

**Der Einfluss von fasciotens® Abdomen bei
abdominellem Kompartmentsyndrom
Eine retrospektive Beobachtungsstudie**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. med.)

der Medizinischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

Bonn

Anne-Sophie Therese Peter

aus Mainz

2025

Angefertigt mit der Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Priv.- Doz. Dr. med. Burkhard Stoffels
2. Gutachter: Prof Dr. med. Jörg Ellinger

Tag der mündlichen Prüfung: 18.09.2025

Aus der Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie
Bonn

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	6
1. Einleitung	7
1.1 Das abdominelle Kompartmentsyndrom	8
1.1.1 Intraabdomineller Druck	8
1.1.2 Intraabdominelle Hypertension.....	9
1.1.3 Pathophysiologie des abdominellen Kompartmentsyndroms	9
1.1.4 Pathophysiologische Folgen des abdominellen Kompartmentsyndroms	10
1.1.5 Abdominelles Kompartmentsyndrom (AKS).....	12
1.2 Intensivmedizinische Scores	14
1.2.1 Simplified Acute Physiology Score (SAPS II)	14
1.2.2 American Society of Anaesthesiologists Physical Status Klassifikation	16
1.3 Operative Therapiemethoden des AKS.....	17
1.3.1 Temporärer Bauchdeckenverschluss	21
1.3.2 Einfacher Hautverschluss.....	22
1.3.3 Bogotá Bag	23
1.3.4 Synthetische, resorbierbare Netzprothese	23
1.3.5 Wittmann-Patch®	24
1.3.6 Unterdruckassistierte Techniken wie ABThera™	25
1.3.7 ABRA-System	26
1.3.8 Fasciotens® Abdomen	26
2. Material und Methoden	29
2.1 Studiendesign und Studiendauer	29
2.2 fasciotens® Abdomen bei Abdomen apertum	29
2.3 Untersuchungs- und Auswertungsparameter	33

2.4 Statistische Methoden	34
3. Ergebnisse	37
3.1 Patientencharakteristika	37
3.2 Grunderkrankung / Auslöser AKS	39
3.3 Intraabdomineller Druck	39
3.4 Intensiv Scores	41
3.5 Therapie des abdominalen Kompartmentsyndroms	43
3.6 Definitiver Bauchdeckenverschluss	45
3.7 Komplikationen	46
3.8 Überlebensanalyse	47
3.9 Kontrollgruppe	48
3.10 Vergleich von Patienten und Kontrollkollektiv	50
4. Diskussion	51
4.1 Zusammenfassung der Arbeit	51
4.2 Diskussion der Methoden	51
4.2.1 Studiendesign und -dauer	51
4.2.2 Untersuchungs- und Auswertparameter	53
4.2.3 Statistische Methoden	53
4.3 Diskussion der Ergebnisse	53
4.3.1 Patientencharakteristika	53
4.3.2 Krankheitscharakteristika	54
4.3.3 Therapie	55
4.3.4 Bauchdeckenverschluss	56
4.3.5 Komplikationen	57
4.3.6 Überlebensanalyse	57
4.3.7 Vergleich der Kollektive	58

4.4 Ausblick.....	58
5. Zusammenfassung	59
6. Abbildungsverzeichnis	60
7. Tabellenverzeichnis	62
8. Literaturverzeichnis	63
9. Erklärung zum Eigenanteil	68
10. Veröffentlichungen	69
11. Danksagung.....	70

Abkürzungsverzeichnis

ABRA	Abdominelles Reapproximationsankersystem
AKS	Abdominelles Kompartmentsyndrom
AML	Akute myeloische Leukämie
APACHE-II-Score	Acute Physiology And Chronic Health Evaluation
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
ASA PS	American Society of Anaesthesiologists Physical Status
BMI	Body-Mass-Index
ECMO	Extrakorporale Membranoxygenierung
IAH	Intraabdominelle Hypertension
IAP	Intraabdomineller Druck
MOV	Multiorganversagen
PDS-Faden	Polydioxanon-Faden
PEEP	positiver endexpiratorischer Druck
Pmax	maximal aufgebracht Druck
SAPS II Score	Simplified Acute Physiology Score
SIRS	Systemic Inflammatory Response Syndrome
VAC®	Vacuum Assisted Closure
WIC®	PolyMem Wic Füll-Pad
WSACS	The World Society of the Abdominal Compartment Syndrome

1. Einleitung

Das abdominelle Kompartmentsyndrom (AKS) ist ein intensivmedizinisches Krankheitsbild, welches eine interdisziplinäre Herausforderung darstellt. Mit Letalitätsraten bis zu 60 % imponiert es durch eine schwierige Beatmungssituation des Patienten sowie einem bevorstehenden Multiorganversagen (Reibetanz und Germer 2013). Als Ultima Ratio bei der Behandlung des abdominellen Kompartmentsyndroms wird eine Entlastungslaparotomie durchgeführt und das Abdomen zur Druckentlastung anschließend offen belassen (Abdomen apertum). Bisher wurde noch kein Goldstandard zur Versorgung des AKS etabliert, sodass aktuell unterschiedliche Verfahren in der operativen Therapie angewandt werden.

Die folgende Dissertation wird sich mit der Anlage von fasciotens®Abdomen bei Patienten und Patientinnen mit offenem Abdomen beschäftigen und dieses neue Verfahren hinsichtlich seiner Effektivität und Mortalitätssenkung, durch Dezimierung des intraabdominellen Druckes und frühzeitige Möglichkeit des Bauchdeckenverschlusses beurteilen.

Bei fasciotens®Abdomen handelt es sich um ein Gestell, angelehnt an den in der Unfallchirurgie zur Standardtherapie gehörenden Fixateur externe. Nach einer Laparotomie wird die abdominelle Faszie über ein Netz fixiert und unter vertikale Zugspannung gestellt. Hierdurch wird eine Atrophie der Faszie antagonisiert, wodurch ein früherer Bauchdeckenverschluss im Vergleich zur spannungslosen Faszienversorgung möglich sein soll. Ein frühzeitiger Bauchdeckenverschluss wiederum ist mit einer geringeren Sterblichkeitsrate der Patienten assoziiert (Schaaf et al. 2018).



Abb. 1: 3D-Modell des temporären Bauchdeckenverschlusses mittels fasciotens® Abdomen. (Gebrauchsanweisung® fasciotens GmbH. Seite 7. Stand: 09.02.2022 DEAFU2202REV009. Veröffentlichung des Bildmaterials mit Genehmigung der fasciotens GmbH Essen, Germany)

1.1 Das abdominelle Kompartmentsyndrom

1.1.1 Intraabdomineller Druck

Als intraabdominellen Druck (IAP) bezeichnet man den Druck, welcher in Ruhe in der geschlossenen Bauchhöhle vorherrscht. Unter physiologischen Bedingungen liegt dieser zwischen 0 - 5 mmHg (Coccolini et al. 2018a).

Goldstandard zur Bestimmung des IAP ist die indirekte Blasendruckmessung. Bei liegendem Blasenkatheter werden 25 ml sterile Kochsalzlösung in die leere Blase injiziert. Der IAP wird dann anhand eines an den Blasenkatheter angeschlossenen Druckaufnehmers abgelesen.

Der Druckaufnehmer sollte sich auf der Höhe der mittleren Axillarlinie befinden. Wichtige Voraussetzungen für eine genaue Messung sind das flache Liegen des Patienten, das Ablesen am Ende der Expiration und die Abwesenheit von abdomineller Muskelaktivität (Kirkpatrick et al. 2013b; Malbrain und Cheatham 2011). Bei intensivpflichtigen Patienten und Patientinnen mit hoher Flüssigkeitsfluktuation sollte der IAP regelmäßig gemessen werden (Sugrue und Buhkari 2009).

1.1.2 Intraabdominelle Hypertension

Von intraabdomineller Hypertension (IAH) spricht man, wenn es zu einer wiederkehrenden oder dauerhaften Erhöhung des intraabdominellen Druckes von >12 mmHg kommt. Die IAH wurde in den „The World Society of the Abdominal Compartment Syndrome“ (WSACS)- Guidelines neu definiert und in vier Grade unterteilt (Kirkpatrick et al. 2013b).

Tab. 1: Einteilung der intraabdominellen Hypertension

IAH Gradeinteilung nach WSACS	IAP in mmHg
Grad I	12 - 15
Grad II	16 - 20
Grad III	21 - 25
Grad IV	> 25

1.1.3 Pathophysiologie des abdominellen Kompartmentsyndroms

Das abdominelle Kompartiment ist umschlossen von vielen anatomischen Strukturen, welche nur wenig elastisch sind. Zu diesen gehört kaudal das Becken und dorsal das Retroperitoneum sowie die Wirbelsäule. Eine begrenzte Elastizität bieten die ventral gelegene Bauchwand sowie das Zwerchfell. Bestimmt durch die Komponenten mit einer

gewissen Elastizität, bildet sich die abdominelle Compliance als Quotient von intraabdominellem Volumen und IAP.

$$C = \frac{V \text{ (mL)}}{p \text{ (mmHg)}}$$

Abb. 2: Verhältnis von Druck und Volumen in der geschlossenen Bauchhöhle (Eigene Abbildung)

Aus dieser Formel ergibt sich eine annähernd exponentielle Beziehung von Druck und Volumen in der geschlossenen Bauchhöhle. (Malbrain et al. 2016b) postulierten, dass die physiologische Compliance etwa 250 - 450 mL/mmHg beträgt.

Mögliche Ursachen und Risikofaktoren des AKS können nach den WSACS-Guidelines in fünf verschiedene Gruppen eingeteilt werden. Die erste Gruppe wird definiert durch die Abnahme der Compliance der Bauchwand, zum Beispiel nach großen Bauchoperationen mit primärem Faszienverschluss. Die zweite Gruppe wird definiert durch die Zunahme des intestinalen Volumens, beispielsweise durch einen Ileus. Eine weitere Gruppe umfasst Faktoren, die zu einer Zunahme des intraabdominellen Volumens führen. Nennenswerte Beispiele sind Aszites, abdominelles Packing und Tumore. Die vorletzte Gruppe beschreibt das Kapillarlecksyndrom, welches durch Azidose, Sepsis und bei hohen APACHE-II-Scores auftritt. Die letzte Gruppe beinhaltet sonstige Risikofaktoren wie das Alter, künstliche Beatmung, Peritonitis, Pneumonie sowie Schock (Kirkpatrick et al. 2013b).

1.1.4 Pathophysiologische Folgen des abdominellen Kompartmentsyndroms

Die IAH führt durch eine druckbedingte Minderdurchblutung der Darmwand zu Ischämien der Mukosa. Diese können Auslöser für bakterielle Translokation sein und somit ein Sepsis-Geschehen begünstigen (Reintam Blaser et al. 2017). Des Weiteren kann es

durch die IAH zu einem Anstieg der Konzentration an Stoffwechselprodukten kommen, welche eine Azidose auslösen. Insbesondere das Laktat spielt hier eine wichtige Rolle. Gleichzeitig bilden sich reaktive Sauerstoffverbindungen. Diese entstehen bei abwechselnden Phasen von Minder- und Reperfusion des Darmes und führen zu der Bildung proinflammatorischer Zytokine, welche einen Schlüsselfaktor in der Entstehung eines Multiorganversagens darstellen (Laet et al. 2008). Die IAH löst darüber hinaus eine arterielle sowie venöse Minderperfusion der Nieren aus (Reibetanz und Germer 2013). Folglich kommt es zu einer Senkung des glomerulären Filtrationsdruckes und zum akuten Nierenversagen, welches sich klinisch durch Anurie oder Oligurie zeigt (Rachoin und Bekes 2009). Auch die Perfusion der Leber nimmt in Folge der IAH ab, sodass zunächst die Laktatclearance abnimmt. Die daraus resultierende Laktatazidose bedingt eine Senkung des pH-Wertes im Blut. In späteren Stadien kommt es aufgrund der eingeschränkten Leberfunktion zu Gerinnungsstörungen und Ödembildung (Reibetanz und Germer 2013). Die Bildung eines Intestinalödems wird zusätzlich verstärkt, da der Lymphabfluss von der Darmperistaltik abhängig ist (Reintam Blaser et al. 2017; Malbrain und Cheatham 2011).

Doch nicht nur abdominell liegende Organe sind von einem AKS betroffen.

In Studien wurde gezeigt, dass die Oxygenierung bei beatmeten Patienten und Patientinnen durch den Zwerchfellhochstand bei IAH erschwert wird. Durch die abdominelle Drucksteigerung kann sowohl eine Zunahme des Lungenödems als auch eine Atemwegsobstruktion ausgelöst werden (Malbrain et al. 2016a; Aprahamian et al. 1990). Zudem führt der steigende zentralvenöse Druck zu einer Verringerung des venösen Rückstroms aus dem Gehirn. Eine intrakranielle Stase sowie ein konsekutives Hirnödem sind mögliche Folgen (Laet et al. 2008). Als kardiale Komplikationen sind zum einen die Reduktion des ventrikulären, enddiastolischen Volumens durch Kompression des Herzens und zum anderen eine Vorlastsenkung aufgrund vermindertem venösem Rückstrom zu nennen (Malbrain et al. 2016b).

1.1.5 Abdominelles Kompartmentsyndrom (AKS)

Von einem manifesten AKS spricht man, sobald der IAP dauerhaft auf über 20 mmHg ansteigt. Dabei wird nur von einem dauerhaften Anstieg gesprochen, wenn der Druck in mindestens einer Wiederholungsmessung bestätigt wurde (Kirkpatrick et al. 2013a; Schaaf et al. 2018).

Aussagen zu Inzidenz sowie Prävalenz des AKS gestalten sich aus mehreren Gründen äußerst schwierig.

Die erste allgemeingültige Definition des AKS und der IAH wurde erst im Jahre 2006 in den WASCs-Guidelines festgelegt. Zuvor existierten unterschiedliche Definitionen, sodass die Forschung, welche vor dem Jahr 2006 erfolgte, uneinheitlich ist und Aussagen zur Epidemiologie erschwert sind (Kirkpatrick et al. 2013b).

Des Weiteren hängt die Diagnosehäufigkeit des AKS vom behandelnden Arzt oder Ärztin und deren Bewusstsein für dieses Krankheitsbild ab (Reibetanz und Germer 2013). In einer Veröffentlichung aus dem Jahre 2011 werden geschätzte Werte zur Inzidenz von 1 % bis 36 % angegeben (Fresenius und Heck 2011; Vidal et al. 2008).

Eine Prävalenzstudie von (Malbrain et al. 2004), die den intraabdominellen Druck aller Patienten und Patientinnen auf 13 Intensivstationen, in sechs verschiedenen Ländern, innerhalb von 24 Stunden erfasste, zeigte die Prävalenz einer IAH von 50,5 % und die Prävalenz eines AKS von 8,2 %.

Eine altersspezifische Häufigkeitsverteilung ist beim AKS nicht bekannt, beziehungsweise bisher nicht beschrieben. Jedoch zeigte die Studie von (Dalfino et al. 2008) ein höheres Alter des Patienten als Risikofaktor für das Auftreten der Erkrankung.

Nach dem Therapiemanagement - Algorithmus der WSACS von 2013 kann die konservative Therapie des abdominalen Kompartmentsyndroms in fünf Säulen unterteilt werden (Kirkpatrick et al. 2013a). Stufenweise werden die Therapien eskaliert oder deeskaliert um den IAP unter 15 mmHg zu senken. Die erste Säule befasst sich mit dem Entfernen der intraluminalen Darminhalte. Auf Stufe eins sollte eine Magensonde gelegt sowie Prokinetika verabreicht werden. Stufe zwei empfiehlt die Reduktion der oralen Nahrungsaufnahme und rektale Einläufe. Steigt der IAP weiterhin an, sollte eine Koloskopie mit Dekompression erfolgen und der Patient oder die Patientin nüchtern belassen werden. Die zweite Säule im Algorithmus empfiehlt die Entfernung

intraabdomineller Läsionen. Auf Stufe eins wird empfohlen eine Abdomen- Sonographie zur Läsionssuche durchzuführen. Stufe zwei schreibt eine computertomographische Untersuchung des Abdomens mit gegebenenfalls perkutaner Drainageeinlage vor (Smit et al. 2022). Auf der dritten Stufe soll eine operative Entfernung der Läsionen in Erwägung gezogen werden. Säule drei befasst sich mit der Verbesserung der Compliance der Bauchwand. Die empfohlenen Maßnahmen der ersten Stufe umfassen eine adäquate Sedierung und Analgesie sowie das Entfernen von einengenden äußeren Faktoren. Stufe zwei empfiehlt die Anti-Trendelenburg-Lagerung. In dieser liegt der Patient oder die Patientin in Rückenlage, wobei der Kopf durch Schrägstellung des Bettes die höchste Position des Körpers einnimmt. Bei weiterhin steigendem IAP sollte gemäß Stufe drei in Erwägung gezogen werden, eine neuromuskuläre Blockade durchzuführen. Ein weiterer wichtiger Bestandteil der konservativen Therapie des AKS ist das Flüssigkeitsmanagement (vierte Säule). Stufe eins warnt vor exzessiven intravenösen Flüssigkeitsgaben und gibt vor, dass bis zum dritten Tag eine ausgeglichene oder negative Ein- /Ausfuhrbilanz erreicht sein soll. Stufe zwei empfiehlt die Nutzung von kolloidalen Infusionslösungen sowie die Steigerung der Diurese zur Flüssigkeitsreduktion. Stufe drei rät dazu, eine Hämodialyse in Erwägung zu ziehen. Die letzte Säule des Algorithmus beschreibt die Optimierung der systemischen sowie regionalen Perfusion. Stufe eins empfiehlt eine zielgerichtete Flüssigkeitssubstitution, Stufe zwei ein hämodynamisches Monitoring. Sollte der IAP trotz einer Eskalation der Therapien auf die dritte Stufe über 20 mmHg steigen und ein neues Organversagen auftreten, sollte eine operative abdominelle Dekompression in Betracht gezogen werden (Kirkpatrick et al. 2013a; Laet et al.).

