen behandelt wird. Es sind zahlreiche Operationsmethoden beschrieben, welche je nach Größe, Lokalisation und Komplexität der Hernie sowie Vorliebe der Operateure mit einem offenen oder einem laparoskopischen Zugangsweg durchgeführt werden können (16,37).

Unter den laparoskopischen Methoden wird aktuell die lap. IPOM Methode am häufigsten verwendet und unter den offenen Methoden hat sich die Sublay Methode im Laufe der Jahre durchgesetzt. Aktuell werden also diese beiden Verfahren vornehmlich verwendet, um die in der vorliegenden Studie relevanten kleinen bis mittelgroßen primären Bauchwandhernien und Narbenhernien zu behandeln (18,19). Vorteile der laparoskopischen Versorgung, wie sie bei der lap. IPOM Hernienreparation durchgeführt wird, scheinen im Vergleich zur offenen Netzreparation die weniger häufig auftretenden Infektionen und Wundheilungsstörungen zu sein (17–19,39). Erstaunlich ist, dass die lap. IPOM Technik trotz des um ein Vielfaches kleineren Hautschnittes im Vergleich zu den offenen Methoden bezüglich postoperativer Schmerzen keine großen Vorteile im Vergleich zu den offenen Verfahren zu bieten scheint (10,19). Weiter wird das Netz im Rahmen der lap. IPOM Methode intraperitoneal platziert, was zur Folge hat, dass das Netz direkten Kontakt zu den Bauchorganen hat. Dies kann, bei den mit dieser Methode behandelten Patienten, sowohl früh-postoperativ als auch im längerfristigen Verlauf zu Komplikationen, wie Verwachsungen und damit verbundenen Schmerzen führen (18,19). Um dem vorzubeugen, werden bei der lap. IPOM Methode präventiv beschichtete Netze verwendet, die wesentlich teurer sind als unbeschichtete Netze, jedoch trotzdem nicht vollständig vor Verwachsungen schützen (22). Bei Methoden, wo das eingelegte Netz keinen Kontakt zu den viszeralen Organen hat und es somit zwischen anatomischen Schichten zu liegen kommt, deren Verwachsungen keine erwiesenen Nachteile haben, wie zum Beispiel die einzelnen Muskelschichten der Bauchwand, ist keine Beschichtung des Netzes notwendig. Im Rahmen der Verfahren der offenen Hernienchirurgie wie zum Beispiel dem Sublay-, PUMP- und Onlay-Verfahren haben die eingebrachten Netze keinen Kontakt zu den viszeralen Organen (19,40,41). Die Netze werden hierbei entweder prä- (Onlay), intra- (Inlay) beziehungsweise retromuskulär (Sublay und PUMP) platziert (17,41,42). Die

Entwicklung von Methoden, bei denen das Netz im präperitonealen Raum platziert wird, wie zum Beispiel bei der ventral TAPP, geht auf das Bestreben zurück, den Kontakt des Netzes mit den Bauchorganen zu vermeiden. Es wird postuliert, dass bei der ventral TAPP Methode, bei der kein Kontakt des Netzes zu den viszerale Organen besteht, daraus ein Vorteil im Heilungsverlauf resultiert (43,44). Daher besteht in der Fachgesellschaft seit einigen Jahren ein großes Interesse an der Entwicklung von Alternativen, Verfeinerungen und Optimierungen der laparoskopischen Methoden (8,19).

So wird auch die lap. IPOM Methode immer weiterentwickelt. Die lap. IPOM wurde weltweit viele Jahre lang angewendet, ohne im Verlauf der Operation einen Defektverschluss der Bruchlücke durchzuführen. Eine Studie von Christoffersen et al. zeigt jedoch, dass bei der lap. IPOM Methode ein primärer Defektverschlusses einen Vorteil in Bezug auf die Langzeitergebnisse zu haben scheint (45). Die Operationen in der vorliegenden Studie wurden nach den jeweiligen, aktuellen Veröffentlichungen der IEHS durchgeführt, die erst in ihren neueren Ausgaben nach 2019 eine entsprechende Empfehlung ausgesprochen hat (8,19,36). In der Chirurgischen Klinik der Charité wurde daher ein primärer Defektverschluss im Rahmen der ab 2019 durchgeführten lap. IPOM Operationen und bei allen ventral TAPP Eingriffen vollzogen. Überdies ist dieser Operationsschritt im Zuge der präperitonealen Netzplatzierung obligat.

Im Rahmen der Literaturrecherche ergab sich als Kritikpunkt an der ventral TAPP Methode, dass die Operationszeit länger sei als bei der lap. IPOM Methode (46). Insbesondere in der Studie von Prasad et al. ist dies beobachtet worden. Die Autoren beschrieben Operationszeiten von 96.7 ± 16.7 Minuten für eine ventral TAPP und 87.4 ± 15.5 Minuten für eine lap. IPOM ($p=0,001$) (46). Anhand der Daten der vorliegenden Studie kann dies nicht bestätigt werden. Die Erfahrungen der Mitarbeiter der Hernienchirurgie der Chirurgischen Klinik Charité Campus Mitte / Campus Virchow-Klinikum der Charité – Universitätsmedizin Berlin steht im Einklang mit der vorherrschenden Meinung in der Literatur, dass die ventral TAPP Methode durchaus technisch anspruchsvoller als die lap. IPOM Methode ist und die laparoskopische präperitoneale Netzplatzierung Fertigkeiten erfahrenerer Operateure voraussetzt (11,19,47,48). Dennoch wiesen die Operationszeiten in der vorliegenden Studie keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden verwendeten Methoden auf.

Die Dauer einer operativen Behandlung kann bei ähnlichen Operationen mit der sogenannte Schnitt-Naht-Zeit objektiv verglichen werden, da im Rahmen der Vorbereitung der

Patienten ähnliche Zeiträume notwendig sind und somit die reine Operationszeit betrachtet werden kann. Im Durchschnitt lag die angesprochene Zeit bei 65,19 Minuten bei der lap. IPOM Methode und eine ventral TAPP dauerte im Durchschnitt 58,65 Minuten. Das Team der Hernienchirurgie in der Chirurgischen Klinik Charité Campus Mitte / Campus Virchow-Klinikum besteht aus erfahrenen Laparoskopikern, welche eine hohe Expertise auf diesem Gebiet vorweisen können. Eine Tatsache, welche die relativ geringen Operationszeiten, insbesondere bei der ventral TAPP, erklären sollte.

In diesem Zusammenhang kann auch der Gesichtspunkt eines Verfahrenswechsel angeführt werden. Daten bezüglich einer Konversion von laparoskopischen auf offene Verfahren zeigen Vorteile bezüglich des Outcomes, wenn kein Verfahrenswechsel notwendig war (49). Im Patientengut der vorliegenden Studie waren keine Verfahrenswechsel von einer laparoskopischen auf eine offene Methode erforderlich. Die Platzierung eines Netzes in den präperitonealen Raum bei größeren Defekten im Zuge einer ventral TAPP, kann allerdings nicht standardisiert erfolgen und ist in solchen Fällen individuell zu gestalten. Auch die Präparation stellt den Operateur in solchen Fällen vor Herausforderungen, weil die Gefahr einer Verletzung des Peritoneums besteht, sodass der Chirurg, der eine Bauchwandhernie mit einer ventral TAPP behandelt, im Allgemeinen mehr laparoskopisches Training absolviert haben muss, als bei einer lap. IPOM (19).

Mit der stetig wachsenden Zahl von praktischen Anwendungen der robotisch assistierten Chirurgie, liefert auch die aktuelle Entwicklung in der robotischen Hernienchirurgie stetig neue Erkenntnisse (50). So werden in einer retrospektiven Studie von Gokcal et al. die robotische TAPP (r-TAPP) und die robotische IPOM Methode (r-IPOM) miteinander verglichen (28). Die Einschlusskriterien dieser Studie waren ähnlich wie in der vorliegenden Studie. Durch Gokcal et al. wurden 305 Patienten untersucht. Auffällig an den Ergebnissen dieser Studie ist der beschriebene Verfahrenswechsel von einer r-TAPP auf eine r-IPOM bei 38.5% der initial mit einer r-TAPP geplanten und begonnenen Operationen. Ob dies auf das fehlende haptische Feedback in der robotischen Chirurgie und konsekutive iatrogene Läsionen des Peritoneums zurückzuführen ist, bleibt zu untersuchen. Wie eingangs beschrieben, wurde in der vorliegenden Studie das Peritoneum bei einer ventral TAPP immer mit Nähten verschlossen. Dies zeigt sicherlich einen der Nachteile der präperitonealen Netzplatzierung auf, da die laparoskopische Präparation des Peritoneums eine ausgiebige Ausbildung des Chirurgen auf diesem Gebiet erfordert und dies in der robotischen Chirurgie nochmals schwieriger zu sein scheint (28). Zusammenfassend

sehen die Autoren um Gokcal et al. Vorteile im perioperativen Verlauf der Patienten aufseiten der TAPP Methode (28). Eine aktuelle Studie dieser Arbeitsgruppe beschäftigte sich mit der Lernkurve der r-TAPP und zeigte auf, dass 46 Operationen notwendig waren, um eine fallende Kurve in Bezug auf die Operationszeit zu erreichen (51).

Postoperative Schmerzen bleiben ein fortwährender Kritikpunkt der lap. IPOM Methode. So finden sich in der Literatur Quellen, die einen Zusammenhang zwischen der Fixierung des Netzes mit Tackermaterial im Zuge einer lap. IPOM Operation und den postoperativen Schmerzen beschreiben (52,53). Ein weiterer Grund für postoperative Schmerzen sind die verwendeten transfaszialen Nähte bei der lap. IPOM Methode, da diese nicht resorbierbar sind und in den ersten 6 Wochen nach der Operation mit mehr Schmerzen verbunden sein können (19,54). Auch werden im Rahmen von lap. IPOM Operationen Schmerzen aufgrund von zusammenschrumpfenden Netzen beschrieben (55). Unserer Auffassung nach besteht eine der großen Stärken der ventral TAPP Methode darin, dass das Netz hier schonend im präperitonealen Raum positioniert wird, ohne dazu fixierendes Material zu verwenden (19,28). Schmerzen aufgrund von zusammenschrumpfenden Netzen nach ventral TAPP Operationen sind bisher nicht beschrieben worden. Indirekt kann das postoperative Schmerzniveau der behandelten Patienten aus der verabreichten Schmerzmedikation abgeleitet werden. Die stärksten postoperativ genutzten Schmerzmittel sind im WHO-Schmerzschema die Opiate (32). Die postoperative Gabe von Opiaten wird häufig kontrovers diskutiert, sodass Möglichkeiten zu Reduktion von postoperativen Opiaten ein Thema von ständigem Interesse darstellt (56,57). In der vorliegenden Studie waren die postoperativen Schmerzen in der ventral TAPP Kohorte signifikant niedriger als bei der lap. IPOM Gruppe ($p=0,004$). Zudem zeigt die Auswertung der Daten bezüglich der postoperativ verabreichten Opiate auch einen Unterschied von statistischer Signifikanz zwischen den beiden Gruppen ($p=0,001$). Im Detail ergab sich folgendes: die Zahl der Patienten, die postoperativ Opiate zur Schmerzbehandlung benötigten, betrug in der lap. IPOM Gruppe 14 Patienten und in der ventral TAPP Gruppe lediglich 3 Patienten. Während Prasad et al. in ihrer Studie keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf postoperative abdominale Schmerzen im Vergleich zwischen lap. IPOM und ventral TAPP beschreiben, zeigt die Studie von Ngo et al., in welche 98 Patienten nach laparoskopischer präperitonealer Netzeinlage eingeschlossen wurden, ähnliche Ergebnisse wie unsere Studie in Bezug auf den postoperativen VAS-Score (46,48).

Ruíz et al. regten 2019 an, dass die ventral TAPP in Zukunft der Goldstandard für die Reparatur von Narbenhernien werden sollte (43). Gestützt wird dies zum einen durch die wenigen beobachteten Komplikationen in deren Studie. Bei den 59 eingeschlossenen Patienten wurden lediglich 7 Komplikationen beobachtet (43). Weiterhin beschrieben Ruíz et al. die extra-peritoneale Hernienreparation als kosteneffektive Methode, was in der vorliegenden Studie bestätigt werden konnte (19,43). Der Punkt der Kosteneffektivität zieht sich allerdings kontrovers durch die bisherigen Publikationen zum Thema der ventral TAPP. Im Gegensatz zu Ruíz et al. stellten Van Hoef et al. fest, dass Alternativen der lap. IPOM, wie die ventral TAPP, die V-TEP und e-TEP, teurer als eine lap. IPOM sind (18). Dies kann durch unsere Studie nicht bestätigt werden. Im Gegenteil gestalteten sich die Materialkosten bei einer präperitonealen Netzeinlage, wie bei der ventral TAPP Methode in unserer Studie, deutlich kostengünstiger als bei einer lap. IPOM ($p=0,001$) (19). Ursächlich für die günstigeren Kosten ist die Große Differenz in Bezug auf die Anschaffungskosten der Netze. So liegt der Preis für ein lap. IPOM Netz und die erforderlichen Tacker für die Fixierung bei 733.4 ± 124.7 € und bei der ventral TAPP lediglich bei 34.34 ± 0.42 €.

