

Aus dem Institut für Diagnostische Radiologie und Neuroradiologie
(Direktor: Prof. Dr. med. Norbert Hosten)
der Universitätsmedizin der Universität Greifswald

**Bedeutung der traumatischen Dissektion des Truncus coeliacus beim
polytraumatisierten Patienten im Akut- und Langzeitverlauf**

Inaugural – Dissertation

zur

Erlangung des akademischen

Grades

Doktor der Medizin
(Dr. med.)

der

Universitätsmedizin

der

Universität Greifswald

2020

vorgelegt von:
Jens Erik Birkl
geb. am 19.04.1972
in Ludwigshafen a. Rhein

Dekan: Prof. Dr. med. Karlhans Endlich
1. Gutachter: Prof. Dr. med. Sven Mutze (Berlin)
2. Gutachter: Prof. Dr. med. Timm Denecke (Leipzig)
(3. Gutachter:) -
Ort, Raum: online (Zoom-Meeting)
Tag der Disputation: 25. Januar 2021

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	6
1.1 Polytrauma	6
1.1.1 Definition	6
1.1.2 Epidemiologie	7
1.1.2.1 Verletzungsmuster beim Polytrauma	10
1.1.3 Traumascores	11
1.1.4 Polytraumaversorgung und Schockraummanagement	12
1.1.5 Bildgebende Diagnostik	13
1.1.5.1 FAST-Sonographie	13
1.1.5.2 Computertomographie	14
1.1.5.3 Konventionelle Röntgendiagnostik	15
1.1.5.4 Diagnostische Peritoneallavage (DPL)	16
1.2 Abdominelle Gefäßverletzungen	17
1.2.1 Epidemiologie	17
1.2.2 Ätiopathogenese	19
1.2.3 Bildgebende Diagnostik	20
1.2.3.1 Sonographie und farbkodierte Duplexsonographie (FKDS).....	20
1.2.3.2 CT-Angiographie	20
1.2.3.3 Magnetresonanztomographie	21
1.2.3.4 Digitale Subtraktions-Angiographie (DSA)	21
1.2.4 Dissektionen des Truncus coeliacus	22
1.2.4.1 Anatomie und anatomische Varianten des Truncus coeliacus	22
1.2.4.1.1 Kollateralversorgung	24
1.2.4.2 Die spontane Dissektion des Truncus coeliacus	26
1.2.4.3 Die traumatische Dissektion des Truncus coeliacus	27
1.2.4.4 Pathogenese der Viszeralarteriendisektion	28
1.2.4.5 Risikofaktoren	28
1.2.4.6 Ligamentum arcuatum	29
1.2.4.7 Bildgebende Diagnostik / CT-Zeichen	30
1.2.4.8 Klinischer Verlauf und therapeutisches Vorgehen	31
1.2.4.9 Bildgebende Verlaufskontrollen	32
1.2.4.10 Vaskuläre Spätkomplikationen	32

1.3 Zielsetzung	34
2 Patienten und Methoden	35
2.1 Demographie	35
2.2 Untersuchungsdurchführung	36
2.2.1 1-Zeilen-Spiral-CT	36
2.2.2 4-Zeilen-Spiral-CT	37
2.2.3 40-Zeilen-Spiral-CT	37
2.2.4 64-Zeilen-Spiral-CT	38
2.2.5 1,5-Tesla-MRT	39
2.3 Datenerhebung	40
3 Ergebnisse	41
3.1 Patienten und klinischer Verlauf	41
3.2 Anatomische Varianten des Truncus coeliacus	42
3.3 Unfallmechanismus	42
3.4 Begleitverletzungen und Injury Severity Score (ISS)	43
3.5 Risikofaktoren und Vorerkrankungen	44
3.6 Ligamentum arcuatum	44
3.7 Bildgebende Diagnostik / CT – Zeichen	46
3.8 Klinischer Verlauf und therapeutisches Vorgehen	47
3.9 Vaskuläre Spätkomplikationen	55
4 Diskussion	56
4.1 Epidemiologie	56
4.2 Anatomische Varianten des Truncus coeliacus	57
4.3 Unfallmechanismus	57
4.4 Begleitverletzungen und ISS	58
4.5 Risikofaktoren und Vorerkrankungen	61
4.6 Ligamentum arcuatum	61
4.7 Bildgebende Diagnostik / CT – Zeichen	62
4.8 Klinischer Verlauf und therapeutisches Vorgehen	63
4.9 Vaskuläre Spätkomplikationen	68