Beim AKS handelt es sich um eine potenziell tödliche Erkrankung, mit Letalitätsraten bis zu 60 % (Reibetanz und Germer 2013). Die kurzfristigen Folgen des AKS zeichnen sich nicht nur durch die hohe Letalität aus. Wie bereits erläutert, führt das AKS zu diversen Organschädigungen. Patienten und Patientinnen können aufgrund eines akuten Nierenversagens dialysepflichtig werden. Darmischämien können großflächige Darmresektionen erforderlich machen. Erhöhter IAP erschwert die Beatmungssituation, sodass die Sauerstoffversorgung der Organe eingeschränkt ist. Nicht alle dieser Komplikationen sind reversibel, so kann zum Beispiel eine dauerhafte Dialysepflichtigkeit resultieren (Schaaf et al. 2018).

Des Weiteren gehen mit dem Krankheitsbild des AKS lange Liegezeiten auf Intensivstation und operationsbedürftige Spätfolgen der Behandlung einher (Willms et al. 2016). Mögliche Spätfolgen sind insbesondere die Narbenhernien, welche häufig aus einer notfallmäßigen Entlastungslaparotomie resultieren (Willms et al. 2016). Diese können Schmerzen bereiten, sorgen für eine Minderung der Lebensqualität und erfordern einen weiteren operativen Eingriff.

Es zeigte sich in Studien, dass Patienten nach einer Abdomen apertum-Operation in der Regel eine lange Rehabilitationsphase durchlaufen und postoperative Komplikationen häufig auftreten (Mackay et al. 2005). Intensivmedizinische Therapien sind interdisziplinär, aufwendig und sehr kostspielig. Der Erholungsprozess ist langwierig und erfordert physiotherapeutische sowie ergotherapeutische Mitbetreuung der Patienten. Zudem steigen durch die Folgeeingriffe und langwierige Rehabilitation sowohl die direkten Kosten des Krankenhausaufenthaltes (Betancourt et al. 2020) als auch die indirekten Kosten für die Gesellschaft durch lange Arbeitsunfähigkeit.

1.2 Intensivmedizinische Scores

1.2.1 Simplified Acute Physiology Score (SAPS II)

Im Jahre 1984 wurde aus dem APACHE-II-Score (Acute Physiology And Chronic Health Evaluation) ein neues und vereinfachtes Tool entwickelt, welches zur Beurteilung der Schwere einer Erkrankung von Intensivpatienten sowie zur Berechnung deren Mortalitätswahrscheinlichkeit dient. Der SAPS II Score wurde 1993 überarbeitet (Le Gall et al. 1993) und kann auch auf chirurgischen Intensivstationen angewandt werden (Agha et al. 2002). Zur Nutzung des Scores werden 14 Variablen über einen Zeitraum von 24 Stunden erfasst und dokumentiert. Diese sind in Abbildung 4 zusammengefasst.

Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 182 Punkte. Zur Berechnung wird der, bezogen auf die jeweilige Variable, schlechteste erhobene Wert des 24 Stunden-Intervalls benutzt. Die Mortalitätsrate (Pr) errechnet sich aus dem erhobenen SAPS II-Score anhand folgender Formel (Le Gall et al. 1993):

	Punkte	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Parameter	Einheit									
Alter	Jahre	<40							40-59	
Chronisches Leiden	X									
Aufnahme-status	X	Geplant						Medizinisch		Ungeplant
Temperatur	°C	<39			>39					
Systolischer Blutdruck	mmHg	100-199		>200			70-90			
Herzfrequenz	x/min	70-119		40-69		120-159			>160	
Sauerstoffpartialdruck	mmHg							>200		
Ausfuhr Urin	L/Tag	>1				0,5-0999				
	Punkte	9	10	11	12	13	15	16	17	18
Parameter	Einheit									
Alter	Jahre				60-69		70-74	75-74		>80
Chronisches Leiden	X	Metastasierende Neoplasie	Hämato-logische Neoplasie						AIDS	
Aufnahme-status	X									
Temperatur	°C									
Systolischer Blutdruck	mmHg					<70				
Herzfrequenz	x/min			<40						
Sauerstoffpartialdruck	mmHg	100-199		<100						
Ausfuhr Urin	L/Tag			<0,5						
	Punkte	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Parameter	Einheit									
Harnstoff	G/L	<0,6						0,6-1,79		
Natrium	Mmol/L	125-144	>145				<125			
Kalium	Mmol/L	3-4,9			>5 oder <3					
Bicarbonat	Mmol/L	>20			15-19			<15		
Leukozyten	X1000	1-19,9								
Bilirubin	MG/DL	<4				4-5,9				
	Punkte	9	10	11	12	13	15	16	17	18
Parameter	Einheit									
Harnstoff	G/L		>1,8							
Natrium	Mmol/L									
Kalium	Mmol/L									
Bicarbonat	Mmol/L									
Leukozyten	X1000				<1,0					
Bilirubin	MG/DL	>6,0								

Abb. 3: Punkte zur Errechnung des Simplified Acute Physiology II-Scores (Le Gall et al. 1993)

$$Pr = -7,7631 + 0,0737 * (SAPS-II-Score) + 0,9971 (\ln(SAPS-II-Score + 1))$$

Abb. 4: Berechnung der Mortalitätsrate anhand des Simplified Acute Physiology II-Score (Le Gall et al. 1993)

Im klinischen Alltag erfolgt die Errechnung der Mortalitätsrate allerdings mittels einer Software.

1.2.2 American Society of Anaesthesiologists (ASA) Physical Status (PS) Klassifikation

Die ASA PS Klassifikation dient zur Abschätzung des perioperativen Risikos eines Patienten. Entstanden ist sie aus den Empfehlungen der American Society of Anaesthesiologists, wurde aber über die Jahre mehrfach überarbeitet (Irlbeck et al. 2017; Hurwitz et al. 2017).

Die aktuelle gültige Klassifikation unterteilt sich in sechs Stufen, welche anhand einer Definition und beispielhaften Diagnosen unterschieden werden, siehe Tabelle 2 (Mayhew et al. 2019b).

Tab. 2: American Society of Anaesthesiologists Physical Status -Klassifikation (Mayhew et al. 2019b).

ASA-Klasse	Definition	Beispieldiagnosen (nicht ausschließlich)
ASA I	Ein normaler, gesunder Patient	Gesund, kein Nikotinabusus, nur minimaler Alkoholkonsum
ASA II	Patient mit leichter Allgemeinerkrankung	Nikotinabusus, regelmäßiger Alkoholkonsum, Schwangerschaft, Adipositas, gut eingestellter Diabetes Mellitus
ASA III	Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung	Adipositas per magna, schlecht eingestellter Diabetes Mellitus, Drogenmissbrauch, Niereninsuffizienz mit Dialysepflichtigkeit
ASA IV	Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung, die eine ständige Lebensbedrohung darstellt	Myokardinfarkt, Apoplex, schwere Herzklappenvitien
ASA V	Moribunder Patient, von dem nicht erwartet wird, dass er ohne Operation überlebt	Rupturiertes Bauchaortenaneurysma, schweres Polytrauma, Multiorganversagen, kritische Darmischämie
ASA VI	Hirntoter Organspender	-

1.3 Operative Therapiemethoden des AKS

Das offene Abdomen (Abdomen apertum)

Liegt bei Patienten und Patientinnen ein AKS vor und sind die konservativen Behandlungsmethoden erschöpft, ist eine notfallmäßige Laparotomie notwendig, um ein drohendes Multiorganversagen abzuwenden (Diaz et al. 2010). Sobald die Bauchhöhle

eröffnet wird, sinkt der intraabdominelle Druck, eine Minderperfusion der Organe wird aufgehoben und das gegebenenfalls zytokinreiche Sekret kann abgesaugt werden (Willms et al. 2015).

Eine Klassifikation des Abdomen apertums erfolgte erstmals 2009 und wurde 2016 erweitert (Björck et al. 2016; Björck und Wanhainen 2014). Die sogenannte Bjork-Klassifikation beschreibt vordergründig den Zustand der Bauchhöhle.

Tab. 3: Bjork-Klassifikation des Abdomen apertums (Björck et al. 2016)

Bjork - Klassifikation 2016	
Grad	Beschreibung
1 A	Sauberes offenes Abdomen, ohne Adhäsion zwischen Darm und Bauchwand, keine Verklebungen
B	Kontaminiertes offenes Abdomen, ohne Adhäsion und Verklebungen
C	Darmleckage, keine Verklebungen
2 A	Sauberes offenes Abdomen, mit sich entwickelnden Adhäsionen, Verklebungen
B	Kontaminiertes offenes Abdomen, mit sich entwickelnden Adhäsionen, Verklebungen
C	Darmleckage mit sich entwickelnden Verklebungen
3 A	Sauberes „frozen abdomen“
B	Kontaminiertes „frozen abdomen“
4	Etablierte enteroatmosphärische Fistel, „frozen abdomen“

Die einzelnen Grade beschreiben den Schweregrad spezifischer Konditionen, welche mit dem Outcome der Patienten in Verbindung stehen (Björck et al. 2016). Die Einteilung des offenen Abdomens in verschiedene Schweregrade ist insbesondere relevant, um eine Vergleichbarkeit in wissenschaftlichen Studien zu ermöglichen.

Nach notfallmäßiger Entlastungslaparotomie kann und sollte das Abdomen in der Regel zunächst nicht wieder verschlossen werden, da die Ursachen für die intraabdominelle Druckerhöhung weiter fortbestehen. Zugrundeliegend hierfür ist unter anderem die ödematöse Schwellung der Organe.

Um schwere Komplikationen, z.B. die Entwicklung einer enteroatmosphärischen Fistel zu verhindern, wird das Abdomen nicht im wörtlichen Sinne „offen“ belassen, sondern temporär verschlossen. Die Faszia bleibt hierbei eröffnet, um eine erneute intraabdominelle Druckerhöhung zu verhindern. Über die letzten Jahrzehnte haben sich verschiedene Methoden für den temporären Bauchdeckenverschluss etabliert, es besteht jedoch bis heute kein Goldstandard in der Versorgung des offenen Abdomens (Kirkpatrick et al. 2013b).

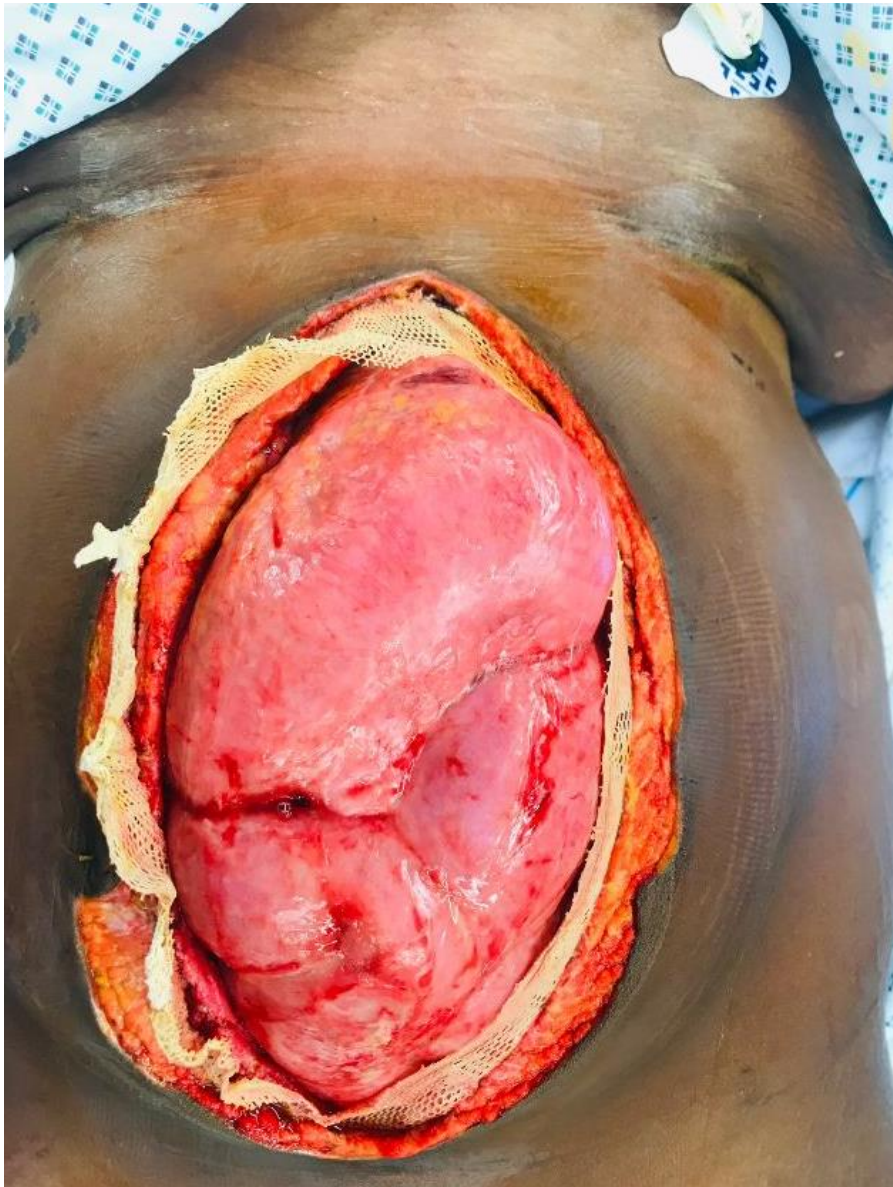


Abb. 5: Intraoperative Fotografie aus der Frontalebene nach Entlastungslaparotomie bei abdominellem Kompartmentsyndrom. (Eigene Aufnahme)

Die in Abbildung 5 und 6 gezeigten Fotografien stellen die intraoperative Situation einer Patientin kurz vor der Anlage des temporären Bauchdeckenverschlusses nach erfolgter Lavage der Abdominalhöhle dar. Die sichtbaren Darmschlingen sind aufgrund der ödematösen Schwellung bis über Hautniveau aus der Abdominalhöhle prolabierte. Ein Faszienverschluss ist nicht möglich. Es wurde bereits zirkulär ein Vicrylnetz an die Faszienkante genäht und mittig ellipsenförmig eingeschnitten. Im rechten Unterbauch

sieht man ein protektives Stoma, welches im Rahmen einer vorangegangenen Operation angelegt wurde.



Abb. 6: Intraoperative Fotografie aus der Sagittalebene nach Entlastungslaparotomie bei abdominellem Kompartmentsyndrom (Eigene Aufnahme)

1.3.1 Temporärer Bauchdeckenverschluss

(Kreis et al. 2013) definierten den optimalen temporären Bauchdeckenverschluss mit den folgenden Kriterien:

- Minimierung der pflegerischen Probleme
- Management der Flüssigkeit aus der Bauchhöhle
- Vorbeugend gegenüber Verletzungen der viszerale Organe

- Erleichterung des Faszienverschlusses, sobald die Abdomen apertum-Therapie nicht mehr benötigt wird

Die Methoden zur Versorgung des offenen Abdomens mit einem temporären Bauchdeckenverschluss sind vielfältig und bringen individuelle Vor- und Nachteile mit sich (Bucknall et al. 1982). Allen Verfahren gemeinsam ist, dass der endgültige Faszienverschluss möglichst schnell, am besten innerhalb von fünf bis sieben Tagen erfolgen muss (Kreis et al. 2013; Miller et al. 2005). Bleibt die Faszie länger offen, retrahiert sich diese nach lateral und es besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass sie aufgrund der Retraktion nicht mehr appositioniert und verschlossen werden kann. Es resultiert langfristig eine Narbenhernie, die zu den häufigsten Komplikationen der Abdomen apertum-Therapie zählt (Gislason and Viste 1999; Hofmann et al. 2017). In den WSES-Guidelines wird empfohlen, kontinuierlichen Faszienzug in Kombination mit unterdruckassistierten Techniken als Therapie der ersten Wahl für den temporären Bauchdeckenverschluss einzusetzen. Auch die europäische Leitlinie empfiehlt den bevorzugten Einsatz von dynamischen Techniken kombiniert mit Unterdruck gegenüber statischen Verfahren. Eine alleinige Versorgung mittels Netzes wird aufgrund des erhöhten Fistelrisikos nicht empfohlen (Coccolini et al. 2018; López-Cano et al. 2018). Im Folgenden werden einige Methoden der Abdomen apertum-Behandlung beschrieben und in Bezug auf die oben genannte Definition geprüft.

1.3.2 Einfacher Hautverschluss

Die wohl älteste Versorgung des offenen Abdomens ist der einfache Hautverschluss bei offen belassener Faszie. Die Haut wird hierbei per Naht oder mit Klammern verschlossen. Es handelt sich hierbei um einen statischen Bauchdeckenverschluss.