Weiterhin steht in unserer Studie die signifikant kürzere Verweildauer der Patienten nach einer ventral TAPP Operation ebenfalls in einem Zusammenhang mit der Kosteneffektivität dieser Methode. So ist die vorherrschende Meinung in der Hernienchirurgie der Charité, dass die kürzere Verweildauer auf die geringeren Schmerzen nach einer ventral TAPP sowie den konsekutiv geringeren Bedarf an Schmerzmitteln und die daraus resultierende schnellere Mobilisierung der Patienten zurückzuführen ist, was eine indirekte Kostenreduktion darstellt, da weitere Material- und Personalkosten eingespart werden (19). An dieser Stelle sei erwähnt, dass das deutsche Gesundheitssystem durch die diagnosebezogenen Fallgruppen und das damit verbundene pauschalisierte Abrechnungsverfahren bei der Behandlung von Bauchwandhernien aktuell noch auf stationäre Eingriffe mit einer definierten Mindestverweildauer von zwei Tagen ausgelegt ist, sodass die oben genannten Ausführungen ausschließlich für die Bundesrepublik Deutschland repräsentativ sind. Unsere Erfahrung mit dem postoperativen Verlauf nach einer ventral TAPP zeigen, dass die meisten Patienten durchaus auch für einen ambulanten Eingriff geeignet wären (19).

Die derzeit aktuellste Studie, in welcher die Ergebnisse unserer Studie bereits miteingeflossen sind, ist eine Metaanalyse mit der Fragestellung, ob die ventral TAPP vorteilhafte

Ergebnisse im Vergleich zu anderen laparoskopischen Verfahren für die Reparatur von ventralen Hernien liefert. Es wurden 9 Studien mit insgesamt 1429 Patienten untersucht und die Autoren Maatouk et al. kommen zu dem Ergebnis, dass die ventral TAPP ein sicheres und wirksames Verfahren für die Behandlung ventraler Hernien ist und in Bezug auf das perioperative Outcome und die Kurzzeitergebnisse anderen minimalinvasiven Techniken überlegen oder gleichwertig ist (58).

Zusammenfassend vertritt die Hernienchirurgie der Charité die Meinung, dass die ventral TAPP bei kleinen bis mittelgroßen Hernien die beste Methode zu Reparatur solcher Befunde darstellt. An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass in allen in dieser Arbeit zitierten Studien kleine bis mittelgroße Hernien behandelt wurden (28,29,46,48,58). Unserer Meinung nach wird sich die Behandlung großer Hernien mittels minimalinvasiver präperitonealer Netzplatzierung im Rahmen einer ventral TAPP schwierig gestalten, was bisher jedoch noch nicht ausreichend untersucht worden ist.

4.3 Stärken und Schwächen der Studie

In der vorliegenden Studie wird erstmals in Europa mit der ventral TAPP eine neuartige, zu Beginn der Studie nur wenig bekannte Methode mit einer etablierten Methode, der lap. IPOM verglichen. An der Charité hat sich seit 2014 eine kleine Arbeitsgruppe auf die ventral TAPP Technik zur Behandlung von Bauchwandhernien spezialisiert und es hat sich gewiss eine Lernkurve bei den Operateuren während der Durchführung dieser Studie eingestellt. Die Operationen in dieser Studie wurden allesamt von einer kleinen Gruppe ausgewiesener Hernienchirurgen durchgeführt, sodass es keine Inhomogenität seitens der Operateure gab. Das postoperative Management der Patienten der jeweiligen Kohorten (lap. IPOM und ventral TAPP) war deckungsgleich. Es gab keine Änderungen bezüglich der Schmerzbehandlungsstrategien. Beim Verdacht einer Komplikation wurden dieselben Algorithmen in Gang gesetzt (klinische Untersuchung, laborchemische Untersuchung, ggf. Abdomen-Sonographie und ggf. CT-Abdomen). Es handelte sich also um eine fokussierte Studie, ausschließlich mit dem Augenmerk darauf, die beiden angesprochenen Methoden zu vergleichen. Weiter erfolgte sowohl die Dokumentation durch das ärztliche Personal im Rahmen der Visiten als auch die Erhebung des Pflege-Dokumentations-Berichtes lückenlos. Diesbezüglich wurden die Daten prospektiv erhoben und

retrospektiv analysiert. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sind vorurteilsfrei während der Behandlung der Patienten erhoben worden und müssten durch ein prospektives, randomisiertes Studiendesign validiert werden, um generalisierbar zu sein.

Für diese Studie konnte auf exakt dokumentierte Daten zurückgegriffen werden, welche die grundlegenden Parameter für eine aussagekräftige Vergleichsanalyse suffizient abdeckten. Nichtsdestotrotz wäre es im Rahmen von prospektiven, randomisierten Studien sinnvoll, die Datenerhebung zu erweitern. So gingen Risikofaktoren wie chronischer Husten oder der Konsum von Nikotin nicht in die Analyse mit ein, was insbesondere zur Identifikation von Risikopatienten sinnvoll erscheint. Auch weitere Faktoren, die eine Hernierung beeinflussen könnten, wie z.B. das Ausüben von schweren körperlichen Arbeiten während der Berufsausübung wurden im Rahmen der Anamnese uneinheitlich dokumentiert.

Weiter ist es durchaus möglich, dass es zu einem relevanten Selektionsbias gekommen ist und gegebenenfalls günstig gelegene Hernien eher einer ventral TAPP zugeführt wurden, während komplexere Patienten möglicherweise in der weniger komplexen Technik des lap. IPOM versorgt wurden. Außerdem ist die Anzahl der Patienten mit 30 (lap. IPOM) versus 34 (ventral TAPP) vor dem Propensity-Score-Matching relativ gering (19). Um diese Probleme zu überwinden, wurden die Studiengruppen mithilfe des Propensity-Score-Matching in Bezug auf das Alter, den ASA-Score, den BMI und die Herniengröße vereinheitlicht. An dieser Stelle sei gesagt, dass die ursprünglich größere Anzahl von Patienten in der lap. IPOM Gruppe (n= 146) darauf zurückzuführen ist, dass diese Technik auch für die Reparation von größeren Hernien durchgeführt wird (19).

Die präperitoneale Netzplatzierung ist durch die Verteilung des peritonealen Fettgewebes am Unterbauch und an der Mittellinie limitiert, sodass die ventral TAPP Methode für die Rekonstruktion größerer Hernien nicht geeignet ist. Dies stellt bei kleineren Hernien für den Operateur jedoch einen Vorteil dar, weil das Netz bei der ventral TAPP Methode an den präperitonealen Raum angepasst wird und die oben angesprochenen anatomischen Strukturen (Unterbauch und Mittellinie) als natürliche anatomische Begrenzung genutzt werden und das Netz so ohne Fixierung, wie bei der TAPP Technik für Leistenbrüche platziert werden kann. Im Gegensatz dazu wird das Netz bei der lap. IPOM Methode intraabdominal platziert und mit transfaszialen Nähten und Tackermaterial fixiert, weshalb diese Technik auch für größere Hernien geeignet ist. In der vorliegenden Studie wurden Patienten mit Hernien einer Defektgröße von mehr als 5 cm aus der Analyse

ausgeschlossen. Auch dies könnte auf den ersten Blick eine Form von Selektions-Bias in Bezug auf die Herniengröße darstellen. Wie erwähnt, lässt die anatomische Verteilung des präperitonealen Fettgewebes eine ventral TAPP zur Reparatur von größeren Hernien nicht zu. Ziel der vorliegenden Studie war es, unter retrospektiven Bedingungen möglichst homogene Gruppen zu bilden, indem sich auf kleine und mittelgroße Hernien konzentriert wurde und bei dem Vergleich der Methoden eine Propensity-Score-Analyse verwendet wurde (19).

Eine weitere Grenze dieser Studie stellt die kurze Nachbeobachtungszeit in der ventral TAPP Kohorte sowie der deutliche Unterschied in der Nachbeobachtungszeit der beiden Gruppen dar (31.96 ± 27.57 Monate lap. IPOM versus 14.70 ± 15.76 Monate ventral TAPP). Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die ventral TAPP eine noch recht junge Operationsmethode darstellt, welche seit 2014 vereinzelt und erst ab 2018 in hoher Frequenz in der Chirurgischen Klinik der Charité Campus Mitte / Campus Virchow-Klinikum angewandt wurde, was sich auch in der kürzeren Nachbeobachtungszeit im Vergleich zur lap. IPOM Methode widerspiegelt. Trotzdem liefert der genannte Zeitraum erste Beobachtungsergebnisse von über einem Jahr. Während des Nachbeobachtungszeitraums nach einer ventral TAPP wurde, wie die Ergebnisse und die vorhandene Literatur zeigen, kein Wiederauftreten von Hernien beobachtet, sodass unsere Ergebnisse durchaus aussagekräftig sind (19,28,29,46). Prospektive, randomisierte Studien könnten dies in Zukunft validieren. Insgesamt ist, um genauere Informationen über das Wiederauftreten der Hernien zu eruieren, eine längere Nachbeobachtungszeit nach der Operation wünschenswert. Im Rahmen einer längeren Nachbeobachtungszeit könnten auch Informationen über komplexe Spät-Komplikationen wie Adhäsionsbeschwerden, Netzinfectionen samt Migration und enterokutane Fisteln besser einfließen, was die vorliegende Arbeit nicht abbilden konnte.

4.4 Implikationen für Praxis und zukünftige Forschung

Die vorliegende Studie sollte als erste Resonanz zu diesem Komplex aus Europa dazu beitragen, dass die ventral TAPP Methode weiter etabliert wird und in naher Zukunft möglicherweise eine eindeutige Erwähnung in den Empfehlungen der EHS findet. Die Materialien in Form der benötigten Netze sind auf dem deutschen Markt vorhanden, sodass

prinzipiell jede deutsche Klinik für Allgemein- und Viszeralchirurgie diese Methode durchführen könnte.

Ein weiterer, aktuell diskutierter, Punkt bei der Behandlung von ventralen Hernien ist, dass eine genauere Differenzierung zwischen Primärhernien und Narbenhernien durchaus Einfluss auf die ausgewählte Therapie haben könnte. Eine Studie von Kurian et al. zeigte, dass die Operationsdauer und die Verweildauer bei Narbenhernien länger ist als bei primären Hernien (59). In eine ähnliche Richtung wird in der systematischen Übersichtsarbeit und Metaanalyse von Stabilini et al. argumentiert. Hier wird die Hypothese aufgestellt, dass es sich bei primären Hernien und Narbenhernien um unterschiedliche Erkrankungen handelt, wobei letztere offensichtlich schwieriger zu behandeln sind (60). Aus dieser Arbeit geht unter anderem hervor, dass primäre Bauchwandhernien kleiner als Narbenhernien zu sein scheinen und bei jüngeren, gesünderen Patienten häufiger vorkommen als Narbenhernien. Wie Stabilini et al. weiter berichten, ergibt sich die Schwierigkeit der chirurgischen Behandlung von Narbenhernien häufig aus der Größe und der narbigen Verwachsungen im Bereich dieser Hernien (60). So könnte die ventral TAPP gezielt für Narbenhernien untersucht werden und zukünftige Studien auf diesem Gebiet könnten eine eindeutige Empfehlung für diese beiden verschiedenen Hernien aussprechen.

Ebenso existieren bereits vereinzelte kleinere Studien zur Anwendung der ventral TAPP für spezielle Patientengruppen. So untersuchten Skolimowska-Rzewuska et al. die ventral TAPP, welche die Autoren in ihrer Studie „uTAPP“ nannten, bei übergewichtigen und adipösen Patienten mit primären Bauchwandhernien. Die Ergebnisse waren ausschließlich positiv mit lediglich einer erstgradigen Komplikation nach Clavien-Dindo. Rezidive wurden auch in dieser Studie nicht beobachtet. Interessant wären in diesem Zusammenhang auch Studien, welche die ventral TAPP generell bei Risikopatienten untersuchen würden (44).

Weiter wird in der Hernienchirurgie der Charité davon ausgegangen, dass die ventral TAPP durch die Verteilung des peritonealen Fettes am Unterbauch und in der Mittellinie begrenzt ist und deshalb bei größeren und lateralen Hernien nicht angewandt wird. Dies ist aktuell noch in keiner Studie validiert worden und könnte ebenfalls Inhalt eines zukünftigen Projektes sein.

Insgesamt wären prospektive Studien zu dieser Entität wünschenswert, um die Ergebnisse in der Literatur zu bekräftigen und eine noch belastbarere Grundlage zu schaffen, damit sich die ventral TAPP mittelfristig als Gold-Standard für kleine bis mittelgroße Bauchwandhernien etablieren kann. In kleinerem Rahmen wären auch Studien zur Dokumentation der Lernkurve bei der ventral TAPP denkbar, was für die robotische Reparatur von ventralen Hernien mit der rTAPP Methode bereits erfolgt ist (51).

