

Aus der  
Universitätsklinik für Allgemeine, Viszeral- und  
Transplantationschirurgie Tübingen

**Retrospektive Analyse der Behandlungspfade bei Akuter  
Mesenterialischämie**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin**

**der medizinischen Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität zu  
Tübingen**

**vorgelegt von  
Krug, Roman Michael**

**2024**

Dekan: Prof. Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professorin K.M. Thiel
2. Berichterstatter: Professor R. R. Plentz

Tag der Disputation: 28.12.2023

*Für Leonardo, Aurelio und Nastassja.*

Im Sinne des Gleichbehandlungsgesetzes können alle Bezeichnungen, die in dieser Arbeit in der männlichen Form angegeben werden, in der entsprechenden weiblichen Form verwendet werden, als auch in der geschlechterlosen. Die betreffenden Angaben sind als nicht geschlechtsspezifisch zu betrachten.

<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>7</b>
<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 Epidemiologie .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2 Durchblutung des menschlichen Dünndarms .....</b>	<b>9</b>
<b>1.3 Subtypen und Risikofaktoren akuter intestinaler Ischämien .....</b>	<b>12</b>
1.3.1 Arterielle Thrombosen und Embolien .....	12
1.3.2 Mesenterialvenenthrombose .....	13
1.3.3 Nicht Okklusive Mesenterialischämie (NOMI) .....	13
<b>1.4 Symptomatik .....</b>	<b>15</b>
1.4.1 Klinische Differenzialdiagnosen .....	17
<b>1.5 Diagnostik.....</b>	<b>17</b>
1.5.1 Laboruntersuchungen .....	17
1.5.2 Multidetektor-Computertomografie (MDCT) und Digitale Subtraktionsangiografie (DSA).....	18
1.5.3 Abdomensonografie und konventionelles Röntgen.....	23
<b>1.6 Therapiemöglichkeiten.....</b>	<b>23</b>
1.6.1 Endovaskuläre Revaskularisation .....	24
1.6.2 Offen-chirurgische Revaskularisation.....	26
1.6.3 Explorative Laparotomie und Laparoskopie .....	26
1.6.4 Damage Control Surgery.....	27
1.6.5 Supportive Therapie .....	28
<b>1.7 Ziel der Studie .....</b>	<b>29</b>
<b>2. MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>29</b>
<b>2.1 Studiendesign .....</b>	<b>29</b>
2.1.1 Rekrutierung der retrospektiven Daten .....	29
<b>2.1.2 Datenerfassung.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2 Methodik .....</b>	<b>32</b>
<b>2.3 Statistische Auswertung.....</b>	<b>35</b>
<b>3. ERGEBNISSE.....</b>	<b>36</b>
<b>4. DISKUSSION.....</b>	<b>53</b>
<b>4.1 Interpretation.....</b>	<b>53</b>
<b>4.2 Vergleich mit anderen Studien .....</b>	<b>55</b>
<b>4.3 Schwachpunkte der Studie .....</b>	<b>59</b>

<b>4.4 Fazit.....</b>	<b>60</b>
<b>5. ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>61</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>63</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>64</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>65</b>
<b>ERKLÄRUNG ZUM EIGENANTEIL.....</b>	<b>73</b>
<b>DANKSAGUNG.....</b>	<b>74</b>

## Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
AMI	Akute Mesenterialischämie
BMI	Body Mass Index
CT	Computertomografie
CT-Angiografie	Computertomografische Angiografie
DSA	Digitale Subtraktionsangiografie
ECMO	Extrakorporale Membran Oxygenierung
ESI	Emergency Severity Index
GST	$\alpha$ -Glutathion S-Transferase
IMA	Arteria Mesenterica inferior
I-FABP	Intestinal fatty acid binding protein
MDCT	Multidetektor-Computertomografie
MRT	Magnetresonanztomografie
MR-Angiografie	Magnetresonanzangiografie
n	Anzahl
N	Anzahl der Gesamtpopulation
NOMI	Nicht-okklusive Mesenterialischämie
OP	Operation
PTA	Perkutane Transluminale Angioplastie
rt-Pa	rekombinante Plasminogenaktivatoren
SMA	Arteria Mesenterica superior
TrC	Truncus Coeliaceus
V.	Vena
VMI	Venöse Mesenterialischämie

# 1. Einleitung

## 1.1 Epidemiologie

Die mesenteriale Ischämie bezeichnet eine Minderdurchblutung des Darms aufgrund eines akuten oder chronischen Verschlusses eines oder mehrerer darmversorgenden Blutgefäße. Die Akute Mesenterialischämie (AMI) ist eine seltene, aber schwerwiegende Erkrankung des Gastrointestinaltraktes. Nicht ohne Grund wurde die AMI in früheren Publikationen mit den Worten „unmöglich zu diagnostizieren, prognostisch hoffnungslos und die Behandlung sinnlos“ beschrieben [54].

Trotz moderner Therapieoptionen weist sie nach wie vor eine Letalität von 50-70 % auf [1,2,3,7,10,23,37], unbehandelt sogar von 90-100 % [26,34]. Dies ist nicht zuletzt auf die variable Symptomatik der Patienten und infolgedessen auf Zeitverzögerungsintervalle bei der klinischen Diagnostik und Therapie zurückzuführen. [1,3,7,10,31,34].

Kommt es zu einem Verschluss der Arteria Mesenterica superior und infolgedessen zu einer Ischämie eines Darmabschnittes, treten bereits nach sechs Stunden zellnekrotische Veränderungen auf, welche mit Immigration von Leukozyten und Radikalbildung einhergehen, wodurch es zu hoch komplikativen Verläufen mit Perforation und Durchwanderungsperitonitis kommt [1,8,32]. Bereits ab diesem Zeitpunkt steigt die Letalität exponentiell an [32].

Vor diesem ätiologischen Hintergrund soll die akute Mesenterialischämie heutzutage als vaskulärer Notfall angesehen und analog zu Schlaganfall und Herzinfarkt als solcher primär mittels endovaskulärer Gefäßintervention therapiert werden [1,2,46].

Die AMI ist ursächlich für etwa 1-2 % aller Patienten, welche mit einem Akuten Abdomen vorstellig werden [1,35]. Allerdings werden für etwa 10 % der abdominalen Be-



schwerden bei Patienten jenseits des 70. Lebensjahres abdominelle Durchblutungsstörungen verantwortlich gemacht [4,32]. Unter den über 75-Jährigen ist die AMI häufiger anzutreffen als die Akute Appendizitis [21,53].

Hierdurch ist der AMI unter Berücksichtigung des demografischen Wandels und der alternden Bevölkerung ein hoher Stellenwert beizumessen [5,7,31].

## **1.2 Durchblutung des menschlichen Dünndarms**

Die Durchblutung des menschlichen Gastrointestinaltraktes wird durch die drei abdominalen Hauptabgänge der Aorta - Truncus Coeliacus, Arteria Mesenterica superior und Arteria Mesenterica inferior – gewährleistet.

Der TrC ist für die Durchblutung des Magens, der Leber, der Milz und des Pankreas verantwortlich [30]. Die arterielle Versorgung des Dünndarms sowie des Dickdarms bis zur Flexura coli sinistra erfolgt dabei überwiegend über das Stromgebiet der A. Mesenterica superior [9, s. Abbildung 1].

Darüber hinaus verfügt der Darm über zahlreiche Gefäßanastomosen, wodurch vorübergehende Minderperfusionsen bis zu einem gewissen Ausmaß kompensiert werden können [34,37]. Im Bereich des Duodenum anastomosieren die Stromgebiete der A. Mesenterica superior und des Truncus Coeliacus über die Aa. Pancreaticoduodenales. Die A. pancreaticoduodenalis superior und anterior stammen aus der A. gastroduodenalis der A. Hepatica communis und werden somit aus dem Truncus coeliacus gespeist. Sie anastomosieren mit den Aa. Pancreaticoduodenales inferiores, welche als direkte Äste der A. Mesenterica superior entspringen [8].

Weiter distal bildet die A. Colica media, welche der A. Mesenterica superior entspringt über ihre darmfernen Äste mit der A. Colica sinistra und somit einem Ast der A. Mesenterica inferior die sogenannte Riolananastomose [6,8], sowie über ihre darmnahen Äste die Drummondanastomose [8].

Über diesen Mechanismus können kleinere Gefäßokklusionen und -stenosen kompensiert und somit eine kontinuierliche Durchblutung des Dün- und Dickdarms gewährleistet werden [6].

Die drei großen Arterien des Gastrointestinaltraktes Truncus Coeliacus, Arteria Mesenterica superior und Arteria Mesenterica inferior werden mit etwa 20 % des Herzzeitvolumens versorgt, wobei unter physiologischen Umständen eine Sauerstoffausschöpfung von etwa 25 % stattfindet.

Diese kann unter Ischämiebedingungen auf das doppelte erhöht werden [55], so dass eine kritische Durchblutung der Darmmukosa ab einer Reduktion des Herzzeitvolumens auf etwa 40 % besteht und mit einem hypoxischen Gewebeschaden einhergeht [55].

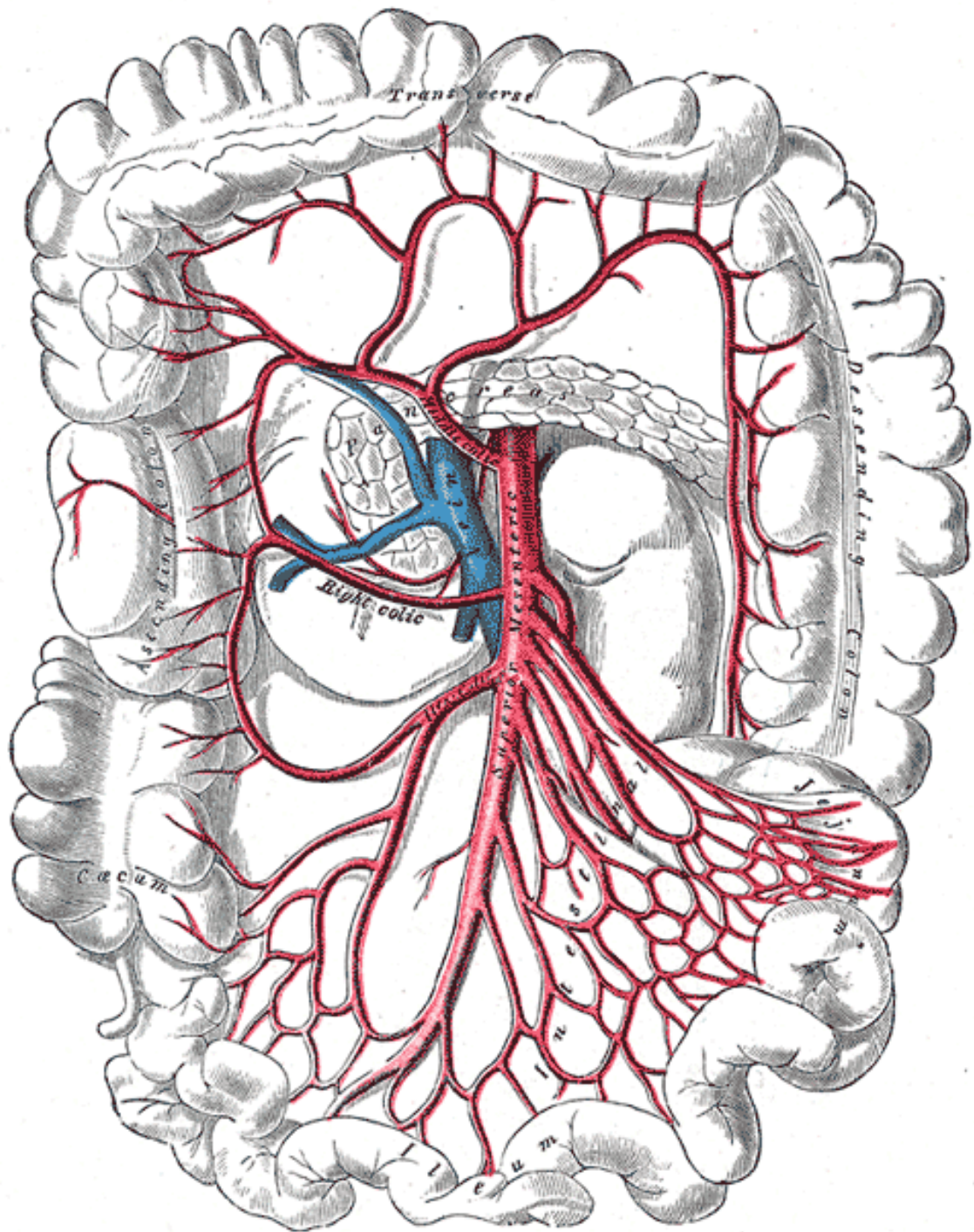


Abbildung 1: Versorgungsgebiet der A. Mesenterica superior des menschlichen Gastrointestinaltraktes, aus „Gray's Anatomy“, Copyright abgelaufen.

### **1.3 Subtypen und Risikofaktoren akuter intestinaler Ischämien**

Je nach Ursache der Ischämie kann die Akute Mesenterialischämie in vier Subtypen gegliedert werden: Arterielle Embolien, Arterielle Thrombosen, Mesenterialvenenthrombosen und Nicht-okklusive Mesenterialischämien (NOMI) [20, 25, 29,32,36].

#### **1.3.1 Arterielle Thrombosen und Embolien**

Die arteriell okklusiven Mesenterialischämien können in arterielle Thrombosen und Embolien eingeteilt werden. Bei einem Gefäßverschluss eines zuführenden Hauptgefäßes kann es zu einer akuten Mesenterialischämie mit einem irreversiblen Untergang von Dünn- oder Dickdarmgewebe kommen.

In 85 % der Fälle ist hierfür ein Verschluss der Arteria Mesenterica superior oder deren Äste verantwortlich [1,2,3,4,5,7]. Die Ursachen hierfür sind in etwa 50-70 % der Fälle arterielle Perfusionsstörungen durch thromboembolische Ereignisse [5,7,30], in 20-30 % arterielle Thrombosen infolge einer viszeralen Arteriosklerose [5,24,25,30, s. Tabelle 1]. Mit ca. 50 % steckt der Embolus am häufigsten distal des Abgangs der A. colica media. Hiernach erklärt sich auch die typische Erscheinungsform der intestinalen Ischämie, bei der die proximalen Schlingen des Jejunums sowie der Abschnitt ab dem distalen Teil des Colon ascendens noch regelrecht perfundiert sind. Lediglich in 15 % der Fälle findet sich ein stammnaher Embolus in der A. Mesenterica superior [54].

Hauptursache für das Auftreten eines akuten Gefäßverschlusses stellen Embolien aufgrund kardialer Thrombenbildung im Rahmen von Vorhofflimmern dar [7,8,10,24,29,37,44], stattgehabte Myokardinfarkte, generalisierte Atherosklerose und die arterielle Hypertonie [3]. Etwa 33 % der Patienten mit AMI haben bereits ein thromboembolisches Ereignis in der Krankheitsgeschichte vorzuweisen [54].

Die Risikofaktoren für arterielle Thrombosen und Embolien überschneiden sich zum Teil, genannt seien hier Diabetes Mellitus Typ 2, die arterielle Hypertonie und Dyslipidämien. Bei der Genese der arteriellen Thrombosen spielt vor allem eine herabgesetzte Hämodynamik eine Rolle. Diese wird beeinflusst durch Hyperkoaguabilität, das Anti-Phospholipid-Syndrom, aber auch Dehydratationszustände und Tabakrauchen [21]. Risikofaktoren, welche eher für eine Embolie prädestinieren sind Vorhofflimmern, ein stattgehabter Herzklappenersatz oder ein Herzaneurysma [20].

### **1.3.2 Mesenterialvenenthrombose**

Je nach Literatur schwanken die Angaben für den Anteil der venösen Thrombosen an der Gesamtzahl der Mesenterialischämien zwischen 10 % [13] und 20 % [4]. Venöse Thrombosen werden durch die prädisponierenden Faktoren der Virchow'sches Trias beeinflusst: Hyperkoaguabilität, Gefäßwandschäden und herabgesetzter Blutfluss [16].

Diese können unterschiedliche Ursachen haben, wie z.B. hämatologische Erkrankungen oder Leberzirrhose [4], aber auch angeborene Faktoren wie Protein-C-Mangel, Faktor-V-Leiden-Mutation oder paraneoplastische Syndrome können das Risiko für eine Mesenterialvenenthrombose erhöhen [4,10]. Lediglich 10-20 % der Thrombosen werden als idiopathisch beschrieben [16,23].

### **1.3.3 Nicht Okklusive Mesenterialischämie (NOMI)**

Im Rahmen von körperlichen Zuständen, welche zu einem Abfall des Herz-Zeit-Volumens führen, insbesondere Herzinfarkt, Herzinsuffizienz, Hypovolämien nach Dialyse bei chronischer Niereninsuffizienz oder aufgrund von kardiochirurgischen Eingriffen

unter Verwendung der Herz-Lungen-Maschine bzw. intensivmedizinischen Maßnahmen wie ECMO kann es durch eine verminderte Durchblutung im Splanchnikusgebiet zur temporären Minderperfusion und Ischämie des Darms kommen [6,8,10].

Ebenso führt sowohl die Therapie von erniedrigten Herz-Zeit-Volumina durch die intravenöse Gabe von Katecholaminen zur intestinalen Vasokonstriktion, welche eine Ischämie der Darmmukosa zur Folge haben kann. Dies stellt in etwa 10 % aller AMI die Ursache dar und wird als Nicht-okklusive Mesenterialischämie (NOMI) bezeichnet [6,8]. (Vgl. Tabelle 1), wobei vermutet wird, dass die NOMI in bis zu 25 % der Fälle bei beamteten und sedierten Patienten auf Intensivstation nicht diagnostiziert wird [16].