Die Vorteile des Verfahrens sind, dass es in der Ausführung einfach und kostengünstig ist. Nachteilig ist jedoch eine hohe Komplikationsrate. Insbesondere Bauchwandhernien und enteroatmosphärische Fisteln treten gehäuft auf (van Boele Hensbroek et al. 2009). Bei diesem temporären Bauchdeckenverschluss wird kein Zug auf die Faszie ausgeübt. Der Faszienretraktion wird also nichts entgegengesetzt, was den definitiven

Bauchdeckenverschluss erschwert. Ein weiteres Problem stellt die fehlende Kontrolle über die intraabdominellen Flüssigkeiten dar, die bei einem AKS vermehrt mit Zytokinen belastet ist. Bei einem temporären Bauchdeckenverschluss per Hautverschluss kann Aszites nicht abgelassen werden, die Möglichkeit eines Flüssigkeits- Managements der Flüssigkeit ist also nicht gegeben. Des Weiteren kann durch den Verschluss der Abdominalhöhle ein erneuter Anstieg des intraabdominellen Druckes nicht ausgeschlossen werden (Huang et al. 2016).

1.3.3 Bogotá Bag

Bei diesem Verfahren wird ein steriler und stabiler Plastikbeutel, zum Beispiel ein urologischer Spülbeutel, an die Faszie oder die Haut genäht. Es handelt sich um ein sehr einfaches, kostengünstiges Verfahren zum statischen Bauchdeckenverschluss (Leppäniemi 2009). Des Weiteren hat man direkte Sicht und einen schnellen Zugriff auf die Organe. Ähnlich wie bei dem Verfahren „einfacher Hautverschluss“ besteht auch beim Bogotá Bag die Problematik, dass man durch den Verschluss der Wunde den intraabdominellen Druck erhöhen kann und ein Management der intraabdominellen Flüssigkeit nicht möglich ist. (D. Demetriades 2012). Auch bei der Benutzung eines Bogotá Bag wird der Faszienretraktion nicht entgegengewirkt (D. Demetriades 2012). Im Vergleich zu unterdruckassistierten Techniken zeigte sich bei Nutzung des Bogotá Bag ein verzögerter Bauchdeckenverschluss und eine längere Liegezeit auf Intensivstation (Batacchi et al. 2009).

1.3.4 Synthetische, resorbierbare Netzprothese

Hierbei handelt sich um ein einfaches Verfahren bei welchem ein resorbierbares Netz, meist aus Polyglactin (Vicryl®), in die Faszienlücke interponiert wird. Dieses kann in den regelmäßigen Abständen operativ gerafft und somit die Faszienlücke Schritt für Schritt verkleinert werden, bis ein endgültiger Faszienverschluss möglich ist. Ist eine weitere Raffung nicht möglich, kann das Netz als Interponat verbleiben und die Haut hierüber

verschlossen werden. Es handelt sich um ein statisches Verfahren zum Bauchdeckenverschluss. Das Netz wird dann nach 60 bis 90 Tagen vom Körper resorbiert. Gleichzeitig bildet sich eine Narbenplatte über dem offenen Abdomen, die für eine gewisse Stabilisierung sorgt. Auch bei diesem Verfahren besteht eine hohe Komplikationsrate. Insbesondere entsteht nach Resorption des Netzes obligat eine Narbenhernie (Scholtes et al. 2012). Des Weiteren wird der Retraktion der Faszie nicht aktiv entgegengewirkt. Um Zugriff auf die Bauchorgane zu erlangen, muss die Naht gelöst oder das Netz durchtrennt werden. Zusätzlich kann es bei interponiertem Netz zu einer Erhöhung des intraabdominellen Druckes kommen (Jannasch et al. 2011). Die europäischen Leitlinien raten davon ab, eine alleinige Netzprothese ohne unterdruckassistierte Technik als zusätzliche Maßnahme als temporären Bauchdeckenverschluss zu nutzen (López-Cano et al. 2018).

1.3.5 Wittmann-Patch®

Bei der Versorgung mittels Wittmann-Patch® werden zwei sterile Prothesenblätter mit Klettseiten aus biokompatiblen Polymer-Material verwendet. Eines ist mit Haken ausgestattet und das andere mit Ösen. Diese werden jeweils an die gegenüberliegenden Faszienkanten genäht und können dann klettverschlussartig verschlossen werden (Wittmann et al. 1993). Bei Folgeeingriffen oder bei Schwankungen des intraabdominellen Druckes können diese dann wiedereröffnet oder verstellt werden. Bei diesem Verfahren kann man durch Anpassung der Prothesenblätter die Faszie schrittweise annähern. Des Weiteren ist ein Sekretmanagement möglich, wenn der Wittmann-Patch mit einem Unterdruckverband kombiniert wird (Jannasch et al. 2011). Eine Studie von Bruhin et al. (2014) zeigte jedoch eine geringere Rate eines definitiven Bauchdeckenverschlusses (68 %), als bei anderen Versorgungsmethoden mit Unterdrucksystemen.

1.3.6 Unterdruckassistierte Techniken wie ABThera™

Bei ABThera™ handelt es sich um ein Unterdrucksystem, welches aus speziellen Polyurethan-Schwämmen in einer Folie besteht. Diese werden größengerecht zugeschnitten und auf die intraabdominellen Organe gelegt. Anschließend wird ein weiterer Polyurethanschwamm aufgelegt und die Wunde mit einer Klebefolie verschlossen. Auf die Folie wird ein Schlauch aufgeklebt, welcher zu einer Unterdruckpumpe führt. Durch die Unterdruckpumpe und die Schwämme wird ein konstanter negativer Druck auf die Abdominalhöhle aufgebaut. Zum einen führt dieser konstante Sog zu einer Absaugung der zytokinreichen, peritonealen Flüssigkeit, zum anderen wird ein medianer und horizontaler Zug auf die Faszie ausgeübt (Mukhi und Minor 2014). Techniken mit unterdruckassistierten Systemen können sowohl mit Netzen als auch mit dynamischen Bauchdeckenverschlussstechniken kombiniert werden. Unterdruckassistierte Verschlussstechniken zeigten in einigen Studien eine erhöhte Bildungsrate von enteroatmosphärischen Fisteln, was unter anderem durch die häufigere Manipulation des Darmes im Rahmen der regelmäßig erforderlichen Schwammwechsel erklärt wurde (Bee et al. 2008; Carlson et al. 2013). Andere Studien konnten eine erhöhte Rate an enteroatmosphärischen Fisteln nicht nachweisen (Carlson et al. 2013). Unterdruckassistierte Techniken führten zur Abnahme postoperativer Komplikationen (Condé-Green et al. 2013) und einer erhöhten Rate von definitiven Bauchdeckenverschlüssen (Patel et al. 2011) im Vergleich zu Methoden ohne unterdruckassistierte Techniken. Falls sich der Faszienabstand bei Nutzung des ABThera™ -Systems nicht innerhalb der ersten fünf Tage verkleinert, wird der zusätzliche Einsatz mechanischer Traktion empfohlen (Mukhi und Minor 2014). Bei nicht-septischen Patienten konnte die Bauchdeckenverschlussrate von 72 % bei der Benutzung von unterdruckassistierten Techniken auf 82 % gesteigert werden, sobald eine dynamische Methode zur Faszienretraktion hinzugenommen wurde (Bruhin et al. 2014).

1.3.7 ABRA-System

Das abdominale Reapproximationsankersystem (ABRA) nutzt mechanische Traktion mittels versetzt in die Bauchdecke eingebrachte Elastomere, um die Faszie langsam unter kontinuierlichem und variablem Kraftaufwand zusammenzuziehen (Mukhi und Minor 2014). Somit zählt es zu den dynamischen temporären Bauchdeckenverschlüssen. Es kann sowohl mit Netzen als auch mit unterdruckassistierten Techniken wie ABThera™ eingesetzt werden. (Verdam et al. 2011). In mehreren Studien zeigten sich gute Raten des verzögerten primären Bauchdeckenverschlusses, das Risiko einer Hernienbildung besteht weiterhin (Verdam et al. 2011; Mukhi und Minor 2014). Des Weiteren wird von der Bildung enteroatmosphärischer Fisteln berichtet (Reimer et al. 2008).

1.3.8 Fasciotens® Abdomen

Der temporäre Bauchdeckenverschluss mittels fasciotens® Abdomen ist ein dynamisches Verfahren des temporären Bauchdeckenverschlusses. Es ist das einzige Verfahren, bei dem der Zug an der Faszie mit einer definierten Kraft erfolgen kann. Zunächst wird ein resorbierbares Netz zirkulär an die Faszienkanten angenäht. Das Netz wird in der Mitte eröffnet und zwölf Haltefäden in regelmäßigen Abständen U-förmig in das Netz eingefädelt. Anschließend werden die Haltefäden mit gleichmäßiger Grundspannung in die Fadenhalterung des Gerätes eingeführt. Je nach Notwendigkeit kann man diese zu einem späteren Zeitpunkt korrigieren.



Abb. 7: 3D-Modell von fasciotens® Abdomen am Patienten (Gebrauchsanweisung® fasciotens GmbH. Seite 7. Stand: 09.02.2022 DEAIFU2202REV009 Veröffentlichung des Bildmaterials mit Genehmigung der fasciotens GmbH Essen, Germany))

Im nächsten Schritt wird die Zugkraft auf die Faszie eingestellt, wobei der Hersteller eine Zugkraft zwischen 60-80 Newton empfiehlt. Im Anschluss wird ein Unterdruckwundverband angebracht.

In Kombination mit einem Unterdruckverband ist der Aufwand für die betreuende Pflegekraft gering. Alle vier Stunden sollte das Gestell zur Entlastung der Haut des Patienten für eine halbe Stunde abgenommen werden. Dieser Vorgang kann in wenigen Sekunden ausgeführt werden, da die Fadenhalterung durch Druck auf einen Knopf gelöst werden kann. Durch das Unterdrucksystem kann zudem zytokinreiches Sekret sowie Aszites kontinuierlich dem Bauchraum entzogen werden. Die abdominalen Organe werden durch Netz und die Schwämme des Unterdrucksystems geschützt. Die entscheidende Neuerung im Vergleich zu den bisher angewandten Systemen stellt der vertikale Zug an der Faszie dar. Keines der bereits etablierten Systeme für den

temporären Bauchdeckenverschluss bietet diesen. Der Wittmann-Patch® sowie der ABThera™ Unterdruckverbandarbeiten mit horizontalem Zug nach median (Mukhi und Minor 2014). Durch horizontale Zugkraft auf die Faszie wird der abdominelle Raum verkleinert und der intraabdominelle Druck kann wieder ansteigen. Zur Druckentlastung muss dann die Zugkraft verringert werden (Hees und Willeke 2020b). Mit vertikaler Zugkraft soll eine Vergrößerung der abdominellen Höhle und somit eine Senkung des IAP trotz gleichzeitiger Verhinderung der Faszienretraktion und Aufrechterhaltung der Zugkraft erreicht werden (Eickhoff et al. 2019). Des Weiteren kann man mit fasciotens® Abdomen erstmalig genau bestimmen wie viel Newton Zugkraft auf die Faszie ausgeübt werden soll (Eickhoff et al. 2019). So lässt sich festhalten, dass fasciotens® Abdomen in kombinierter Anwendung mit einem Unterdruckwundverband, die oben genannte Definition zumindest theoretisch erfüllt. Ob sich dies in der praktischen Anwendung bestätigt, ist Gegenstand dieser Dissertation.

Fragestellung

Verbessert die Anlage von fasciotens® Abdomen das Outcome von Intensivpatienten nach Entlastungslaparotomie bei AKS? Führt die Implementierung von fasciotens® Abdomen zu einer Verbesserung der Beatmungssituation von Intensivpatienten? Kommt es durch die Anwendung von fasciotens® Abdomen zu einer Reduktion des SAPS II- Scores von Intensivpatienten? Hypothese: Die Nutzung von fasciotens® Abdomen führt zu einem schnelleren Bauchdeckenverschluss als herkömmliche Methoden.

2. Material und Methoden

2.1 Studiendesign und Studiendauer

Wir führten eine monozentrische, retrospektive Fall-Kontroll-Studie durch. Die Daten wurden erhoben von Patienten und Patientinnen mit offenen Abdomen, welche in der Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie am Universitätsklinikum Bonn behandelt wurden. Zur retrospektiven Auswertung wurde auf die routinemäßig erhobenen klinischen Daten im Zeitraum von Februar 2019 bis Januar 2021 zurückgegriffen. Einschlusskriterium für das Fallkollektiv war die Behandlung mittels fasciotens® Abdomen sowie ein Mindestalter von 18 Jahren.

2.2 fasciotens® Abdomen bei Abdomen apertum

Allen Patienten wurde im Rahmen einer programmierten Lavage ein Vicrylnetz implantiert, welches mit einem 0er Polydioxanon-Schlingenfaden (PDS-Faden) fortlaufend und zirkulär an der Faszienkante festgenäht wurde. Das Netz wurde anschließend in der Mitte in Längsrichtung aufgeschnitten. Anschließend wurden pro Seite sechs 1er Fäden aus geflochtenem Polyglactid in regelmäßigen Abständen in das Netz eingefädelt und verknotet.

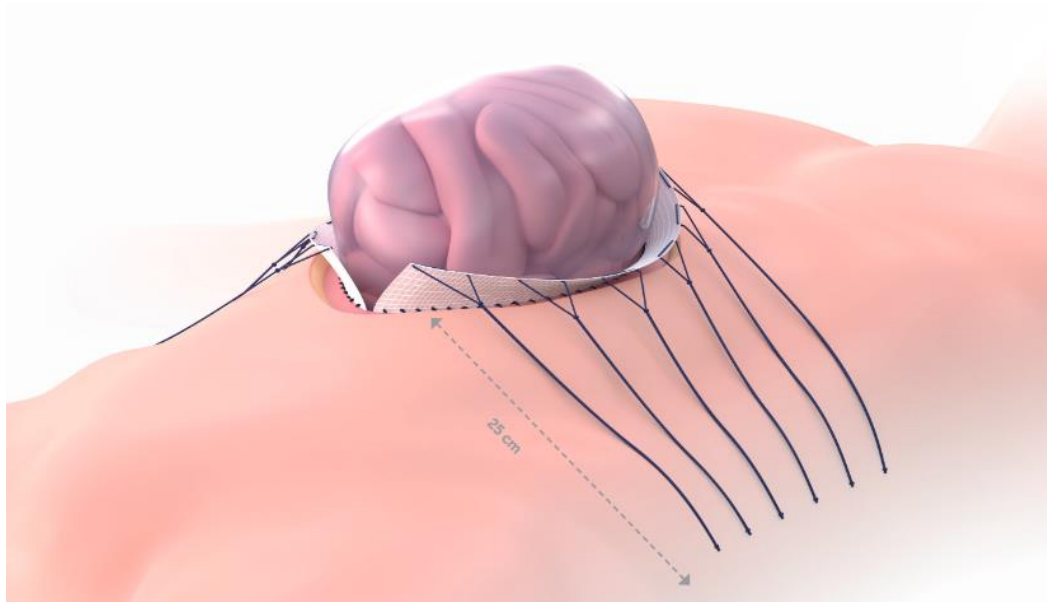


Abb. 8: 3D-Modell: Anbringen der Haltefäden an ein Vicrylnetz (Gebrauchsanweisung® fasciotens GmbH. Seite 9. Stand: 09.02.2022 DEAIFU2202REV009 Veröffentlichung des Bildmaterials mit Genehmigung der fasciotens GmbH Essen, Germany)

Die insgesamt zwölf Vicrylfäden wurden nun in die vorgesehenen Schlitze der Fadenhalterung eingeführt und über Druckknöpfe fixiert. Es wurde darauf geachtet, dass alle Fäden die gleiche Grundspannung aufwiesen.



Abb. 9: Anbringen der Haltefäden in der Fadenhalterung (Gebrauchsanweisung® fasciotens GmbH. Seite 17. Stand: 09.02.2022 DEAIFU2202REV009 Veröffentlichung des Bildmaterials mit Genehmigung der fasciotens GmbH Essen, Germany)

Im nächsten Schritt wurde eine Zugkraft von circa 40 - 50 Newton (markiert durch die Beschriftung auf dem Gerät) eingestellt.

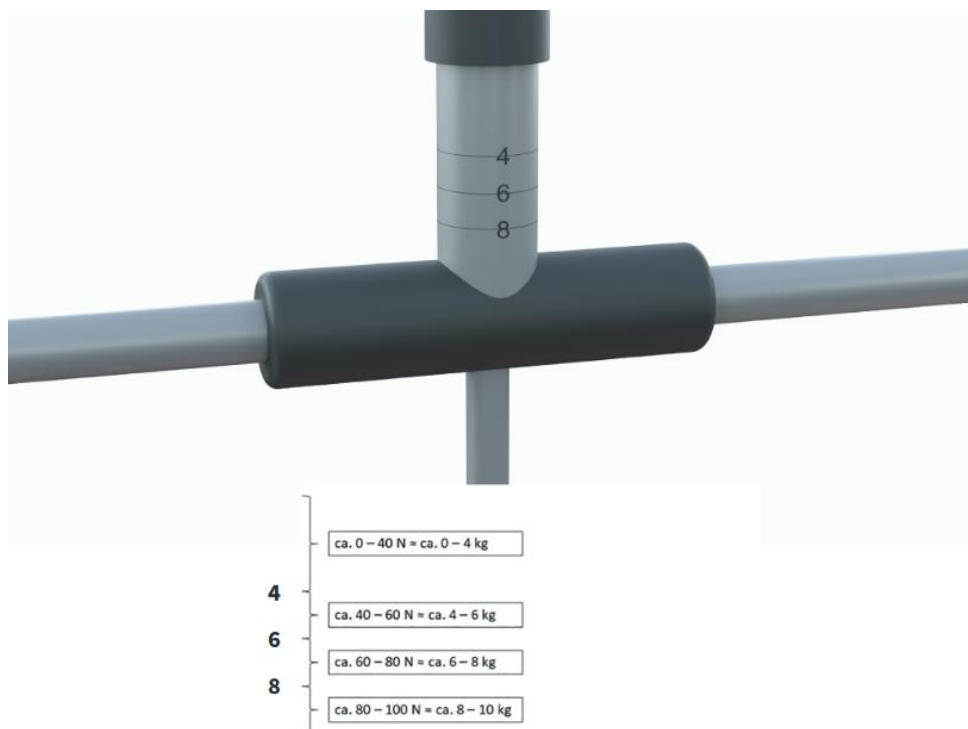


Abb. 10: Anzeige der Zugkraft am Gerät (Gebrauchsanweisung[®] fasciotens GmbH. Seite 18. Stand: 09.02.2022 DEAIFU2202REV009)

Ein Großteil der Patienten und Patientinnen erhielt eine kontinuierliche Sogbehandlung der Abdominalhöhle unter Zuhilfenahme eines PolyMem WIC-Füll-Pad[®] (WIC) und Vacuum Assisted Closure[®]-Schwammes (VAC). Eine Abdichtung des VAC[®] im Bereich der Fäden erfolgte mit Stoma-Paste, siehe Abbildung 11. Die VAC[®]- Pumpe wurde auf einen kontinuierlichen Sog von 125 mmHg eingestellt.