5. Schlussfolgerungen

Die Vergleichsanalyse der vorliegenden Studie zeigt, dass die ventral TAPP Methode eine sichere Alternative zur etablierten lap. IPOM Technik darstellt, soweit es sich um kleine bis mittelgroße Hernien handelt (<5 cm). Weiter konnten die Ergebnisse aus den vorangegangenen Studien bezüglich der Durchführbarkeit und Kosteneffektivität der ventral TAPP Methode bestätigt werden. Der Punkt der Kosteneffektivität wurde im Zuge dieser Studie erstmals für den europäischen Kontinent untersucht und zeigt deutliche Vorteile auf Seiten der ventral TAPP im Vergleich zur lap. IPOM. Einerseits sind die Materialkosten bei der ventral TAPP signifikant niedriger als bei der lap. IPOM Kohorte und andererseits ist die Dauer des Krankenhausaufenthaltes kürzer, was eine weitere Kostenreduzieren zur Folge hat.

Überdies ergaben sich auch neue Erkenntnisse in Bezug auf den postoperativen stationären Verlauf der behandelten Patienten. Die ventral TAPP Methode zeichnet sich dadurch aus, dass geringere postoperative Schmerzen, verbunden mit einer geringeren Opiateinnahme zu beobachten sind, was eine neue Erkenntnis im Vergleich zu früheren Studien zu diesem Themenbereich darstellt.

Abschließend zeigen die beiden Methoden im Vergleich keine statistisch signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Langzeitergebnisse, was unterstreicht, dass die ventral TAPP ein gleichwertiges Verfahren zur etablierten und breit angewandten lap. IPOM Methode darstellt. Um diese Erkenntnisse belastbar zu validieren, sind prospektive, multi-zentrische Studien zur ventral TAPP Methode erforderlich.

Literaturverzeichnis

1. Klinge U, Prescher A, Klosterhalfen B, Schumpelick V. [Development and pathophysiology of abdominal wall defects]. *Chir Z Alle Geb Oper Medizen*. April 1997;68(4):293–303.
2. Dabbas N, Adams K, Pearson K, Royle G. Frequency of abdominal wall hernias: is classical teaching out of date? *JRSM Short Rep*. 19. Januar 2011;2(1):5.
3. Santora TA, Roslyn JJ. Incisional hernia. *Surg Clin North Am*. Juni 1993;73(3):557–70.
4. Muysoms FE, Miserez M, Berrevoet F, Campanelli G, Champault GG, Chelala E, Dietz UA, Eker HH, Nakadi IEI, Hauters P, Hidalgo Pascual M, Hoeflerlin A, Klinge U, Montgomery A, Simmermacher RKJ, Simons MP, Smietański M, Sommeling C, Tollens T, Vierendeels T, Kingsnorth A. Classification of primary and incisional abdominal wall hernias. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg*. August 2009;13(4):407–14.
5. Kao AM, Huntington CR, Otero J, Prasad T, Augenstein VA, Lincourt AE, Colavita PD, Heniford BT. Emergent Laparoscopic Ventral Hernia Repairs. *J Surg Res*. Dezember 2018;232:497–502.
6. Kulah B, Kulacoglu IH, Oruc MT, Duzgun AP, Moran M, Ozmen MM, Coskun F. Presentation and outcome of incarcerated external hernias in adults. *Am J Surg*. Februar 2001;181(2):101–4.
7. Bittner R, Bingener-Casey J, Dietz U, Fabian M, Ferzli GS, Fortelny RH, Köckerling F, Kukleta J, Leblanc K, Lomanto D, Misra MC, Bansal VK, Morales-Conde S, Ramshaw B, Reinpold W, Rim S, Rohr M, Schrittwieser R, Simon Th, Smietanski M, Stechemesser B, Timoney M, Chowbey P, International Endohernia Society (IEHS). Guidelines for laparoscopic treatment of ventral and incisional abdominal wall hernias (International Endohernia Society (IEHS)-part 1. *Surg Endosc*. Januar 2014;28(1):2–29.

8. Bittner R, Bain K, Bansal VK, Berrevoet F, Bingener-Casey J, Chen D, Chen J, Chowbey P, Dietz UA, de Beaux A, Ferzli G, Fortelny R, Hoffmann H, Iskander M, Ji Z, Jorgensen LN, Khullar R, Kirchhoff P, Köckerling F, Kukleta J, LeBlanc K, Li J, Lomanto D, Mayer F, Meytes V, Misra M, Morales-Conde S, Niebuhr H, Radvinsky D, Ramshaw B, Ranev D, Reinpold W, Sharma A, Schrittwieser R, Stechemesser B, Sutedja B, Tang J, Warren J, Weyhe D, Wiegering A, Woeste G, Yao Q. Update of Guidelines for laparoscopic treatment of ventral and incisional abdominal wall hernias (International Endohernia Society (IEHS)): Part B. *Surg Endosc.* 10. Juli 2019.
9. Schroeder AD, Debus ES, Schroeder M, Reinpold WMJ. Laparoscopic transperitoneal sublay mesh repair: a new technique for the cure of ventral and incisional hernias. *Surg Endosc.* Februar 2013;27(2):648–54.
10. Alizai PH, Lelaona E, Andert A, Neumann UP, Klink CD, Jansen M. Incisional Hernia Repair of Medium- and Large-Sized Defects: Laparoscopic IPOM Versus Open SUBLAY Technique. *Acta Chir Belg.* August 2019;119(4):231–5.
11. Prasad P, Tantia O, Patle NM, Khanna S, Sen B. Laparoscopic Transabdominal Preperitoneal Repair of Ventral Hernia: A Step Towards Physiological Repair. *Indian J Surg.* Dezember 2011;73(6):403–8.
12. Schumacher OP, Peiper C, Lörken M, Schumpelick V. [Long-term results after Spitzzy's umbilical hernia repair]. *Chir Z Alle Geb Oper Medizen.* Januar 2003;74(1):50–4.
13. Paul A, Korenkov M, Peters S, Köhler L, Fischer S, Troidl H. Unacceptable results of the Mayo procedure for repair of abdominal incisional hernias. *Eur J Surg Acta Chir.* Mai 1998;164(5):361–7.
14. Sajid MS, Bokhari SA, Mallick AS, Cheek E, Baig MK. Laparoscopic versus open repair of incisional/ventral hernia: a meta-analysis. *Am J Surg.* Januar 2009;197(1):64–72.

15. Köhler G, Lechner M, Kaltenböck R, Pfandner R, Hartig N. [Preperitoneal Umbilical Hernia Mesh Plasty (PUMP): Indications, Technique and Results]. *Zentralbl Chir.* Februar 2020;145(1):64–71.
16. Sauerland S, Walgenbach M, Habermalz B, Seiler CM, Miserez M. Laparoscopic versus open surgical techniques for ventral or incisional hernia repair. *Cochrane Database Syst Rev [Internet]*. 2011 [zitiert 28. September 2020];(3). Verfügbar unter: <https://www.cochrane-library.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD007781.pub2/full>
17. Köckerling F, Simon T, Adolf D, Köckerling D, Mayer F, Reinpold W, Weyhe D, Bittner R. Laparoscopic IPOM versus open sublay technique for elective incisional hernia repair: a registry-based, propensity score-matched comparison of 9907 patients. *Surg Endosc.* Oktober 2019;33(10):3361–9.
18. Van Hoef S, Tollens T. Primary non-complicated midline ventral hernia: is laparoscopic IPOM still a reasonable approach? *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg.* Oktober 2019;23(5):915–25.
19. Megas IF, Benzing C, Winter A, Raakow J, Chopra S, Pratschke J, Fikatas P. A propensity-score matched analysis of ventral-TAPP vs. laparoscopic IPOM for small and mid-sized ventral hernias. Comparison of perioperative data, surgical outcome and cost-effectiveness. *Hernia [Internet]*. 23. März 2022 [zitiert 23. März 2022]; Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/s10029-022-02586-x>
20. Natarajan S, Meenaa S, Thimmaiah KA. A Randomised Prospective Study to Evaluate Preperitoneal Mesh Repair Versus Onlay Mesh Repair and Laparoscopic IPOM in Incisional Hernia Surgery. *Indian J Surg.* April 2017;79(2):96–100.
21. Liot E, Bréguet R, Piguet V, Ris F, Volonté F, Morel P. Evaluation of port site hernias, chronic pain and recurrence rates after laparoscopic ventral hernia repair: a monocentric long-term study. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg.* Dezember 2017;21(6):917–23.

22. Sharma A, Chowbey P, Kantharia NS, Baijal M, Soni V, Khullar R. Previously implanted intra-peritoneal mesh increases morbidity during re-laparoscopy: a retrospective, case-matched cohort study. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg*. April 2018;22(2):343–51.
23. Chan YW, Fischer W, Pauzenberger C, Dinnewitzer A, Hollinsky C. Assessment of ideal ratio of mesh area to number of fixation tacks in laparoscopic ventral and incisional IPOM Plus hernia repair. *Surg Endosc*. März 2021;35(3):1230–7.
24. Robinson TN, Clarke JH, Schoen J, Walsh MD. Major mesh-related complications following hernia repair: events reported to the Food and Drug Administration. *Surg Endosc*. Dezember 2005;19(12):1556–60.
25. Vorst AL, Kaoutzanis C, Carbonell AM, Franz MG. Evolution and advances in laparoscopic ventral and incisional hernia repair. *World J Gastrointest Surg*. 27. November 2015;7(11):293–305.
26. Reynvoet E, Deschepper E, Rogiers X, Troisi R, Berrevoet F. Laparoscopic ventral hernia repair: is there an optimal mesh fixation technique? A systematic review. *Langenbecks Arch Surg*. Januar 2014;399(1):55–63.
27. Bittner R, Bingener-Casey J, Dietz U, Fabian M, Ferzli GS, Fortelny RH, Köckerling F, Kukleta J, Leblanc K, Lomanto D, Misra MC, Bansal VK, Morales-Conde S, Ramshaw B, Reinhold W, Rim S, Rohr M, Schrittwieser R, Simon Th, Smietanski M, Stechemesser B, Timoney M, Chowbey P, International Endohernia Society (IEHS). Guidelines for laparoscopic treatment of ventral and incisional abdominal wall hernias (International Endohernia Society [IEHS])—Part 2. *Surg Endosc*. Februar 2014;28(2):353–79.
28. Gokcal F, Morrison S, Kudsi OY. Short-term comparison between preperitoneal and intraperitoneal onlay mesh placement in robotic ventral hernia repair. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg*. Oktober 2019;23(5):957–67.

29. Kumar N, Palanisamy NV, Parthasarathi R, Sabnis SC, Nayak SK, Palanivelu C. A comparative prospective study of short-term outcomes of extended view totally extraperitoneal (e-TEP) repair versus laparoscopic intraperitoneal on lay mesh (IPOM) plus repair for ventral hernia. *Surg Endosc* [Internet]. 23. September 2020 [zitiert 26. Dezember 2020]; Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/s00464-020-07990-x>
30. Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg*. August 2004;240(2):205–13.
31. Benedetto U, Head SJ, Angelini GD, Blackstone EH. Statistical primer: propensity score matching and its alternatives. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg*. 1. Juni 2018;53(6):1112–7.
32. Anekar AA, Cascella M. WHO Analgesic Ladder. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 [zitiert 19. März 2022]. Verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554435/>
33. Jensen MP, Turner JA, Romano JM, Fisher LD. Comparative reliability and validity of chronic pain intensity measures. *Pain*. November 1999;83(2):157–62.
34. Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M. Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP). *Arthritis Care Res*. 2011;63(S11):S240–52.
35. Huber S, Dietrich JF, Nagengast B, Moeller K. Using propensity score matching to construct experimental stimuli. *Behav Res Methods*. Juni 2017;49(3):1107–19.
36. Bittner R, Bain K, Bansal VK, Berrevoet F, Bingener-Casey J, Chen D, Chen J, Chowbey P, Dietz UA, de Beaux A, Ferzli G, Fortelny R, Hoffmann H, Iskander M,

- Ji Z, Jorgensen LN, Khullar R, Kirchhoff P, Köckerling F, Kukleta J, LeBlanc K, Li J, Lomanto D, Mayer F, Meytes V, Misra M, Morales-Conde S, Niebuhr H, Radvinsky D, Ramshaw B, Ranev D, Reinpold W, Sharma A, Schrittwieser R, Stechemesser B, Sutedja B, Tang J, Warren J, Weyhe D, Wiegering A, Woeste G, Yao Q. Update of Guidelines for laparoscopic treatment of ventral and incisional abdominal wall hernias (International Endohernia Society (IEHS))-Part A. *Surg Endosc.* Oktober 2019;33(10):3069–139.
37. Pham CT, Perera CL, Watkin DS, Maddern GJ. Laparoscopic ventral hernia repair: a systematic review. *Surg Endosc.* Januar 2009;23(1):4–15.
38. Mathes T, Prediger B, Walgenbach M, Siegel R. Mesh fixation techniques in primary ventral or incisional hernia repair. *Cochrane Database Syst Rev.* 28. Mai 2021;5:CD011563.
39. Arita NA, Nguyen MT, Nguyen DH, Berger RL, Lew DF, Suliburk JT, Askenasy EP, Kao LS, Liang MK. Laparoscopic repair reduces incidence of surgical site infections for all ventral hernias. *Surg Endosc.* Juli 2015;29(7):1769–80.
40. Henriksen NA, Montgomery A, Kaufmann R, Berrevoet F, East B, Fischer J, Hope W, Klassen D, Lorenz R, Renard Y, Garcia Urena MA, Simons MP, European and Americas Hernia Societies (EHS and AHS). Guidelines for treatment of umbilical and epigastric hernias from the European Hernia Society and Americas Hernia Society. *Br J Surg.* Februar 2020;107(3):171–90.
41. Holihan JL, Nguyen DH, Nguyen MT, Mo J, Kao LS, Liang MK. Mesh Location in Open Ventral Hernia Repair: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *World J Surg.* Januar 2016;40(1):89–99.
42. Mitura K. New techniques in ventral hernia surgery - an evolution of minimally-invasivehernia repairs. *Pol Przegl Chir.* 31. August 2020;92(4):38–46.