*Tabelle 1: Verteilung von intestinalen Ischämien nach Ätiologie, modifiziert nach Thiel, K., Wulff, D., Glowka, T., Kalf, J., & Königsrainer, A. (2016). Akute (arterielle und venöse) mesenteriale Ischämie*

<b>Formen und Häufigkeiten von intestinalen Ischämien</b>	
<b>Arteriell okklusiv, davon:</b>	<b>70 %</b>
- thromboembolisch	60-70 %
- arterielle Thrombose	20-30 %
<b>NOMI</b>	<b>10 %</b>
<b>Venöse Mesenterialischämie</b>	<b>10-20 %</b>

## 1.4 Symptomatik

Die klinische Symptomatik des akuten Mesenterialinfarktes lässt sich nach ihrem zeitlichen Verlauf in 3 Phasen unterteilen:

Phase 1 (Initialstadium): Initiale starke abdominelle Schmerzsymptomatik und Übelkeit sowie Hyperperistaltik.

Das Initialstadium der AMI, welches mit einer Hyperperistaltik und immer wieder kehrenden Schmerzspitzen einhergeht, ist gekennzeichnet durch einen Gefäßspasmus [3]. Es zeichnet sich aus durch einen plötzlich einsetzenden Schmerz und wird von unspezifischen Symptomen wie Erbrechen oder Übelkeit begleitet, aber auch von Hämatochezie oder Diarrhoe [54]. Zudem besteht im Initialstadium eine Diskrepanz zwischen klinischer Ausprägung und bereits Voranschreiten der Erkrankung [5].

Dieser in der englisch-sprachigen Literatur sog. „Pain out of proportion“ [41] stellt eine besondere Herausforderung für den behandelnden Arzt dar [19,23].

Phase 2 (Latenzstadium, „Fauler Frieden“): Die Beschwerden nehmen deutlich ab und verschwinden zum Teil ganz.

Nach etwa 3-6 Stunden tritt die Phase des „Faulen Friedens“ ein. Sie ist gekennzeichnet durch eine deutliche Abnahme der Symptomatik, verursacht durch das Absterben der intramuralen Schmerzrezeptoren in der Mukosa der Darmwand aufgrund von Energie- und Sauerstoffmangel und infolgedessen Bildung von freien Radikalen [3].

Phase 3 (Irreparable Darmnekrose): Akutes Abdomen mit paralytischem Ileus und Durchwanderungsperitonitis [4,6].

Die dritte und letzte Phase beschreibt das irreversible Absterben von Darmmukosa, einhergehend mit der Einwanderung von Leukozyten in die Darmwand, Translokation

von Bakterien und der Ausbildung von irreversibler Darmgangrän. Das klinische Bild resultiert in einem akuten Abdomen mit diffuser Peritonitis [3].

(Vgl. Tabelle 2)

*Tabelle 2: Stadien der Symptomatik bei AMI, adaptiert nach Luther, B., Mamopoulos, A., Lehmann, C., & Klar, E. (2018). The Ongoing Challenge of Acute Mesenteric Ischemia.*

	<b>Zeitintervall nach Symp- tombeginn</b>	<b>Symptome</b>
<b>Phase 1 Initialstadium</b>	1-3 Stunden	Abdominelle Schmerzsymptomatik mit Hyperperistaltik, „Pain out of proportion“, ggf. Erbrechen, Hämatochezie
<b>Phase 2 Latenzstadium „Fauler Frieden“</b>	3-6 Stunden	Deutliche Abnahme der Schmerzsymptomatik, Absterben von intramuralen Schmerzrezeptoren in der Mukosa
<b>Phase 3 Irreparable Darmnekrose</b>	12-48 Stunden	Akutes Abdomen mit Darmparalyse und Durchwanderungsperitonitis, bakterielle Translokation



### **1.4.1 Klinische Differenzialdiagnosen**

Aufgrund der Symptomatik des Akuten Abdomens kommen einige Differenzialdiagnosen zur AMI in Betracht. Genannt seien hier abdominelle Pathologien wie Hohlorganperforationen, Intestinale Obstruktionen oder Entzündungen intraabdomineller Organe wie die akute Appendizitis, akute Pankreatitis oder die akute Cholezystitis.

Weiter aber kommen auch akute Gefäßkrankheiten in Frage wie bspw. das rupturierte Bauchaortenaneurysma, Aortendissektionen oder aber andere Erkrankungen wie Nierenkoliken oder Harnverhaltung [3,33].

## **1.5 Diagnostik**

Aufgrund der Variabilität der Symptomatik wird die akute Mesenterialischämie häufig erst spät erkannt. Diese verzögerte Diagnosestellung geht mit einer hohen Letalität des Krankheitsbildes der AMI und einem schlechteren Outcome einher [3,10,19,23,27].

Aus diesem Grund ist eine frühe Diagnosestellung entscheidend für das Überleben des Patienten [1,27,39]. Eine dezidierte Anamnese und klinische Untersuchung durch einen erfahrenen Untersucher sind entscheidende Parameter, welche diese Zeitverzögerungsintervalle verkürzen können [19], zumal der klinische Untersuchungsbefund unauffällig sein kann so lange noch keine Peritonitis eingetreten ist [38].

### **1.5.1 Laboruntersuchungen**

Im Rahmen der Diagnosestellung einer AMI können Laborwerte unterstützend sein, jedoch sind die meisten von ihnen unspezifisch und nicht zur Diagnosestellung geeignet [4,19,24,35]. Patienten mit AMI können allgemeine Abweichungen der Normwerte

von laborchemischen Parametern aufweisen, wie Leukozytose, erhöhte Transaminasen, erhöhter Laktatdehydrogenase oder eine metabolische Azidose [21,24,44,45]. Eine hohe Leukozytose korreliert mit einer schlechteren Prognose, ist jedoch wie die übrigen Laborparameter sehr unspezifisch und nicht zur Diagnosestellung geeignet [54].

Ein weiterer prognostisch ungünstiger Biomarker ist ein erhöhtes Serum-Laktat, welches auf eine progrediente Ischämie hinweist. Allerdings ist ein normwertiges Serum-Laktat nicht zum Ausschluss einer AMI geeignet [19] und weist mit 44 % eine geringe Spezifität auf [21]. Die Bedeutung des Serumlaktats wird bei der Diagnosestellung oftmals überschätzt [25]. Dennoch kann der Verlaufsspiegel des Serumlaktats beispielsweise in der postoperativen Überwachung einen Hinweis für die Regredienz oder Progredienz der Ischämie geben [54].

Spezifischere Laboruntersuchungen wie das I-FABP (intestinal fatty acid binding protein),  $\alpha$ -Glutathion S-Transferase (GST) scheinen vielversprechend, sind jedoch in der aktuellen klinischen Praxis bisher nicht etabliert [19,45].

### **1.5.2 Multidetektor-Computertomografie (MDCT) und Digitale Subtraktionsangiografie (DSA)**

Aufgrund der flächendeckenden Verfügbarkeit und Zeitersparnis bei der Diagnosestellung stellt die Multidetektor-Computertomografie heutzutage bei dem Verdacht einer Mesenterialischämie das Diagnostikum der Wahl dar [1,3,4,10,26,37] und sollte so schnell wie möglich durchgeführt werden [26].

Die Sensitivität und Spezifität liegen bei 93-94 % und 96-100 % [1,19,37,42]. Die MDCT hat die früher propagierte Digitale Subtraktionsangiografie (DSA) bei der Diagnosestellung der AMI weitgehend abgelöst [1,4,19,33,42]. Wurde die DSA früher noch als Goldstandard zur Diagnosestellung der AMI propagiert [38], ist sie heute ein integraler Bestandteil der interventionellen Therapie [2,21 s. Abbildung 5,6].

Bei der Durchführung einer MDCT sollte darauf geachtet werden, dass intravenöses Kontrastmittel verabreicht wird [39,40,51] um ischämische Anteile der Darmwand mit- beurteilen zu können, zudem sollte beim klinischen Verdacht einer intestinalen Hypoperfusion eine arterielle Phase angefertigt werden [51]. Ein nicht spezifischer Hinweis auf eine Intestinale Ischämie ist eine „papierdünne“ Darmwand [39,51], welche dadurch verursacht wird, dass durch den Verlust der Durchblutung auch weniger Ödem in der Darmwand vorhanden ist [39]. Dieser Effekt ist schwer zu beurteilen, wenn positives orales Kontrastmittel verabreicht wird [39,40]. In fortgeschrittenen Stadien kann CT-morphologisch zudem eine „Pneumatosis intestinalis“ oder auch portal-venöse Luftansammlungen imponieren [51]. Außerdem sollte eine arterielle und eine venöse Phase angefertigt werden, um auch eine venöse Mesenterialischämie nicht zu übersehen [1,3,4,10,39,40 s. Abbildung 2-4]. Ein weiterer Vorteil der MDCT ist eine mögliche Gefäßrekonstruktion als CT-Angiografie falls notwendig [4]. Die MR-Angiografie scheint für die Diagnose einer AMI eher ungeeignet, da die Untersuchung sehr zeitintensiv ist und Gefäßstenosen im MRT oftmals überschätzt werden [21].

CT Abdomen - Becken  
ABB art. 3.0 Br40 2  
Se: 5  
Im: 56/172

**A**

**KOPIERT PRIMÄR**  
Radiologie Uniklinikum Tübingen  
Study Date: 30.05.2019  
Study Time: 04:12:07

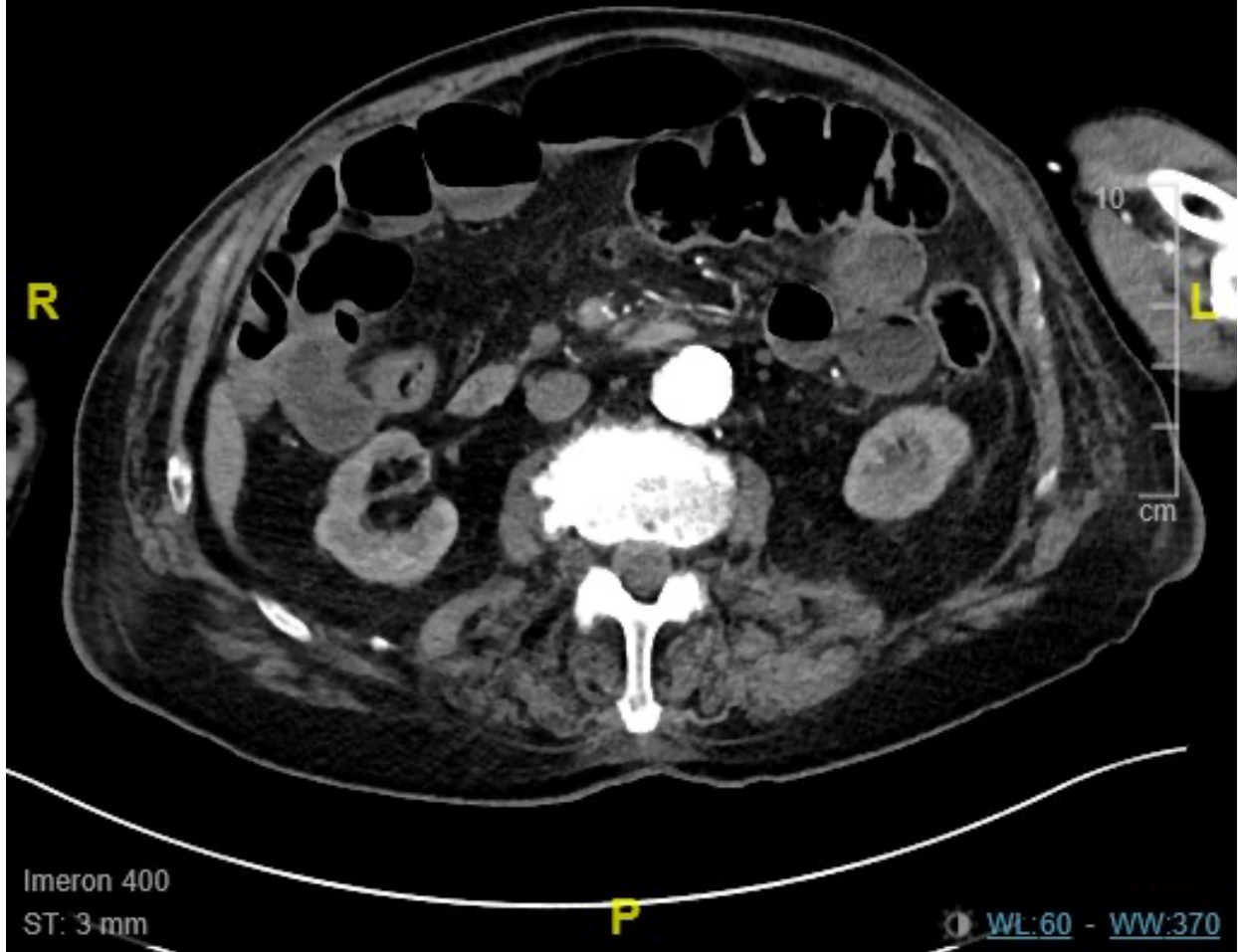


Abbildung 2: Arterielle Phase eines Kontrastmittel-CT mit Verschluss der SMA im transversalen Schnittbild

Quelle: Abteilung für diagnostische und interventionelle Radiologie des Universitätsklinikum Tübingen



Abbildung 3: Arterielle Phase eines Kontrastmittel-CT mit Verschluss der SMA im sagittalen Schnittbild

Quelle: Abteilung für diagnostische und interventionelle Radiologie des Universitätsklinikum Tübingen

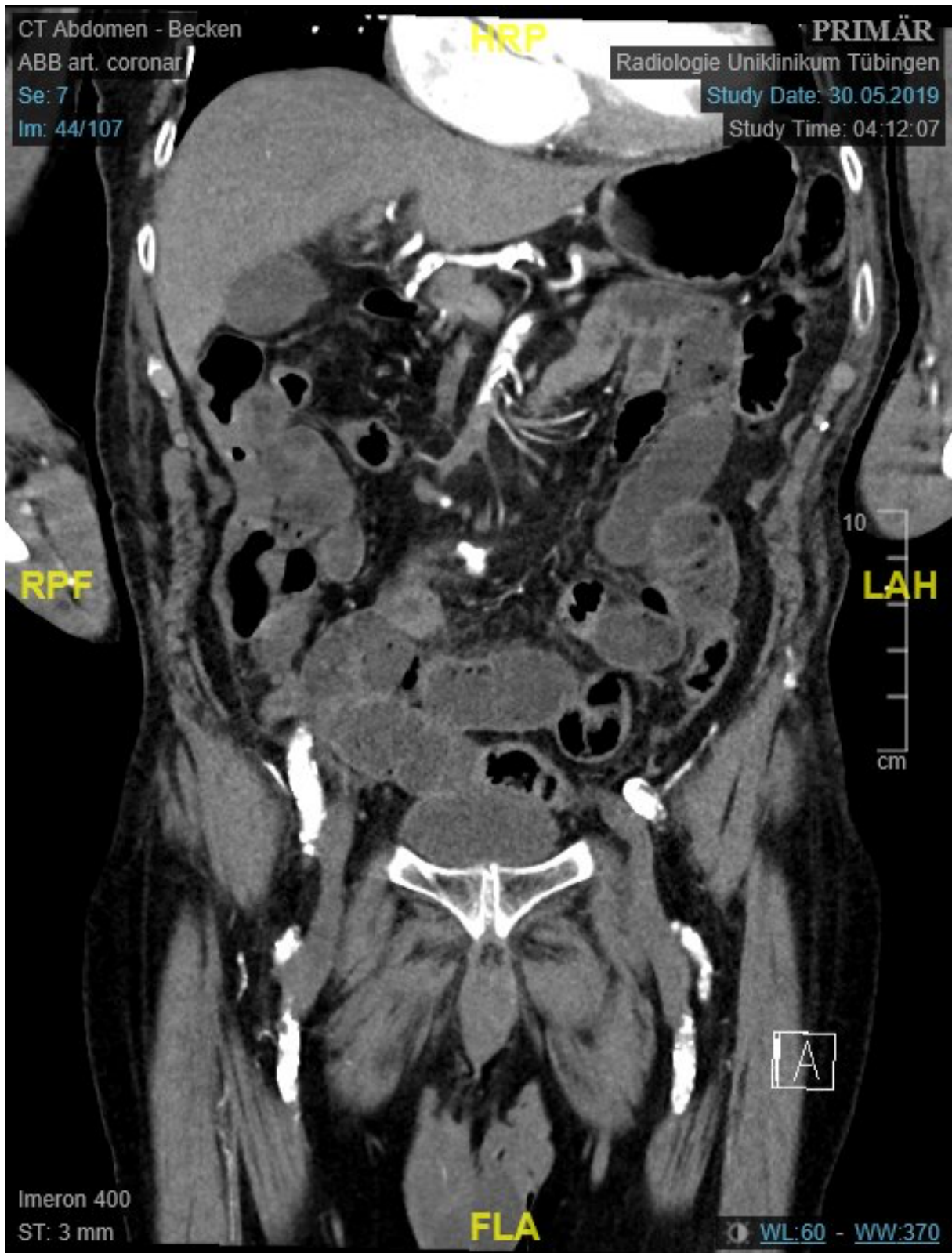


Abbildung 4: Arterielle Phase eines Kontrastmittel-CT mit Verschluss der SMA im coronaren Schnittbild

Quelle: Abteilung für diagnostische und interventionelle Radiologie des Universitätsklinikum Tübingen

### **1.5.3 Abdomensonografie und konventionelles Röntgen**

Aufgrund der diagnostischen Verzögerung und geringen Aussagekraft wegen der eingeschränkten Beurteilbarkeit der Darmwand durch distendierte Darmschlingen sollte beim Verdacht auf eine AMI auf eine Abdomensonografie zugunsten einer frühzeitigen CT-Diagnostik verzichtet werden [3,19].