Es wurde regelmäßig überprüft, ob sich die Zugkraft im empfohlenen Bereich befand. Alle vier Stunden wurde das Gerät zur Entlastung der Dermis für eine halbe Stunde entfernt. Des Weiteren erfolgte intermittierend die Überprüfung des intraabdominellen Druckes über die indirekte Blasendruckmessung. Zum einen erfolgte die Messung in der Entlastungsphase, in welcher das System abmontiert war. Zum anderen erfolgte sie, während das fasciotens[®] Abdomen-System am Patienten befestigt war.

Bei den folgenden Lavagen wurde jeweils evaluiert, ob der Faszienabstand und die Gesamtsituation des Patienten es erlauben, einen Faszienverschluss durchzuführen oder ob die Fortführung der Abdomen apertum-Behandlung notwendig war.



Abb. 11: 3D-Modell der korrekten Anlage von fasciotens® Abdomen am Patienten (Gebrauchsanweisung® fasciotens GmbH. Seite 19. Stand: 09.02.2022 DEAIFU2202REV009)



Abb. 12: Fotografie des angelegten fasciotens® Abdomen-Systems auf der Intensivstation in Kombination mit Sogbehandlung (PolyMem Wic Füll-Pad® und Vacuum Assisted Closure®). (Eigene Aufnahme).

Auf Abbildung 11 sieht man das angelegte fasciotens® Abdomen-System auf der Intensivstation. Die Laparotomiewunde wurde mit einem VAC® -System zur kontinuierlichen Sogbehandlung versorgt. Der zugehörige Schwamm ist in blau unter der Folienabdeckung zu sehen. An den Stellen, an welchen die Fäden durch die Folie nach außen geleitet werden, wurde zum luftdichten Verschluss Stoma Paste verwendet (auf dem Bild gelblich). Die Zugkraft wurde auf circa 40 Newton eingestellt.

2.3 Untersuchungs- und Auswertungsparameter

Die Datenerhebung erfolgte standardisiert in folgenden Kategorien:

Patientendaten (Alter, Geschlecht, Body-Mass-Index)

Komorbiditäten (Diabetes mellitus, koronare Herzerkrankungen, Hypertonus, Dialysepflichtigkeit, Voroperationen, etc.)

Risikofaktoren (Nikotinabusus)

Dauer und Versorgungsstufe des stationären Aufenthaltes (Intensivstationsaufenthalt)

Aufenthalt auf Intensivstation (Transfusionen, Extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO))

Indikation und Art der Entlastungslaparotomie

Management des Abdomen apertums (Anzahl der Revisionen, Vakuum-Sog-Therapie ja/nein)

Mortalität während der Behandlung am Abdomen apertum

Messung des intraabdominellen Drucks in mmHg

Änderung des Faszienabstandes (Δd cm) unter der Therapie mit fasciotens® Abdomen

Abdominalverschluss (Anzahl der postoperativen Tage bis zum Faszienverschluss, Rest-Fasziendehiszenz, Art des Verschlusses)

Komplikationen durch fasciotens® Abdomen (enteroatmosphärische Fistel, Hautirritationen, Multiorganversagen bedingt durch AKS, Tod)

2.4 Statistische Methoden

Fragestellung wurde nach dem PICO-Schema (Patient, Intervention, Comparison (Alternativmaßnahme) und Outcome) formuliert.

Wir verwendeten Microsoft Excel 2019 um den Datensatz zu verwalten und tabellarisch darzustellen. Die Daten wurden anonymisiert hinsichtlich Mortalität, Faszienabstand, Zeit bis zum Faszienverschluss, Anzahl der Revisionen, postoperativen intraabdominellen Drucks sowie der entstandenen Komplikationen deskriptiv ausgewertet. In einem zweiten

Schritt wurden die Patienten in zwei Gruppen eingeteilt: (I) Patienten und Patientinnen mit AKS im Vergleich zu (II) Patienten und Patientinnen mit abdominellem Voreingriffen oder Peritonitis. Ausschlaggebend für die Gruppeneinteilung war die Hauptdiagnose.

Das Outcome von Patienten mit einer fasciotens® Abdomen-Behandlung wurde mit dem von Patienten aus einem Vergleichskollektiv statistisch verglichen. Bei den Vergleichskollektivpatienten wurde eine Methode der Behandlung des offenen Abdomens vorgenommen, die nicht fasciotens® Abdomen war. Die Daten der Patienten des Vergleichskollektivs wurden aus dem Krankenhausinformationssystem (Orbis) des Universitätsklinikums Bonn entnommen. Die Auswahl der Patienten des Vergleichskollektivs erfolgte über das Prinzip des konsekutivem Patientenmatching. Einschlusskriterien waren die stationäre Aufnahme im Universitätsklinikum Bonn zwischen Januar 2018 bis Dezember 2018, das Vorliegen eines AKS sowie die Anlage eines temporären Bauchdeckenverschlusses bei Abdomen apertum. Die konventionelle Methode welche bei den Patienten und Patientinnen des Vergleichskollektiv genutzt wurde war die Netzinterposition und zum Teil zusätzlich die Nutzung unterdruckassistierter Techniken

In folgenden Parametern wurden die Patienten verglichen:

Mortalität gesamt

Definitiver Faszienverschluss ja/nein

Tage bis zum Faszienverschluss

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit IBM SPSS Statistics 26. Bei kleinem Patientenkollektiv erfolgte eine deskriptive statistische Darstellung mittels absoluter und relativer Häufigkeiten sowie anhand des Mittelwertes, Medians und der Standardabweichung. Die Beschreibung der statistischen Ergebnisse mittels Lagemaß erfolgte anhand der Art der Verteilung der Werte.

Ethik-Statement

Die Studie (Nr. 209/19) wurde von der Ethikkommission Bonn genehmigt

Alle in dieser Studie verwendeten Daten wurden vollständig anonymisiert. Die Studie wurde unter Berücksichtigung der Deklaration von Helsinki durchgeführt

Die Fotografien in den Abbildungen 5, 6 und 12 wurden mit dem freundlichen Einverständnis der Patientin aufgenommen und hier veröffentlicht.

3. Ergebnisse

3.1 Patientencharakteristika

Im Zeitraum von zwei Jahren, vom Februar 2019 bis zum Februar 2021 wurde bei neun Patienten eine Behandlung mit fasciotens® Abdomen durchgeführt.

Die Patienten befanden sich im Alter zwischen 23 und 78 Jahren. Der Mittelwert berechnete sich mit 52,4 Jahren (Tab. 4)

Tab. 4: Verteilung des Alters bei den betroffenen Patienten

Patienten- nummer (N=9)	9	6	7	8	2	4	5	1	3
Alter in Jahren in aufsteigender Reihenfolge	23	30	36	48	53	61	66	77	78

Fünf Probanden waren männlich, vier waren weiblichen Geschlechts.

Mit Body-Mass-Index (BMI)-Werten zwischen 19,4 und 34,1 kg/m² errechnete sich ein Mittelwert von 26,27 kg/m² bei einer Standardabweichung von $\pm 3,9$ kg/m². Der Median lag bei 26,3 kg/m², q1 bei 25,1 und q3 bei 27,5. 77,8 % der Probanden hatten einen BMI über 25 kg/m² und galten somit als übergewichtig (Abb. 13).

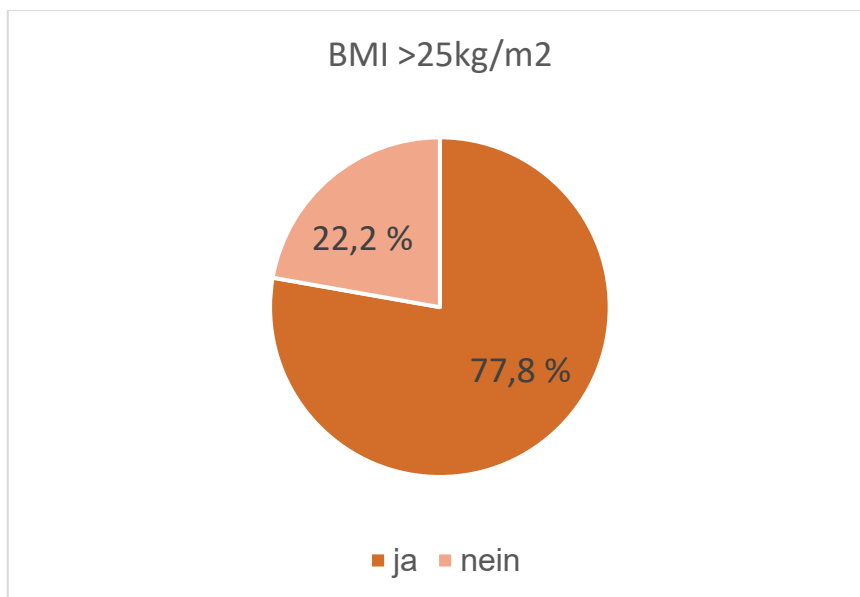


Abb. 13: Anteil der übergewichtigen sowie normalgewichtigen Patienten im Kollektiv

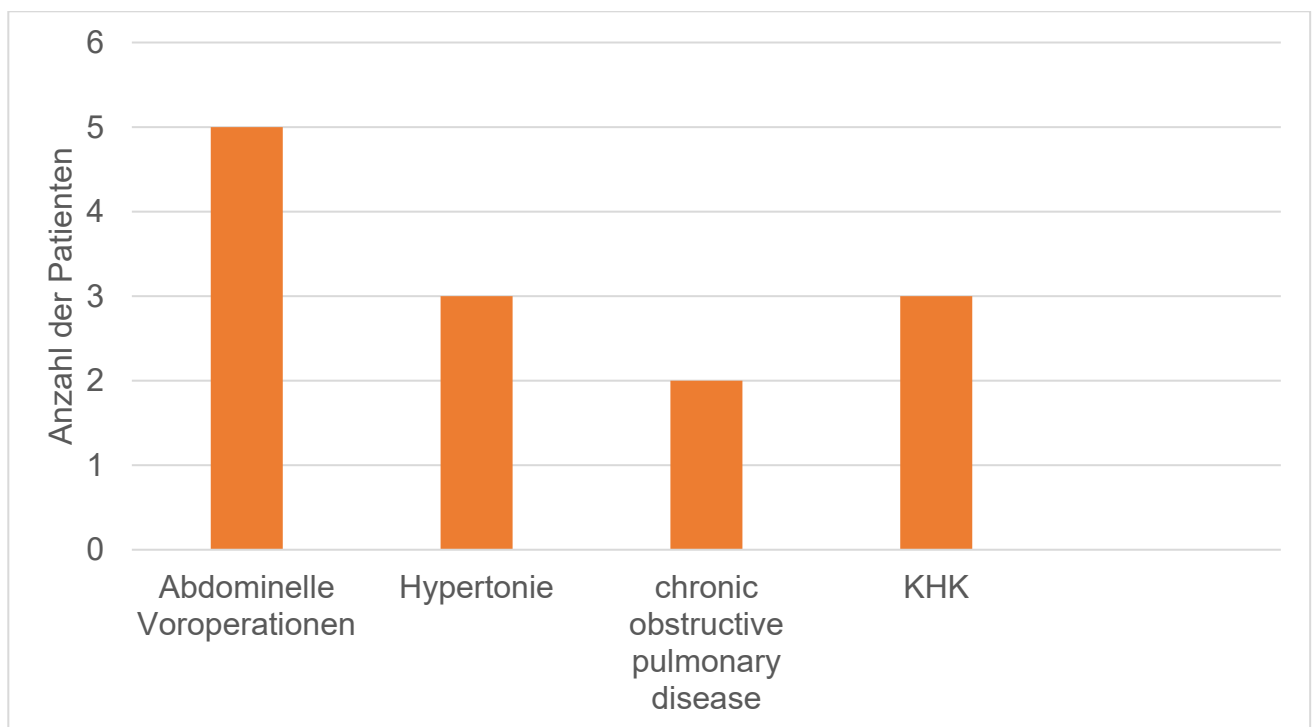


Abb. 14: Anzahl der Patienten im Kollektiv mit den ausgewählten Vorerkrankungen/Voroperationen

Ein Großteil der Probanden litt an Vorerkrankungen (Abb. 14). Mehr als die Hälfte (56 %) hatte eine abdominelle Voroperation. Des Weiteren war bei vier der Patienten ein Nikotinabusus als Risikofaktor bekannt.

3.2 Grunderkrankung / Auslöser AKS

Die Indikation für die Behandlung mittels Abdomen apertum war bei allen Patienten ein AKS. Dieses entwickelte sich als Folge verschiedener Krankheitsbilder. Mit 33 % wurde am häufigsten ein ARDS mit Behandlung mittels extrakorporalen Membran-Oxygenierung (ECMO) als Auslöser identifiziert. Bei je 22 % lag eine Peritonitis oder ein akutes Lungenversagen ohne ECMO vor.

Tab. 5: Verteilung der Krankheitsbilder, welche das abdominelle Kompartmentsyndrom auslösten

Auslöser AKS	Anzahl der Patienten (N=9)	Anzahl in %
ARDS ohne ECMO	2	22 %
ARDS mit ECMO	3	33 %
Peritonitis	2	22 %
Darmschämie	1	11 %
Blutung des Gastrointestinaltraktes	1	11 %

3.3 Intraabdomineller Druck

Der Mittelwert des IAP vor der Entlastungslaparotomie betrug 25,93 mmHg mit einer Standardabweichung von 8,2 mmHg. Somit lag im Schnitt eine intraabdominelle Hypertension Grad IV vor.

In den Phasen, in welchen das fasciotens® Abdomen System zur Vermeidung von Druckstellen abgenommen wurde, betrug der IAP im Schnitt 12,37 mmHg mit einer Standardabweichung von $\pm 2,87$ mmHg. Dies entspricht einer intraabdominellen Hypertension Grad I.

Der IAP wurde auch gemessen, während das fasciotens® Abdomen System am Patienten angebracht war. Zu diesen Zeiten zeigte sich der IAP am niedrigsten mit einem Mittelwert von 8,49 mmHg und einer Standardabweichung von $\pm 1,77$ mmHg. Trotz einer konstanten Zugkraft von 40 - 50 Newton auf die Faszie kam es nicht zu einer intraabdominellen Hypertension.

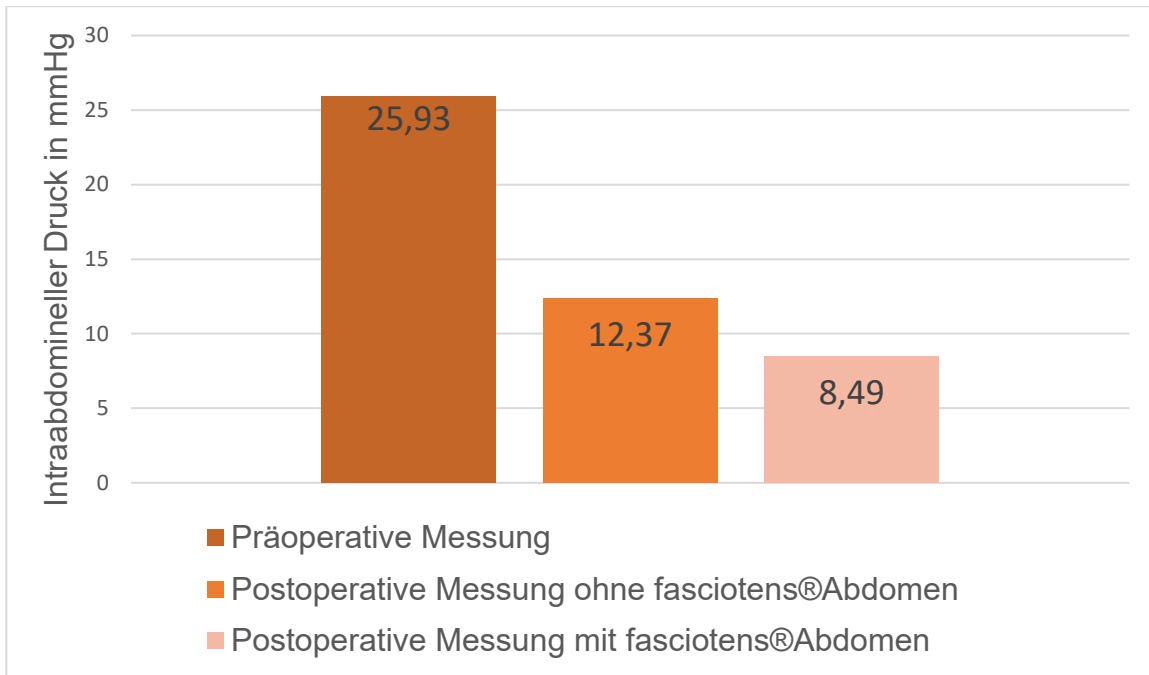


Abb. 15: Mittelwerte des intraabdominellen Druckes in verschiedenen Situationen

Tab. 6: Aufenthalt der Patienten auf Intensivstation in Tagen

Patienten- nummer (N=9)	4	1	8	7	9	3	2	6	5
Intensiv- Aufenthalt in Tagen	8	9	11	14	19	26	26	35	54

Die statistische Auswertung der Aufenthaltsdauer der Patienten und Patientinnen auf Intensivstation ergab eine schiefe Verteilung, wie in Tabelle 6 zu sehen ist. Im Median verbrachten sie 19 Tage auf Intensivstation mit einem 25 % Quartil von 11 Tagen und 75 % Quartil von 26 Tagen. Der Mittelwert betrug 22,4 Tage, die Standardabweichung $\pm 14,1$ Tage.