43. Ruíz J, Barrios A, Lora A, Vega V, Florez G, Mendivelso F. Extraperitoneal laparoscopic ventral hernia repair: one step beyond. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg*. Oktober 2019;23(5):909–14.
44. Skolimowska-Rzewuska M, Romańczuk M, Mitura B, Wyrzykowska D, Mitura K. Laparoscopic transabdominal preperitoneal repair (umbilical TAPP) versus open ventral patch repair for medium size umbilical hernias in overweight and obese patients. *Wideochirurgia Inne Tech Maloinwazyjne Videosurgery Miniinvasive Tech*. März 2022;17(1):170–8.
45. Christoffersen MW, Westen M, Rosenberg J, Helgstrand F, Bisgaard T. Closure of the fascial defect during laparoscopic umbilical hernia repair: a randomized clinical trial. *Br J Surg*. Februar 2020;107(3):200–8.
46. Prasad P, Tantia O, Patle NM, Khanna S, Sen B. Laparoscopic ventral hernia repair: a comparative study of transabdominal preperitoneal versus intraperitoneal onlay mesh repair. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. August 2011;21(6):477–83.
47. Bittner R, Bingener-Casey J, Dietz U, Fabian M, Ferzli G, Fortelny R, Köckerling F, Kukleta J, LeBlanc K, Lomanto D, Misra M, Morales-Conde S, Ramshaw B, Reinpold W, Rim S, Rohr M, Schrittwieser R, Simon Th, Smietanski M, Stechemesser B, Timoney M, Chowbey P. Guidelines for laparoscopic treatment of ventral and incisional abdominal wall hernias (International Endohernia Society [IEHS])—Part III. *Surg Endosc*. 1. Februar 2014;28(2):380–404.
48. Ngo P, Cossa JP, Largenton C, Johanet H, Gueroult S, Pélissier E. Ventral hernia repair by totally extraperitoneal approach (VTEP): technique description and feasibility study. *Surg Endosc*. März 2021;35(3):1370–7.
49. Allaix ME, Furnée EJB, Mistrangelo M, Arezzo A, Morino M. Conversion of laparoscopic colorectal resection for cancer: What is the impact on short-term outcomes and survival? *World J Gastroenterol*. 7. Oktober 2016;22(37):8304–13.

50. LaPinska M, Kleppe K, Webb L, Stewart TG, Olson M. Robotic-assisted and laparoscopic hernia repair: real-world evidence from the Americas Hernia Society Quality Collaborative (AHSQC). *Surg Endosc*. März 2021;35(3):1331–41.
51. Kudsi OY, Gokcal F, Bou-Ayash N, Crawford AS, Chung SK, Chang K, Litwin D. Learning curve in robotic transabdominal preperitoneal (rTAPP) ventral hernia repair: a cumulative sum (CUSUM) analysis. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg*. Juni 2021;25(3):755–64.
52. Brill JB, Turner PL. Long-term outcomes with transfascial sutures versus tacks in laparoscopic ventral hernia repair: a review. *Am Surg*. April 2011;77(4):458–65.
53. Nguyen SQ, Divino CM, Buch KE, Schnur J, Weber KJ, Katz LB, Reiner MA, Aldoroty RA, Herron DM. Postoperative pain after laparoscopic ventral hernia repair: a prospective comparison of sutures versus tacks. *JSLS*. Juni 2008;12(2):113–6.
54. Beldi G, Wagner M, Bruegger LE, Kurmann A, Candinas D. Mesh shrinkage and pain in laparoscopic ventral hernia repair: a randomized clinical trial comparing suture versus tack mesh fixation. *Surg Endosc*. März 2011;25(3):749–55.
55. Klein F, Ospina C, Rudolph B, Wüstefeld J, Denecke T, Neuhaus P, Schmidt SC. Formation of a chronic pain syndrome due to mesh shrinkage after laparoscopic intraperitoneal onlay mesh (IPOM). *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*. Oktober 2012;22(5):e288-290.
56. Bicket MC, Brat GA, Hutfless S, Wu CL, Nesbit SA, Alexander GC. Optimizing opioid prescribing and pain treatment for surgery: Review and conceptual framework. *Am J Health-Syst Pharm AJHP Off J Am Soc Health-Syst Pharm*. 3. September 2019;76(18):1403–12.
57. Bowlby MA, Crawford ME. Opioid Crisis and Acute Pain Management After Foot and Ankle Surgery. *Clin Podiatr Med Surg*. Oktober 2019;36(4):695–705.

-
58. Maatouk M, Kbir GH, Mabrouk A, Rezgui B, Dhaou AB, Daldoul S, Sayari S, Haouet K, Moussa MB. Can ventral TAPP achieve favorable outcomes in minimally invasive ventral hernia repair? A systematic review and meta-analysis. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg.* 15. November 2022.
 59. Kurian A, Gallagher S, Cheeyandira A, Josloff R. Laparoscopic repair of primary versus incisional ventral hernias: time to recognize the differences? *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg.* August 2010;14(4):383–7.
 60. Stabilini C, Cavallaro G, Dolce P, Capoccia Giovannini S, Corcione F, Frascio M, Sodo M, Merola G, Bracale U. Pooled data analysis of primary ventral (PVH) and incisional hernia (IH) repair is no more acceptable: results of a systematic review and metanalysis of current literature. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg.* Oktober 2019;23(5):831–45.

Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Ioannis-Fivos Megas, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: Vergleichsanalyse innovativer, minimalinvasiver Rekonstruktions-Techniken abdominaler Hernien: ventral TAPP versus laparoskopisches IPOM / Comparative analysis of innovative minimally invasive reconstructive techniques of abdominal-wall hernias: ventral TAPP versus laparoscopic IPOM selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem Erstbetreuer, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Berlin 29.03.2023

Unterschrift

Anteilserklärung an den erfolgten Publikationen

Ioannis-Fivos Megas hatte folgenden Anteil an der folgenden Publikation:

Publikation: Megas, IF., Benzing, C., Winter, A., Raakow, J., Chopra, S., Pratschke, J., Fikatas, P. A propensity-score matched analysis of ventral-TAPP vs. laparoscopic IPOM for small and mid-sized ventral hernias. Comparison of perioperative data, surgical outcome and cost-effectiveness. *Hernia* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10029-022-02586-x>

Beitrag im Einzelnen:

Ich habe die Idee zur dieser Studie samt Studienkonzept mit meinen beiden Betreuern Herrn PD Dr. med. Chopra und Herrn Dr. med. Fikatas erarbeitet. Aus meiner Datenakquise sind sämtliche in dieser Arbeit verwendeten Patientendaten hervorgegangen. Ich habe die Fragestellung eigenständig formuliert und daraufhin mit Herrn PD Dr. med. Chopra und Herrn Dr. Fikatas verfeinert. Die Tabellen 1,2 und 3 habe ich, wie gekennzeichnet, aus der vorhandenen Literatur entnommen und modifiziert. Das Flussdiagramm zur Patientenselektion (Abbildung 1) habe ich ebenso wie Abbildung 2 selbst entworfen. Das Propensity-Score-Matching habe ich mit freundlicher Unterstützung von Herrn PD. Dr. med. C. Benzing durchgeführt. Weiter sind aus meiner statistischen Auswertung die Tabellen 4,5 und 6 entstanden. Ich habe den Erstentwurf des Manuskripts ohne Hilfe dritter verfasst, welcher dann von meinen Koautoren bearbeitet wurde. Nach Antwort des Journals „Hernia“ habe ich im Rahmen des Peer-Review-Prozesses die Major-Revision mit Herrn Dr. Fikatas zusammen bearbeitet und Vorarbeiten für die Korrespondenz mit dem Journal in Form von Verfassen des Response-Letters, Umsetzen der beanstandeten Korrekturen der Reviewer geleistet.

Unterschrift, Datum und Stempel des erstbetreuenden Hochschullehrers

Unterschrift des Doktoranden

Auszug aus der Journal Summary List

Journal Data Filtered By: **Selected JCR Year: 2020** Selected Editions: SCIE,SSCI
 Selected Categories: **"SURGERY"** Selected Category Scheme: WoS
Gesamtanzahl: 211 Journale

Rank	Full Journal Title	Total Cites	Journal Impact Factor	Eigenfactor Score
1	JAMA Surgery	12,793	14.766	0.037320
2	ANNALS OF SURGERY	64,045	12.969	0.062660
3	JOURNAL OF HEART AND LUNG TRANSPLANTATION	15,107	10.247	0.021660
4	JOURNAL OF NEUROLOGY AND PSYCHIATRY	37,094	10.154	0.026380
5	ENDOSCOPY	14,018	10.093	0.017740
6	AMERICAN JOURNAL OF TRANSPLANTATION	32,841	8.086	0.037980
7	Digestive Endoscopy	4,707	7.559	0.006120
8	Hepatobiliary Surgery and Nutrition	1,292	7.293	0.002280
9	EUROPEAN JOURNAL OF VASCULAR AND ENDOVASCULAR SURGERY	12,166	7.069	0.013270
10	Journal of Hepato-Biliary-Pancreatic Sciences	4,958	7.027	0.004550
11	BRITISH JOURNAL OF SURGERY	29,311	6.939	0.024180
12	AMERICAN JOURNAL OF SURGICAL PATHOLOGY	26,272	6.394	0.020620
13	JAMA Otolaryngology-Head & Neck Surgery	5,965	6.223	0.012380
14	JOURNAL OF THE AMERICAN COLLEGE OF SURGEONS	20,819	6.113	0.023470
15	International Journal of Surgery	16,011	6.071	0.018760
16	Journal of NeuroInterventional Surgery	7,426	5.836	0.016070
17	LIVER TRANSPLANTATION	11,872	5.799	0.011700
18	World Journal of Emergency Surgery	2,562	5.469	0.004460

Rank	Full Journal Title	Total Cites	Journal Impact Factor	Eigenfactor Score
19	ANNALS OF SURGICAL ONCOLOGY	37,490	5.344	0.043690
20	JOURNAL OF BONE AND JOINT SURGERY-AMERICAN VOLUME	53,702	5.284	0.033030
21	JOURNAL OF THORACIC AND CARDIOVASCULAR SURGERY	33,066	5.209	0.026550
22	JOURNAL OF NEUROSURGERY	43,275	5.115	0.027680
23	Burns & Trauma	937	5.099	0.001610
24	Bone & Joint Journal	9,587	5.082	0.020810
25	TRANSPLANTATION	27,214	4.939	0.024800
26	ARTHROSCOPY-THE JOURNAL OF ARTHROSCOPIC AND RELATED SURGERY	20,208	4.772	0.020680
27	Hernia	5,350	4.739	0.005050
28	Surgery for Obesity and Related Diseases	10,541	4.734	0.016650
29	PLASTIC AND RECONSTRUCTIVE SURGERY	45,656	4.730	0.030360
30	NEUROSURGERY	34,635	4.654	0.022250
31	JAMA Facial Plastic Surgery	1,662	4.611	0.003460
32	DISEASES OF THE COLON & RECTUM	16,654	4.585	0.011010
33	SURGICAL ENDOSCOPY AND OTHER INTERVENTIONAL TECHNIQUES	31,681	4.584	0.034550
34	EJSO	12,510	4.424	0.016820
35	KNEE SURGERY SPORTS TRAUMATOLOGY ARTHROSCOPY	21,052	4.342	0.025830
36	ANNALS OF THORACIC SURGERY	41,620	4.330	0.035100

Druckexemplar der Publikation

Hernia
<https://doi.org/10.1007/s10029-022-02586-x>

ORIGINAL ARTICLE



A propensity-score matched analysis of ventral-TAPP vs. laparoscopic IPOM for small and mid-sized ventral hernias. Comparison of perioperative data, surgical outcome and cost-effectiveness

I.-F. Megas¹ · C. Benzing¹ · A. Winter¹ · J. Raakow¹ · S. Chopra¹ · J. Pratschke¹ · P. Fikatas¹

Received: 5 December 2021 / Accepted: 15 February 2022
 © The Author(s) 2022

Abstract

Purpose Laparoscopic techniques have been used and refined in hernia surgery for several years. The aim of this study was to compare an established method such as laparoscopic intra-peritoneal onlay mesh repair (lap. IPOM) with ventral Transabdominal Preperitoneal Patch Plasty (ventral-TAPP) in abdominal wall hernia repair.