Ein konventionelles Röntgenbild des Abdomens kann im Initialstadium differenzialdiagnostisch zum Ausschluss einer Hohlorganperforation durchgeführt werden, ist jedoch nach heutigem Kenntnisstand kein geeignetes Instrument zur Detektion einer AMI [1].

### **1.6 Therapiemöglichkeiten**

Da die AMI in Ihrer Ätiologie einen vaskulären Notfall darstellt, wird Sie heutzutage primär - analog zu einem Myokardinfarkt oder akuten peripheren Extremitätenarterienverschluss - als solcher behandelt [1,2].

Die Behandlungsoptionen richten sich nach der Lokalisation und Größe des Thrombus, wobei die zu priorisierende Therapie immer die Rekanalisierung des betroffenen Gefäßes und die Reperfusion des betroffenen Darmabschnitts sein soll [2,3]. Neben der Rekanalisierung des Gefäßes hat die chirurgische Exploration mittels Laparoskopie oder Laparotomie sowohl als Diagnostikum als auch als Therapieoption die wohl größte Bedeutung. Versagt die endovaskuläre Therapie oder besteht der klinische Verdacht auf eine Peritonitis oder einen paralytischen Ileus sind umgehende chirurgische Maßnahmen indiziert [1,3,16,18,29,38,49].

In jedem Fall aber sollte nach aktuellem Kenntnisstand vor einer chirurgischen Resektion eine Revaskularisation evaluiert werden [1,2,46].

### 1.6.1 Endovaskuläre Revaskularisation

Bei den kathetergestützten Verfahren zur Rekanalisation stehen verschiedene Techniken zur Auswahl.

Zur klassischen Embolektomie wird eine 7 Charrière Schleuse eingebracht, über die mittels Führungsdraht ein Aspirationskatheter in den Embolus eingebracht wird. Über diesen wird mit einer 20 ml Spritze der Embolus versucht zu aspirieren. Der Vorgang kann mehrere Male wiederholt werden und wird angiografisch dargestellt [12].

Im Falle einer inkompletten Thrombusaspiration kann im Anschluss eine lokale Lyse mittels rekombinanter Plasminogenaktivatoren (rt-PA) versucht werden [7].

Zur Aspirationsthrombektomie stehen diverse Absaugsysteme (bspw. AngioJet®) zur Verfügung, welche ebenfalls über einen transfemorale oder transbrachiale Katheter eingebracht werden. Zudem kann auch über gelöcherte Katheter eine „Pulse-Spray-Lyse“ erfolgen, welche die Erfolgchancen einer rheolytischen Therapie steigert [4]. Die Aspirationsthrombektomie wird für abgangsnahe Embolien favorisiert angewandt [4,49]. Weiter wird bei einem steilen Abgang der SMA aus der Aorta der transbrachiale Zugangsweg bevorzugt [4,12].

Abgangsnahe Stenosen und Verschlüsse können durch die klassische Perkutane Transluminale Angioplastie (PTA) mit ggf. Einlage von Stents therapiert werden [1,2,4].

Nicht-okklusive Mesenterialschämien können durch die intraarterielle Einlage von Pharmakospülkathetern und die Applikation von vasodilatativen Substanzen wie Prostavasin oder Papaverin therapiert werden [1].





Abbildung 5: DSA: Kontrastmittelabbruch auf Höhe der SMA

Quelle: Abteilung für diagnostische und interventionelle Radiologie des Universitätsklinikum Tübingen



Abbildung 6: DSA: Wiederaufnahme von Kontrastmittel der SMA nach Rekanalisation

Quelle: Abteilung für diagnostische und interventionelle Radiologie des Universitätsklinikum Tübingen

### **1.6.2 Offen-chirurgische Revaskularisation**

Im Rahmen einer explorativen Laparotomie kann ein Verschluss der A. Mesenterica superior gefäßchirurgisch revaskularisiert werden. Hier steht vor allem die offene Thrombektomie im Vordergrund. Nach einer queren Arteriotomie wird über eine Schleuse ein 3- oder 4 Charrière Fogarty-Katheter mit einem aufblasbaren Ballon über einen Draht hinter den Thrombus oder Embolus geschoben. Nach Insufflation des Ballons hinter der Stenose wird der Thrombus mit dem Katheter herausgezogen und die Arteriotomie mit einem Polypropylene Faden der Stärke 6.0 in Einzelknopfnahntechnik wieder verschlossen [12,41,48,52].

Alternativ zur Embolektomie oder bei Versagen dieser stehen diverse Möglichkeiten der Bypass-Chirurgie zur Überbrückung der Stenose zur Verfügung [7,33,44,48].

### **1.6.3 Explorative Laparotomie und Laparoskopie**

Beim Vorliegen klinischer und/oder radiologischer Zeichen einer Peritonitis wird in der Literatur die rasche explorative Laparotomie mit der Möglichkeit der Revaskularisation und gleichzeitigen Beurteilung der Darmvitalität mit Resektion der bereits gangränösen Darmabschnitte empfohlen [1,3,16,47,53 s. Abbildung 7].

Die Laparoskopie hingegen hat sich als initiale Diagnostikmethode der AMI bisher nicht durchsetzen können [18,43]. Sie spielt bei der initialen Diagnostik der AMI bisher keine große Rolle, kann aber zur Evaluation der Darmvitalität nach erfolgreicher endovaskulärer Revaskularisation beitragen [16,28,44,47]. Nachteilig allerdings birgt sie bei distendierten Darmschlingen und einer fragilen Darmwand eine erhöhte Perforationsgefahr durch das Einbringen der Trokare [7,43].

Ein weiterer Nachteil der Laparoskopie zur Beurteilung der Vitalität des Darms stellt die reine indirekte visuelle Beurteilung des Darms dar, bei welcher eine Minderperfusion der Mukosa nicht entdeckt werden kann. Zudem kann sie durch die intraluminalen

Ansammlung von Blut oder Faeces durch das dunkle Erscheinungsbild des Darms zu Fehldiagnosen führen [28].



*Abbildung 7: OP-Situs mit bereits demarkiertem ischämischem Darm aufgrund eines SMA-Verschlusses am Schweinemodell.*

Bildquelle mit freundlicher Genehmigung von Apl. Prof. Dr. med. Karolin Thiel.

#### **1.6.4 Damage Control Surgery**

Im Zuge der explorativen Laparotomie werden Darmabschnitte nach ihrer Vitalität beurteilt. Hierzu kann es hilfreich sein, den Puls der SMA versuchen zu tasten. Die Intraoperative Anwendung der Dopplersonografie kann dabei hilfreich sein [16,33,43,47].

Im Allgemeinen wird zuerst die Revaskularisation über eine Thrombektomie empfohlen und anschließend offensichtlich irreversibel gangränöse oder perforierte Darmabschnitte reseziert [48] und mit dem Linearstapler abgesetzt [33]. Bei hämodynamisch

instabilen oder septischen Patienten sollten vorerst gangränöse Darmabschnitte reseziert und anschließend die Revaskularisation vorgenommen werden [53]. Wenn Unsicherheit über die Durchblutung der abgesetzten Darmenden herrscht, wird auf eine primäre Anastomose verzichtet. In diesem Falle kann auch eine Stomaanlage erfolgen [47]. Falls aufgrund erhöhten intraabdominellen Drucks kein spannungsfreier Verschluss des Abdomens möglich erscheint, kann ein Vakuumdressing und eine Therapie am offenen Abdomen durchgeführt werden [7].

Zur Überprüfung des Revaskularisationsergebnisses und einer nicht weiter progredienten Ischämie wird innerhalb der folgenden 24 - 48 Stunden eine „Second-Look-Laparotomie“ empfohlen, bei der die Vitalität der abgesetzten Darmenden neu bewertet wird [33,43,47]. Wurde zuvor ein Anus Praeter angelegt, kann auch bettseitig anhand der Inspektion der Schleimhautverhältnisse die Durchblutungssituation der Darmmukosa beurteilt werden [47]. Zeigt sich hier keine weitere Ischämie, kann eine Anastomose der verbliebenen Darmenden durchgeführt werden und im Falle der Spannungsfreiheit ein Verschluss des Abdomens erfolgen. Andernfalls muss nach Befund vorgegangen und ggf. weiterer Darm reseziert werden. Bei kritisch kranken Patienten, bei denen eine weitere Operation ein hohes Risiko darstellt, kann auch anstatt eines 3rd-looks eine definitive Split-Stomaanlage erfolgen, ebenso bei einer Anastomoseninsuffizienz [7,15].

### **1.6.5 Supportive Therapie**

Um die Durchblutung und das Sauerstoffangebot zu erhöhen, soll bei Patienten mit Verdacht auf AMI initial bereits ein aggressives Volumenmanagement durchgeführt werden [22,52]. Hoch dosierte Volumengabe in Form von kristalloiden Infusionen stellen hier das Mittel der Wahl dar [22,52], wenn nötig auch Blutprodukte [16]. Vasopressoren sollten nur sehr zurückhaltend verabreicht werden, da diese die viszerale Durchblutungssituation weiter verschlechtern [16,22]. Eine initiale systemische Antikoagulation in Form von einem intravenösen Heparin-Bolus wird ebenfalls empfohlen [22,23].

Aufgrund der guten Steuerbarkeit und nieren-unabhängigen Ausscheidung wird unfractioniertes gegenüber niedermolekularem Heparin bevorzugt [23]. Die Gabe von intravenösen Antibiotika in Form von Breitspektrumantibiotika gehört ebenfalls zur Basistherapie der AMI [52], beispielsweise in Form von Cephalosporinen in Kombination mit Metronidazol [21].

## **1.7 Ziel der Studie**

Ziel der Studie war es, herauszufinden, ob die primäre endovaskuläre Therapie der akuten Mesenterialischämie gegenüber einer primären chirurgischen Therapie Vorteile bringt. Hierzu wurden patientenrelevante Endpunkte untersucht wie die Sterblichkeitsrate, aber auch das Ausmaß der chirurgischen Darmresektion sowie die Anzahl der Operationen, die nötig waren, und die Länge des erhaltenen Restdarmes.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1 Studiendesign**

Der Prüfplan wurde vor Beginn der Datenerfassung bei der zuständigen Ethikkommission der Universität Tübingen vorgelegt und genehmigt.

**(Projekt-Nummer. Nr.:896/2018BO2)**

#### **2.1.1 Rekrutierung der retrospektiven Daten**

Die Rekrutierung und Erhebung der retrospektiven Daten erfolgte über die in der Datenbank der Abteilung für Allgemeine, Viszeral- und Transplantationschirurgie des Uni-

versitätsklinikum Tübingen gespeicherten Informationen. Hierbei wurden im ersten Abschnitt alle Patientenfälle im Zeitraum von 01/2009 - 04/2019 eingeschlossen, bei welchen die Diagnose „K55.0 – Akute Gefäßkrankheiten des Darmes“ nach ICD-10-GM Version 2020 kodiert war, welche die folgenden Diagnosen einschließt und dabei nicht voneinander abgrenzt.

- Akut: Darminfarkt
- Akut: Dünndarmischämie
- Akut: Fulminante ischämische Kolitis
- Mesenterial (Arterien) (Venen): Embolie
- Mesenterial (Arterien) (Venen): Infarkt
- Mesenterial (Arterien) (Venen): Thrombose
- Subakute ischämische Kolitis

Dabei ergab sich eine Fallzahl von 267 Patienten.

### **2.1.2 Datenerfassung**

Die folgenden Daten wurden aus den Patientenakten der 267 Fälle erhoben:

#### Fallbezogen:

- Zeitpunkt der Aufnahme / Eintreffen des Patienten
- Zeitpunkt der Entlassung / Verlegung des Patienten
- Art der Aufnahme (Übernahme aus externem Krankenhaus oder Erstvorstellung über die Notaufnahme bzw. Schockraum)
- Krankenhausverweildauer in Tagen
- Zeitpunkt der radiologischen Intervention(en)
- Dauer der radiologischen Intervention(en)
- Zeitpunkt der Operation(en)
- Dauer der Operation(en)

### Patientenbezogen:

- Alter bei Aufnahme
- Geschlecht
- Körpergröße
- Körpergewicht
- BMI
- Triage-Stufe bei Aufnahme (ESI)
- Vorerkrankungen
- Bestehende antikoagulatorische oder plättchenhemmende Medikation
- Ätiologie der AMI (arteriell, venös, NOMI)
- Gefäßbeteiligung
- Primär durchgeführte Maßnahme (Intervention vs. OP)
- Art der radiologischen Intervention
- Primär laparoskopisches oder offenes Vorgehen bei der Operation
- Anzahl der Operationen
- Ausmaß der chirurgischen Resektionslänge nach Darmabschnitten und kumulativ
- Anlage eines temporären oder definitiven Enterostomas
- Primäre Anlage einer Anastomose der abgesetzten Darmenden
- Verbliebene Dünndarmlänge laut OP-Bericht
- Kurzdarmsyndrom nach OP mit Restdünndarmlänge <120 cm
- Implantation eines zentralvenösen Katheters zur parenteralen Ernährung (Hickman-/ , Portkatheter) aufgrund des Vorliegens eines Kurzdarmsyndroms infolge ausgedehnter chirurgischer Resektion
- Folgeeingriffe
- Miteinbeziehung eines Gefäßchirurgen bei der Operation

## 2.2 Methodik

Im Zeitraum von 01/2009 – 04/2019 waren am Uniklinikum Tübingen 267 Patientenfälle mit der Diagnose K55.0 – Akute Gefäßkrankheiten des Darmes kodiert.

Da im ICD-10 nicht berücksichtigt wird, ob es sich um ein arteriell okklusives Geschehen handelt, sondern unter K55.0 ebenso die NOMI, wie auch die VMI und die Ischämische Kolitis geführt wird, wurde jeder Patientenfall einzeln auf das Vorliegen einer akut aufgetretenen arteriell okklusiven Mesenterialischämie geprüft. Des Weiteren stellte sich bei der Datenerhebung heraus, dass die ICD-10 Diagnose K55.0 ebenfalls oftmals kodiert wird, wenn eine Durchblutungsstörung des Darmes nicht ursächlich für ein Krankheitsgeschehen war, sondern die Folge eines anderen Krankheitsbildes wie bspw. der Infarzierung eines Darmabschnittes infolge mechanischer Torquierung des Darmes oder eines Bridenileus.

Zudem wurden bei der endgültigen Auswertung nur Patienten berücksichtigt, welche einer therapeutischen radiologischen Intervention und / oder Operation zugeführt wurden. Patienten, bei welchen aufgrund einer infausten Prognose ein konservatives Vorgehen im Sinne einer palliativen Analgesie durchgeführt wurde, wurden ebenfalls nicht bei der endgültigen Auswertung berücksichtigt. Patienten, welche in dem Untersuchungszeitraum zur elektiven angiographischen Intervention bei bestehenden Gefäßstenosen der viszerale Gefäße am Universitätsklinikum Tübingen vorstellig wurden, wurden aus der Analyse ausgeschlossen.

Nachdem alle Patienten, bei welchen eine arteriell okklusive Mesenterialischämie nicht nachgewiesen werden konnte und zusätzlich keine weitere invasive Therapie durchgeführt wurde, ausgeschlossen waren, ergab sich ein Datensatz von 107 Patienten.

Hiervon erhielten 52 Patienten sowohl eine radiologische Intervention als auch eine Operation. 41 Patienten wurden ausschließlich chirurgisch therapiert und bei 14 Patienten wurde ausschließlich radiologisch interveniert.



Von den 52 Patienten, welche sowohl eine radiologische Intervention erhielten als auch einer Operation zugeführt wurden, wurde bei 37 Patienten primär die Intervention und anschließend die Operation durchgeführt. 15 Patienten von den 52 Patienten wurden zuerst operiert und anschließend einer radiologischen Intervention zugeführt.

Die Selektion der Patienten, welche in die Studie eingeschlossen wurden, werden im folgenden Flowchart erklärt (s. Abbildung 8).