3.4 Intensiv Scores

Tab. 7: American Society of Anaesthesiologists Physical -Stadium der Patienten im Versuchskollektiv

ASA-Stadium	Anzahl der Patienten (n=9)
I	0
II	0
III	3
IV	5
V	1

Alle Patienten hatten ein ASA-Stadium größer als III, bei den meisten wurde ein ASA Stadium IV diagnostiziert.

Tab. 8: Simplified Acute Physiology II-Score vor und nach fasciotens® Abdomen-Anlage

	Erreichte Punktzahl des Simplified Acute Physiology II-Score(n=9)									Mittelwert	Standardabweichung
Vor Anlage	47	45	38	71	42	30	78	65	51	51,89	15,13
Mit Gerät	41	36	57	48	37	22	81	67	59	49,78	17,04

Der Mittelwert des SAPS II-Scores betrug vor der Anlage des temporären Bauchdeckenverschlusses 51,89 Punkte und sank unter der Benutzung von fasciotens® Abdomen auf 49,78.

Tab. 9: Pathophysiologische Parameter vor und nach Anlage von fasciotens® Abdomen n=9 (modifiziert nach Dohmen et al. 2024)

Parameter	Vor Abdomen apertum-Therapie		Nach Anlage von fasciotens® Abdomen	
Simplified Acute Physiology Score II	52 ± 15		50 ± 17	
Dialyse	6	67 %	6	67 %
Beatmung	7	78 %	7	78 %
positiv-endexpiratorischer Druck	18 ± 4 cmH ₂ O		18 ± 7 cmH ₂ O	
maximaler Beatmungsdruck	28 ± 2 cmH ₂ O		28 ± 3 cmH ₂ O	

Die in Tabelle 9 zusammengefassten Werte zeigen, dass es unter Therapie mit fasciotens® Abdomen nicht zu einer Verschlechterung der Patientenphysiologie kam. Insbesondere zeigte sich, dass die Therapie keinen Einfluss auf die Beatmungssituation der Patienten hatte. Die Werte der ersten Spalte wurden dabei direkt vor der Entlastungslaparotomie erhoben und die Werte der zweiten Spalte am dritten Tag nach Anlage von fasciotens® Abdomen. PEEP beschreibt den positiven endexpiratorischen Druck und Pmax den maximal aufgebrauchten Druck um eine suffiziente Beatmung zu garantieren.

3.5 Therapie des abdominellen Kompartmentsyndroms

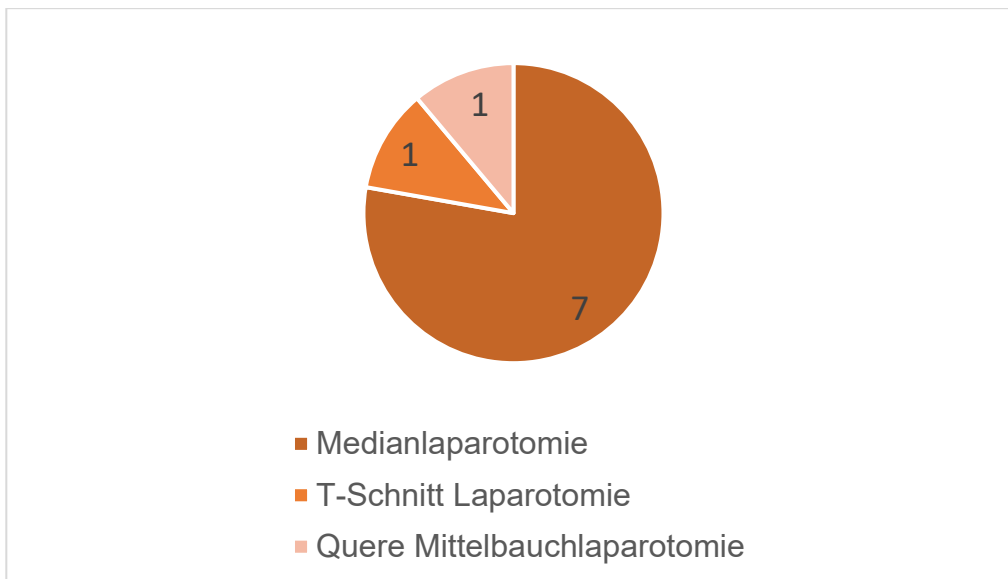


Abb. 16: Art der Entlastungslaparotomie in ganzen Zahlen

Die am häufigsten verwendete Laparotomie zur Entlastung des abdominellen Kompartments war mit 77,8 % die mediane Längsschnittlaparotomie. Die Anlage von fasciotens® Abdomen konnte selbst bei einer komplizierten Schnittführung, wie einer T-Schnitt-Laparotomie, problemlos erfolgen.

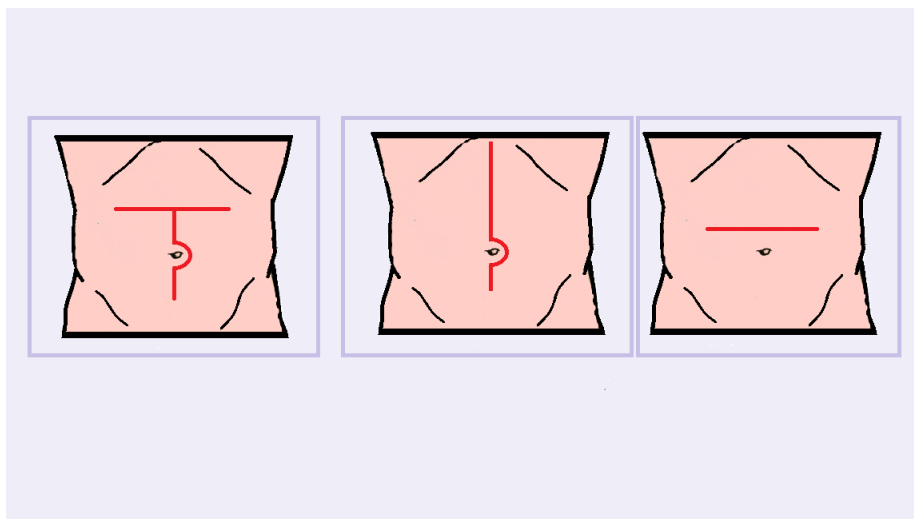


Abb. 17: Verschiedene Arten der Schnittführung bei Laparotomien. Von links nach rechts: T-Schnitt-Laparotomie, mediane Längsschnittlaparotomie und mediane Querschnittslaparotomie. (Eigene Abbildung)

In 8 von 9 Fällen wurde die Anlage von fasciotens® Abdomen mit der Anlage eines VAC®-Schwammes und gleichzeitiger Unterdrucktherapie kombiniert.

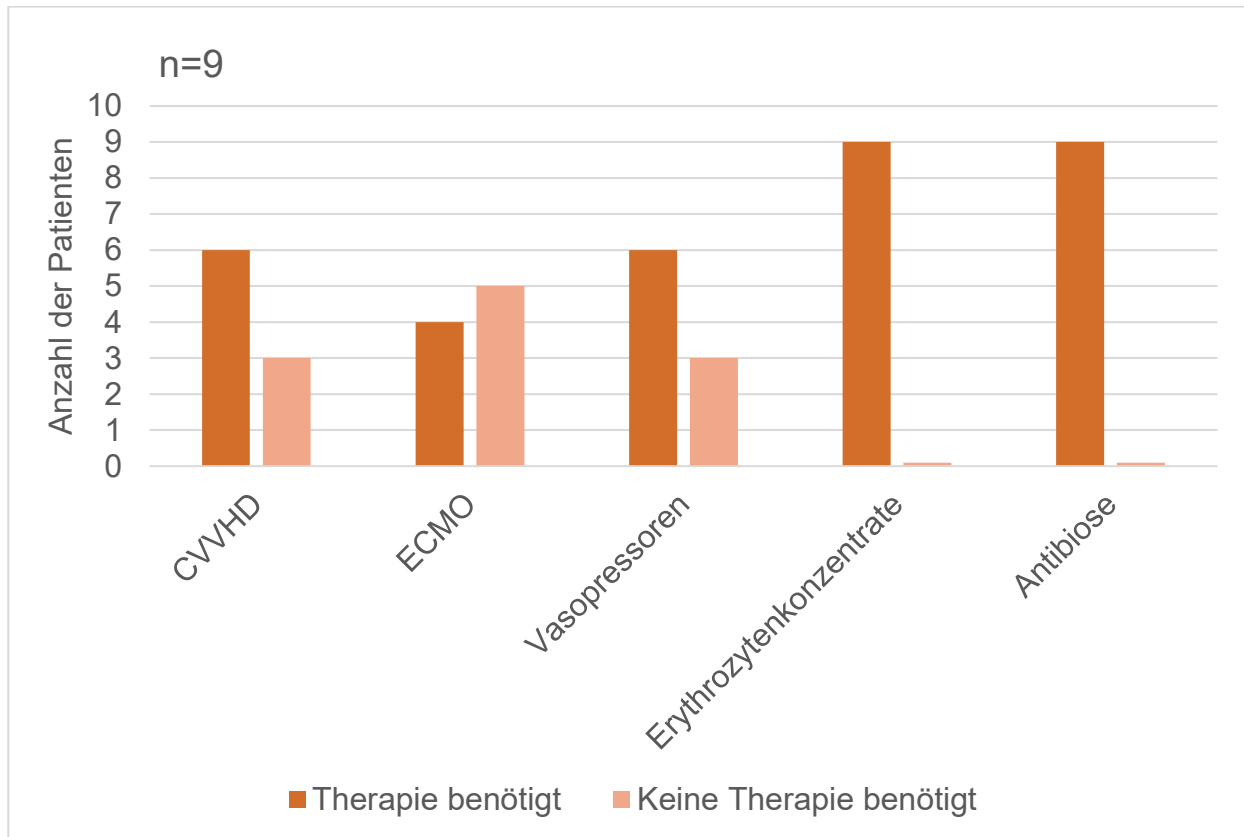


Abb. 18: Notwendigkeit intensivmedizinischer Therapien

Bei 6 Patienten musste eine kontinuierliche venovenöse Hämodialyse durchgeführt werden. 4 der 9 Patienten mussten an die extrakorporalen Membran-Oxygenierung angeschlossen werden. Beatmungspflichtig waren 7 der 9 Patienten.

Alle Patienten erhielten prä- und postoperativ eine intravenöse Antibiose. 6 Patienten mussten mit Vasopressoren behandelt werden.

Alle Patienten erhielten während ihres Aufenthaltes auf der Intensivstation Erythrozytenkonzentrate.

Tab. 10: Anzahl der Revisionen in ganzen Zahlen

Patienten- nummer (n=9)	4	5	7	8	1	9	2	3	6
Revisionen	1	1	1	1	2	3	4	4	4

Der Mittelwert der Anzahl der Revisionen betrug 2,3 pro Patienten. Die Standardabweichung betrug $\pm 1,3$ Revisionen. Statistisch zeigte sich hier eine gleichmäßige Verteilung.

3.6 Definitiver Bauchdeckenverschluss

Ein definitiver Bauchdeckenverschluss konnte bei 6 der 9 Patienten erreicht werden. Die übrigen drei Patienten verstarben bevor der Bauch verschlossen werden konnte.

Tab. 11: Tage bis zum Bauchdeckenverschluss

Anzahl an Patienten (n=6)	2	1	1	1	1	Mittelwert Standardabweichung +/-
Zeit in Tagen	5	6	7	13	14	8,3 $\pm$ 3,7

Im Schnitt wurde nach 8 Tagen der Bauchdeckenverschluss erreicht. Selbst nach 13 und 14 Tagen konnte ein Bauchdeckenverschluss noch problemlos erfolgen. Der Bauchdeckenverschluss erfolgte bei allen Patienten als direkter Faszienverschluss, das Einbringen eines Netzes war nicht nötig.

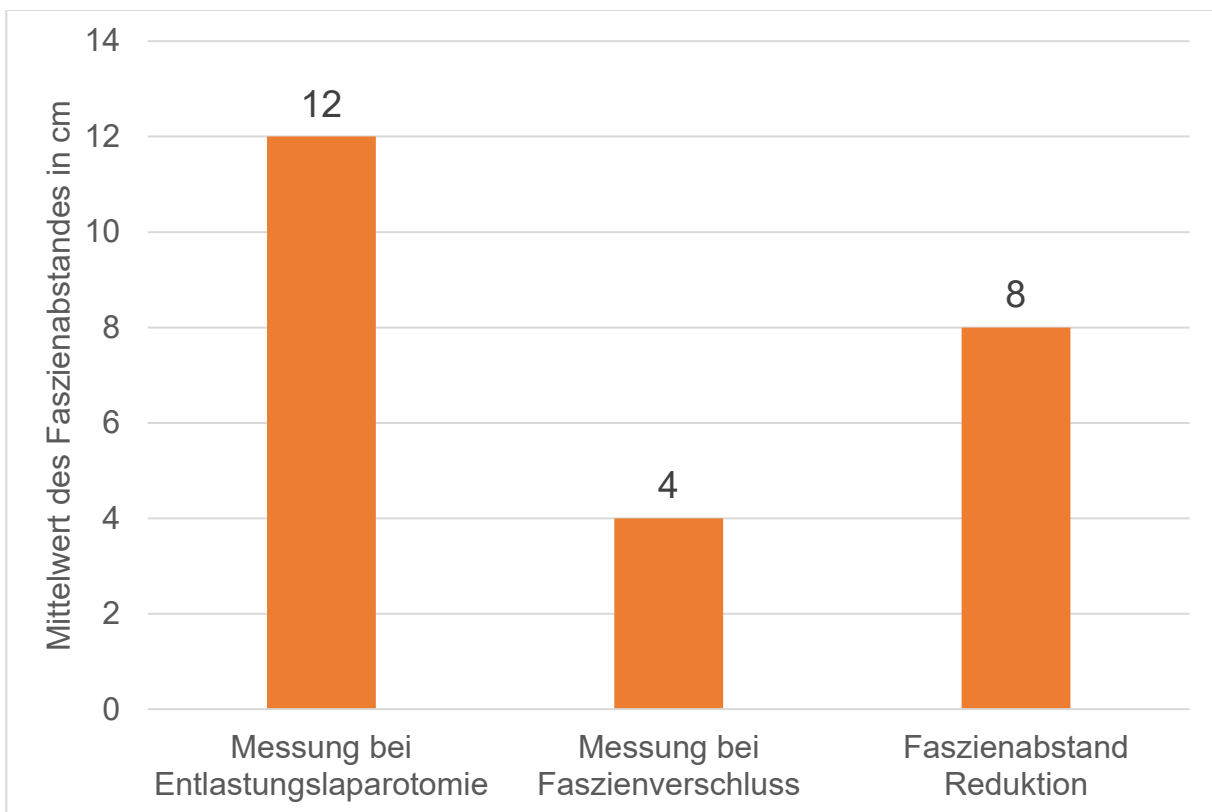


Abb. 19: Intraoperative Messung des Faszienabstandes bei Entlastungslaparotomie und Faszienverschluss sowie die totale Reduktion des Faszienabstandes

Abbildung 19 zeigt, dass mit fasciotens® Abdomen der Faszienabstand im Schnitt um 66,6 % verkleinert werden konnte.

3.7 Komplikationen

Bei der Nutzung von fasciotens® Abdomen kam es zu wenigen Komplikationen. Bei drei Patienten zeigten sich an den Auflageflächen des Gerätes am Thorax und Abdomen leichte Hautirritationen, welche sich durch eine Rötung bemerkbar machten.

Nennenswert ist in diesem Zusammenhang noch, dass es bei einem Patienten nach komplikationslos erfolgtem Bauchdeckenverschluss im Verlauf des Krankenhausaufenthaltes zu einer erneuten Laparotomie kam, welche ohne temporären Bauchdeckenverschluss behandelt wurde. Nach dieser Laparotomie entwickelte sich eine enteroatmosphärische Fistel.

Bei einer anderen Patientin kam es nach erfolgtem Bauchdeckenverschluss zu einer subkutanen Wundinfektion.

Bei keinem der Patienten konnte während des Krankenhausaufenthaltes die Bildung einer Hernie festgestellt werden (Dohmen et al. 2024).