Methods Patient-related data of 180 laparoscopic ventral hernia repairs between June 2014 and August 2020 were extracted from our prospectively maintained database. Of these patients, 34 underwent ventral-TAPP and 146 lap. IPOM. After excluding hernias with a defect size > 5 cm and obtaining balanced groups with propensity-score matching, a comparative analysis was performed in terms perioperative data, surgical outcomes and cost-effectiveness.

Results Propensity-score matching suggested 27 patients in each of the two cohorts. The statistical evaluation showed that intake of opiates was significantly higher in the lap. IPOM group compared to ventral-TAPP patients ($p=0.001$). The Visual Analogue Scale (VAS) score after lap. IPOM repair was significantly higher at movement ($p=0.008$) and at rest ($p=0.023$). Also, maximum subjective pain during hospital stay was significantly higher in the lap. IPOM group compared to ventral-TAPP patients ($p=0.004$). No hernia recurrence was detected in either group. The material costs of ventral-TAPP procedure (34.37 ± 0.47 €) were significantly lower than those of the lap. IPOM group (742.57 ± 128.44 € $p=0.001$). The mean operation time was 65.19 ± 26.43 min in the lap. IPOM group and 58.65 ± 18.43 min in the ventral-TAPP cohort. Additionally, the length of hospital stay in the lap. IPOM cohort was significantly longer ($p=0.043$).

Conclusion Ventral-TAPP procedures represent an alternative technique to lap. IPOM repair to reduce the risk of complications related to intra-peritoneal position of mesh and fixating devices. In addition, our study showed that postoperative pain level, material costs and hospital stay of the ventral-TAPP cohort are significantly lower compared to lap. IPOM patients.

Keywords Laparoscopic ventral hernia repair · Preperitoneal · Ventral-TAPP · IPOM · Propensity-score matching

Introduction

Numerous methods for repairing ventral hernias have been reported in the literature. Among the laparoscopic methods, laparoscopic intra-peritoneal onlay mesh repair (lap. IPOM) has been established as a simple and safe method in recent years [1–3]. Currently, the lap. IPOM and open

sublay operations are the most commonly used methods [4, 5]. Nevertheless, the lap. IPOM also has been under discussion regarding abdominal adhesions and associated postoperative pain [6, 7]. Unfortunately, postoperative pain remains a continuous clinical problem in many patients, so that the possibility of laparoscopic hernia repair with pre-peritoneal mesh placement is regularly discussed as a potential alternative [8, 9]. This discussion is still ongoing, as the repair of ventral hernias are associated with several possible complications. Of note, small bowel obstruction because of adhesions, mesh infection, erosion, and enterocutaneous fistula are the most relevant complications described, which are presumably due to interaction of the mesh with the visceral organs [10].

✉ P. Fikatas
 panagiotis.fikatas@charite.de

¹ Department of Surgery, Campus Charité Mitte and Campus Virchow-Klinikum, Charité, Universitätsmedizin Berlin, Corporate Member of Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität Zu Berlin, and Berlin Institute of Health, Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin, Germany

An important reference regarding hernia repairs is the International Endohernia Society (IEHS) guidelines [11]. In their current version, both pre-peritoneal and intra-peritoneal repairs are described as adequate methods for the treatment of small to medium-sized ventral and incisional hernias (EHS classification W1 and W2). In these guidelines, the question was raised whether laparoscopic pre-peritoneal ventral and incisional hernia repair is possible [11–13].

The general opinion seems to be that TAPP for ventral hernia repair, while technically demanding and requiring elevated expertise on the part of the surgeon, also seems to have some advantages in terms of cost-effectiveness and location of the mesh [11]. However, current published data regarding these aspects are sparse. Surprisingly, only two comparative studies regarding ventral-TAPP repair and IPOM for abdominal hernias have been published, one of which was in robotic surgery [14, 15].

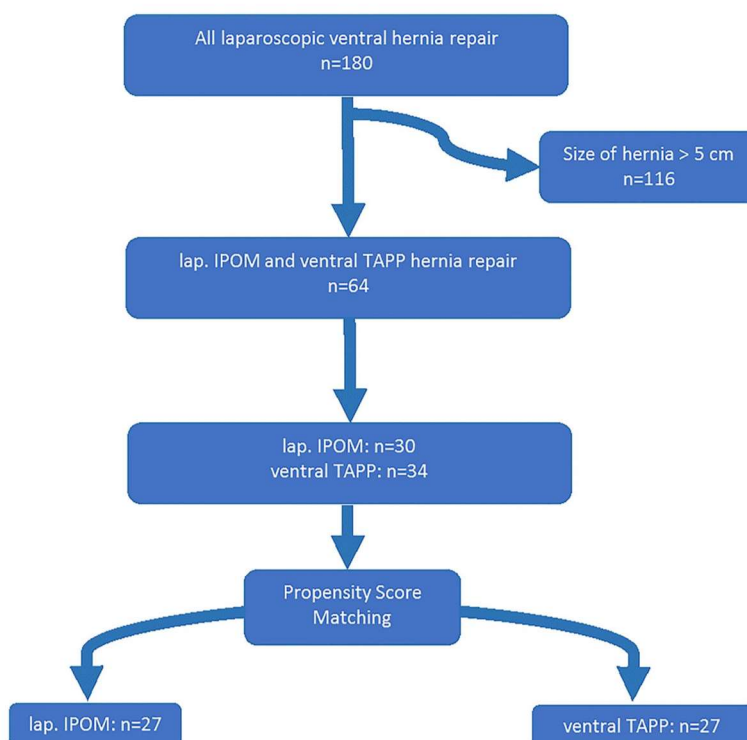
To the best of our knowledge, this is the first European study comparing lap. IPOM and ventral-TAPP in abdominal hernia repair. This study seeks to evaluate whether there are advantages in pre-peritoneal mesh insertion in ventral-TAPP compared to established lap. IPOM technique.

Methods

The patient-specific data of laparoscopic hernia repairs at Department of Surgery, Campus Charité Mitte and Campus Virchow-Klinikum, Charité—Universitätsmedizin Berlin, between June 2014 and August 2020 were obtained from our prospectively maintained database. Ethical approval No EA1/067/20 was waived by the Ethics Committee of Charité—Universitätsmedizin in view of the retrospective nature of the study. All authors certify that the study was performed in accordance with the ethical standards as laid down in the 1964 Declaration of Helsinki.

From the beginning, the explicit search in our database focused on patients who underwent lap. IPOM or ventral-TAPP repair. More precisely, the other exclusion criteria for this study were: patients who underwent (a) laparoscopically assisted hernia repair with primary closure by suture, (b) hernia repair with a hybrid technique, (c) retro-rectal/retromuscular mesh repair, or (d) component separation or cases in which lap. IPOM or ventral-TAPP was performed simultaneously with other surgical procedures. The flow chart of patient selection is shown in Fig. 1.

Fig. 1 Flow chart of patient selection



This initial search of our prospectively maintained database revealed 180 cases of hernias repaired by lap. IPOM or ventral-TAPP from 2014 to 2020. Of these patients, 34 underwent ventral-TAPP and 146 underwent lap. IPOM. Since the pre-peritoneal mesh placement is limited by the distribution of peritoneal fat at the lower abdomen and the midline, ventral-TAPP repair cannot be applied in larger hernias. Therefore, we excluded from our analysis hernias with a defect size larger than 5 cm and 30 cases of lap. IPOM repair were left. Statistical analysis was initiated, after balanced groups of 27 patients in each cohort were obtained with propensity-score matching,

Preoperatively known parameters such as demographics (age, gender), comorbidities, body mass index (BMI) and the American Society Anesthesiologists (ASA), the aetiology of the hernia (primary ventral/incisional) and the location, procedure setting (elective/emergent), presence of incarceration were examined. Furthermore, whether closure of the defect was achieved and the type of mesh were the nominal categorical intra-operative data. Continuous numerical intra-operative variables included the dimensions of the hernia defect and the mesh itself and the operating time in minutes. The size of the hernia defects was measured according to the standards of the European Hernia Society [16].

The perioperative parameters investigated in this study were: the occurrence of intra- and postoperative complications such as wound healing disorders or ileus, the length of hospital stay in days and the additional intake of opiates due to severe pain. Our nursing staff and the attending physicians documented daily the postoperative pain at rest and at movement, using a 0–10 Visual Analogue Scale (VAS) scoring system (0: no pain, 10: the worst pain) [17, 18]. The first pain score was obtained on the first day after surgery. The second score included in our evaluation was the maximum postoperative pain. Data on long-term complications were collected in our standardised follow-up routine over 31.96 ± 27.57 months for lap. IPOM and over 14.70 ± 15.76 months for ventral-TAPP and during optional clinical visits after surgery. Those identified in a 3-month interval after surgery were classified according to the Clavien–Dindo System [19].

Finally, the calculation of the costs of the respective surgical method refers to the pure material costs as purchased by Charité—Universitätsmedizin Berlin. For the lap. IPOM method, the costs of the mesh and tacking device were considered. For the ventral-TAPP method, only the mesh was calculated, since mesh was placed between fascia and peritoneum without additional fixation. Other standard-suture material was not considered, as it is the same in both methods.

Statistical and propensity-score analysis

The descriptive statistics for this study were used to summarize the common, relevant parameters of the patients (demographics, preoperative features like hernia size and comorbidities, operative characteristics and techniques and postoperative outcomes including follow-up features). Depending on the statistical standard for the respective categories, categorical variables (qualitative parameters) were presented as frequency with percentage [n (%)] and continuous variables (numerical values) as mean \pm SD or median (interquartile range, IQR). The Pearson chi-squared test or Fisher's exact test were used for the categorical variables. Whereas continuous variables were analysed with the t test for independent samples (for normal distributions) and the Mann–Whitney U test (for non-normal distributions).

Statistical analysis in this study was carried out using the Statistical Package for Social Sciences software (SPSS Statistics version 25, IBM Corp.), R Studio Desktop version 1.4.1103 and R version 3.3.2 for propensity-score matching. A p value of <0.05 was considered significant.

Propensity-score methods offer certain advantages over more traditional regression methods in observational studies [20]. We used this method to identify balanced, comparable cohorts (lap. IPOM and ventral-TAPP cohort), which is common practice in medical studies [21]. This analysis was performed after excluding the patients with hernia defects > 5 cm. After estimation of the propensity score, we matched participants using a simple 1:1 nearest neighbour matching, without replacement (caliper 0.5). The two groups were compared in terms of peri- and intra-operative variables and postoperative outcomes.

Surgical techniques

Lap. IPOM and ventral-TAPP repair were performed under general anaesthesia by intubation or laryngeal mask with patients in the supine position. The creation of the pneumoperitoneum was set to an insufflation pressure of 15 mmHg. Access into the abdomen was made using a mini-laparotomy. A total of three trocars were used (two working ports and a single camera port).

Lap. IPOM procedure

After 360° inspection of the abdominal cavity, all abdominal wall adhesions, if present, were released. After identification, the hernia contents were reduced into the abdominal cavity. Structures surrounding the defect and possibly obstructing mesh placement, such as the peritoneum or the umbilical and falciform ligaments, were dissected. The fascial defect was measured under desufflation. Now, if possible and desired, the primary closure of the hernia defect was

performed with interrupted non-absorbable sutures (Ethibond™, UPS 0). The mesh was then deployed and fixed to the posterior fascia with the two provided transfascial non-resorbable sutures and absorbable staples (Securestrap™, Ethicon) using a “double crown” technique.

Ventral-TAPP procedure

After establishing a capnoperitoneum of 15 mmHg, an overview of the abdominal cavity was also obtained. Then, as in the lap. IPOM method, adhesions were released. The peritoneum was grasped at least 4 cm from the hernia defect and incised at the left paramedian line, this was done using monopolar scissors and a bipolar grasping forceps (Fig. 2a). The hernia sac with the herniated tissue was released and retracted into the intra-abdominal cavity. (Fig. 2b). To facilitate mesh placement over the defect, a pre-peritoneal area of at least 5 cm in all directions was prepared. Primary closure of the hernia defect was performed using interrupted non-absorbable sutures (Ethibond™, UPS 0). For this surgical step, intra-abdominal pressure was reduced to 8–10 mmHg. The knots were performed using an extracorporeally manufactured slipknot developed by the surgical team and described in patent file WO2016/005118 A1 (Fig. 2c). Next, the mesh was positioned between the posterior fascia and peritoneum. According to the mesh placement at inguinal TAPP repair, no securing sutures of the mesh are necessary (Fig. 2d). If the peritoneum was injured during the preparation, the lesions were also repaired with absorbable sutures.

After the mesh was adequately positioned, the peritoneal flap was closed with an absorbable barbed suture (3-0V-Loc™, Medtronic™) (Fig. 2e, f). A video capture of ventral-TAPP procedure is been provided as attachment to the manuscript.