Alle Patienten mit der Diagnose K55.0 im Zeitraum 2009 – 2019 am Universitätsklinikum Tübingen

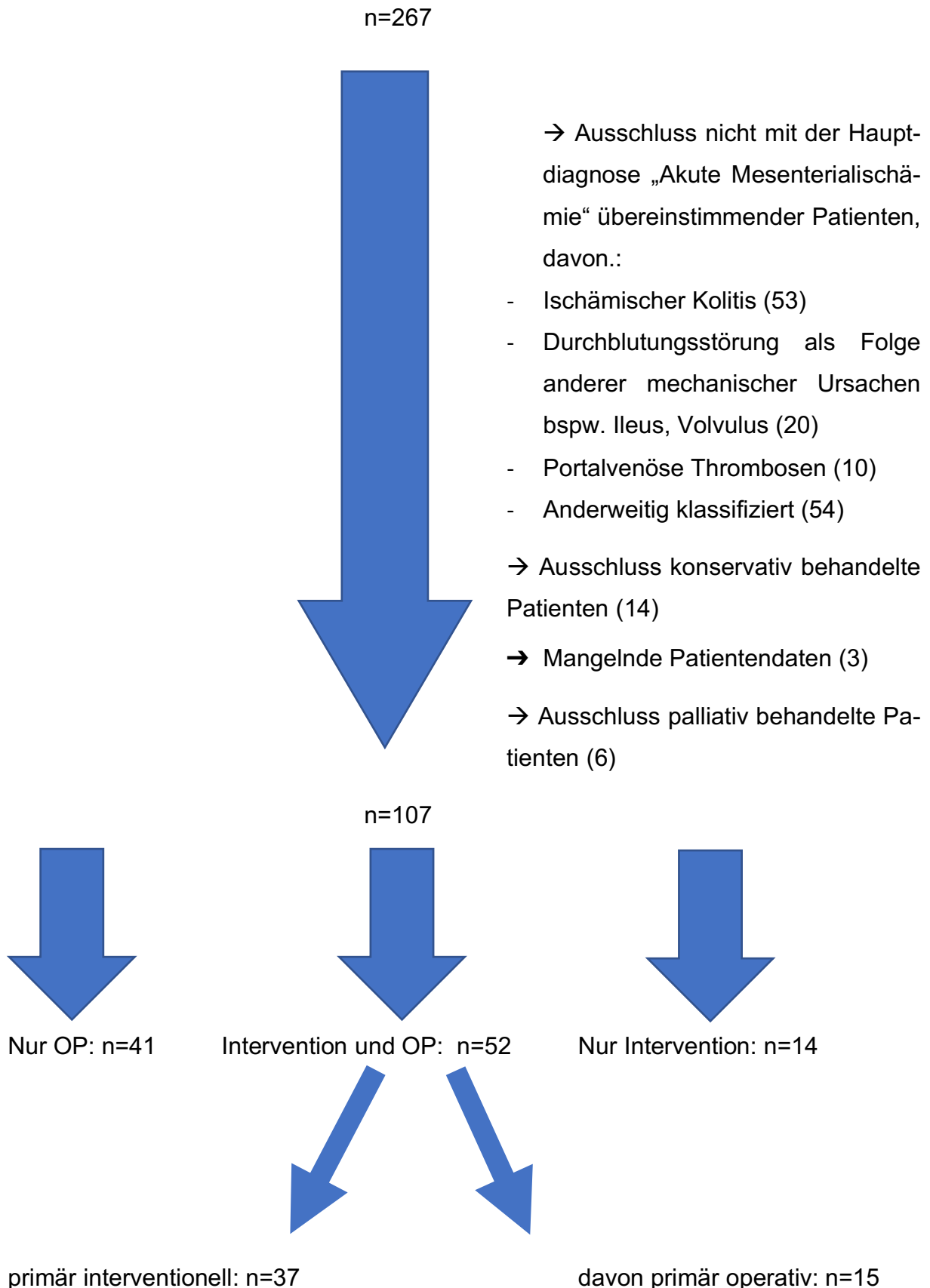


Abbildung 8: Flowchart – Selektion der in die Analyse eingeschlossenen Patienten

## 2.3 Statistische Auswertung

Die Patientendaten aus dem Krankenhausinformationssystem wurden pseudonymisiert und in einer Excel-Tabelle (Microsoft® Excel V 16.6) dokumentiert und gespeichert. Dies geschah auf dem Klinikserver der Universitätsklinik Tübingen.

Zur Berechnung der Mittelwerte und der Standardabweichung des Mittelwertes wurde das Computerprogramm JMP Version 14.2 der Firma SAS, North Carolina, USA verwendet. Ebenso wurde die statistische Analyse mit diesem Programm durchgeführt. Um den Einfluss der unterschiedlichen Patientenmerkmale auf die patientenrelevanten Endpunkte herauszufinden, wurde die einfaktorielle und bivariate Analyse mittels Wilcoxon-Testes durchgeführt.

Als signifikant wurden Ergebnisse gewertet, welche eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % oder weniger hatten ( $p < 0,05$ ).

Zur Berechnung der Sterblichkeitsrate sowie der 30-Tages-Mortalität wurde die Kaplan-Meier-Methode herangezogen. Die Berechnungen hierzu sowie die graphische Darstellung wurden ebenfalls mit dem Computerprogramm JMP Version 14.2 der Firma SAS, North Carolina, USA durchgeführt.

### 3. Ergebnisse

#### Demografische Daten der Patientengruppe

In der Gesamtheit betrug das Alter der Patienten bei Aufnahme im Durchschnitt  $72 \pm 1$  Jahre, im Median 74 Jahre (Min. 41 / Max. 96). Von 107 Patienten waren 43 männlich und 64 weiblich. Weitere biologische Daten wie Körpergröße, Körpergewicht und BMI der Patienten sind in der folgenden Tabelle dargestellt (Vgl. Tabelle 3)

*Tabelle 3: Verteilung demografischer Daten der Patienten*

<b>N=107</b>	<b>Mittelwert / Anzahl</b>	<b>Std. Fehler</b>	<b>Median</b>
<b>Alter bei Aufnahme in Jahren</b>	72	1	74
<b>Männliches Geschlecht</b>	43		
<b>Weibliches Geschlecht</b>	64		
<b>Körpergröße in cm</b>	166	8,8	165
<b>Körpergewicht in kg</b>	70,2	1,6	69
<b>BMI</b>	25,3	0,5	24,4

## Betroffenes Gefäß

Bei N=107 Patienten, die einen arteriellen Verschluss eines oder mehrerer Gefäße hatten, welche den Gastrointestinaltrakt versorgen, wurde untersucht, welches Gefäß betroffen war. Dabei wurden nur die drei großen Gefäße Truncus Coeliacus (TrC), Arteria Mesenterica superior (SMA) und Arteria Mesenterica inferior (IMA) berücksichtigt.

In der Gesamtheit war im Durchschnitt in 77 % der Fälle (n=82) die SMA für die intestinale Ischämie verantwortlich. 19 % aller Patienten (n=20) hatten einen Verschluss der SMA und des TrC zugleich. In 1 % der Fälle (n=1) war der TrC isoliert verschlossen, sowie ebenfalls in 1 % (n=1) isoliert die IMA. Alle drei Gefäße zugleich waren in 2 % der Fälle (n=2) verschlossen (Vgl. Tabelle 4).

*Tabelle 4: Verteilung der jeweils von einem akuten Gefäßverschluss betroffenen Gefäße bezogen auf die Gesamtheit der analysierten Patienten in Prozent*

<b>Gefäß</b>	<b>Gesamt N=107</b>
<b>SMA</b>	76,6 % (n=82)
<b>SMA und TrC</b>	18,7 % (n=20)
<b>SMA, TrC und IMA</b>	1,9 % (n=2)
<b>TrC</b>	0,9 % (n=1)
<b>IMA</b>	1,9 % (n=2)

## Krankenhausverweildauer und 30-Tages-Mortalität

Betrachtet man die Gesamtzahl der Patienten, die untersucht wurden (N=107) so ergibt sich für diese im Median eine Krankenhausverweildauer von 13 Tagen (Min. 0, max. 195 Tage). Da in diese Berechnungen auch Patienten einfließen, welche innerhalb dieser Zeit verstarben, wurde die 30-Tages-Mortalität berechnet.

Sie beschreibt die Anzahl der Patienten, welche innerhalb von 30 Tagen im Krankenhaus verstarben. Hierzu wurden alle Patienten, auf die dieses Kriterium zutraf, mit denen, welche den Zeitraum von 30 Tagen überlebten, verglichen.

Zudem wurde die Verweildauer der Patienten, welche länger als 30 Tage im Krankenhaus verweilten und somit länger als 30 Tage überlebten auf einen Zeitraum von 30 Tagen gekürzt (Zensor).

Hieraus ergab sich eine 30-Tages-Mortalität von 44,6 % bei einer 30-Tages-Überlebendwahrscheinlichkeit von  $55,4 \pm 0,6$  % (s. Abbildung 9).

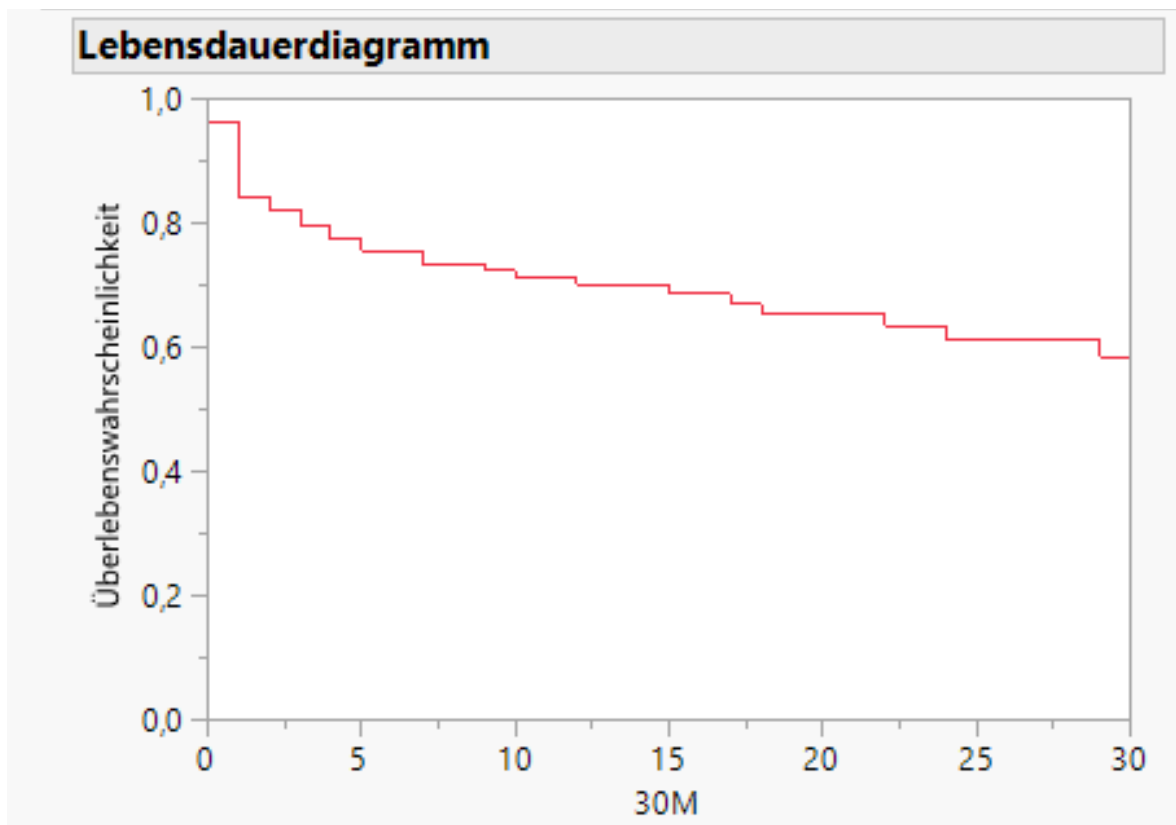


Abbildung 9: 30-Tages-Mortalität aller Patienten

## Zusammenhang zwischen Patientenalter bei Aufnahme und 30-Tages-Mortalität

Wie aus den demografischen Daten hervorgeht, lag das Durchschnittsalter aller Patienten (N=107) bei Aufnahme bei  $72 \pm 1$  Jahre, im Median bei 74 Jahren (Min. 41 / Max. 96).

Um zwei vergleichbare Gruppen zu schaffen, wurde das Patientenkollektiv in zwei Kategorien eingeteilt: Patienten, die am Aufnahme datum 75 Jahre und jünger waren („jung“), sowie Patienten, die über 75 Jahre alt waren („alt“).

Es ergaben sich folgende Gruppen:

- jung (n=60)
- alt (n=47)

Anschließend wurde die 30-Tages-Mortalität beider Patientengruppen miteinander verglichen.

Dabei ergab sich in der Gruppe über 75 Jahre eine 30-Tages-Mortalität von  $65 \pm 11$  %, in der Gruppe unter 75 Jahre von  $30 \pm 7$  %. ( $p < 0,05$ ) (s. Abbildung 10).

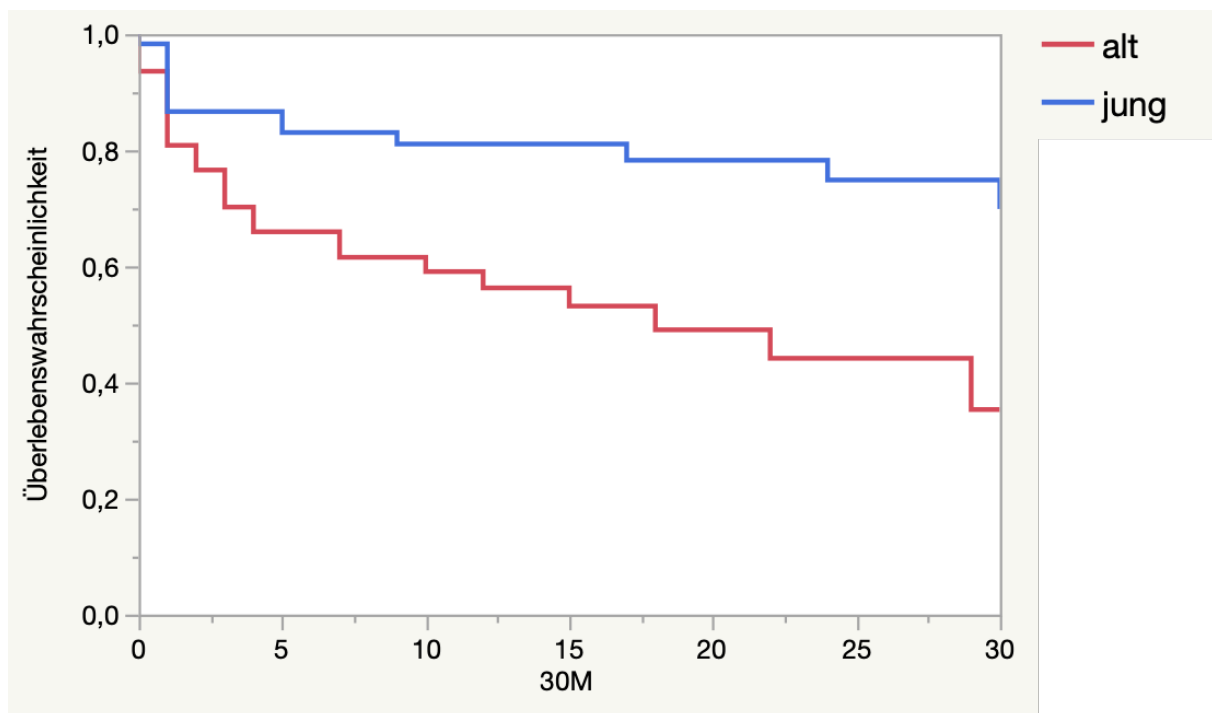


Abbildung 10: 30-Tages-Mortalität aufgeteilt in Patienten über 75(alt) und 75 und jünger (jung)

## Zusammenhang zwischen Geschlecht und 30-Tages-Mortalität

Ob das Geschlecht einen Einfluss auf die Sterblichkeitsrate bei Patienten mit akuter mesenterialer Ischämie hat, wurde untersucht, indem man die 30-Tages-Mortalität des Patientenkollektivs nach Geschlechtergruppen „männlich“ und „weiblich“ gruppiert.

Sowohl unter den männlichen als auch unter den weiblichen Patienten lag die Mortalitätsrate innerhalb der ersten 30 Tage bei  $45 \pm 9\%$  (s. Abbildung 11).

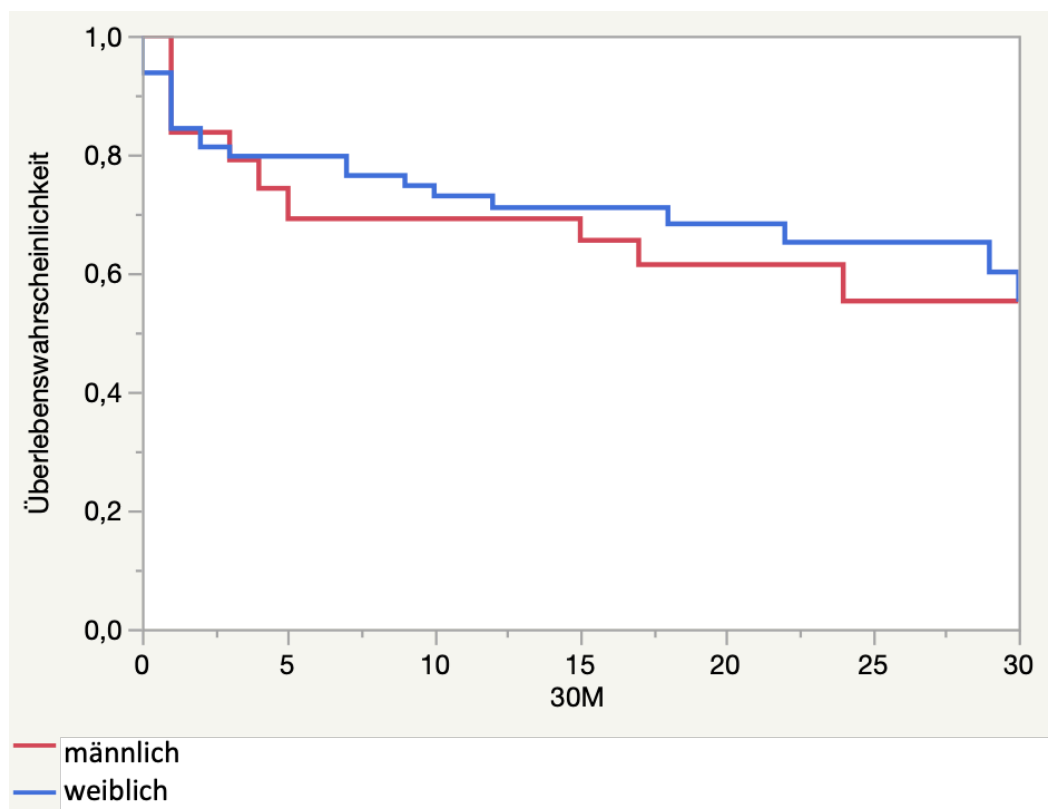


Abbildung 11: 30-Tages-Mortalität gruppiert nach Geschlechtern



## Zusammenhang zwischen Gefäßbeteiligung und 30-Tages-Mortalität

Es stellte sich bei der Analyse die Frage, ob es im Hinblick auf die Sterblichkeitsrate einen Unterschied macht, welches Gefäß verantwortlich für die akute mesenteriale Ischämie ist, bzw. die Anzahl der verschlossenen Gefäße. Hierzu wurde die 30-Tages-Mortalität in zwei Gruppen aufgeteilt: Patienten, bei welchen ein Verschluss der SMA für die mesenteriale Ischämie verantwortlich war und Patienten bei welchen sowohl ein Verschluss der SMA als auch des TrC vorlag. Aufgrund der niedrigen Fallzahl und der Tatsache, dass in den übrigen Kombinationen kein Patient innerhalb von 30 Tagen im Krankenhaus verstarb, wurden die übrigen Varianten von der Analyse ausgeschlossen.