3.8 Überlebensanalyse

Mortalität und Todesursachen:

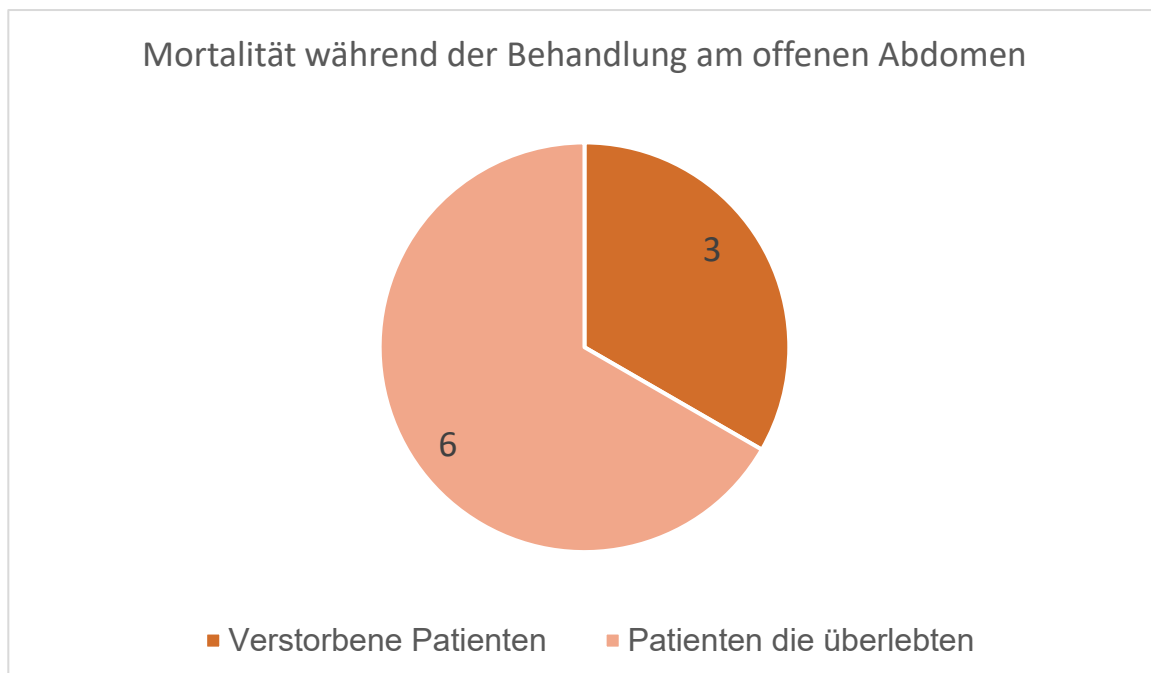


Abb. 20: Mortalität während der Abdomen apertum-Therapie

3 der 9 (33,3 %) Patienten verstarben, bevor der endgültige Bauchdeckenverschluss erreicht werden konnte

4 der 9 Patienten überlebten die ersten 30 Tage nach der Entlastungslaparotomie, 5 Patienten verstarben in diesem Zeitraum. Die Gesamtmortalität berechnet sich mit 55,6 %. Die Todesursachen gestalteten sich sehr verschieden (Tab. 12).

Tab. 12: Todesursachen der verstorbenen Patienten

Todesursache	Anzahl der Patienten (n=5)
Stroke mit bihemisphärischer Einblutung	1
Kombinierter kardialer und septischer Schock nach frustraner Reanimation	1
Multiorganversagen bei plötzlichem Herztod mit Reanimation	1
Einstellung der intensivmedizinischen Behandlung	1
Multiorganversagen infolge von akutem Lungenversagen, Extracorporaler Membranoxygenierung, akuter myeloischer Leukämie und Systemischem inflammatorischem Response-Syndrom	1

3.9 Kontrollgruppe

Im Vergleichskollektiv betrug das Alter 48 bis 80 Jahre. Der Mittelwert betrug 62,9 Jahre mit einer Standardabweichung von $\pm 11,0$ Jahren.

Der Median betrug 61,5 Jahre, das 25 % Quartil lag bei 54,8 und das 75 % Quartil bei 70,3 Jahren.

Die Analyse der Geschlechterverteilung im Vergleichskollektiv zeigte einen überwiegenden Anteil an männlichen Patienten (83,3 % Männer, 16,7 % Frauen).

Von den 12 Patienten und Patientinnen im Vergleichskollektiv verstarben insgesamt 9 im Verlauf. Damit lag eine Mortalität von 75 % vor.

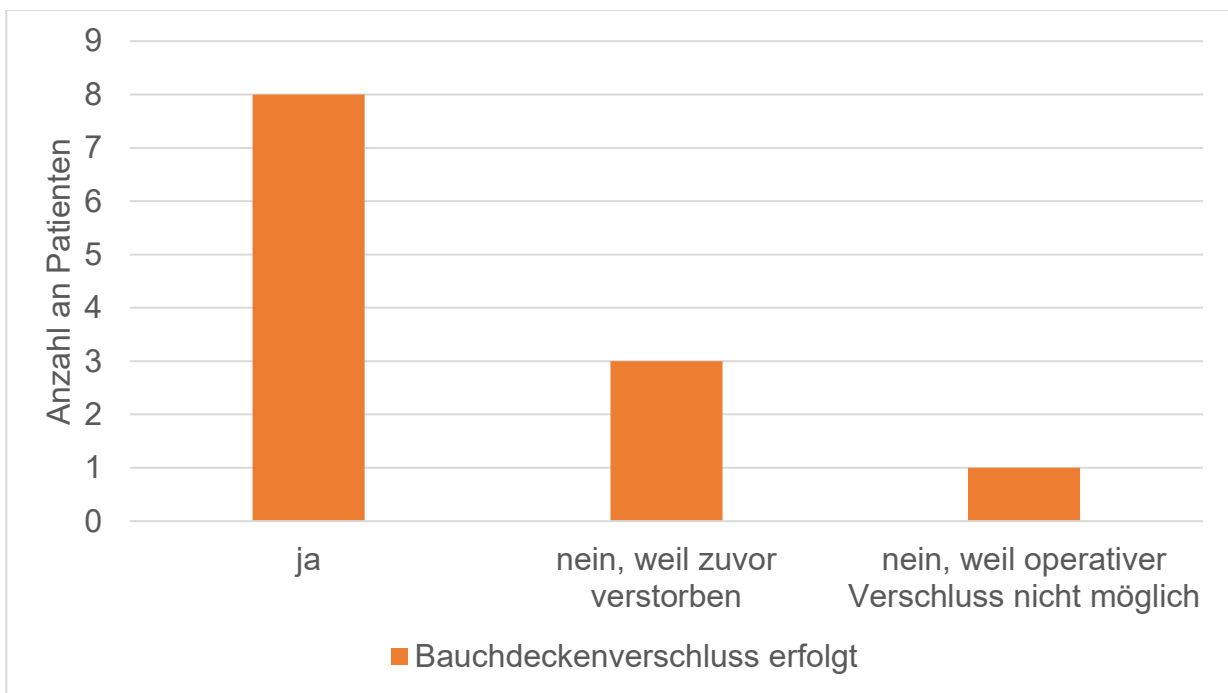


Abb. 21: Erfolgter Bauchdeckenverschluss im Vergleichskollektiv

Bei 4 Patienten des Vergleichskollektives konnte kein definitiver Bauchdeckenverschluss erreicht werden, bei 8 Patienten war dieser erfolgreich.

Im Durchschnitt ließ sich der Bauchdeckenverschluss in der Kontrollgruppe nach 8,9 Tagen durchführen. Der Median der Kontrollgruppe lag bei 6 Tagen, das 25 % Quartil bei 5,75 Tagen und das 75 % Quartil bei 7,5 Tagen.

3.10 Vergleich von Patienten und Kontrollkollektiv

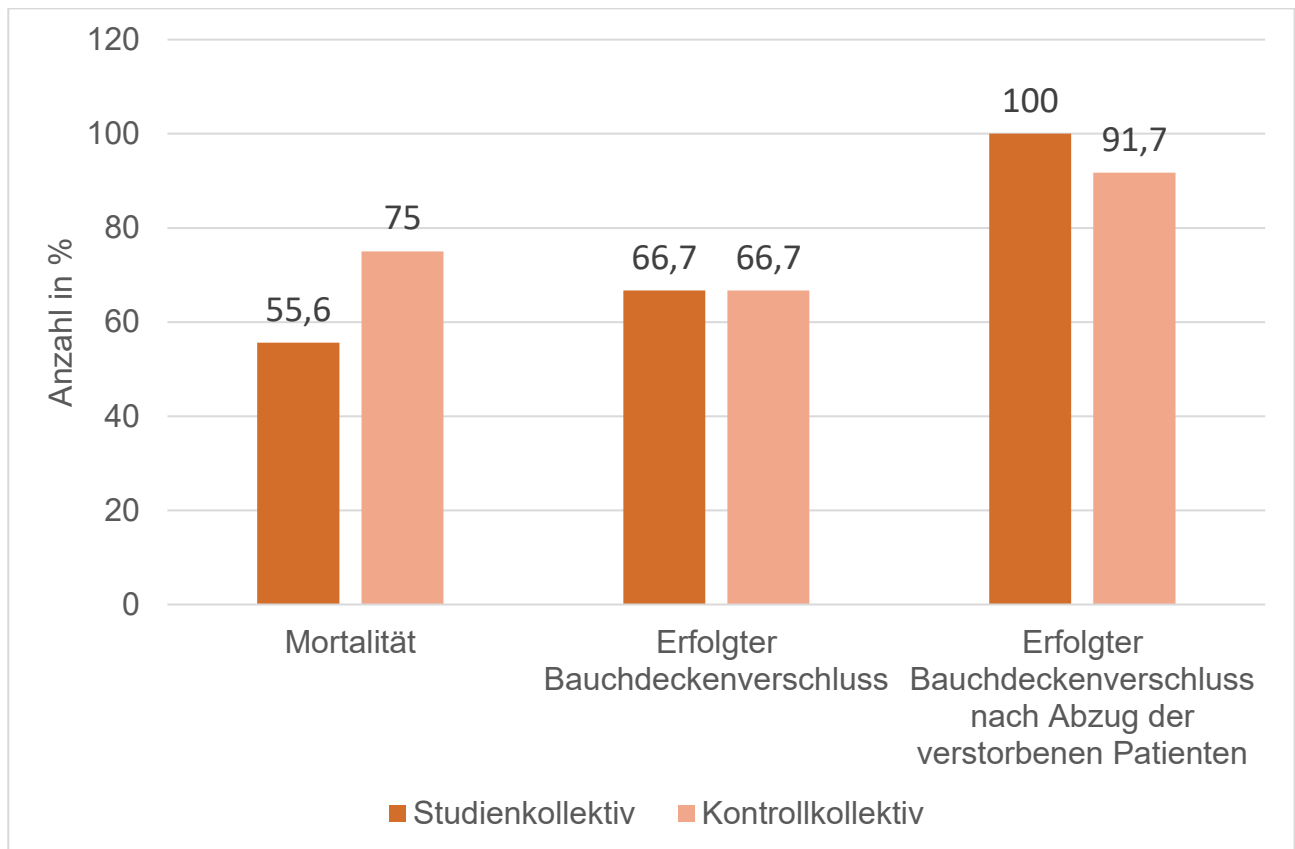


Abb. 22: Vergleich der Kollektive bezüglich Mortalität und Bauchdeckenverschluss in %

Tab. 13: Vergleich der Kollektive bezüglich Tage bis zum Bauchdeckenverschluss

	Tage								Mittelwert
Patientenkollektiv n=6	5	5	6	7	13	14			8,3 ± 3,7
Kontrollgruppe n=8	1	5	6	6	6	7	9	31	8,9 ± 8,6

Im Vergleich zeigte sich eine im Schnitt geringere Zeitspanne bis zum Bauchdeckenverschluss in Tagen beim Patientenkollektiv sowie eine kleinere Standardabweichung. Ein signifikantes Ergebnis ist dies jedoch bei kleinem Patientenkollektiv nicht ($p = -0,13$).

4. Diskussion

4.1 Zusammenfassung der Arbeit

Mit der monozentrischen, retrospektiven Beobachtungsstudie wurden erstmals am Universitätsklinikum Bonn die Einflüsse von fasciotens® Abdomen auf das Outcome von Patienten unter Abdomen apertum-Therapie erhoben. Eingeschlossen in die Studie wurden neun Patienten, welche im Zeitraum von Februar 2019 bis Januar 2020 mittels fasciotens® Abdomen behandelt wurden. Ein definitiver Bauchdeckenverschluss konnte bei allen Patienten, welche nicht frühzeitig verstarben, erreicht werden. Ein negativer Einfluss auf die Patientenphysiologie konnte nicht nachgewiesen werden. Während der Benutzung von fasciotens® Abdomen stellte sich heraus, dass eine Senkung des intraabdominellen Druckes erreicht werden konnte, da dieser in den Pausen, in denen das Gerät nicht am Patienten angebracht war, höher war. Mit Ausnahme von Hautirritationen kam es zu keinen Komplikationen während der Therapie mit fasciotens® Abdomen (Dohmen et al. 2024).

4.2 Diskussion der Methoden

4.2.1 Studiendesign und -dauer

Die Studie wurde über einen Zeitraum von fast zwei Jahren durchgeführt, trotzdem wurde nur eine Teilnehmerzahl von neun Patienten generiert. Dies lässt sich durch die Seltenheit des Krankheitsbildes erklären. Durch den Einschluss von nur einer Klinik in die Studie konnte garantiert werden, dass die Anlage und Benutzung des Gerätes immer gleich erfolgt.

Es wurde darauf geachtet, dass das ärztliche sowie das pflegerische Personal eine ausführliche Einweisung in die Benutzung von fasciotens® Abdomen erhielt. Das Procedere zur Anlage und regelmäßige Kontrollen durch die Pflege wurde eingehalten,

wie sich aus der Dokumentation im Krankenhausinformationssystem ergab. Durch den retrospektiven Charakter der Studie konnten Daten, welche fehlerhaft dokumentiert wurden oder fehlten, nicht ergänzt werden. Damit kam es zu Lücken in der Datenerhebung. Ein weiterer Faktor, welcher zu lückenhafter Dokumentation führte, war die Beteiligung mehrerer Fachrichtungen (Chirurgie, anästhesiologische Intensivmedizin), in der Versorgung der Patienten. Dies spiegelt die allgemeine Situation in der Behandlung des Abdomen apertums wider, denn eine aktuelle Studie zeigte, dass nur in 30 % der Fälle ein standardisiertes Vorgehen eingehalten wurde (Willms et al. 2022).

Ein Vergleich innerhalb des Patientenkollektives gestaltete sich schwierig, da die zugrunde liegenden Krankheitsbilder sehr divers sind. Diese Problematik findet sich allerdings auch in vergleichbarer Literatur. Insbesondere die Letalität der Patienten hängt zum großen Teil von dem zugrunde liegenden Krankheitsbild ab. Patienten welche durch ein Trauma ein AKS entwickeln, haben eine höhere Überlebenschance als Patienten mit septischer Peritonitis (Willms et al. 2015; Schaaf et al. 2018; Holodinsky et al. 2013).

In der Studie wurden viele einzelne Parameter ausgewertet, während sich viele vergleichbare Studien auf wenige Parameter wie „Bauchdeckenverschluss ja/nein“ und „Tagen bis zum Bauchdeckenverschluss“, sowie Mortalität beschränkten (Quyn et al. 2012). Zwar wurden nur neun Patienten in die Studie aufgenommen, doch sind solche Fallzahlen bei vergleichbaren Veröffentlichungen nicht unüblich (Tremblay et al. 2001). Mehrere systematische Auswertungen und Metaanalysen zeigten, dass die Kombination eines Unterdruckwundverbands mit einem dynamischen temporären Bauchdeckenverschluss die höchsten Verschlussraten hat (Bruhin et al. 2014; Petersson und Petersson 2020). Auch in den internationalen Leitlinien wird eine unterdruckassistierte Technik als temporärer Bauchdeckenverschluss empfohlen (Coccolini et al. 2018).

Limitierend für die Studie ist, dass keine Follow- Up Untersuchungen durchgeführt wurden. Es können somit keine Aussagen über Langzeitkomplikationen getroffen werden.

Um die Ergebnisse der Studie weiter zu validieren, sollte eine prospektive Fall-Kontroll-Studie durchgeführt werden, bei der gematchte Patienten miteinander verglichen werden.

4.2.2 Untersuchungs- und Auswertparameter

Bei der Auswahl der zu erfassenden Parameter wurde zum einen darauf geachtet, dass Werte aus der aktuellen Literatur mit in die Datenerhebung aufgenommen werden, um die Daten vergleichbar zu machen (Mukhi und Minor 2014; Willms et al. 2015). Des Weiteren wurden Daten erhoben, welche in physiologischem Zusammenhang mit der Behandlungsmethode standen. Dazu zählten unter anderem ein Monitoring des intraabdominellen Druckes sowie eine Beeinträchtigung der Beatmungsparameter (Malbrain et al. 2016b). Hinzukommend wurde die erreichte Faszienabstandsreduktion dokumentiert und ausgewertet. Bedauerlicherweise zeigte sich während der Datenakquise die Unvollständigkeit einiger Messparameter, welche die Aussagekraft der Studienergebnisse mindert.

4.2.3 Statistische Methoden

Die Auswertung der einzelnen Parameter erfolgte im Stile der „Mixed Methods“, so wurden quantitative neben qualitativen Analysen angewandt. Aufgrund der kleinen Fallzahl der Studie konnte eine statistische Auswertung nur deskriptiv erfolgen. Signifikanzen und Korrelationen konnten nicht berechnet werden. Die Beschreibung der statistischen Ergebnisse mittels Lagemaß erfolgte anhand der Art der Verteilung der Werte.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

4.3.1 Patientencharakteristika

Patienten im Alter zwischen 23 und 78 Jahren wurden in die Studie aufgenommen, die Geschlechterverteilung war annähernd gleich mit 44 % männlichen und 56 % weiblichen Patienten. Einige Studien berichten von Adipositas als Risikofaktor für das Entstehen

eines abdominellen Kompartmentsyndroms (Keulenaer et al. 2011; Smit et al. 2020). Ein BMI über 30 kg/m² lag jedoch nur bei einem der neun Patienten vor.