In both techniques, the two working trocars and the camera trocar were removed under visual control and the pneumoperitoneum was released. A fascial closure of trocar sites of > 5 mm diameter was performed with absorbable sutures.

Results

Due to the size of the hernia defect (> 5 cm), 116 of the initial 180 patients identified in our database as lap. IPOM or ventral-TAPP were excluded. This heterogeneous cohort of patients before propensity-score matching was as follows: 64 patients (mean age 55.36 ± 13.26 , 64.1% male). Of these, 46.9% ($n = 30$) underwent lap. IPOM and 53.1% ($n = 34$) underwent ventral-TAPP. The propensity-score matching of the two techniques included patient demographics, as age and BMI, standardisation of comorbidities in form of the ASA score and hernia size. As a result, 27 patients each were assigned to the two now balanced and comparable groups (54 in total—mean age 56.35 ± 12.793 , 68.5% male). Both cohorts were considered for our statistical analysis, the matched groups as well as the non-matched groups. Demographics and hernia characteristics data of unmatched and matched cohorts are provided in Table 1. After matching, we examined the overall balance to test the adequacy of our

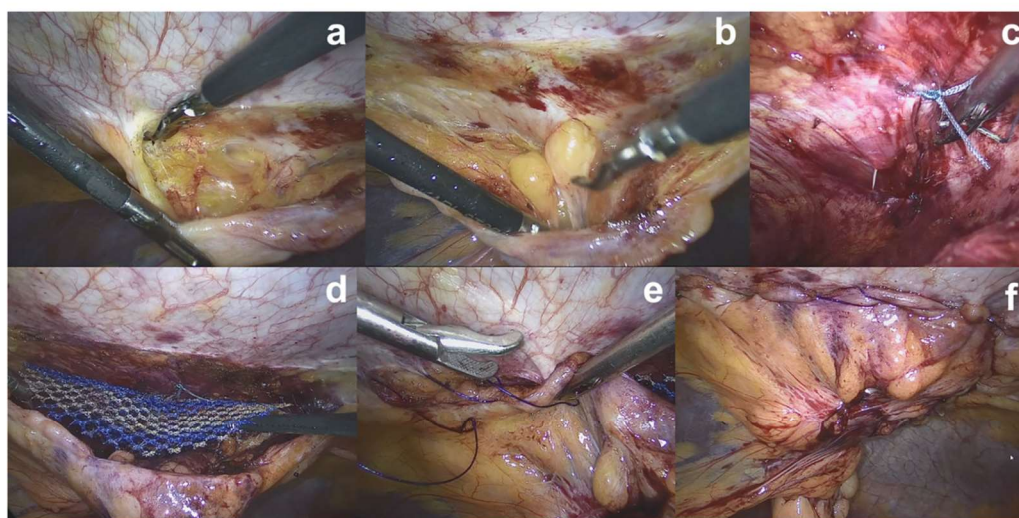


Fig. 2 a Paramedian incision of the peritoneum, b release of hernia sac, c closure of the hernia defect with the slipknot, d mesh placement, e closure of the peritoneum, f final complete coverage of the mesh

Hernia

Table 1 Comparison of baseline characteristics of the lap. IPOM and ventral-TAPP groups before and after propensity-score matching

Demographics and hernia characteristics	Unmatched comparisons			Propensity matched comparisons		
	Lap. IPOM (n=30)	Ventral-TAPP (n=34)	p value	Lap. IPOM (n=27)	Ventral-TAPP (n=27)	p value
Age (years) mean \pm SD	55.83 \pm 11.6	54.94 \pm 14.70	0.791	55.48 \pm 11.72	57.22 \pm 13.95	0.622
Sex—male [n (%)]	19 (63.3)	22 (64.7)	0.91	18 (66.7)	19 (70.4)	0.769
BMI (kg/m ²) mean \pm SD	32.15 \pm 6.66	30.35 \pm 5.82	0.252	31.65 \pm 6.28	30.84 \pm 5.93	0.626
ASA score						
ASA I [n (%)]	1 (3.3)	6 (17.6)	0.05	1 (3.7)	2 (7.4)	0.593
ASA II [n (%)]	17 (56.7)	22 (64.7)		17 (63.0)	19 (70.4)	
ASA III [n (%)]	12 (40.0)	6 (17.6)		9 (33.3)	6 (22.2)	
Procedure setting						
Elective [n (%)]	30 (100)	34 (100)		27 (100)	27 (100)	
Emergency [n (%)]	0 (0)	0 (0)		0 (0)	0 (0)	
Hernia aetiology						
Primary ventral [n (%)]	19 (63.3)	26 (76.5)	0.251	17 (63.0)	23 (85.2)	0.283
Epigastric	2 (6.7)	1 (2.9)		1 (3.7)	1 (3.7)	
Epigastric and umbilical	2 (6.7)	4 (11.8)		2 (7.4)	4 (14.8)	
Umbilical	14 (46.7)	21 (61.8)		13 (48.1)	18 (66.7)	
Spigeean hernia	1 (3.3)	0 (0)		1 (3.7)	0 (0)	
Incisional [n (%)]	11 (36.7)	8 (23.5)		10 (37.0)	4 (14.8)	
Incarceration [n (%)]	0 (0)	0 (0)		0 (0)	0 (0)	1

matching. The overall balance test was not significant, confirming that our groups were appropriately distributed.

Another way of checking the successful propensity-score matching was to compare the size of the hernia defect. Here, our study showed no significant difference between the two groups investigated ($p=0.206$), which is also reflected in the EHS classification and thus certified adequate propensity-score matching for our research question.

There was no emergency lap. IPOM or ventral-TAPP in our cohort. All surgeries were electively planned. Surgical time was slightly longer in the lap. IPOM group (65.19 min) than in the ventral-TAPP group (58.65 min), without statistical significance ($p=0.3$). Primary defect closure was performed more frequently in the ventral-TAPP group than in the lap. IPOM group, according to the surgeon's preference and the IEHS guidelines in 2019 (7.4% vs. 100%, $p=0.001$) [12, 13]. Regarding the choice of meshes, coated meshes were used for the lap. IPOM method. 92.6% of lap. IPOM repairs were performed with Parietex™ Optimised Composite (PCOx) Mesh (Medtronic™), 3.7% with PHYSIOMESH™ ETHICON and 3.7% with PROCEED™ Surgical Mesh ETHICON™. In the ventral-TAPP group, Optilene™ MESH, B Braun was used in all cases, which are not coated as there is no contact with the intra-abdominal organs in this method. There was a significant difference ($p=0.001$) in the size of the mesh used in the two groups 199.33 ± 28.22 cm² versus 87.19 ± 49.07 cm² for lap. IPOM and ventral-TAPP, respectively. This is due to the fact, that the mesh in the ventral-TAPP method was customized and the mesh

in the lap. IPOM method was placed in the original size as defined by the manufacturer's intended use. The matched and unmatched comparison of perioperative details between lap. IPOM and ventral-TAPP groups are provided in Table 2.

Intraoperatively, there were no complications in our study. Postoperatively, there were significant differences between the groups in terms of analgesic medications used. The use of intravenous and oral opiates was significantly higher in the lap. IPOM cohort ($p=0.001$). Furthermore, all pain scores were significantly higher in the lap. IPOM group (Table 2). More specifically, the mean pain score on 1st postoperative day (POD) at rest and on movement was analysed. According to the 0–10 scale system, VAS score was 2.28 ± 1.275 (rest) and 3.32 ± 1.49 (movement) in the lap. IPOM group and 1.33 ± 1.18 (rest) and 2.26 ± 1.75 (movement) in the ventral-TAPP group. Pain level at this time point showed statistical significance between the two groups ($p=0.008$ at rest and $p=0.023$ at movement, respectively). Regarding the maximum pain sensation during the hospital stay, there was also statistical significance between the two groups. The maximum VAS score was significantly higher in the lap. IPOM group compared to ventral-TAPP patients (3.76 ± 1.45 vs. 2.48 ± 1.58 , $p=0.004$).

Within the first three months, only first-degree complications were observed according to the Clavien–Dindo classification. The distribution was as follows: in the lap. IPOM group, three patients (11.1%) had a grade I complication, while in the ventral-TAPP group grade I was observed in two patients (7.4%). In the ventral-TAPP cohort, one patient

Table 2 Comparison of operative details between lap. IPOM and ventral-TAPP groups before and after propensity-score matching

Intraoperative variable comparison	Unmatched comparisons			Propensity matched comparisons		
	Lap. IPOM (n=30)	Ventral-TAPP (n=34)	p value	Lap. IPOM (n=27)	Ventral-TAPP (n=27)	p value
Hernia size (cm ²) mean ± SD	3.45 ± 1.18	2.747 ± .98	0.012	3.35 ± 1.17	2.98 ± .945	0.206
Mesh size (cm ²) mean ± SD	197.10 ± 27.57	84.74 ± 47.48	0.001	199.33 ± 28.22	87.19 ± 49.07	0.001
Operating time (min) mean ± SD	65.33 ± 25.39	57.61 ± 18.36	0.169	65.19 ± 26.43	58.65 ± 18.43	0.303
Types of mesh used						
Optilene® Mesh, Braun™ [n (%)]	0 (0)	34 (100)		0 (0)	27 (100)	
Parietex™ Composite Mesh, Medtronic™ [n (%)]	28 (93.3)	0 (0)		25 (92.6)	0 (0)	
PHYSIOMESH™ ETHICON™ [n (%)]	1 (3.3)	0 (0)		1 (3.7)	0 (0)	
PROCEED™ Mesh, ETHICON™ [n (%)]	1 (3.3)	0 (0)		1 (3.7)	0 (0)	
Intraoperative complications [n (%)]	0 (0)	0 (0)		0 (0)	0 (0)	
Material costs (€) mean ± SD	733.41 ± 124.79	34.34 ± 0.42	0.001	742.57 ± 128.44	34.37 ± .47	0.001
Diastasis recti [n (%)]	1 (3.3)	4 (11.8)	0.179	1 (3.7)	2 (7.4)	0.552
Primary defect closure [n (%)]	3 (10.0)	33 (97.1)	0.001	2 (7.4)	27 (100)	/
EHS (width)						
w1	24 (80.0)	30 (88.2)	0.365	23 (85.2)	23 (85.2)	1
w2	6 (20)	4 (11.8)		4 (14.8)	4 (14.8)	
w3	0 (0)	0 (0)		0 (0)	0 (0)	

Statistically significant results are marked in bold

reported wound healing problems in the follow-up, which had already healed secondarily at the time of the examination. The other case documented according to the Clavien–Dindo classification reported diffuse abdominal pain for which no correlate was found.

The lap. IPOM cohort showed an organised haematoma, an unclear swelling and one case of pain most likely due to the mesh fixation with the tacks. The discrete numerical difference in this category showed no statistical relevance ($p=0.639$).

In terms of cost-effectiveness, the analysis showed extraordinary difference between the two study groups. The material costs of the ventral-TAPP procedure were 34.37 ± 4 €, significantly lower than those of the lap. IPOM group 742.57 ± 128.44 € ($p=0.001$). Note, even if not all tackers were used for mesh fixation, as a single use instrument the whole device price has to be considered in cost calculation analysis. Additionally, the length of hospital stay in the lap. IPOM cohort was significantly longer (2.81 ± 0.88 vs. 2.37 ± 0.69 , $p=0.043$). This almost half day shorter hospital stay after ventral-TAPP procedure is an additional parameter of cost-effectiveness, which, however, differs from clinic to clinic and from country to country, depending on health system regulations.

Finally, none of the patients experienced hernia recurrence during the follow-up period (31.96 ± 27.57 for lap.

IPOM group and 14.70 ± 15.76 months for ventral-TAPP, respectively) of this study. Outcome results from matched and unmatched analysis is shown in Table 3.

Discussion

Ventral hernias are a common condition and have been treated for years as a standard and highly frequented procedure. Lap. IPOM and open sublay repair have become established over the years and currently are the most frequently used for the treatment of small to medium-sized primary and incisional abdominal wall hernias [4].