Unter den Patienten, bei welchen ein isolierter Verschluss der SMA vorlag, betrug die Mortalitätsrate innerhalb der ersten 30 Tage im Durchschnitt  $40 \pm 7 \%$ . Im Falle, dass sowohl TrC als auch die SMA verschlossen waren, stieg die 30-Tages-Mortalität auf durchschnittlich  $73 \pm 14 \%$ . ( $p < 0,05$ ) (s. Abbildung 12).

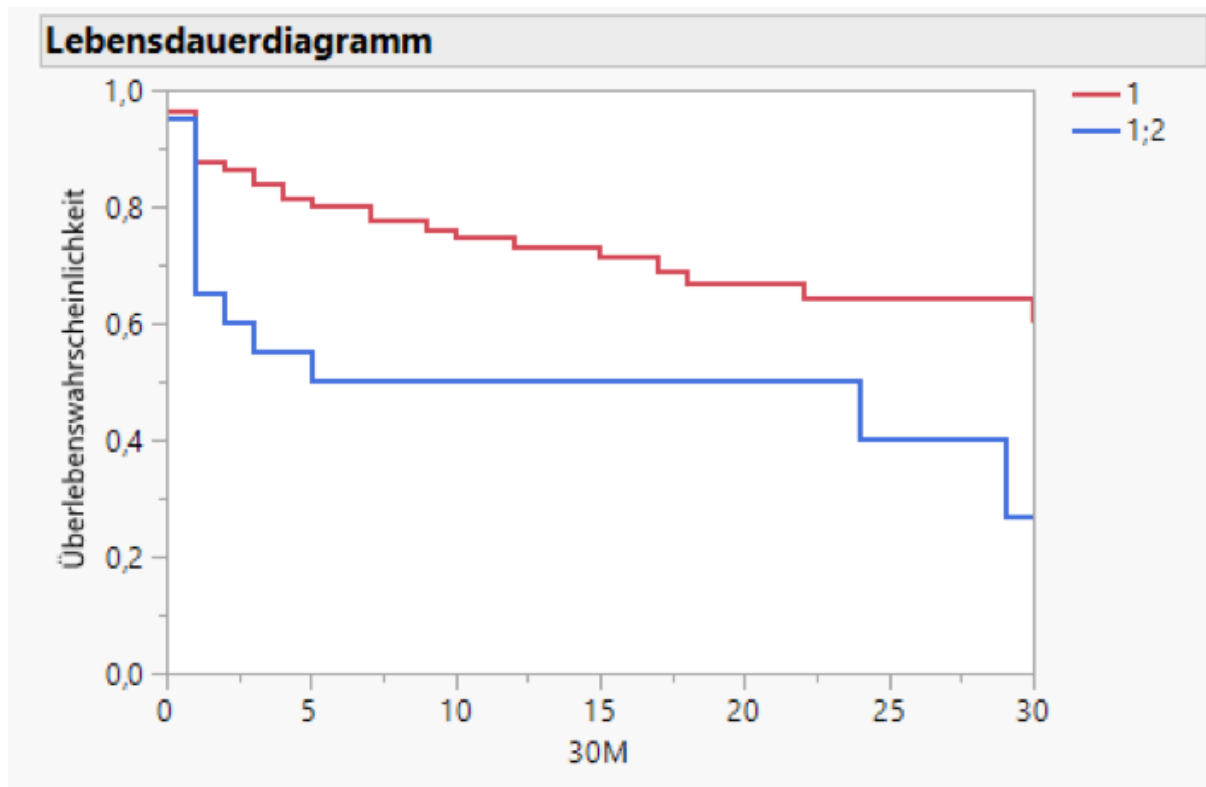


Abbildung 12: 30-Tages-Mortalität gruppiert nach Gefäßbeteiligung. 1=SMA, 1;2=SMA und TrC

## Bildung von Subgruppen

Es wurden innerhalb der 107 Patienten drei Gruppen identifiziert:

Patienten, die nur eine Intervention erhielten, wurden der Subgruppe „Intervention“, n=14) zugewiesen.

Patienten, welche nur eine Operation erhielten, wurden in die Subgruppe „OP“, n=41 eingeteilt und Patienten, welche sowohl eine Intervention als auch eine Operation erhielten wurden in der Subgruppe „Kombiniert“, n=52 zusammengefasst.

## Altersverteilung in den Subgruppen

Die Interventionsgruppe war im Mittel  $67 \pm 3$  Jahre alt, die Subgruppe, welche nur eine Operation erhielt,  $73 \pm 2$  Jahre und die Subgruppe, welche beide Therapieformen erhielt, ebenfalls  $73 \pm 2$  Jahre (Vgl. Tabelle 5).

*Tabelle 5: Altersverteilung nach Subgruppen in Jahren*

<b>Subgruppe</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Std. Fehler</b>	<b>Median</b>
<b>Intervention (n=14)</b>	67	3	69
<b>OP (n=41)</b>	73	2	74
<b>Kombiniert (n=52)</b>	73	2	75

## **Geschlechterverteilung in den Subgruppen**

In den einzelnen Gruppen war die Geschlechterverteilung folgendermaßen:

Intervention: 7 männlich und 7 weiblich

OP: 14 männlich, 27 weiblich

Kombiniert: 22 männlich, 30 weiblich

## **Betroffenes Gefäß in den Subgruppen**

Betrachtet man die Subgruppen in Bezug auf die jeweilige Gefäßbeteiligung, welche für die Ischämie ursächlich war, so zeigt sich ein Bild, das sich mit der Gesamtpopulation deckt:

In der Gruppe „Intervention“ war in 71 % der Fälle (n=10) die SMA verschlossen, in 21 % (n=3) TrC und SMA und in 7% (n=1) SMA, TrC und IMA.

In der Subgruppe der Patienten, die nur eine OP erhielten, war in 78 % der Fälle (n=32) die SMA verschlossen, in 12 % der Fälle (n=5) SMA und TrC, in 1 % (n=1) isoliert TrC, sowie in 1 % (n=1) SMA, TrC und IMA.

Bei n=2 Patienten (in 5 % der Fälle) war die IMA isoliert verschlossen.

In der Kombinierten Subgruppe war bei 77 % (n=40) die SMA verschlossen, gefolgt von 23 % (n=12) mit TrC- und SMA-Verschluss (Vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Gefäßbeteiligung nach Subgruppen verteilt

Gefäß	Intervention	OP	Kombiniert	Gesamt N=107
<b>SMA</b>	71,4 % (n=10)	78,1 % (n=32)	76 % (n=40)	76,6 % (n=82)
<b>SMA und TrC</b>	21,4 % (n=3)	12,2 % (n=5)	23 % (n=12)	18,7 % (n=20)
<b>SMA, TrC und IMA</b>	7,1 % (n=1)	2,4 % (n=1)	-	1,9 % (n=2)
<b>TrC</b>	-	2,4 % (n=1)	-	0,9 % (n=1)
<b>IMA</b>	-	4,9 % (n=2)	-	1,9 % (n=2)

### 30-Tages-Mortalität in den Subgruppen

Betrachtet man die 30-Tages-Mortalität der einzelnen Subgruppen ergibt sich folgendes:

In der Gruppe, welche nur eine Intervention erhielt, starb kein Patient innerhalb der ersten 30 Tage (Überlebenswahrscheinlichkeit 100 %).

Die Wahrscheinlichkeit nach einer Operation als einzige Therapieform zu sterben, betrug innerhalb der ersten 30 Tage  $49 \pm 1$  % (Gruppe „OP“).

In der Gruppe „Kombiniert“ welche sowohl Intervention als auch Operation erhielt, betrug die 30-Tages-Mortalität  $48 \pm 0,8$  %. Es ergaben sich somit keine signifikanten Unterschiede in den Subgruppen „OP“ und „Kombiniert“, wohingegen in der Gruppe „Intervention“ alle Patienten innerhalb der ersten 30 Tage überlebten (s. Abbildung 13).

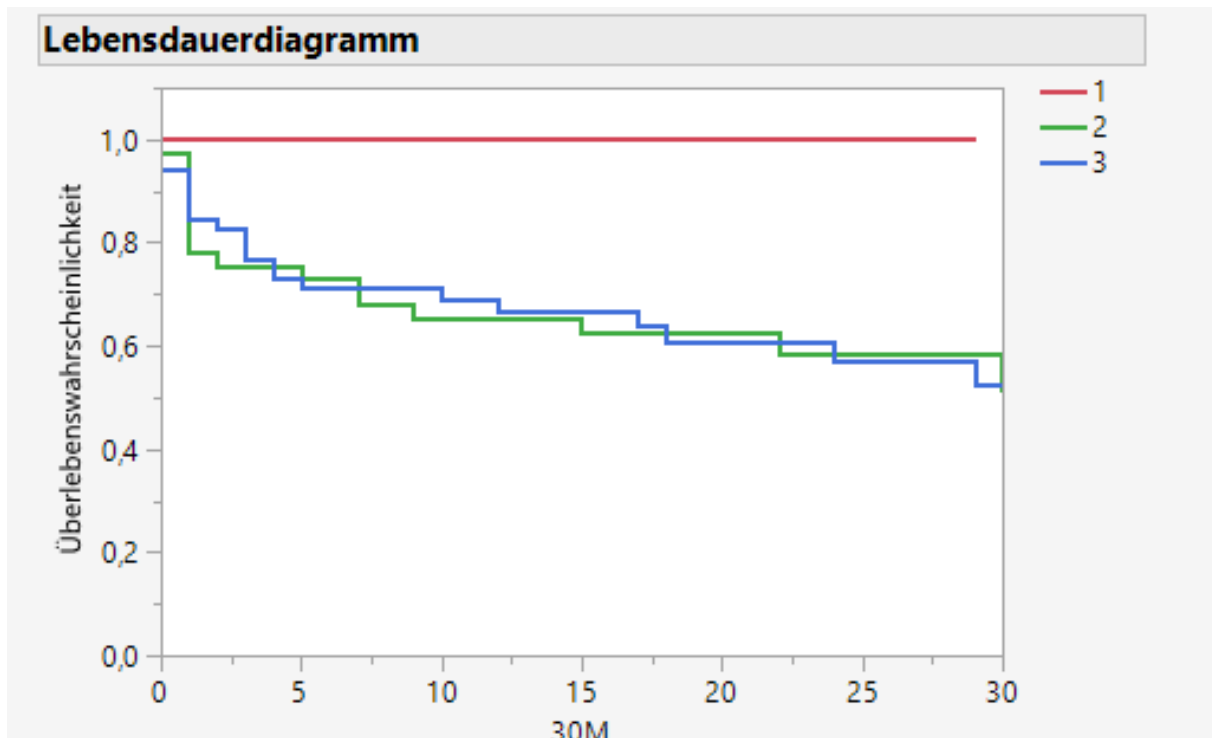


Abbildung 13: 30-Tages-Mortalität nach Subgruppen

### Zusammenhang zwischen Patientenalter bei Aufnahme und 30-Tages-Mortalität in den Subgruppen

Wie bereits für die Gesamtpopulation beschrieben wurde die 30-Tages-Mortalität in den Subgruppen mit der gleichen Methode für die Kategorien „jung“ und „alt“ berechnet.

In der Subgruppe „Intervention“ (n=14) überlebten alle Patienten länger als 30 Tage.

In der „OP“-Subgruppe (n=41) ergab sich eine 30-Tages-Mortalität von  $58 \pm 13$  % für die Subgruppen „alt“. Für die Gruppe „jung“ ergab sich eine 30-Tages-Mortalität von  $40 \pm 14$  % (nicht signifikant, s. Abbildung 14).

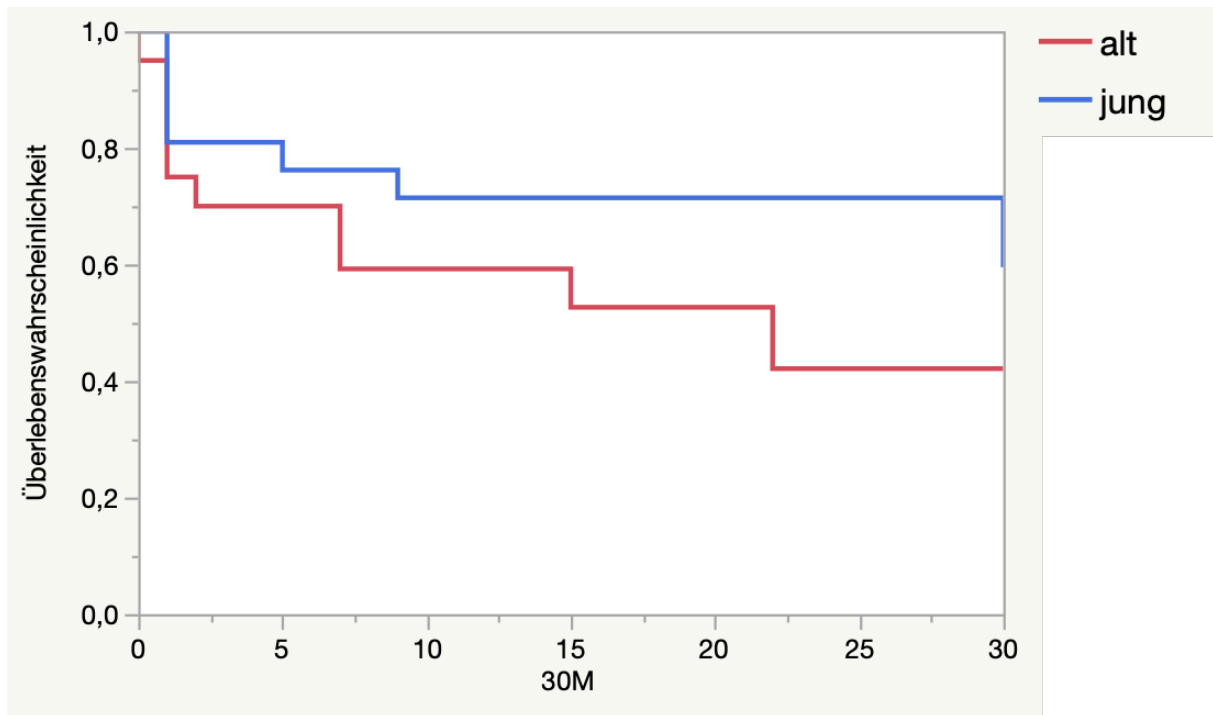


Abbildung 14: 30-Tages-Mortalität der Subgruppen 2 nach Kategorien „Jung“ und „Alt“)

In der „kombinierten“ Subgruppe (n=52) ergab sich eine 30-Tages-Mortalität von  $73 \pm 14 \%$  für die Kategorie „alt“. Für die Kategorie „jung“ ergab sich eine 30-Tages-Mortalität von  $29 \pm 10 \%$  ( $p < 0,05$ ) (s. Abbildung 15).

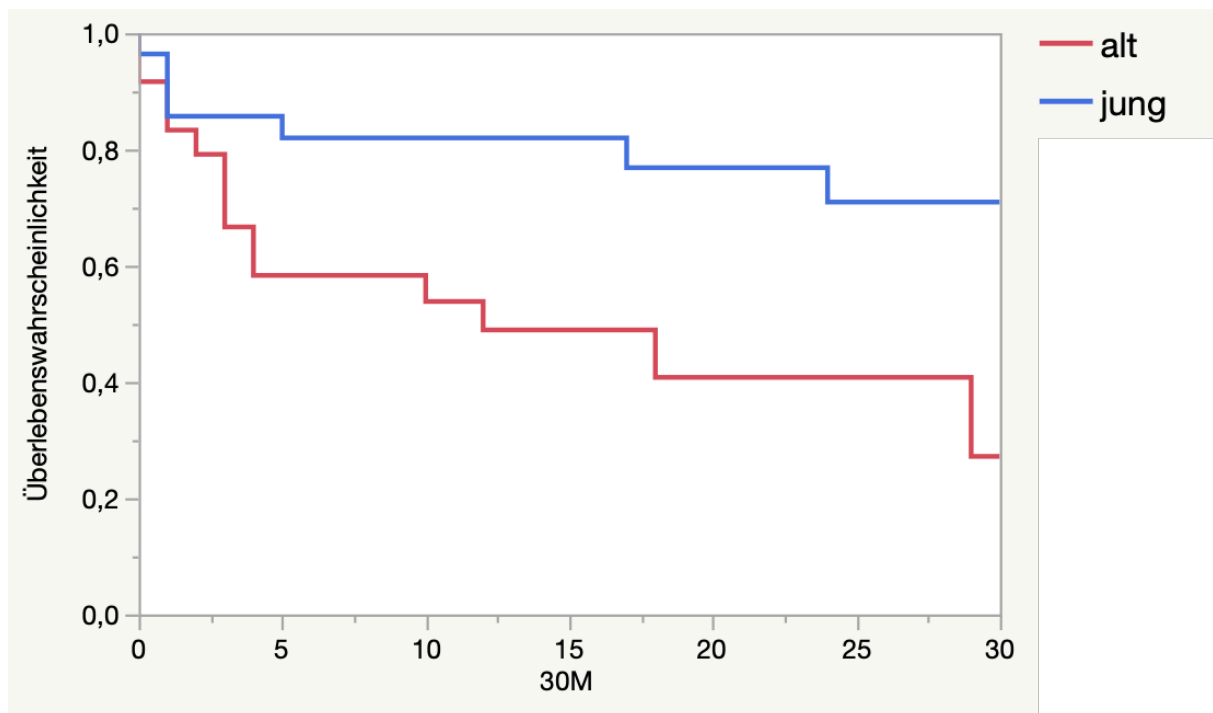


Abbildung 15: 30-Tages-Mortalität der Subgruppe 3 nach Kategorien „Jung“ und „Alt“)

## Zusammenhang zwischen primärer Intervention und 30-Tages-Mortalität

Um herauszufinden, ob Patienten von einer primären Intervention mit anschließender Operation gegenüber Patienten mit einer primären Operation gefolgt von einer Intervention profitieren, wurde im Folgenden die Subgruppe „kombiniert“ analysiert, welche sowohl Intervention als auch Operation erhielt.