77,8 % der Patienten war hingegen übergewichtig und damit lag das Patientenkollektiv deutlich über dem deutschen Durchschnitt, welcher bei 54 % liegt (Lange und Finger 2017).

4.3.2 Krankheitscharakteristika

Die Grunderkrankungen, welche ein AKS auslösen können sind verschieden. Neben der Peritonitis gehören hierzu auch Ischämien der Darmwand und Blutungen in der Bauchhöhle (Coccolini et al. 2017). Gleichmaßen spiegelte sich die Verteilung in unserem Patientenkollektiv wider. Allerdings wurde bei 55 % der Patienten in der Studie das AKS durch andere Krankheitsbilder ausgelöst. Am häufigsten, bei 33 % der Patienten, wurde als Auslöser das Vorliegen einer ECMO-Therapie identifiziert. Gleichmaßen häufig (bei 22 % der Patienten) war das Vorliegen eines ARDS (Acute Respiratory Distress Syndroms), oder Lungenversagens Auslöser des AKS.

Patienten und Patientinnen mit einem AKS sind kritisch krank (Smit et al. 2020). Alle Patienten der Studie waren während ihres Aufenthaltes intensivstationspflichtig. Im Vergleich mit Studien welche einen ähnlichen Aufbau aufwiesen, bestand ein deutlich kürzerer Aufenthalt auf Intensivstation. Zum direkten Vergleich eignet sich eine Studie, in welcher der temporäre Bauchdeckenverschluss mittels des ABThera™-Systems in Kombination mit mechanischer Fasziendehnung erfolgte. Dort zeigte sich für Patienten mit abdominellen Kompartmentsyndrom im Median eine Zeit auf Intensivstation von 27 Tagen (q1:16 Tage; q3:41 Tage) (Mittelwert: 30 Tage ± 13,0 Tage) (Mukhi und Minor 2014). Unter Anwendung von fasciotens® Abdomen erreichten wir im Median eine Verlegung schon nach 19 Tagen (q1: 11 Tage; q3: 26 Tage) (Mittelwert: 22,4 Tage ±14,1 Tage).

4.3.3 Therapie

Während der Therapie mittels fasciotens® Abdomen kam es zu keiner negativen Beeinflussung der Patientenphysiologie. Beatmungsparameter wurden vor und während der Benutzung des Gerätes gemessen. Es zeigten sich keine relevanten Veränderungen, der PEEP verblieb bei 18 ± 7 cmH₂O (zuvor 18 ± 4 cmH₂O). Auch der maximale Beatmungsdruck veränderte sich nicht von zuvor $28,0 \pm 2$ cmH₂O auf $28,0$ cmH₂O ± 3 cmH₂O. Der SAPS II-Score konnte durch die Anlage von fasciotens® Abdomen minimal gesenkt werden von 52 ± 15 Punkte auf 50 ± 17 Punkte. Im direkten Vergleich mit der zuvor genannten ABThera™ OAM plus ABRA Systems Studie von (Mukhi und Minor 2014) bei welcher der SAPS II Score bei Patienten mit AKS unter Benutzung des Systems bei $51 \pm 7,5$ Punkten lag, zeigt sich ein ähnliches Bild. Insgesamt zeigt sich, dass fasciotens® Abdomen auch bei intensivpflichtigen Patienten in einem kritischen Gesundheitsstadium sicher in der Anwendung ist (Dohmen et al. 2024).

Durch kontinuierliche Messungen konnte gezeigt werden, dass mit fasciotens® Abdomen eine Senkung des IAP im Vergleich zur reinen unterdruckassistierten Technik bei konstant auf die Faszie wirkender Zugkrafte erreicht werden kann. Dies ist ein wichtiger Unterschied zu bisher vorliegenden Verfahren zur Verhinderung der Faszienretraktion, bei welchen die intraabdominelle Hypertension eine gefürchtete Komplikation ist (D. Demetriades 2012).

In einer Studie in welcher der temporäre Bauchdeckenverschluss mittels unterdruckassistierten Techniken sowie Netzinterposition durchgeführt wurde, wurde über $4,2 \pm 1,8$ Folgeeingriffe bis zum erfolgreichen Bauchdeckenverschluss berichtet, wohingegen diese Zahl in unserer Studie mit fasciotens® Abdomen fast halbiert werden konnte (Willms et al. 2015). Die Anzahl der Revisionen betrug im Durchschnitt $2,3 \pm 1,3$ Revisionen. Weitere Studien beschrieben unter der Nutzung der alleinigen Netzinterposition durchschnittlich sogar 9 Revisionen (Bosscha et al. 2000).

4.3.4 Bauchdeckenverschluss

Von den 9 Patienten und Patientinnen welche mittels fasciotens® Abdomen behandelt wurden, verstarben drei bevor der Bauchdeckenverschluss erfolgen konnte. Bei den Überlebenden wurde jedoch eine Bauchdeckenverschlussrate von 100 % erreicht. Dies ist eine höhere Rate als bei aktuellen Vergleichsstudien, welche über Raten von 83 % bis 86 % berichten. In beiden Studien wurde eine unterdruckassistierte Technik in Kombination mit der Netzinterposition als temporärer Bauchdeckenverschluss durchgeführt (Willms et al. 2015; Petersson und Petersson 2020).

Der definitive Bauchdeckenverschluss konnte mittels fasciotens® Abdomen durchschnittlich nach $8,3 \pm 3,7$ Tagen erfolgen, was doppelt so schnell ist ($16 \pm 24,9$ Tage), wie in vergleichbaren Studien beschrieben (Willms et al. 2015). Zum einen steht ein zügiger Bauchdeckenverschluss in Korrelation mit einem besseren Outcome des Patienten und einer Reduktion der Langzeitkomplikationen (Kirkpatrick et al. 2013; Criss et al. 2014; Lambertz et al. 2015). Zum anderen vermindert man die Wahrscheinlichkeit einer Fistelbildung, da diese steigt, je länger die Abdomen apertum-Therapie fortgeführt wird (Coccolini et al. 2017). Nicht zu vergessen ist der Faktor, dass durch eine kürzere intensivmedizinische Behandlung Kosten gespart werden.

Durch die intraoperativ erfolgten Messungen des Faszienabstandes in verschiedenen Stadien der Behandlung mittels fasciotens® Abdomen konnte gezeigt werden, dass nicht nur der Faszienretraktion entgegengewirkt wurde, sondern dass es sogar zu einer Faszienabstandsreduktion kam. Der Abstand wurde um 65 % verringert. Es könnten sich darüber hinaus noch weitere Gebiete zur Nutzung des Gerätes ergeben: Bei einem Patienten wurde ein intraoperatives Stretching der Faszie mittels fasciotens® Abdomen durchgeführt, wonach ein direkter Faszienverschluss an der gestreckten Stelle erlangt werden konnte.

4.3.5 Komplikationen

Die Rate an Komplikationen durch die Nutzung von fasciotens® Abdomen war gering. Eine der gefürchtetsten Komplikationen bei der Behandlung mittels Abdomen apertum in Kombination mit Unterdruckwundverbänden ist die Bildung einer enteroatmosphärischen Fistel (Willms et al. 2021; Teixeira et al. 2008). Diese konnte bei keinem Patienten während der Therapie nachgewiesen werden (0 %). Eine Übersichtsstudie beschreibt Fistelbildungen bei 13,5 % der Patienten, welche mittels Unterdruckverbänden behandelt wurden. Die Rate an Komplikationen bei der Abdomen apertum-Behandlung stellt sich in der Literatur generell als hoch dar, je nach Therapieansatz beträgt sie zwischen 32,5 % und 58,8 % (Coccolini et al. 2017). Als Komplikationen durch fasciotens® Abdomen manifestierten sich in der Studie nur leichte Hautirritationen bei drei der Patienten (33,3 %) (Dohmen et al. 2024). Auch weitere Anwender des fasciotens® Abdomen Systems konnten keine postoperativen Komplikationen feststellen (Hees und Willeke 2020).

4.3.6 Überlebensanalyse

Mortalitätsraten während der Behandlung mit Abdomen apertum werden in der Literatur mit 7,1 % bis 33,3 % (Coccolini et al. 2017; Willms et al. 2015) angegeben. In diesem Bereich befand sich mit 33,3 % auch die Mortalität unseres Patientenkollektives. Die Gesamtmortalität betrug 55,6 %. Im Vergleich mit der Literatur ist dies eine recht hohe Mortalität, allerdings lässt sie sich eher durch die Schwere der Erkrankung der Patienten erklären, als durch die Behandlung mit fasciotens® Abdomen. Die Patienten hatten zu 66,7 % einen ASA-Score von 4 Punkten oder höher, bei einem Mittelwert von 3,78 Punkten. Damit hatte ein Großteil der Patienten eine statistische 7-Tage-Letalität zwischen 23,48 % und 50,77 % (Irlbeck et al. 2017; Mayhew et al. 2019). Die Todesursachen sind sehr variabel und lassen sich nicht auf den Bauchdeckenverschluss zurückführen. Unter ihnen befanden sich unter anderem Stroke, Multiorganversagen nach plötzlichem Herztod und kardiopulmonaler Reanimation sowie Multiorganversagen nach akutem Lungenversagen

unter akuter myeloischer Leukämie und SIRS (Systemic Inflammatory Response Syndrome).

4.3.7 Vergleich der Kollektive

Um einen weiteren Blickwinkel zu erlangen, erfolgte die Auswertung von Daten eines Vergleichskollektives. Somit konnte ein direkter Vergleich zwischen Patienten mit relativ ähnlichen äußeren Umständen geschaffen werden. Es wurden zwölf Patienten eingeschlossen, welche im Zeitraum von 01.01.2018 bis zum 31.12.2018 am Universitätsklinikum Bonn mittels Abdomen apertum behandelt wurden.

Es zeigte sich zum einen, dass die Mortalität im Vergleichskollektiv (75 %) fast 20 % höher als im Patientenkollektiv (55,6 %) war. Zum anderen konnte mittels fasciotens® Abdomen die Rate des erfolgten Bauchdeckenverschlusses nach Abzug der verstorbenen Patienten von 91,7 % auf 100 % erhöht werden. Zudem erfolgte mittels fasciotens® Abdomen der Bauchdeckenverschluss früher (Mittelwert von $8,3 \pm 3,7$ Tagen) als im Vergleichskollektiv (Mittelwert von $8,9 \pm 8,6$ Tagen).

4.4 Ausblick

Obwohl es eine kleine Studie ist, ist sie wichtig, da das AKS ein seltenes Krankheitsbild ist und hohe Fallzahlen daher nicht erreichbar sind. Auch vergleichende aktuelle Studien bezüglich des Krankheitsbildes und der Komplikationen sind klein und mäßig aussagekräftig (Denys et al. 2021). Die Therapie mittels Unterdruckwundverband in Kombination mit einem Gerät zur mechanischen vertikalen Fasziendehnung ist eine vielversprechende Methode des temporären Bauchdeckenverschlusses mit einigen klar belegbaren Vorteilen. Es wäre wünschenswert, wenn weitere größere Studien zur Bestätigung der gewonnenen Ergebnisse durchgeführt werden.

5. Zusammenfassung

Das abdominelle Kompartmentsyndrom ist ein intensivmedizinisches Krankheitsbild und stellt eine interdisziplinäre Herausforderung dar. Nicht selten ist eine Abdomen apertum Behandlung erforderlich. Ein Goldstandard zur Optimierung des temporärem Bauchdeckenverschluss wurde bisher nicht etabliert.

Mit fasciotens® Abdomen wurde ein neues dynamisches Verfahren des temporären Bauchdeckenverschlusses konzipiert, welches die vertikale Zugspannung als Alleinstellungsmerkmal bietet und mit der Unterdrucktherapie kombiniert werden kann.

Ziel der retrospektiven Datenerhebung war, das Outcome der Patienten, welche mittels fasciotens® Abdomen behandelt wurden mit denen eines Vergleichskollektives sowie Daten aus der aktuellen Literatur zu vergleichen.

Hierfür wurden die Daten von Patienten und Patientinnen erhoben, welche im Zeitraum von Februar 2019 bis Januar 2021 mittels fasciotens® Abdomen behandelt wurden. Bei einer kleinen Fallzahl folgte eine deskriptive statistische Auswertung.

Die Patienten und Patientinnen des untersuchten Kollektivs waren schwer schwerstgradig krank, 66,7 % hatten einen American Society of Anaesthesiologists Physical Status - Score von 4 Punkten oder höher.

Während der Therapie kam es zu keiner negativen Beeinflussung der Patientenphysiologie. Beatmungsparameter zeigten keine relevanten Veränderungen, der positiv-endexpiratorischer Druck verblieb bei 18 ± 7 cmH₂O (zuvor 18 ± 4 cmH₂O), der maximale Beatmungsdrucks von zuvor $28,0 \pm 2$ cmH₂O auf $28,0$ cmH₂O ± 3 cmH₂O. Der Simplified Acute Physiology II-Score konnte minimal gesenkt werden von 52 ± 15 Punkte auf 50 ± 17 Punkte. Bei den Überlebenden wurde eine Bauchdeckenverschlussrate von 100 % erreicht.

Die Datenerhebung zeigt, dass fasciotens® Abdomen sicher in der Anwendung bei intensivpflichtigen Patienten und Patientinnen ist. Die Anzahl an Revisionen konnte verringert werden. Im Durchschnitt waren $2,3 \pm 1,3$ Revisionen notwendig, wohingegen in der Literatur von durchschnittlich 4 - 9 Folgeeingriffe berichtet wird. Da keine Aussage bezüglich der Signifikanz der Ergebnisse getätigt werden kann, wäre es wünschenswert, weitere Forschung zu diesem Thema durchzuführen.

6. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: 3D-Modell des temporären Bauchdeckenverschlusses mittels fasciotens®Abdomen	8
Abb. 2: Verhältnis von Druck und Volumen in der geschlossenen Bauchhöhle	10
Abb. 3: Punkte zur Errechnung des Simplified Acute Physiology II-Score (Le Gall et al. 1993)	15
Abb. 4: Berechnung der Mortalitätsrate anhand des Simplified Acute Physiology II-Scores (Le Gall et al. 1993)	16
Abb. 5: Intraoperative Fotografie aus der Frontalebene nach Entlastungslaparotomie bei abdominellem Kompartmentsyndrom	20
Abb. 6: Intraoperative Fotografie aus der Sagittalebene nach Entlastungslaparotomie bei abdominellem Kompartmentsyndrom	21
Abb. 7: 3D-Modell von fasciotens® Abdomen am Patienten	27
Abb. 8: 3D-Modell: Anbringen der Haltefäden an ein Vicrylnetz	30
Abb. 9: Anbringen der Haltefäden in der Fadenhalterung	30
Abb. 10: Anzeige der Zugkraft am Gerät	31
Abb. 11: 3D-Modell der korrekten Anlage von fasciotens® Abdomen am Patienten	32
Abb. 12: Fotografie des angelegten fasciotens® Abdomen- Systems auf der Intensivstation in Kombination mit Sogbehandlung (WIC® und VAC®).	33
Abb. 13: Anteil der übergewichtigen sowie normalgewichtigen Patienten im Kollektiv	38
Abb. 14: Anzahl der Patienten im Kollektiv mit den ausgewählten Vorerkrankungen/Voroperationen	38
Abb. 15: Mittelwerte des Intraabdominellen Druckes in verschiedenen Situationen	40
Abb. 16: Art der Entlastungslaparotomie in ganzen Zahlen	43
Abb. 17: Verschiedene Arten der Schnittführung bei Laparotomien. Von links nach rechts: T-Schnitt-Laparotomie, mediane	

Längsschnittlaparotomie und mediane Querschnittslaparotomie	43
Abb. 18: Notwendigkeit intensivmedizinischer Therapien	44
Abb. 19: Intraoperative Messung des Faszienabstandes bei Entlastungslaparotomie und Faszienverschluss sowie die totale Reduktion des Faszienabstandes	46
Abb. 20: Mortalität während der Abdomen apertum-Therapie	47
Abb. 21: Erfolfter Bauchdeckenverschluss im Vergleichskollektiv	49
Abb. 22: Vergleich der Kollektive bezüglich Mortalität und Bauchdeckenverschluss in %	50

7. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Einteilung der intraabdominellen Hypertension	9
Tab. 2: ASA-Klassifikation	17
Tab. 3: Bjork-Klassifikation des Abdomen apertums	18
Tab. 4: Verteilung des Alters bei den betroffenen Patienten	37
Tab. 5: Verteilung der Krankheitsbilder, welche das abdominelle Kompartmentssyndrom auslösten	39
Tab. 6: Aufenthalt der Patienten auf Intensivstation in Tagen	40
Tab. 7: ASA-Stadium der Patienten im Versuchskollektiv	41
Tab. 8: SAPS II-Score vor und nach fasciotens® Abdomen-Anlage	41
Tab. 9: Pathophysiologische Parameter vor und nach Anlage von fasciotens® Abdomen	42
Tab. 10: Anzahl der Revisionen in ganzen Zahlen	45
Tab. 11: Tage bis zum Bauchdeckenverschluss.	45
Tab. 12: Todesursachen der verstorbenen Patienten	48
Tab. 13: Vergleich der Kollektive bezüglich Tage bis zum Bauchdeckenverschluss	50