The existing literature shows that lap. IPOM repair is associated with fewer infections and wound healing complications compared to open mesh repair [2, 4, 22]. Therefore, refinement and optimisation of laparoscopic alternatives is an area of interest. However, the lap. IPOM technique does not seem to have any advantage in terms of postoperative pain compared to the open procedures [23]. Furthermore, there is still the problem that the mesh has direct contact with the abdominal viscera in the IPOM method, potentially causing adhesions and further complications. The development of pre-peritoneal mesh implants, as used in the ventral-TAPP procedure, stems from the desire to avoid the mesh from having contact with

Hernia

Table 3 Postoperative outcomes before and after propensity-score matching

Postoperative outcomes	Unmatched comparisons			Propensity matched comparisons		
	Lap. IPOM (<i>n</i> =30)	Ventral-TAPP (<i>n</i> =34)	<i>p</i> value	Lap. IPOM (<i>n</i> =27)	Ventral-TAPP (<i>n</i> =27)	<i>p</i> value
VAS score mean ± SD						
Pain at rest—1st POD	2.25 ± 1.24	1.31 ± 1.12	0.003	2.28 ± 1.275	1.33 ± 1.18	0.008
Pain of movement—1st POD	3.29 ± 1.44	2.25 ± 1.67	0.013	3.32 ± 1.49	2.26 ± 1.75	0.023
VAS max. hospital stay	3.68 ± 1.42	2.47 ± 1.50	0.002	3.76 ± 1.45	2.48 ± 1.58	0.004
Opiate intake [<i>n</i> (%)]	16 (53.3%)	4 (11.8%)	0.001	14 (51.9%)	3 (11.1%)	0.001
Early complications [<i>n</i> (%)]	0 (0)	0 (0)		0 (0)	0 (0)	
Late complications						
Surgical-site events [<i>n</i> (%)]	1 (3.3)	1 (2.9)	0.559	0 (0)	0 (0)	1
Hematoma [<i>n</i> (%)]	1 (3.3)	0 (0)		1 (3.7)	1 (3.7)	
Hospital stay (days) mean ± SD	2.87 ± 0.860	2.32 ± 0.638	0.005	2.81 ± 0.88	2.37 ± 0.69	0.043
Follow-up (months)	31.63 ± 26.57	14.53 ± 15.02		31.96 ± 27.57	14.70 ± 15.76	
Recurrence	0 (0)	0 (0)		0 (0)	0 (0)	
Clavien–Dindo						
Grade I	4 (13.3%)	3 (8.8%)		3 (11.1%)	2 (7.4%)	0.639
Grade II, III, IV	0 (0)	0 (0)	0.564	0 (0)	0 (0)	

Statistically significant results are marked in bold

the abdominal organs. In open hernia surgery, procedures in which the inserted meshes have no contact with the visceral organs are recommended [24]. Of note, the lap. IPOM method uses coated meshes, which, as described, are much more expensive, but do not fully protect against adhesions [7]. Recent developments of the lap. IPOM method mention advantages of a primary defect closure [25]. The operations in our study were performed according to the respective current recommendations of the IEHS, which made a corresponding recommendation only in the more recent editions after 2019 [12, 13]. Therefore, primary defect closure was implemented in the latest lap. IPOM and for all ventral-TAPP procedures, since ventral-TAPP was introduced later into our institution.

Ruíz et al. [26] stated that the ventral-TAPP should become the gold standard for incisional hernia in the future. Their study with 59 patients showed few complications. Of the seven patients with complications, there was one case of recurrence, one case of chronic pain and five cases with complications according to the Clavien–Dindo classification [26]. Furthermore, they described extra-peritoneal hernia repair as a cost-effective method, which can be confirmed by our study.

In contrast to Van Hoef et al. [3] we can claim that the alternatives to the lap. IPOM, method (e.g. ventral-TAPP) are by no means more expensive. As our study shows, the material costs of the pre-peritoneal method are much lower ($p = 0.001$). Another point regarding cost-effectiveness is that the length of stay of patients in the ventral-TAPP cohort was significantly lower. We assume that this result is due to the reduced pain after ventral-TAPP, the lower need

for painkillers and the resulting faster mobilization of these patients. This represents an indirect cost reduction, as it saves on material and personnel costs.

Of note, this type of surgery (lap. IPOM and ventral-TAPP) is also offered as an outpatient service; the German healthcare system is designed for inpatient procedures with a defined minimal stay of 2 days in this regard, so that these remarks are exclusively representative for Germany. Our experience of the postoperative course after ventral-TAPP was, that many patients would be suitable for a day-surgery procedure.

One of the criticisms of the ventral-TAPP method is that it takes longer to operate than the lap. IPOM method [15]. According to our data, we cannot confirm this. The surgery times in our study showed no statistical difference (65.19 min mean in lap. IPOM vs. 58.65 in ventral-TAPP). However, we can agree that the TAPP technique is technically more demanding and laparoscopic pre-peritoneal mesh placement is a method for more experienced laparoscopists [11, 27, 28]. Since ventral-TAPP repairs were performed by experienced laparoscopists in our hospital, no conversion to lap. IPOM procedure was necessary. We recognize, that larger defects of peritoneum during ventral-TAPP tissue preparation could make the placement of a standard mesh impossible. Therefore, a surgeon who treats ventral hernia using ventral-TAPP must have undergone in general more laparoscopy training compared to lap. IPOM procedure.

In the literature, direct relationship between mesh fixation by tacks during IPOM procedure and postoperative pain has been demonstrated [29, 30]. Surprisingly, Prasad et al. [14, 15] did not find any significance in their studies with

regard to postoperative abdominal pain. On the other hand, a study by Ngo et al. [27] with 98 patients after laparoscopic pre-peritoneal mesh placement showed similar results to our study regarding the VAS score. In this analysis, the need for comparative studies was pointed out, which we have done with the present work. We would like to emphasize at this point that the postoperative pain was significantly lower in our ventral-TAPP group compared to lap. IPOM patients. In our view, this is likely due to the fact, that no tissue tackers were used and the mesh was gently positioned in the pre-peritoneal space. Furthermore, our evaluation of the opiates administered postoperatively also showed significance ($p=0.001$). More precisely, the number of patients who needed postoperative opiates for pain management was four times higher in the lap. IPOM group than in the ventral-TAPP group ($n=14$ vs $n=3$, $p=0.001$). A likely reason for this, is the use of transfascial sutures in the lap. IPOM group, as these non-resorbable sutures are associated with more pain in the first 6 weeks after the operation as compared to mesh fixation with metal tacks [31].

In the robotic study by Gokcal et al. [14], 38.5% of the hernias in the robotic ventral-TAPP group were treated using lap. IPOM mesh (Symbotex™, Medtronic™). The question here is whether this was due to the lack of haptic feedback and a consecutive lesion of the peritoneum. In our study, the peritoneum was always closed with sutures and a simple, uncoated polypropylene mesh was placed. This causality certainly shows again one of the disadvantages of pre-peritoneal mesh placement: as laparoscopic preparation of the peritoneum requires training of the surgeon in this field.

The study by Kumar et al. [32] also shows results favoring pre-peritoneal mesh placement. The hernia size in this study is comparable to ours, but the operation times of the e-TEP method are almost two times longer than the ventral-TAPP of our study (107.52 ± 23.44 min versus 57.61 ± 18.36 min) [32]. At this regard, ventral-TAPP offers the surgeon a better view over the surgical site allowing a faster tissue preparation and defect closure. Besides that, in our study we took advantage of a recently developed simple extra-corporal sliding knot described in patent WO2016/005118 A1 to suture the hernia defect. This technique by-passes with high security the need for time-consuming extra or intra-corporal knot tying within small spaces associated with laparoscopic surgery. Furthermore, the e-TEP method for this type of hernia (small to medium-sized ventral hernias) showed in study by Kumar two recurrences in 46 cases [32]. Here, the ventral-TAPP method seems to be superior, as neither our cohort nor the two by Gokcal et al. and Prasad et al. showed recurrences [14, 15, 32].

Finally, it should be mentioned that in all these studies, small to medium-sized hernias were treated [14, 15, 32]. In our opinion, the treatment of large hernias by means of

minimally invasive pre-peritoneal mesh placement in ventral-TAPP technique will be difficult.

A current consideration in the treatment of ventral hernias is the more precise differentiation between primary hernias and incisional hernias. A systematic review and meta-analysis by Stabilini et al. supports the hypothesis that primary hernias and incisional hernias are different conditions with the latter being more challenging to treat [33]. According to this analysis, the difficulty of surgical treatment of incisional hernias often arises from the size and diverse nature of these hernias. One finding that emerges from this extensive and detailed work is that primary hernias appear to be smaller and are more common in younger, healthier patients than incisional hernias. In our study, we included only smaller hernias within propensity matched groups considering several parameters as age, hernia diameter, ASA score and BMI, so we assume that differentiation between primary and incisional hernia are less impactful on our analysis results. Nevertheless, we agree that in larger hernias a distinction should be made between primary and incisional hernias and that this aspect should definitely be addressed in prospective studies.

Limitations of our study are the non-randomized protocol of the study design. Furthermore, the number of patients is small. To overcome these issues our study was performed using propensity-score matched cohorts. To have more information on hernia recurrence a longer observation time after surgery is preferable. At this point, it should also be mentioned that the initially larger number of patients in the lap. IPOM group was the result of repairing even larger hernias with this technique over a longer period of time. Preperitoneal mesh placement is limited by the distribution of peritoneal fat at the lower abdomen and the midline, ventral-TAPP repair is not suitable for larger hernia reconstruction. Therefore, the mesh in the ventral-TAPP method was customized to pre-peritoneal space and placed without fixation as in the TAPP technique for inguinal repair. On the other hand, the mesh in the lap. IPOM technique was placed in the original size as defined by the manufacturer's intended use and fixated with transfascial sutures and tacks.

We excluded from our analysis hernias with a defect size larger than 5 cm. This might represent a form of selection bias in a comparison regarding all hernia sizes at first sight, but anatomic distribution of pre-peritoneal fat does not allow ventral-TAPP repair of larger hernias. Our aim was to create groups as homogeneous as possible under retrospective conditions by focusing on small and mid-sized hernias and using propensity-score matching in our comparison.

The lap. IPOM method is established worldwide [3] and is also used as standard in our clinic by the majority of our staff. The ventral-TAPP method, on the other hand, is an innovative and not yet established method [14]. In our clinic, a small workgroup has been specializing recently in the ventral-TAPP

method for the treatment of ventral hernias. Therefore, the ventral-TAPP group represents a more recent group of expertise. Besides the advanced surgical skills during the different timeframes of our study, there were no changes in pain management strategies or other patient care that have influenced results regarding postoperative pain level or length of hospital stay.

The fact that the ventral-TAPP cohort is the most current group is also reflected in the follow-up time, which at 14.70 months in mean is certainly shorter compared to lap. IPOM group, but provides 1 year observation results of a promising technique. During this follow-up period, as our results and the existing literature shows, no recurrence of hernias was observed [14, 15, 32]. We are awaiting prospective randomized studies with longer observation time to show more solid results.

Conclusion

We were able to confirm the hypotheses of the previous case-series and comparative studies regarding cost-effectiveness and feasibility of the ventral-TAPP procedure. Additionally, we gain some new insights into postoperative outcomes. Especially, our analysis reveals that ventral-TAPP procedure could be an alternative technique to lap. IPOM repair, reducing the risk of complications related to intra-peritoneal position of mesh and fixating devices. In addition, our study showed that postoperative pain level, opiate intake, hospital stay and material costs of ventral-TAPP cohort are significantly lower compared to lap. IPOM treated patients. Our results regarding postoperative pain represent a new finding compared to previous studies in the same topic. Nevertheless, the long-term results of the two methods revealed no statistically relevant differences regarding outcome. To further validate these results, multi-center prospective studies regarding ventral-TAPP repair are necessary.

Supplementary Information The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1007/s10029-022-02586-x>.

Author contributions MIF contributed to the writing of this paper—original draft preparation, methodology, visualization, data curation, was involved in collecting images, performing the statistical analysis and reviewing the literature. BC contributed to the reviewing this paper, formal analysis, data curation and performing the statistical analysis. WA contributed to formal analysis and performed surgical repairs. RJ contributed to the reviewing this paper and performed surgical repairs. CSS contributed to formal analysis, the reviewing this paper and performed surgical repairs. PJ contributed to the reviewing this paper and supervision. FP contributed to the writing of this paper, project administration, performed surgical repairs and was involved in collecting images, performing the statistical analysis and reviewing the literature. All authors read and approved the final paper.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Declarations

Conflict of interest Fikatas P is inventor of patent WO2016/005118 A1. All other authors declare no conflict of interest nor any competing interests.

Ethical approval Ethical approval No EA1/067/20 was waived by the Ethics Committee of Charité—Universitätsmedizin in view of the retrospective nature of the study. All authors certify that the study was performed in accordance with the ethical standards as laid down in the 1964 Declaration of Helsinki.

Human and animal rights This article does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the authors.