Um dies herauszufinden wurden die Zeiten, zu denen die Interventionen und Operationen jeweils stattfanden, miteinander verglichen und zwei Gruppen gebildet, nämlich Patienten mit primärer Intervention (n= 37 und Patienten mit primärer Operation (n= 15).

Hieraus ergab sich eine Überlebenswahrscheinlichkeit von  $51 \pm 15 \%$  in der Gruppe mit primärer Intervention gegenüber einer Überlebenswahrscheinlichkeit von  $51 \pm 11 \%$  in der Gruppe mit primärer Operation (s. Abbildung 16)

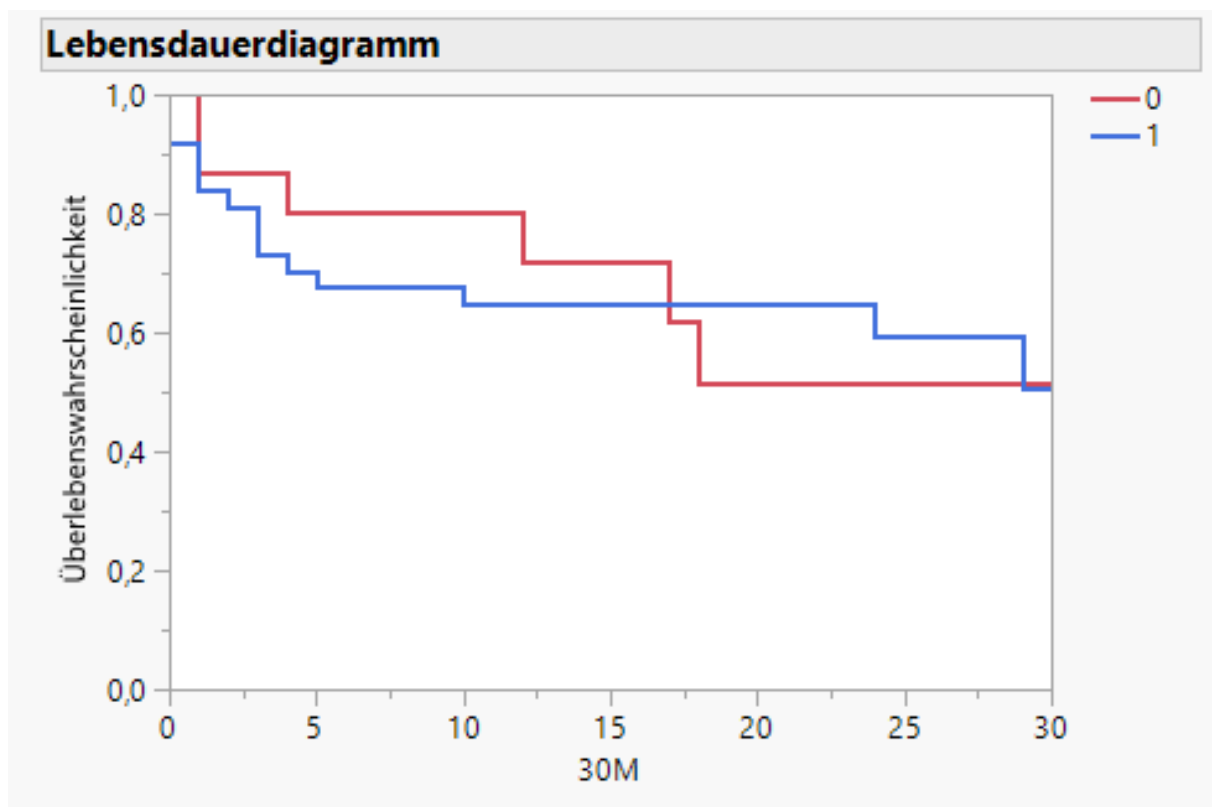


Abbildung 16: 30-Tages-Mortalität unterschieden primärer Intervention (=1) und primärer Operation (=0)

## **Zeitpunkt des Wechsels des Therapieregimes**

Betrachtet man die Gesamtheit der Patienten bezüglich der verschiedenen Therapieoptionen wie primäre Operation vs. primäre endovaskuläre Therapie und setzt dies in einen zeitlichen Zusammenhang mit dem Behandlungszeitpunkt, so zeigt sich, dass ab dem Jahre 2016 Patienten mit AMI am Uniklinikum Tübingen vermehrt primär endovaskulär interventionell therapiert wurden.

Um dies darzustellen, wurden alle Patienten, welche sowohl Intervention als auch OP erhielten („kombiniert“, n=52), in zwei Gruppen aufgeteilt, von denen eine die primäre Intervention, die andere die primäre OP erhielt. Anschließend wurde der Zeitraum ermittelt, ab dem vermehrt dazu übergegangen wurde, primär eine Intervention durchzuführen.

Die Patienten wurden anhand des Datums des Krankheitsereignisses in zwei Gruppen aufgeteilt, nämlich eine Gruppe für den Zeitraum 2009 - 2015 und eine Gruppe für den Zeitraum 2016-2019.

N=21 Patienten aus der Subgruppe „kombiniert“ wurden in den Jahren 2009 - 2015 behandelt. Von diesen 21 Patienten erhielten 10 eine primäre Operation und 11 eine primäre Intervention.

Von n=31 Patienten, die sowohl Intervention als auch OP erhielten, die im Zeitraum von 2016 bis 2019 behandelt wurden, erhielten 26 eine primäre Intervention und lediglich 5 eine primäre Operation.

Die Wahrscheinlichkeit für eine primäre Intervention lag somit in der Gruppe von 2016 - 2019 bei 84 % im Gegensatz zu 52 % in der Gruppe von 2009 - 2015. ( $p < 0.05$ ) (s. Abbildung 17)



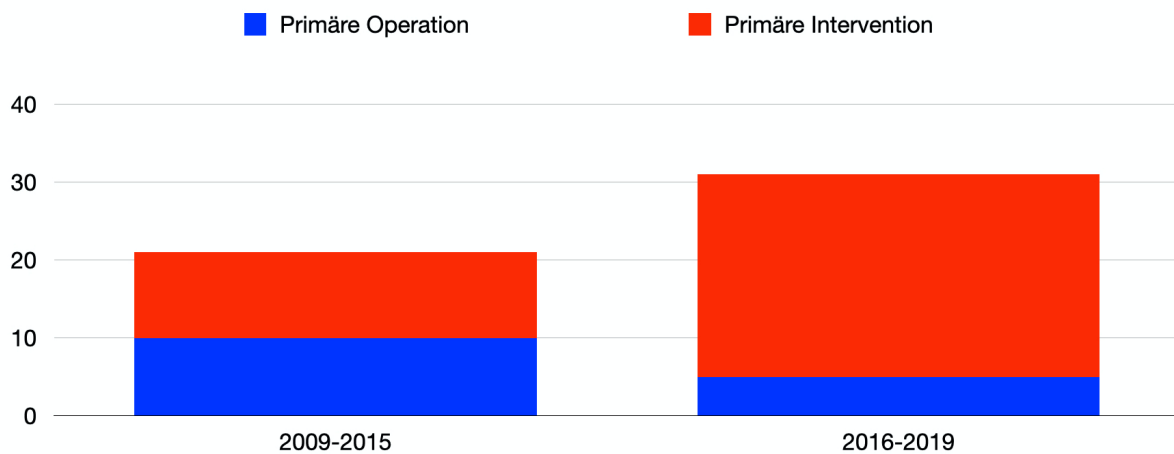


Abbildung 17: Wechsel des Therapieregimes nach Jahren

Betrachtet man die 30-Tages-Mortalität dieser zwei Gruppen jedoch, so ergibt sich kein signifikanter Unterschied im Überleben.

### **Zusammenhang zwischen Primärer Intervention und operativem Resektionsausmaß**

Eine grundsätzliche Überlegung dieser Analyse war, dass nach primärer Intervention und somit Wiederherstellung der Perfusion des minderdurchbluteten Darmabschnittes ein geringeres Resektionsausmaß in der sich anschließenden Operation notwendig sein könnte. Als Maß für das Resektionsausmaß wurde die Summe der Länge aller Dünndarmresektate gewählt, welche insgesamt pro Patienten entfernt wurden. Als Datenquelle wurden hier die Längenangaben der Pathologiepräparate gewählt.

Um den Zusammenhang zwischen primärer Intervention und notwendiger Resektionslänge herzustellen, wurden zuerst alle Patienten ausgewählt, die sowohl Intervention als auch OP erhielten (n=52). Anschließend wurden alle Patienten, bei denen aufgrund fehlender Daten keine Längenangabe zum Resektionsausmaß gemacht werden konnte, ausgeschlossen (n=1). Patienten, bei denen sich während der explorativen Laparotomie oder Laparoskopie ein infauster Befund zeigte und aus diesem Grund

keine Resektion stattgefunden hatte (n=8) wurden ebenfalls nicht berücksichtigt. Zudem wurden die Patienten, bei denen keine Dünndarmresektion, aber eine reine Dickdarmresektion durchgeführt wurde (n=3) ebenfalls ausgeschlossen (Vgl. Tabelle 7).

*Tabelle 7: Ausgeschlossene Patienten bei der Analyse des Zusammenhangs von Resektionsausmaß und primärer Intervention*

	Primäre Intervention	Primäre Operation
Keine Resektion aufgrund infauster Prognose (nur explorative Laparotomie / Laparoskopie)	8	-
Keine Angabe zum Resektionsausmaß aufgrund fehlender Daten	-	1
Isolierte Dickdarmresektion ohne Dünndarm	3	-

Demnach wurden alle Patienten analysiert, bei denen in kurativer Absicht eine Dünndarmresektion durchgeführt wurde oder aufgrund vitaler Verhältnisse bei der operativen Exploration keine Resektion für nötig befunden wurde (n=40).

In der Gruppe mit Primärer Intervention (n=26) wurden im Mittel  $103 \pm 22$  cm Dünndarm reseziert. In der Gruppe, welche primär operiert wurde (n=14), wurden im Mittel  $105 \pm 27$  cm Dünndarm reseziert.

Lediglich bei 7 Patienten war keine Darmresektion notwendig. Hiervon erhielten 6 eine primäre Intervention, einer eine primäre Operation. ( $p$  = nicht signifikant).

(Vgl. Tabelle 8, 9).

Tabelle 8: Resektionsausmaß Subgruppe 3

	Anzahl	Mittelwert	Standardfehler
Primäre Intervention	26	103	22
Primäre Operation	14	105	27

Tabelle 9: Patienten, bei denen keine Darmresektion notwendig war

	Primäre Intervention	Primäre Operation
Keine Resektion notwendig	6	1

Betrachtet man aus dieser Patientengruppe nur diejenigen, die im Krankenhaus überlebten (n=24), so ergibt sich folgendes Bild:

In der Gruppe mit primärer Intervention (n=16) die überlebten, wurden im Durchschnitt  $76 \pm 26$  cm Dünndarm reseziert, während in der Gruppe mit primärer Operation (n=8)  $81 \pm 30$  cm Dünndarm reseziert wurden ( $p$  = nicht signifikant, vgl. Tabelle 10)

Tabelle 10: Resektionsausmaß der Überlebenden aus Patientengruppe 3

	Anzahl	Mittelwert	Standardfehler
Primäre Intervention	16	76	26
Primäre Operation	8	81	30

## Zusammenhang zwischen primärer Intervention und Anzahl der durchgeführten Operationen

Es stellte sich die Frage, ob von den Patienten, welche sowohl Intervention als auch OP erhielten (n=52), diejenigen Patienten, welche primär eine Intervention erhielten (n=37), im Nachgang eine geringere Anzahl an Operationen erhielten als diejenigen, welche primär operiert wurden (n=15).

Die Patienten mit primärer Intervention wurden im Mittel  $1,6 \pm 0,1$ -mal operiert, während die Patienten, welche primär operiert wurden im Mittel  $2,3 \pm 0,4$  Operationen erhielten ( $p =$  nicht signifikant, vgl. Tabelle 11)

*Tabelle 11: Anzahl der Operationen der Patientengruppe 3*

	Anzahl	Anzahl Operationen (Mittelwert)	Standardfehler
Primäre Intervention	37	1,6	0,4
Primäre Operation	15	2,3	0,1

Schließt man alle Patienten aus, welche den Krankenhausaufenthalt nicht überlebten, ergibt sich folgendes:

Bei n=28 Patienten, welche sowohl Intervention als auch Operation erhielten und den Krankenhausaufenthalt überlebten, wurden im Durchschnitt  $1,9 \pm 0,2$  Operationen durchgeführt.

Dabei wurden im Mittel bei Patienten mit primärer Intervention (n=19)  $1,7 \pm 0,2$  und bei Patienten mit primärer Operation (n=9)  $2,3 \pm 0,5$  Operationen durchgeführt ( $p =$  nicht signifikant, vgl. Tabelle 12).

Tabelle 12: Anzahl der Operationen der Überlebenden aus Patientengruppe 3

	Anzahl	Anzahl Operationen (Mittelwert)	Standardfehler
Primäre Intervention	19	1,7	0,2
Primäre Operation	9	2,2	0,5

## 4. Diskussion

Ziel der Studie war es, einen systematischen Überblick über die Behandlungsoptionen und deren Erfolg bei AMI über den Zeitraum von 2009 - 2019 zu gewinnen.

Bei der Analyse kristallisierte sich heraus, dass ein besonderes Augenmerk auf dem Vergleich zwischen kathetergestützten radiologisch-interventionellen Therapieformen und der chirurgischen Therapie in Form einer Operation zu liegen hat, genauer noch auf der Kombination beider Verfahrensansätze sowie deren zeitlicher Abfolge.

### 4.1 Interpretation

Die Studie hatte zum Ziel, die verschiedenen Behandlungsmöglichkeiten der AMI und deren Erfolg über einen Zeitraum von zehn Jahren zu analysieren. Hierbei zeigte sich, dass der untersuchte Zeitraum einem gewissen Wandel unterlegen ist, was die favorisierte Behandlungsmethode der AMI angeht. Favorisierte man initial die primär chirurgische Therapie der AMI, so konnte nachgewiesen werden, dass ab dem Jahre 2016 Patienten mit AMI am Universitätsklinikum Tübingen zunehmend primär interventionell therapiert wurden (s. Abbildung 17). Die pathophysiologische Überlegung hinter diesem Wechsel des Therapieregimes ist, dass Patienten mit Verschluss eines oder mehrerer viszeraler Arterien und konsekutiver mesenterialer Ischämie davon profitieren, wenn der primäre Fokus der Behandlung auf der endovaskulären Revaskularisierung des betroffenen Gefäßes liegt und die chirurgische Therapie erst im zweiten Schritt erfolgt.

Die Untersuchungen der Studie kamen jedoch zu dem Ergebnis, dass kein signifikanter Überlebensvorteil für die Patientengruppe der primären Intervention gezeigt werden konnte. Obwohl zwischen den Zeiträumen der Jahre 2009 - 2015 und 2016 - 2019 offensichtlich ein Wandel im Therapieregime mit dem vorrangigen Ziel der endovaskulären Therapie vollzogen wurde, konnte kein signifikanter Überlebensvorteil in der Gruppe, der ab dem Jahre 2016 behandelten Patienten gefunden werden (s. Abbildung 16).

Ebenso konnte nicht gezeigt werden, dass die Mortalität der geschlechterspezifischen Merkmale „männlich“ und „weiblich“ einen Einfluss auf die Mortalität der Patienten hatte (S. Abbildung 11).

Als weiterer Endpunkt der Studie wurde das notwendige Resektionsausmaß der Operation vor und nach primärer Revaskularisation festgelegt. Bezogen auf die resezierte Darmlänge konnte kein signifikanter Vorteil einer primär interventionellen Therapie gegenüber einer primär chirurgischen Therapie gezeigt werden. Des Weiteren konnte nicht gezeigt werden, dass eine primäre Intervention einen signifikanten Einfluss darauf hat, wie viele Operationen bei einem Patienten mit mesenterialer Ischämie in Folge nötig sind.

Sowohl in der Gesamtheit der Studienpopulation als auch in den verschiedenen Subgruppen 1, 2 und 3 stellte das Alter einen signifikanten unabhängigen Einflussfaktor dar. Ausgenommen hiervon die reine Interventionsgruppe, in welcher es keine Sterblichkeit gab (s. Abbildung 13). Die Tatsache, dass in der Subgruppe 1, welche ausschließlich mittels kathetergestützter Intervention therapiert wurde, keine Todesfälle innerhalb von 30 Tagen zu verzeichnen waren, kann verschiedene Ursachen haben: Zum einen betrug das Durchschnittsalter der Patienten aus der Gruppe 1 etwa 7 Jahre weniger als in den Vergleichsgruppen, allerdings ohne Signifikanz (s. Tabelle 4). Zum anderen waren in dieser Patientengruppe deutlich weniger Probanden zu verzeichnen als in den Gruppen 2 und 3 (n=14 gegenüber n=41 in Subgruppe 2 und n=52 in Subgruppe 3). Allerdings waren in Subgruppe 1 n=4 Patienten, bei welchen eine „subtotale

SMA-Stenose“ beschrieben war, n=6 Patienten mit einem chronischen Geschehen (Angina Abdominalis) und n=1 Patient mit einer vorbekannten Riesenzellerarteriitis.

Weiter konnte gezeigt werden, dass ab einem Patientenalter von 75 Jahren in der Gesamtpopulation sowie in den Subgruppe 2 und 3 die 30-Tages-Mortalität signifikant zunimmt (s. Abbildung 13-15).