8. Literaturverzeichnis

- Agha A, Bein T, Fröhlich D, Höfler S, Krenz D, Jauch KW. Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) zur Einschätzung der Erkrankungsschwere bei chirurgischen Intensivpatienten. *Chirurg* 2002; 73: 439–442
- Aprahamian C, Wittmann DH, Bergstein JM, Quebbeman EJ. Temporary abdominal closure (TAC) for planned relaparotomy (etappenlavage) in trauma. *J Trauma* 1990; 30: 719–723
- Batacchi S, Matano S, Nella A, Zagli G, Bonizzoli M, Pasquini A. Vacuum-assisted closure device enhances recovery of critically ill patients following emergency surgical procedures. *Crit Care* 2009; 13: 194
- Bee TK, Croce MA, Magnotti LJ, Zarzaur BL, Maish GO, Minard G et al. Temporary abdominal closure techniques: a prospective randomized trial comparing polyglactin 910 mesh and vacuum-assisted closure. *J Trauma* 2008; 65: 337-342
- Betancourt AS, Gonzalez Cole M, Sibaja P, Fernandez L, Norwood S. Cost evaluation of temporary abdominal closure methods in abdominal sepsis patients successfully treated with an open abdomen. Should we take temporary abdominal closure methods at face value? Health economic evaluation. *Ann Med Surg (Lond)* 2020; 56: 11-16
- Björck M, Kirkpatrick AW, Cheatham M, Kaplan M, Leppäniemi A, de Waele JJ. Amended classification of the open abdomen. *Scand J Surg* 2016; 105: 5-10
- Björck M, Wanhainen A. Management of abdominal compartment syndrome and the open abdomen. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2014; 47: 279-287
- Bosscha K, Hulstaert PF, Visser MR, van Vroonhoven TJ, van der Werken C. Open management of the abdomen and planned reoperations in severe bacterial peritonitis. *Eur J Surg* 2000; 166: 44-49
- Bruhin A, Ferreira F, Chariker M, Smith J, Runkel N. Systematic review and evidence-based recommendations for the use of negative pressure wound therapy in the open abdomen. *Int J Surg* 2014; 12: 1105-1114
- Bucknall TE, Cox PJ, Ellis H. Burst abdomen and incisional hernia: a prospective study of 1129 major laparotomies. *Br Med J* 1982; 284
- Carlson GL, Patrick H, Amin AI, McPherson G, MacLennan G, Afolabi E et al. Management of the open abdomen: a national study of clinical outcome and safety of negative pressure wound therapy. *Ann Surg* 2013; 257: 1154-1159
- Coccolini F, Ivatury R. Open Abdomen: Historical Notes. In: Coccolini F, Ivatury R, Sugrue M, Ansaloni L, Hrsg. *Open Abdomen: A Comprehensive Practical Manual Hot Topics in Acute Care Surgery and Trauma*. USA: Springer International Publishing, 2018: 1-19
- Coccolini F, Montori G, Ceresoli M, Catena F, Ivatury R, Sugrue M et al. IROA: International Register of Open Abdomen, preliminary results. *World J Emerg Surg* 2017

Coccolini F, Roberts DJ, Ansaloni L, Ivatury R, Gamberini E, Kluger Y et al. The open abdomen in trauma and non-trauma patients: WSES guidelines.

Condé-Green A, Chung TL, Holton LH, Hui-Chou HG, Zhu Y, Wang H et al. Incisional negative-pressure wound therapy versus conventional dressings following abdominal wall reconstruction: a comparative study. *Ann Plast Surg* 2013; 71: 394-397

Criss CN, Petro CC, Krpata DM, Seafler CM, Lai N, Fiutem J et al. Functional abdominal wall reconstruction improves core physiology and quality of life. *Surgery* 2014; 156: 176-182

Demetriades D. Total management of the open abdomen. *Int Wound J* 2012; 9: 17-24

Dalfino L, Tullo L, Donadio I, Malcangi V, Brienza N. Intra-abdominal hypertension and acute renal failure in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2008; 34(4): 707-713

Denys A, Monbailliu T, Allaeyes M, Berrevoet F, van Ramshorst GH. Management of abdominal wound dehiscence: update of the literature and meta-analysis. *Hernia* 2021; 25: 449-462

Diaz JJ, Cullinane DC, Dutton WD, Jerome R, Bagdonas R, Bilaniuk JW et al. The management of the open abdomen in trauma and emergency general surgery: part 1- damage control. *J Trauma* 2010; 68: 1425-1438

Dohmen J, Weissinger D, Peter AST, Theodorou A, Kalff JC, Stoffels B et al. Evaluating a novel vertical traction device for early closure in open abdomen management: a consecutive case series. *Front Surg* 2024; 11

Eickhoff R, Guschlbauer M, Maul AC, Klink CD, Neumann UP, Engel M et al. A new device to prevent fascial retraction in the open abdomen - proof of concept in vivo. *BMC Surg* 2019; 19: 82

Fresenius M, Heck M. Abdominelles Kompartmentsyndrom (AKS). Fresenius M, Heck M Hrsg. *Repetitorium Intensivmedizin*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2011. 517-520

Hees A, Willeke F. Case Report: Prevention of Fascial Retraction in the Open Abdomen with a Novel Device. *Case Rep Surg* 2020

Holodinsky JK, Roberts DJ, Ball CG, Blaser AR, Starkopf J, Zygun DA et al. Risk factors for intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome among adult intensive care unit patients: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2013; 17: 249

Huang Q, Li J, Lau WY. Techniques for Abdominal Wall Closure after Damage Control Laparotomy: From Temporary Abdominal Closure to Early/Delayed Fascial Closure—A Review. *Gastroenterol Res Pract* 2016; 2073260

Hurwitz EE, Simon M, Vinta SR, Zehm CF, Shabot SM, Minhajuddin A et al. Adding examples to the ASA-Physical Status Classification improves correct assignment to patients. *Anesthesiology* 2017; 126: 614-622

Irlbeck T, Zwißler B, Bauer A. ASA-Klassifikation: Wandel im Laufe der Zeit und Darstellung in der Literatur. *Anaesthesist* 2017; 66: 5-10

Jannasch O, Tautenhahn J, Lippert H, Meyer F. Temporärer Bauchdeckenverschluss und pathophysiologische Früh- und Spätfolgen der Behandlung eines offenen Abdomens. *Zentralbl Chir* 2011; 136: 575-584

Keulenaer BL de, Regli A, Dabrowski W, Kaloiani V, Bodnar Z, Cea JI et al. Does femoral venous pressure measurement correlate well with intrabladder pressure measurement? A multicenter observational trial. *Intensive Care Med* 2011; 37: 1620-1627

Kirkpatrick AW, Roberts DJ, Waele JJ de, Jaeschke R, Malbrain MLNG, Keulenaer B et al. Intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome: updated consensus definitions and clinical practice guidelines from the World Society of the Abdominal Compartment Syndrome. *Intensive Care Med* 2013; 39: 1190-1206

Kreis BE, van Mol Otterloo AJ, Kreis RW. Open abdomen management: a review of its history and a proposed management algorithm. *Med Sci Monit* 2013; 19: 524-533

Laet IE de, Malbrain MLNG, Waele JJ de. A clinician's guide to management of intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome in critically ill patients. *Crit Care*. 2020; 24: 97

Laet IE de, Ravyts M, Vidts W, Valk J, Waele JJ, Malbrain MLNG. Current insights in intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome: open the abdomen and keep it open! *Langenbecks Arch Surg* 2008; 393: 833-847

Lambertz A, Mihatsch C, Röth A, Kalverkamp S, Eickhoff R, Neumann UP et al. Fascial closure after open abdomen: initial indication and early revisions are decisive factors—a retrospective cohort study. *Int J Surg* 2015; 13: 12-16

Lange C, Finger JD. Gesundheitsverhalten in Europa – Vergleich ausgewählter Indikatoren für Deutschland und die Europäische Union. *J Health Monit* 2017; 2

Le Gall JR, Lemeshow S, Saulnier F. A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study. *JAMA* 1993; 270: 2957-2963

Leppäniemi A. Surgical management of abdominal compartment syndrome: indications and techniques. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2009; 17: 17

López-Cano M, García-Alamino JM, Antoniou SA, Bennet D, Dietz UA, Ferreira F et al. EHS clinical guidelines on the management of the abdominal wall in the context of the open or burst abdomen. *Hernia* 2018; 22: 921-939

Mackay MR, Ellis E, Johnston C. Randomised clinical trial of physiotherapy after open abdominal surgery in high risk patients. *Aust J Physiother* 2005; 51: 151–159

Malbrain MLNG, Cheatham M. Definitions and Pathophysiological Implications of Intra-abdominal Hypertension and Abdominal Compartment Syndrome. *Am Surg* 2011; 77: 6-11

Malbrain MLNG, Chiumello D, Pelosi P, Wilmer A, Brienza N, Malcangi V, et al. Prevalence of intra-abdominal hypertension in critically ill patients: a multicentre epidemiological study. *Intensive Care Med* 2004; 30: 822-829

- Malbrain MLNG, Peeters Y, Wise R. The neglected role of abdominal compliance in organ-organ interactions. *Crit Care* 2016; 20: 67
- Mayhew D, Mendonca V, Murthy BVS. A review of ASA physical status - historical perspectives and modern developments. *Anaesthesia* 2019a; 7: 373-379
- Miller RS, Morris JA, Diaz JJ, May AK, Herring MB. Complications after 344 damage control open celiotomies. *J Trauma* 2005; 59: 1365-1374
- Mukhi AN, Minor S. Management of the open abdomen using combination therapy with ABRA and ABThera systems. *Can J Surg* 2014; 57: 314-319
- Patel NY, Cogbill TH, Kallies KJ, Mathiason MA. Temporary abdominal closure: long-term outcomes. *J Trauma* 2011; 70: 769-774
- Petersson P, Petersson U. Dynamic fascial closure with vacuum-assisted wound closure and mesh-mediated fascial traction (VAWCM) treatment of the open abdomen - An updated systematic review. *Front Surg* 2020; 7: 577104
- Quyn AJ, Johnston C, Hall D, Chambers A, Arapova N, Ogston S, Amin AI. The open abdomen and temporary abdominal closure systems - historical evolution and systematic review. *Colorectal Dis* 2012; 14: 429-438
- Rachoin JS, Bekes C. Intra-abdominal hypertension and acute renal failure in critically ill patients. *Yearb Crit Care Med* 2009: 184-186
- Reibetanz J, Germer CT. Das abdominelle Kompartmentsyndrom. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2013; 108: 634-638
- Reimer MW, Yelle JD, Reitsma B, Doumit G. Management of open abdominal wounds with a dynamic fascial closure system. *Trauma Crit Care* 2008; 51
- Reintam Blaser A, Malbrain MLNG, Regli A. Abdominal pressure and gastrointestinal function: an inseparable couple? *Anaesthesiol Intensive Ther* 2017; 49: 146-158
- Schaaf S, Willms A, Schwab R. Das abdominelle Kompartmentsyndrom. *Intensivmed Up2date* 2018; 14: 207-227
- Scholtes M, Kurmann A, Seiler CA, Candinas D, Beldi G. Intraperitoneal mesh implantation for fascial dehiscence and open abdomen. *World J Surg* 2012; 36: 1557-1561
- Smit M, Koopman B, Dieperink W, Hulscher JBF, Hofker HS, van Meurs M, Zijlstra JG. Intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome in patients admitted to the ICU. *Ann Intensive Care* 2020; 10: 130
- Smit M, van Meurs M, Zijlstra JG. Intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome in critically ill patients: A narrative review of past, present, and future steps. *Scand J Surg*. 2022; 111
- Sugrue M, Buhkari Y. Intra-abdominal pressure and abdominal compartment syndrome in acute general surgery. *World J Surg* 2009; 33: 1123-1127

Teixeira PGR, Salim A, Inaba K, Brown C, Browder T, Margulies D, Demetriades D. A prospective look at the current state of open abdomens. *Am Surg* 2008; 74: 891-897

Tremblay et al. Skin only or silo closure in critically ill patients with an open abdomen. *Am J Surg* 2001; 182: 670-675

van Boele Hensbroek P, Wind J, Dijkgraaf MGW, Busch ORC, Goslings JC. Temporary closure of the open abdomen: a systematic review on delayed primary fascial closure in patients with an open abdomen. *World J Surg* 2009; 33: 199-207

Verdam FJ, Dolmans DEJGJ, Loos MJ, Raber MH, Wit RJ, Charbon JA, Vroemen JPAM. Delayed primary closure of the septic open abdomen with a dynamic closure system. *World J Surg* 2011; 35: 2348-2355

Vidal MG, Ruiz Weisser J, Gonzalez F, Toro MA, Loudet C, Balasini C, et al. Incidence and clinical effects of intra-abdominal hypertension in critically ill patients. *Crit Care Med* 2008; 36: 1823-1831

Willms A, GÜsgen C, Schaaf S, Bieler D, Websky MV, Schwab R. Management of the open abdomen using vacuum-assisted wound closure and mesh-mediated fascial traction. *Langenbecks Arch Surg* 2015; 400: 91-99

Willms AG, Schaaf S, Schwab R, Richardsen I, Bieler D, Wagner B, GÜsgen C. Abdominal wall integrity after open abdomen: long-term results of vacuum-assisted wound closure and mesh-mediated fascial traction (VAWCM). *Hernia* 2016; 20: 849–858

Willms AG, Schwab R, von Websky MW, Berrevoet F, Tartaglia D, Sörelus K, et al. Factors influencing the fascial closure rate after open abdomen treatment: Results from the European Hernia Society (EuraHS) Registry: Surgical technique matters. *Hernia* 2022; 26: 61–73

Willms AG, Schaaf S, Zimmermann N, Schwab R, GÜsgen C, Vilz TO, et al. The significance of visceral protection in preventing enteroatmospheric fistulae during open abdomen treatment in patients with secondary peritonitis: A propensity score-matched case-control analysis. *Ann Surg* 2021; 273: 1182–1188

Wittmann DH, Aprahamian C, Bergstein JM, Edmiston CE, Frantzides CT, Quebbeman EJ, Condon RE. A burr-like device to facilitate temporary abdominal closure in planned multiple laparotomies. *Eur J Surg* 1993; 159: 75–79

9. Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie am Universitätsklinikum Bonn unter Betreuung von Dr. med. PD Burkard Stoffels durchgeführt. Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit Burkhard Stoffels durch mich. Die Datenerhebung sowie Daten Akquise erfolgte durch mich. Sämtliche Operationen wurden, nach Einarbeitung durch Burkhard Stoffels, von den leitenden Oberärzten der Uniklinik Bonn, größtenteils in meinem Beisein, durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte nach Beratung durch das Institut für Medizinische Biometrie, Informatik und Epidemiologie durch mich. Der durch mich durchgeführte Anteil des veröffentlichten Papers Dohmen et al. (2024) bestand insbesondere in der Auswertung der Ergebnisse, formeller Analyse, Visualisierung des Konzeptes sowie in der Verfassung des Erstentwurfs. Ein Teil der Daten welche in dieser Arbeit erläutert werden (siehe auch 10. Veröffentlichungen) wurden in Zusammenarbeit mit Jonas Dohmen erhoben und ausgewertet.

10. Veröffentlichungen

Teilergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden in dem Aufsatz Dohmen et al. (2024) vorab publiziert. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2024.1449702>. Zitiert wurden folgende Ergebnisse: The influence of the VTD on IAP was analyzed in five patients with available data. Prior to OA, the mean IAP was 31 ± 8 mmHg. Post-surgical intervention, IAP decreased to 12 ± 3 mmHg without the device and further to 8.5 ± 2 mmHg with the VTD in place. Weiterhin bezüglich der Komplikationen folgende Ergebnisse: The major complication in three patients was the development of local skin irritations under the vacuum seal, including blisters in the areas of support base application. Auszüge dieser Arbeit wurden zudem auf den 23. Chirurgischen Forschungstagen, 2019 in Aachen präsentiert.

11. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herr PD Dr. Burkard Stoffels die Vergabe des Themas sowie die kompetente Unterstützung zur Anfertigung dieser Arbeit. Vielen Dank für eine stets ehrliche Meinung, eine geduldige Beratung und der Begleitung über die gesamte Dauer des Fertigstellungsprozesses. Weiterhin möchte ich mich für die Möglichkeit und das entgegengebrachte Vertrauen bedanken, um erarbeitete Ergebnisse Vorstellen zu dürfen.

Vielen Dank auch an Prof. Dr. med. Martin von Websky welcher dieses Projekt Mitbetreute und jederzeit mit kompetentem und freundlichem Rat zur Seite stand. Außerdem gilt mein Dank Herrn Dr. Jonas Dohmen für eine zeitintensive fachliche Unterstützung und dem gemeinsamen Mitwirken an dieser Arbeit. Danke für eine stets freundliche Zusammenarbeit, ein offenes Ohr für Fragen sowie unzählige Ideen, die diese Arbeit stetig verbessert haben.

Vielen Dank auch an Dr. Daniel Weissinger für die Hilfe bei der Datenauswertung und Gliederung der Dissertation. Zudem Danke ich Frau Dr. med. Dipl. biol. Yvonne Nohl für die Hilfe bei der Datenerhebung der Kontrollgruppe.

Danke auch an die Teams der Intensivstationen des Uniklinikum Bonns, welche das Projekt erst möglich gemacht haben.

Von ganzem Herzen möchte ich mich bei meiner gesamten Familie bedanken.

Vielen Dank an Arne Bendig welcher mich stets unterstützte und förderte.