Informed consent The data evaluation of information, which was already in the system, was collected in a strictly anonymous form and erased after use. For this type of study formal consent is not required.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

References

1. Sauerland S, Walgenbach M, Habermalz B, Seiler CM, Miserez M (2011) Laparoscopic versus open surgical techniques for ventral or incisional hernia repair. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet] (3). <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD007781.pub2/full>. Accessed 28 Sep 2020
2. Köckerling F, Simon T, Adolf D, Köckerling D, Mayer F, Reinhold W, Weyhe D, Bittner R (2019) Laparoscopic IPOM versus open sublay technique for elective incisional hernia repair: a registry-based, propensity score-matched comparison of 9907 patients. *Surg Endosc* 33(10):3361–3369
3. Van Hoef S, Tollens T (2019) Primary non-complicated midline ventral hernia: is laparoscopic IPOM still a reasonable approach? *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg* 23(5):915–925
4. Sajid MS, Bokhari SA, Mallick AS, Cheek E, Baig MK (2009) Laparoscopic versus open repair of incisional/ventral hernia: a meta-analysis. *Am J Surg* 197(1):64–72
5. Natarajan S, Meena S, Thimmaiah KA (2017) A randomised prospective study to evaluate preperitoneal mesh repair versus onlay mesh repair and laparoscopic IPOM in incisional hernia surgery. *Indian J Surg* 79(2):96–100
6. Liot E, Bréguet R, Pigué V, Ris F, Volonté F, Morel P (2017) Evaluation of port site hernias, chronic pain and recurrence rates after laparoscopic ventral hernia repair: a monocentric long-term study. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg* 21(6):917–923
7. Sharma A, Chowbey P, Kantharia NS, Baijal M, Soni V, Khullar R (2018) Previously implanted intra-peritoneal mesh increases

- morbidity during re-laparoscopy: a retrospective, case-matched cohort study. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg* 22(2):343–351
8. Vorst AL, Kaoutzanis C, Carbonell AM, Franz MG (2015) Evolution and advances in laparoscopic ventral and incisional hernia repair. *World J Gastrointest Surg* 7(11):293–305
 9. Reynvoet E, Deschepper E, Rogiers X, Troisi R, Berrevoet F (2014) Laparoscopic ventral hernia repair: is there an optimal mesh fixation technique? A systematic review. *Langenbecks Arch Surg* 399(1):55–63
 10. Robinson TN, Clarke JH, Schoen J, Walsh MD (2005) Major mesh-related complications following hernia repair: events reported to the Food and Drug Administration. *Surg Endosc* 19(12):1556–1560
 11. Bittner R, Bingener-Casey J, Dietz U, Fabian M, Ferzli G, Fortelny R, Köckerling F, Kukleta J, LeBlanc K, Lomanto D, Misra M, Morales-Conde S, Ramshaw B, Reinhold W, Rim S, Rohr M, Schrittwieser R, Simon Th, Smietanski M, Stechemesser B, Timoney M, Chowbey P (2014) Guidelines for laparoscopic treatment of ventral and incisional abdominal wall hernias (International Endohernia Society [IEHS])—part III. *Surg Endosc* 28(2):380–404
 12. Bittner R, Bain K, Bansal VK, Berrevoet F, Bingener-Casey J, Chen D, Chen J, Chowbey P, Dietz UA, de Beaux A, Ferzli G, Fortelny R, Hoffmann H, Iskander M, Ji Z, Jorgensen LN, Khullar R, Kirchhoff P, Köckerling F, Kukleta J, LeBlanc K, Li J, Lomanto D, Mayer F, Meytes V, Misra M, Morales-Conde S, Niebuhr H, Radvinsky D, Ramshaw B, Ranev D, Reinhold W, Sharma A, Schrittwieser R, Stechemesser B, Sutedja B, Tang J, Warren J, Weyhe D, Wiegering A, Woeste G, Yao Q. Update of Guidelines for laparoscopic treatment of ventral and incisional abdominal wall hernias (International Endohernia Society (IEHS)): Part B. *Surg Endosc*. 2019;33(11):3511–3549. <https://doi.org/10.1007/s00464-019-06908-6>.
 13. Bittner R, Bain K, Bansal VK, Berrevoet F, Bingener-Casey J, Chen D, Chen J, Chowbey P, Dietz UA, de Beaux A, Ferzli G, Fortelny R, Hoffmann H, Iskander M, Ji Z, Jorgensen LN, Khullar R, Kirchhoff P, Köckerling F, Kukleta J, LeBlanc K, Li J, Lomanto D, Mayer F, Meytes V, Misra M, Morales-Conde S, Niebuhr H, Radvinsky D, Ramshaw B, Ranev D, Reinhold W, Sharma A, Schrittwieser R, Stechemesser B, Sutedja B, Tang J, Warren J, Weyhe D, Wiegering A, Woeste G, Yao Q (2019) Update of guidelines for laparoscopic treatment of ventral and incisional abdominal wall hernias (International Endohernia Society (IEHS))—part A. *Surg Endosc* 33(10):3069–3139
 14. Gokcal F, Morrison S, Kudsi OY (2019) Short-term comparison between preperitoneal and intraperitoneal onlay mesh placement in robotic ventral hernia repair. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg* 23(5):957–967
 15. Prasad P, Tantia O, Patle NM, Khanna S, Sen B (2011) Laparoscopic ventral hernia repair: a comparative study of transabdominal preperitoneal versus intraperitoneal onlay mesh repair. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 21(6):477–483
 16. Maysoms FE, Miserez M, Berrevoet F, Campanelli G, Champault GG, Chelala E, Dietz UA, Eker HH, El Nakadi I, Hauters P, Hidalgo Pascual M, Hoferlin A, Klinge U, Montgomery A, Simmermacher RKK, Simons MP, Smietański M, Sommeling C, Tollens T, Vierendeels T, Kingsnorth A (2009) Classification of primary and incisional abdominal wall hernias. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg* 13(4):407–414
 17. Jensen MP, Turner JA, Romano JM, Fisher LD (1999) Comparative reliability and validity of chronic pain intensity measures. *Pain* 83(2):157–162
 18. Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M (2011) Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP). *Arthritis Care Res* 63(S11):S240–S252
 19. Dindo D, Demartines N, Clavien P-A (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
 20. Benedetto U, Head SJ, Angelini GD, Blackstone EH (2018) Statistical primer: propensity score matching and its alternatives. *Eur J Cardio Thorac Surg* 53(6):1112–1117
 21. Huber S, Dietrich JF, Nagengast B, Moeller K (2017) Using propensity score matching to construct experimental stimuli. *Behav Res Methods* 49(3):1107–1119
 22. Arita NA, Nguyen MT, Nguyen DH, Berger RL, Lew DF, Suliburk JT, Askenasy EP, Kao LS, Liang MK (2015) Laparoscopic repair reduces incidence of surgical site infections for all ventral hernias. *Surg Endosc* 29(7):1769–1780
 23. Alizai PH, Lelaona E, Andert A, Neumann UP, Klink CD, Jansen M (2019) Incisional hernia repair of medium- and large-sized defects: laparoscopic IPOM versus open SUBLAY technique. *Acta Chir Belg* 119(4):231–235
 24. Henriksen NA, Montgomery A, Kaufmann R, Berrevoet F, East B, Fischer J, Hope W, Klassen D, Lorenz R, Renard Y, Garcia Urena MA, Simons MP, European and Americas Hernia Societies (EHS and AHS) (2020) Guidelines for treatment of umbilical and epigastric hernias from the European Hernia Society and Americas Hernia Society. *Br J Surg* 107(3):171–190
 25. Christoffersen MW, Westen M, Rosenberg J, Helgstrand F, Bisgaard T (2020) Closure of the fascial defect during laparoscopic umbilical hernia repair: a randomized clinical trial. *Br J Surg* 107(3):200–208
 26. Ruiz J, Barrios A, Lora A, Vega V, Florez G, Mendivelso F (2019) Extraperitoneal laparoscopic ventral hernia repair: one step beyond. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg* 23(5):909–914
 27. Ngo P, Cossa J-P, Largenton C, Johanet H, Gueroult S, Pélissier E (2021) Ventral hernia repair by totally extraperitoneal approach (VTEP): technique description and feasibility study. *Surg Endosc* 35(3):1370–1377
 28. Prasad P, Tantia O, Patle NM, Khanna S, Sen B (2011) Laparoscopic transabdominal preperitoneal repair of ventral hernia: a step towards physiological repair. *Indian J Surg* 73(6):403–408
 29. Brill JB, Turner PL (2011) Long-term outcomes with transfascial sutures versus tacks in laparoscopic ventral hernia repair: a review. *Am Surg* 77(4):458–465
 30. Nguyen SQ, Divino CM, Buch KE, Schnur J, Weber KJ, Katz LB, Reiner MA, Aldoroty RA, Herron DM (2008) Postoperative pain after laparoscopic ventral hernia repair: a prospective comparison of sutures versus tacks. *JSLs* 12(2):113–116
 31. Beldi G, Wagner M, Bruegger LE, Kurmann A, Candinas D (2011) Mesh shrinkage and pain in laparoscopic ventral hernia repair: a randomized clinical trial comparing suture versus tack mesh fixation. *Surg Endosc* 25(3):749–755
 32. Kumar N, Palanisamy NV, Parthasarathi R, Sabnis SC, Nayak SK, Palanivelu C (2020) A comparative prospective study of short-term outcomes of extended view totally extraperitoneal (e-Tep) repair versus laparoscopic intraperitoneal onlay mesh (IPOM) plus repair for ventral hernia. *Surg Endosc*
 33. Stablini C, Cavallaro G, Dolce P, CapocciaGiovannini S, Corcione F, Frascio M, Sodo M, Merola G, Bracale U (2019) Pooled data analysis of primary ventral (PVH) and incisional hernia (IH) repair is no more acceptable: results of a systematic review and meta-analysis of current literature. *Hernia J Hernias Abdom Wall Surg* 23(5):831–845

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Lebenslauf

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

Komplette Publikationsliste

1. Fikatas P, **Megas IF**, Mantouvalou K, Alkatout I, Chopra SS, Biebl M, Pratschke J, Raakow J.
Hydroceles of the Canal of Nuck in Adults-Diagnostic, Treatment and Results of a Rare Condition in Females. *J Clin Med*. 2020 Dec 12;9(12):E4026. doi: 10.3390/jcm9124026. PMID: 33322831
(Impact-Faktor: 4.241)
2. Raakow J, **Megas IF**, Schmelzle M, Schoening W, Lurje G, Biebl M, Pratschke J, Fikatas P. Incidence, Diagnosis and Repair of a Diaphragmatic Hernia Following Hepatic Surgery: A Single Center Analysis of 3107 Consecutive Liver Resections. *Journal of Clinical Medicine*. 2021; 10(5):1011.
<https://doi.org/10.3390/jcm10051011>
(Impact-Faktor: 4.964)
3. **Megas IF**, Tolzmann DS, Bastiaanse J, Fuchs PC, Kim B-S, Kröz M, Schad F, Matthes H, Grieb G. Integrative Medicine and Plastic Surgery: A Synergy—Not an Antonym. *Medicina*. 2021; 57(4):326. <https://doi.org/10.3390/medicina57040326>
(Impact-Faktor: 2.948)
4. **Megas IF**, Beier JP, Grieb G. The History of Carbon Monoxide Intoxication. *Medicina (Kaunas)*. 2021 Apr 21;57(5):400. doi: 10.3390/medicina57050400. PMID: 33919037
(Impact-Faktor: 2.948)
5. **Megas IF**, Simons D, Kim BS, Stoppe C, Piatkowski A, Fikatas P, Fuchs PC, Bastiaanse J, Pallua N, Bernhagen J, Grieb G. Macrophage Migration Inhibitory Factor-An Innovative Indicator for Free Flap Ischemia after Microsurgical Reconstruction. *Healthcare (Basel)*. 2021 May 21;9(6):616. doi: 10.3390/healthcare9060616. PMID: 34063809; PMCID: PMC8223971
(Impact-Faktor: 3.160)

-
6. Groger A, **Megas IF**, Noah EM, Pallua N, Grieb G. Proliferation of endothelial cells (HUVEC) on specific-modified collagen sponges loaded with different growth factors. *Int J Artif Organs*. 2021 Nov;44(11):880-886. doi: 10.1177/03913988211043198. Epub 2021 Sep 8. PMID: 34496659 (Impact-Faktor: 1.631)
 7. **Megas IF**., Benzing, C., Winter, A., Raakow, J., Chopra, S., Pratschke, J., Fikatas, P. A propensity-score matched analysis of ventral-TAPP vs. laparoscopic IPOM for small and mid-sized ventral hernias. Comparison of perioperative data, surgical outcome and cost-effectiveness. *Hernia* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10029-022-02586-x> (Impact-Faktor: 4.739)
 8. Breidung D, Fikatas P, Mandal P, Berns MD, Barth AA, Billner M, **Megas IF**, Reichert B. Microsurgical Reconstruction of Foot Defects: A Case Series with Long-Term Follow-Up. *Healthcare (Basel)*. 2022 Apr 30;10(5):829. doi: 10.3390/healthcare10050829. PMID: 35627966; PMCID: PMC9141605 (Impact-Faktor: 3.160)
 9. Breidung D, Grieb G, Malsagova AT, Barth AA, Billner M, Hitzl W, Reichert B, **Megas IF**. Time Is Fascia: Laboratory and Anamnestic Risk Indicators for Necrotizing Fasciitis. *Surg Infect (Larchmt)*. 2022 Oct;23(8):747-753. doi: 10.1089/sur.2022.222. PMID: 36191292 (Impact-Faktor: 1.853)

Danksagung

Ich danke Herrn PD Dr. med. Sascha Chopra und Herrn Dr. med. Panagiotis Fikatas für deren uneingeschränkte Unterstützung und die außerordentlich kollegiale Zusammenarbeit während der Erstellung dieser Arbeit. Weiterhin möchte ich Herrn PD Dr. med. Christian Benzing für seine wertvolle Hilfe bei der Analyse mittels Propensity-Score-Matching danken.

Zudem danke ich meiner Tochter Amélie, meiner Ehefrau Eleni, meinen lieben Eltern, meiner Tante Maria und meinem Onkel Werner, die mich immer wieder zur Arbeit an dieser Dissertation motivierten.