Als weiterer Einflussfaktor auf die Sterblichkeit wurde die Beteiligung der unterschiedlichen Gefäße bzw. die Kombination derer an der Ursache der Mesenterialischämie untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass bei einem Verschluss sowohl des TrC als auch der SMA die 30-Tages-Mortalität signifikant höher war als bei einem isolierten Verschluss der SMA (s. Abbildung 12). Die Anzahl der betroffenen Gefäße kann somit als negativer Prognosefaktor für die Sterblichkeitsrate interpretiert werden, unabhängig davon, ob eine primär chirurgische oder interventionelle Therapie angestrebt wird.

## **4.2 Vergleich mit anderen Studien**

Zum Einfluss von radiologisch-gestützten Interventionsverfahren bei akuter Mesenterialischämie auf das Outcome der Patienten gibt es in der Literatur sehr heterogene Aussagen. A.M. Lerardi et al. beschreiben, dass eine zu einem frühen Zeitpunkt durchgeführte kathetergestützte Beseitigung des Thrombus mittels Aspirationstherapie und anschließender Versorgung mittels Stent-PTA einer intestinalen Infarzierung und der Notwendigkeit einer Laparotomie vorbeugen kann [11]. In der vorliegenden Studie konnten nicht gezeigt werden, dass eine frühzeitige Intervention die Notwendigkeit einer sich anschließenden Operation vermeiden kann. Die Tatsache, dass in der reinen Interventionsgruppe alle Patienten überlebten, lässt keine kausalen Rückschlüsse auf den Einfluss der Intervention auf eine Operation zu.

S. Acosta et al. schlagen einen Algorithmus vor, welcher bei der klinischen und CT-morphologischen Abwesenheit einer Peritonitis auf die standardisierte intraoperative Evaluation der Darmvitalität mittels Explorativer Laparotomie verzichtet [12].

Des Weiteren unterscheiden S. Acosta et al. im Hinblick auf die Wahl der Intervention in ihrem vorgeschlagenen Algorithmus nochmals zwischen Arterieller Embolie und Arterieller Thrombose [12]. Beispielsweise empfehlen Acosta et al. bei arterieller Thrombose die Stent-PTA wohingegen sie beim Vorliegen einer Embolie die Aspirations-thrombektomie kombiniert mit einer Thrombolysen präferieren [12].

Dieser Aspekt wurde in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt und konnte daher nicht untersucht werden.

S. Acosta et al. berichten zudem über eine geringere Mortalität von Patienten und eine geringere Anzahl von Patienten mit Kurzdarmsyndrom, welche endovaskulär therapiert wurden gegenüber Patienten, bei denen ein offen-chirurgisches Vorgehen angewandt wurde [14]. Dennoch geben Acosta et al. zu bedenken, dass ein Unterschied zwischen den Patientengruppen bestanden haben könnte, was die Schwere der Erkrankung angeht, und vermuten einen Vorteil der endovaskulären Intervention gegenüber der offen-chirurgischen Revaskularisation vor allem bei älteren, gebrechlichen Patienten [14]. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie lassen ähnliche Vermutungen zu: dass in der Interventionsgruppe alle Patienten innerhalb der ersten 30 Tage nach Aufnahme im Krankenhaus überlebten, die 30-Tages-Mortalität in der Gruppe also Null war, legt nahe, dass die Erkrankung in dieser Gruppe milder verlief als in den übrigen. Jedoch lässt sich diese Vermutung weder beweisen, noch widerlegen. Ebenso lässt diese Tatsache aufgrund fehlender Signifikanz und Fallzahlen keine Rückschlüsse auf die Kausalität des Interventionszeitpunktes bezogen auf das Outcome der Patienten, noch auf das Ausbleiben einer sich anschließenden Operation zu.

Grundsätzlich empfehlen Acosta et al. eine revaskulierende Intervention als primäres Therapieziel. Dies sollte vorzugsweise in einem Hybrid-OP, in dem bereits auf dem OP-Tisch die Angiographie in Interventionsbereitschaft durchgeführt werden kann, geschehen [14]. Lediglich im Verdachtsfall einer Peritonitis raten Acosta et al. zu einer



explorativen Laparotomie, welche ebenfalls vorzugsweise in einem Hybrid-OP durchgeführt werden soll [15]. Offensichtlich gangränöse oder bereits perforierte Darmabschnitte sollten hier zunächst mittels Linearstapler reseziert und blind abgesetzt werden, um in einer Second-Look-Laparotomie nach erfolgter Revaskularisation eine Reanastomosierung zu evaluieren [15]. Falls keine Interventionsmöglichkeit oder kein Gefäßchirurg verfügbar ist, soll im Falle einer Peritonitis nach Acosta et al. eine diagnostische Laparotomie durchgeführt und analog vorgegangen werden, mit dem Ziel der Verlegung des Patienten in ein Zentrum mit Gefäßinterventionsmöglichkeit [15].

Ähnlich wie bei Acosta et al. konnte in der vorliegenden Studie gezeigt werden, dass in den letzten Jahren vermehrt dazu tendiert wurde eine primäre Intervention vor einer sich anschließenden Operation durchzuführen. Der Aspekt des Verdachts auf eine Peritonitis wurde in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt und konnte somit nicht als Einflussfaktor auf die Auswahl der primären Therapieform untersucht werden.

Kröger et al. hingegen präferieren ein primär chirurgisches Vorgehen, wobei hier intraoperativ zuerst eine chirurgische Embolektomie des betroffenen Gefäßes mit anschließender Resektion avitaler Darmabschnitte erfolgen soll [13].

Luther et al. präferieren im Falle einer zentralen Embolie der SMA ebenfalls die offen-chirurgische Embolektomie gegenüber einer interventionellen Therapie [3] und warnen davor, endovaskuläre Verfahren anzuwenden, wenn sie zu zeitlichen Verzögerungen in der Therapie führen [3]. Da in der durchgeführten Studie nur eine sehr geringe Anzahl (n=6) an Patienten eingeschlossen war, bei der eine offen-chirurgische Thrombektomie oder Embolektomie durchgeführt wurde, war dieser Aspekt nicht vergleichbar.

Analog zu Acosta et al. geben Bala et al. bei klinisch eindeutigen Zeichen einer Peritonitis die klare Empfehlung zur diagnostischen Laparotomie mit dem Ziel der Revaskularisation, sowie der Resektion infarzierter und zur Evaluation vitaler Darmabschnitte [16]. Zur Revaskularisation beschreiben Bala et al. vor allem offen-chirurgische Verfahren. Eine primäre endovaskuläre Revaskularisation könne laut Bala et al. vor allem bei Patienten versucht werden, bei welchen keine klinischen Zeichen einer

Peritonitis vorliegen. Die Datenlage zu endovaskulären Verfahren als primäre Therapieform bei Patienten mit Mesenterialischämie ist allerdings unzureichend [16,17].

Da wie oben bereits beschrieben in der vorliegenden Studie kaum Daten zur offenen chirurgischen Vaskularisierung vorliegen, ist dieser Aspekt nicht vergleichbar.

Beaulieu et al. berichten über Studienergebnisse zur erfolgreichen endovaskulären Therapie und dadurch Vermeidung einer Laparotomie bei bis zu einem Drittel der Patienten [17]. Ebenso berichten Puijpe et al. über die Reduktion notwendiger Laparotomien bei Patienten mit AMI nach technisch erfolgreicher endovaskulärer Intervention [50]. Demgegenüber wird von Luther et al. bemängelt, dass die Studiendesigns zu endovaskulären Verfahren zur Therapie der AMI teilweise mangelhaft seien und die Datenlage aufgrund mangelnder Follow-Up-Studien oder der Vermischung von Patienten mit Chronischer Mesenterialischämie und AMI in der Datenerhebung [49] nicht ausreichend ist. Zudem bergen nach Luther et al. auch endovaskuläre Verfahren erhebliche Risiken wie Stentthrombosen, Dissektionen, Perforationen sowie eine intensive Nachbehandlung und Kontrolle [49].

Da in der durchgeführten Studie nicht erhoben wurde, ob die Patienten, welche in die Studie eingeschlossen wurden, klinische Zeichen einer Peritonitis aufwiesen, kann diesem Aspekt nicht Rechnung getragen werden.

Es liegt allerdings die Vermutung nahe, dass die Patienten, welche in Subgruppe 1 untersucht wurden und lediglich rein interventionell therapiert wurden, den beschriebenen Patienten von Bala et al. ähneln, welche keinerlei klinische Zeichen einer Peritonitis aufwiesen.

### 4.3 Schwachpunkte der Studie

Als Schwachpunkt der Studie kann das Studiendesign genannt werden, da es sich um eine rein retrospektive Datenanalyse handelt und somit kein Follow-Up wie bei einer prospektiven randomisierten Studie stattfinden konnte.

Weitere Schwachstellen sind Parameter, welche bei der Datenerhebung nicht erfasst wurden. Zu diesen zählen die Symptomatik bei der Vorstellung des jeweiligen Patienten im Krankenhaus im Hinblick auf die klinische Untersuchung, insbesondere ob klinische Zeichen, die auf das Vorliegen einer Peritonitis hinweisen, vorlagen. Des Weiteren wurde in der Studie nicht berücksichtigt, ob es sich bei dem Verschluss des mesenterialen Gefäßes um eine thrombotische oder eine embolische Genese handelte.

Ein weiterer Schwachpunkt der Studie hängt mit der Fallzahl der Patienten zusammen, welche den jeweiligen Gruppen zugeordnet sind. In der Subgruppe 3 (N=52) wurden 37 Patienten primär interventionell therapiert gegenüber 15 Patienten, welche primär operiert wurden (2,5:1).

Da bisher kein standardisiertes Vorgehen bei Patienten mit Mesenterialischämie etabliert ist, ist die Datenlage zum systematischen Vorgehen bei Mesenterialischämie sehr heterogen.

Um hier eine genauere Aussage treffen zu können bezüglich der Selektion, welche Patienten von einer primären Intervention gegenüber einer primär chirurgischen Therapie profitieren, sollten zukünftig prospektive randomisierte Studien durchgeführt werden mit dem Ziel, diese Patienten zu identifizieren. Hierzu wäre es empfehlenswert, etwa gleich große Kohorten für Patienten zu wählen, welche zuerst die Intervention oder die Operation erhalten. Zudem sollte genau dokumentiert werden, welcher Pathogenese die Mesenterialischämie entspricht. Als Schwierigkeit dürfte sich hierbei al-

lerdings herausstellen, dass es sich bei den zu untersuchenden Patienten um Patienten handelt, welche notfallmäßig im Krankenhaus vorstellig werden und primär diejenige Therapie durchgeführt werden muss, welche in dem Moment für den Patienten am nützlichsten erscheint, was nicht zuletzt von der klinischen Erfahrung des Krankenhausarztes sowie der technischen Ausstattung des Krankenhauses und damit der Durchführbarkeit der entsprechenden Intervention abhängt.

#### **4.4 Fazit**

Zusammenfassend lässt sich aus der Studie schlussfolgern, dass eine primäre Intervention gefolgt von einer Operation bei Patienten mit Mesenterialischämie gegenüber einer primären Operation keinen signifikanten Einfluss auf die Mortalität hat, sondern lediglich das Lebensalter als unabhängiger Risikofaktor ausgemacht werden kann, sowie die Anzahl der okkludierten Gefäße.

Als Endpunkte der Studie wurden die 30-Tages-Mortalität, das Ausmaß der notwendigen Darmresektionen und folglich das Risiko eines Kurzdarmsyndroms sowie die Anzahl der notwendigen Operationen festgelegt.

Lediglich das Lebensalter zum Zeitpunkt der Aufnahme im Krankenhaus stellte sich als unabhängiger Einflussfaktor auf die Prognose für Patienten mit Mesenterialischämie heraus ( $p < 0,05$ ).

Zudem wurde gezeigt, dass ab einem Lebensalter über 75 Jahre die 30-Tages-Mortalität für Patienten mit mesenterialer Ischämie signifikant ansteigt ( $p < 0,05$ ).

Sowohl bei der Analyse der Vorerkrankungen der Patienten als auch der demografischen Parameter Geschlecht, Körpergewicht und Körpergröße sowie dem daraus berechneten BMI konnte keine signifikante Korrelation mit den untersuchten Endpunkten gezeigt werden.

## 5. Zusammenfassung

Die Akute Mesenterialschämie ist ein seltenes Krankheitsbild, dessen Inzidenz mit steigendem Lebensalter zunimmt und aufgrund des demografischen Wandels in unserer Gesellschaft einen zunehmenden Stellenwert einnimmt. Aufgrund mangelnder Fallzahlen und prospektiver Studien existieren sehr heterogene Behandlungspfade, welche die primäre chirurgische Exploration mit der Option der Darmresektion und Revascularisation sowie die primäre interventionelle Therapie des Gefäßverschlusses mit ggf. anschließender Operation einschließen.

Ziel der Arbeit war es diese Behandlungspfade von Patienten mit AMI zu untersuchen und die unterschiedlichen Therapieoptionen miteinander zu vergleichen. Dabei lag der Focus auf den Unterschieden zwischen rein operativen und rein interventionell gestützten Therapieformen sowie Kombinationen aus beiden Verfahren und der zeitlichen Abfolge der einzelnen Therapien.

Um dies zu erheben, wurden aus der Datenbank der Universitätsklinik für Allgemeine, Viszeral- und Transplantationschirurgie Tübingen patienten- und fallbezogene Daten von 267 Patienten, welche mit der ICD-10 Diagnose „K55.0 - akute Gefäßkrankheiten des Darms“ kodiert waren, erhoben. Im Hinblick auf die zu untersuchenden Endpunkte wurden die Daten mit dem Statistikprogramm SAS JMP mittels eines nichtparametrischen Tests (Wilcoxon-Test) analysiert.

Von ursprünglich 267 Patienten mit der kodierten Diagnose wurden 107 Patienten, welche die Einschlusskriterien erfüllten, in die Analyse miteinbezogen. Die Patienten wurden je nach durchgeführter Therapie (Intervention, Operation, Intervention und Operation) in drei Gruppen aufgeteilt. Die letzte Gruppe wurde nochmals in die Gruppen „primäre Intervention“ und „primäre Operation“ unterteilt.

Hierbei zeigte sich kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die 30-Tages-Mortalität, was die primär durchgeführte Therapieform angeht. Ebenso konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Revaskularisierung und der resezierten Darmlängen gefunden werden. Die einzigen Parameter, welche in signifikanter Korrelation mit der 30-Tages-Mortalität und somit dem Outcome der Patienten standen, waren das Patientenalter sowie die Anzahl der okkludierten und die Ischämie verursachenden Gefäße.

Es konnte gezeigt werden, dass eine primäre endovaskuläre Revaskularisation bei Patienten mit akuter Mesenterialischämie keinen Überlebensvorteil bringt gegenüber einer primär chirurgischen Therapie, solange beide Therapieformen angewandt werden. Auch konnte kein Unterschied bezüglich des notwendigen Ausmaßes der Darmresektion nach erfolgter Intervention ermittelt werden.

Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass das Patientenalter einen unabhängigen Risikofaktor für eine erhöhte Mortalität darstellt, genauer, dass Patienten ab einem Alter von 75 Jahren eine schlechtere Prognose haben.

Zudem zeigte sich, dass eine höhere Anzahl der Gefäßverschlüsse mit einer erhöhten Mortalitätsrate einhergeht.

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verteilung von intestinalen Ischämien nach Ätiologie .....	14
Tabelle 2: Stadien der Symptomatik bei AMI .....	16
Tabelle 3: Verteilung demografischer Daten der Patienten .....	36
Tabelle 4: Verteilung der jeweils von einem akuten Gefäßverschluss betroffenen Gefäße bezogen auf die Gesamtheit der analysierten Patienten in Prozent .....	37
Tabelle 5: Altersverteilung nach Subgruppen in Jahren .....	42
Tabelle 6: Gefäßbeteiligung nach Subgruppen verteilt.....	44
Tabelle 7: Ausgeschlossene Patienten bei der Analyse des Zusammenhangs von Resektionsausmaß und primärer Intervention .....	50
Tabelle 8: Resektionsausmaß Subgruppe 3.....	51
Tabelle 9: Patienten, bei denen keine Darmresektion notwendig war .....	51
Tabelle 10: Resektionsausmaß der Überlebenden aus Patientengruppe 3 .....	51
Tabelle 11: Anzahl der Operationen der Patientengruppe 3.....	52
Tabelle 12: Anzahl der Operationen der Überlebenden aus Patientengruppe 3 .....	53

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versorgungsgebiet der A. Mesenterica superior des menschlichen Gastrointestinaltraktes, aus „Gray’s Anatomy“, Copyright abgelaufen. ....	11
Abbildung 2: Arterielle Phase eines Kontrastmittel-CT mit Verschluss der SMA im transversalen Schnittbild.....	20
Abbildung 3: Arterielle Phase eines Kontrastmittel-CT mit Verschluss der SMA im sagittalen Schnittbild .....	21
Abbildung 4: Arterielle Phase eines Kontrastmittel-CT mit Verschluss der SMA im coronaren Schnittbild .....	22
Abbildung 5: DSA: Kontrastmittelabbruch auf Höhe der SMA.....	25
Abbildung 6: DSA: Wiederaufnahme von Kontrastmittel der SMA nach Rekanalisation .....	25
Abbildung 7: OP-Situs mit bereits demarkiertem ischämischem Darm aufgrund eines SMA-Verschlusses am Schweinemodell. ....	27
Abbildung 8: Flowchart – Selektion der in die Analyse eingeschlossenen Patienten	34
Abbildung 9: 30-Tages-Mortalität aller Patienten.....	38
Abbildung 10: 30-Tages-Mortalität aufgeteilt in Patienten über 75(alt) und 75 und jünger (jung).....	39
Abbildung 11: 30-Tages-Mortalität gruppiert nach Geschlechtern.....	40
Abbildung 12: 30-Tages-Mortalität gruppiert nach Gefäßbeteiligung. 1=SMA, 1;2=SMA und TrC .....	41
Abbildung 13: 30-Tages-Mortalität nach Subgruppen .....	45
Abbildung 14: 30-Tages-Mortalität der Subgruppen 2 nach Kategorien „Jung“ und „Alt“) .....	46
Abbildung 15: 30-Tages-Mortalität der Subgruppe 3 nach Kategorien „Jung“ und „Alt“ .....	46
Abbildung 16: 30-Tages-Mortalität unterschieden primärer Intervention (=1) und primärer Operation (=0) .....	47
Abbildung 17: Wechsel des Therapieregimes nach Jahren.....	49



## Literaturverzeichnis

[1] Klar, E., Rahmanian, P. B., Bücken, A., Hauenstein, K., Jauch, K.-W., & Luther, B. (2012). Acute Mesenteric Ischemia. *Deutsches Ärzteblatt Online*. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2012.0249>

[2] Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Gefäßchirurgie (vaskuläre und endovasculäre Chirurgie) (DGG)—Akuter Intestinalarterienverschluss.pdf. (o. J.).

[3] Luther, B., Mamopoulos, A., Lehmann, C., & Klar, E. (2018). The Ongoing Challenge of Acute Mesenteric Ischemia. *Visceral Medicine*, 34(3), 217–223. <https://doi.org/10.1159/000490318>

[4] Thiel, K., Wulff, D., Glowka, T., Kalff, J., & Königsrainer, A. (2016). Akute (arterielle und venöse) mesenteriale Ischämie. *Allgemein- und Viszeralchirurgie up2date*, 10(04), 277–290. <https://doi.org/10.1055/s-0042-110674>

[5] Kortmann, B., & Klar, E. (2005). Warum wird die mesenteriale Ischämie zu spät erkannt? *Zentralblatt für Chirurgie*, 130(3), 223–226. <https://doi.org/10.1055/s-2005-836544>

[6] G. Herold und Mitarbeiter – „Innere Medizin – eine vorlesungsorientierte Darstellung“ S. 812-813. Herold, Ger 2016

[7] Kärkkäinen, J. M., & Acosta, S. (2017a). Acute mesenteric ischemia (part I) – Incidence, etiologies, and how to improve early diagnosis. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 31(1), 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2016.10.018>

[8] Amboss GmbH; Kapitel: „*Mesenteriale Ischämie*“; Sektion: Anatomische und physiologische Grundlagen. (<https://next.amboss.com/de/article/cS0aA2?q=gefäßversorgung+des+darms#Y9557f5509ef10ba164e226dbb822997c>; Kapitel zuletzt aktualisiert am 12.05.2023; Zitiert am 16.05.2023)

[9] Schünke M, Schulte E. Prometheus LernAtlas der Anatomie: Innere Organe, 3. Auflage Stuttgart: Thieme, 2012

[10] Eckhardt, Schmid, Grützmann – Überblick über Subtypen und Therapien der akuten mesenterialischämie – Zentralblatt Chir 201; 144(03): 207-210 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, New York

[11] Ierardi, A. M. (2017). The role of endovascular therapy in acute mesenteric ischemia. *Annals of Gastroenterology*. <https://doi.org/10.20524/aog.2017.0164>

[12] Acosta, S., & Björck, M. (2014). Modern treatment of acute mesenteric ischaemia: Acute mesenteric ischaemia. *British Journal of Surgery*, 101(1), e100–e108. <https://doi.org/10.1002/bjs.9330>

[13] Kröger, J.-C., & Hauenstein, K. (2006). Akute mesenteriale Ischämie: Management und radiologische Interventionen in der Therapie akuter arterieller Verschlüsse und venöser Thrombosen. *Visceral Medicine*, 22(1), 17–24. <https://doi.org/10.1159/000091387>

[14] Acosta, Stefan. (2015). Mesenteric ischemia: *Current Opinion in Critical Care*, 21(2), 171–178. <https://doi.org/10.1097/MCC.000000000000189>

- [15] Acosta, Stefan. (2014). Surgical management of peritonitis secondary to acute superior mesenteric artery occlusion. *World Journal of Gastroenterology*, 20(29), 9936. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i29.9936>
- [16] Bala, M., Kashuk, J., Moore, E. E., Kluger, Y., Biffi, W., Gomes, C. A., Ben-Ishay, O., Rubinstein, C., Balogh, Z. J., Civil, I., Coccolini, F., Leppaniemi, A., Peitzman, A., Ansaloni, L., Sugrue, M., Sartelli, M., Di Saverio, S., Fraga, G. P., & Catena, F. (2017). Acute mesenteric ischemia: Guidelines of the World Society of Emergency Surgery. *World Journal of Emergency Surgery*, 12(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s13017-017-0150-5>
- [17] Beaulieu, R. J., Arnaoutakis, K. D., Abularrage, C. J., Efron, D. T., Schneider, E., & Black, J. H. (2014). Comparison of open and endovascular treatment of acute mesenteric ischemia. *Journal of Vascular Surgery*, 59(1), 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2013.06.084>
- [18] Renner, P., Kienle, K., Dahlke, M. H., Heiss, P., Pfister, K., Stroszczyński, C., Piso, P., & Schlitt, H. J. (2011). Intestinal ischemia: Current treatment concepts. *Langenbeck's Archives of Surgery*, 396(1), 3–11. <https://doi.org/10.1007/s00423-010-0726-y>
- [19] Savlania, A., & Tripathi, R. K. (2017). Acute mesenteric ischemia: Current multidisciplinary approach. *The Journal of Cardiovascular Surgery*, 58(2), 12.
- [20] Lawson, R. M. (2018). Mesenteric Ischemia. *Critical Care Nursing Clinics of North America*, 30(1), 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.cnc.2017.10.003>
- [21] Carver, T. W., Vora, R. S., & Taneja, A. (2016). Mesenteric Ischemia. *Critical Care Clinics*, 32(2), 155–171. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2015.11.001>

[22] Gnanapandithan, K., & Feuerstadt, P. (2020). Review Article: Mesenteric Ischemia. *Current Gastroenterology Reports*, 22(4), 17. <https://doi.org/10.1007/s11894-020-0754-x>

[23] Oldenburg, W. A., Lau, L. L., Rodenberg, T. J., Edmonds, H. J., & Burger, C. D. (2004). Acute Mesenteric Ischemia: A Clinical Review. *Archives of Internal Medicine*, 164(10), 1054. <https://doi.org/10.1001/archinte.164.10.1054>

[24] Berland, T., & Oldenburg, W. A. (2008). *Acute Mesenteric Ischemia*. *Current Gastroenterology Reports* 2008, 10:341–346

[25] Kanasaki, S., Furukawa, A., Fumoto, K., Hamanaka, Y., Ota, S., Hirose, T., Inoue, A., Shirakawa, T., Nguyen, L. D. H., & Tulyeubai, S. (2018). Acute Mesenteric Ischemia: Multidetector CT Findings and Endovascular Management. *Radiographics*, 38(3), 945–961. <https://doi.org/10.1148/rq.2018170163>

[26] Copin, P., Zins, M., Nuzzo, A., Purcell, Y., Beranger-Gibert, S., Maggiori, L., Corcos, O., Vilgrain, V., & Ronot, M. (2018). Acute mesenteric ischemia: A critical role for the radiologist. *Diagnostic and Interventional Imaging*, 99(3), 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2018.01.004>

[27] Lim, S., Halandras, P. M., Bechara, C., Aulivola, B., & Crisostomo, P. (2019). Contemporary Management of Acute Mesenteric Ischemia in the Endovascular Era. *Vascular and Endovascular Surgery*, 53(1), 42–50. <https://doi.org/10.1177/1538574418805228>

[28] Leister, I., Markus, P. M., & Becker, H. (2003). Mesenteriale Ischämie: Hat die diagnostische Laparoskopie einen Stellenwert? *Der Chirurg*, 74(5), 407–412. <https://doi.org/10.1007/s00104-003-0660-4>

- [29] Lock, G. (2002). Die akute mesenteriale Ischämie – häufig übersehen und häufig letal. *Medizinische Klinik*, 97(7), 402–409. <https://doi.org/10.1007/s00063-002-1173-5>
- [30] Bobadilla, J. L. (2013). Mesenteric Ischemia. *Surgical Clinics of North America*, 93(4), 925–940. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2013.04.002>
- [31] Ujiki M, Kibbe MR. Mesenteric ischemia. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther*. 2005 Dec;17(4):309-18. doi: 10.1177/153100350501700405. PMID: 16389425.
- [32] Hoffmann, M., & Keck, T. (2014). Mesenteriale Durchblutungsstörungen: Diagnostik und Therapie. *DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 139(30), 1540–1544. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1370157>
- [33] Sise, M. J. (2010). Mesenteric Ischemia: The Whole Spectrum. *Scandinavian Journal of Surgery*, 99(2), 106–110. <https://doi.org/10.1177/145749691009900212>
- [34] Stamatakos M, Stefanaki C, Mastrokalos D, Arampatzi H, Safioleas P, Chatziconstantinou C, Xiromeritis C, Safioleas M. Mesenteric ischemia: still a deadly puzzle for the medical community. *Tohoku J Exp Med*. 2008 Nov;216(3):197-204. doi: 10.1620/tjem.216.197. PMID: 18987453.
- [35] Schneider TA, Longo WE, Ure T, Vernava AM 3rd. Mesenteric ischemia. Acute arterial syndromes. *Dis Colon Rectum*. 1994 Nov;37(11):1163-74. doi: 10.1007/BF02049824. PMID: 7956590.
- [36] Vollmar B, Menger MD. Intestinal ischemia/reperfusion: microcirculatory pathology and functional consequences. *Langenbecks Arch Surg*. 2011 Jan;396(1):13-29. doi: 10.1007/s00423-010-0727-x. Epub 2010 Nov 19. PMID: 21088974.

[37] Chang RW, Chang JB, Longo WE. Update in management of mesenteric ischemia. *World J Gastroenterol*. 2006 May 28;12(20):3243-7. doi: 10.3748/wjg.v12.i20.3243. PMID: 16718846; PMCID: PMC4087969.

[38] Anzalone J, Acevedo FA. Mesenteric ischemia: rapid diagnosis and prompt treatment are essential. *JAAPA*. 2011 Jul;24(7):44-8. doi: 10.1097/01720610-201107000-00009. PMID: 21748958.

[39] Furukawa A, Kanasaki S, Kono N, Wakamiya M, Tanaka T, Takahashi M, Murata K. CT diagnosis of acute mesenteric ischemia from various causes. *AJR Am J Roentgenol*. 2009 Feb;192(2):408-16. doi: 10.2214/AJR.08.1138. PMID: 19155403.

[40] Lee SS, Park SH. Computed tomography evaluation of gastrointestinal bleeding and acute mesenteric ischemia. *Radiol Clin North Am*. 2013 Jan;51(1):29-43. doi: 10.1016/j.rcl.2012.09.003. Epub 2012 Oct 31. PMID: 23182506.

[41] Mansour MA. Management of acute mesenteric ischemia. *Arch Surg*. 1999 Mar;134(3):328-30; discussion 331. doi: 10.1001/archsurg.134.3.328. PMID: 10088579.

[42] Horton, K. M., & Fishman, E. K. (2007). Multidetector CT Angiography in the Diagnosis of Mesenteric Ischemia. *Radiologic Clinics of North America*, 45(2), 275–288. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2007.03.010>

[43] Meng X, Liu L, Jiang H. Indications and procedures for second-look surgery in acute mesenteric ischemia. *Surg Today*. 2010 Aug;40(8):700-5. doi: 10.1007/s00595-009-4140-4. Epub 2010 Jul 30. PMID: 20676851.

[44] Dahlke MH, Asshoff L, Popp FC, Feuerbach S, Lang SA, Renner P, Slowik P, Stoeltzing O, Schlitt HJ, Piso P. Mesenteric ischemia--outcome after surgical therapy in 83 patients. *Dig Surg*. 2008;25(3):213-9. doi: 10.1159/000140692. Epub 2008 Jun 23. PMID: 18577867.

[45] Wang Z, Chen JQ, Liu JL, Tian L. A Novel Scoring System for Diagnosing Acute Mesenteric Ischemia in the Emergency Ward. *World J Surg*. 2017 Aug;41(8):1966-1974. doi: 10.1007/s00268-017-3984-9. PMID: 28321558.

[46] Salsano, G., Salsano, A., Sportelli, E., Petrocelli, F., Dahmane, M., Spinella, G., Pane, B., Mambrini, S., Palombo, D., & Santini, F. (2018). What is the Best Revascularization Strategy for Acute Occlusive Arterial Mesenteric Ischemia: Systematic Review and Meta-analysis. *CardioVascular and Interventional Radiology*, 41(1), 27–36. <https://doi.org/10.1007/s00270-017-1749-3>

[47] Lim, S., Halandras, P. M., Bechara, C., Aulivola, B., & Crisostomo, P. (2019). Contemporary Management of Acute Mesenteric Ischemia in the Endovascular Era. *Vascular and Endovascular Surgery*, 53(1), 42–50. <https://doi.org/10.1177/1538574418805228>

[48] Eckstein, H.-H. (2003). Die akute mesenteriale Ischämie: Resektion oder Rekonstruktion? *Der Chirurg*, 74(5), 419–431. <https://doi.org/10.1007/s00104-003-0630-x>

[49] Luther, B., Meyer, F., Mamopoulos, A., Zapenko, A., Doerbecker, R., Wullstein, C., Kroeger, K., & Katoh, M. (2014). Endovaskuläre Möglichkeiten und Grenzen bei akuten und chronischen mesenterialen Verschlussprozessen. *Zentralblatt für Chirurgie - Zeitschrift für Allgemeine, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie*, 140(05), 486–492. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1383234>

[50] Puipe, G. D., Suesstrunk, J., Nocito, A., Pfiffner, R., Glenck, M., & Pfammatter, T. (2015). Outcome of endovascular revascularisation in patients with acute obstructive mesenteric ischaemia—A single-centre experience. *Vasa*, 44(5), 363–370.

<https://doi.org/10.1024/0301-1526/a000455>

[51] Romano, S., Lassandro, F., Scaglione, M., Romano, L., Rotondo, A., & Grassi, R. (2006). Ischemia and infarction of the small bowel and colon: Spectrum of imaging findings. *Abdominal Imaging*, 31(3), 277–292. [https://doi.org/10.1007/s00261-005-](https://doi.org/10.1007/s00261-005-0376-7)

[0376-7](https://doi.org/10.1007/s00261-005-0376-7)

[52] Olson, K. A., & Teixeira, P. G. (2021). Mesenteric Ischemia. *Advances in Surgery*, 55, 75–87. <https://doi.org/10.1016/j.yasu.2021.05.006>

[53] Kärkkäinen, J. M. (2021). Acute Mesenteric Ischemia: A Challenge for the Acute Care Surgeon. *Scandinavian Journal of Surgery*, 110(2), 150–158.

<https://doi.org/10.1177/14574969211007590>

[54] Ritz, J.-P., und H.J. Buhr. „Akute mesenteriale Ischämie“. *Der Chirurg* 82, Nr. 10 (Oktober 2011): 863–70. <https://doi.org/10.1007/s00104-011-2098-4>.

[55] Van Aken H, Reinhart K, Welte T, Weigand M. Intensivmedizin., Hrsg. 3., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; 2014. doi:10.1055/b-002-95257



## **Erklärung zum Eigenanteil**

Die Studie wurde an der Universitätsklinik für Allgemeine, Viszeral- und Transplantationschirurgie Tübingen durchgeführt und von Frau PD Dr. med. Karolin Thiel betreut. Gemeinsam mit Frau PD Dr. med. Karolin Thiel und PD Dr. med. Christian Thiel wurde die Studie von mir konzipiert. Die intraoperativ angefertigten Bilder wurden durch Frau PD Dr. med. Karolin Thiel zur Verfügung gestellt.

Die retrospektive Erhebung der Daten erfolgte durch mich.

Das verwendete radiologische Bildmaterial wurde anhand der retrospektiven Daten von mir recherchiert und mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. med. Konstantin Nikolaou, Ärztlicher Direktor der Abteilung für Diagnostische und Interventionelle Radiologie an der Universitätsklinik Tübingen, zur Verfügung gestellt.

Die statistische Auswertung führte ich selbst mit fachlich und methodisch beratender Unterstützung von PD Dr. rer. Nat. Martin Schenk durch. Die Erstellung der Tabellen erfolgte durch mich, die Grafiken wurden aus SAS Jmp extrahiert.

Pliezhausen, den 16. Mai 2023

Roman Krug

## **Danksagung**

Zuerst möchte ich sowohl meiner Doktormutter Frau Prof. Dr. med. Karolin Thiel als auch meinem Mentor Prof. Christian Thiel für die außerordentlich intensive Betreuung während der Durchführung meiner wissenschaftlichen Studie danken.

Außerdem bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Alfred Königsrainer, Ärztlicher Direktor der Klinik für Allgemein, Viszeral- und Transplantationschirurgie, für die Möglichkeit, an seiner Klinik promovieren zu dürfen.

Ein spezieller Dank geht ebenfalls an Herrn PD Dr. rer. Nat. Martin Schenk für die intensive statistische Beratung und Betreuung der Auswertung.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Konstantin Nikolaou für die Bereitstellung des radiologischen Bildmaterials.

Nicht zuletzt bedanke ich mich von tiefsten Herzen bei meiner Ehefrau Nastassja, welche mich in jeder Phase der Studie mental unterstützt hat und mir immer wieder Mut zusprach – ohne Dich hätte ich das nicht geschafft.

Zum Schluss bedanke ich mich bei meinen Eltern und Schwiegereltern für die Unterstützung während der Zeit der Promotion.