5 Zusammenfassung	70
6 Literaturverzeichnis	71
7 Abkürzungen	81
8 Tabellenverzeichnis	82
9 Abbildungsverzeichnis	83

1 Einleitung

Die traumatische Dissektion des Truncus coeliacus (TC) gehört zu den seltensten Verletzungen beim polytraumatisierten Patienten [1]. Zur isolierten traumatischen TC-Dissektion beim stumpfen Bauchtrauma finden sich in der Literatur bislang lediglich 14 Einzelfallberichte. Die Empfehlungen zu Diagnostik und Therapie sind ebenso rar wie heterogen. Selbstlimitierende Verläufe, welche keiner spezifischen Therapie bedürfen, stehen hierbei lebensbedrohlichen Organischämien gegenüber [2].

1.1 Polytrauma

1.1.1 Definition

1978 definierte TSCHERNE das Polytrauma als „gleichzeitig entstandene Verletzungen mindestens zweier unterschiedlicher Körperregionen, die einzeln für sich oder in ihrer Kombination lebensbedrohlich sind“ [3].

TRENTZ berücksichtigte in seiner Formulierung 1994 auch die dem Trauma zeitlich folgenden hämodynamischen und immunologischen Systemreaktionen und definierte das Polytrauma als ein „Syndrom von mehrfachen Verletzungen von definiertem Schweregrad mit konsekutiven systemischen Reaktionen, die zu Dysfunktion oder Versagen von entfernten, primär nicht verletzten Organen oder Organsystemen mit vitaler Bedrohung führen können“[4].

Die Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) definierte das Polytrauma entsprechend der Definitionen von TSCHERNE und TRENTZ als „Verletzung mehrerer Körperregionen oder von Organsystemen, wobei wenigstens eine Verletzung oder die Kombination mehrerer Verletzungen vital bedrohlich ist“, außerdem „mit einer Verletzungsschwere nach Injury Severity Score (ISS) ≥ 16 Pkt.“ und grenzte hierbei das Polytrauma von der Mehrfachverletzung ohne vitale Bedrohung oder der schweren, lebensbedrohlichen Einzelverletzung (Barytrauma) ab [5].

Da die Definition des Begriffes „Polytrauma“ im internationalen Vergleich bislang uneinheitlich verwendet wird und auf Level IV Evidenz basiert, wurde in einem dreijährigen internationalen Konsensusprozess (2011 – 2014) eine neue Definition entwickelt und diese im Anschluss mit Hilfe des TraumaRegister DGU® verifiziert.

Hierbei wurden fünf physiologische Werte, die ein Maß für die Verletzungsschwere darstellen, und entsprechende Grenzwerte vorgeschlagen:

Alter (>70 Jahre)

Hypotension (RRsyst <90mmHg)

Bewusstlosigkeit (GCS am Unfallort ≤8)

Azidose (BE ≤-6)

Koagulopathie (PTT ≥40sec., INR ≥1,4).

Ferner wurde als a priori Voraussetzung festgelegt, dass der Abbreviated Injury Score (AIS) bzw. der Injury Severity Score enthalten sein und die Mortalitätsrate etwa 30% betragen sollte. Die im Konsensusprozess festgelegte und mittels Datenanalyse überprüfte neue „Berlin-Definition“ des Begriffs „Polytrauma“ lautet:

Relevante Verletzungen von mindestens zwei Körperregionen mit einem AIS ≥3 und zusätzlich mindestens ein pathologischer Wert bei einem der fünf oben beschriebenen Parameter [6].

1.1.2 Epidemiologie

Eine einheitliche Erfassung aller Unfälle in Deutschland existiert nicht, weshalb zur Erlangung eines quantitativen Überblicks Daten aus verschiedenen Statistiken herangezogen werden müssen. So wird nach Berechnungen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin das Gesamtunfallgeschehen in Deutschland auf etwa 9,73 Millionen Unfälle im Jahr 2015 geschätzt, wovon 24.578 Unfälle tödlich endeten [7]. Diese letalen Unfälle teilen sich auf in 9.816 häusliche Unfälle, 3.573 Verkehrsunfälle, 351 Arbeits-/Schulunfälle, 234 Sport-/Spielunfälle sowie 10.604 sonstige Unfälle, wobei es sich bei den „sonstigen Unfällen“ vornehmlich um Freizeitunfälle handelt [8].

Sterbefälle 2015 durch Unfälle nach Unfallkategorien

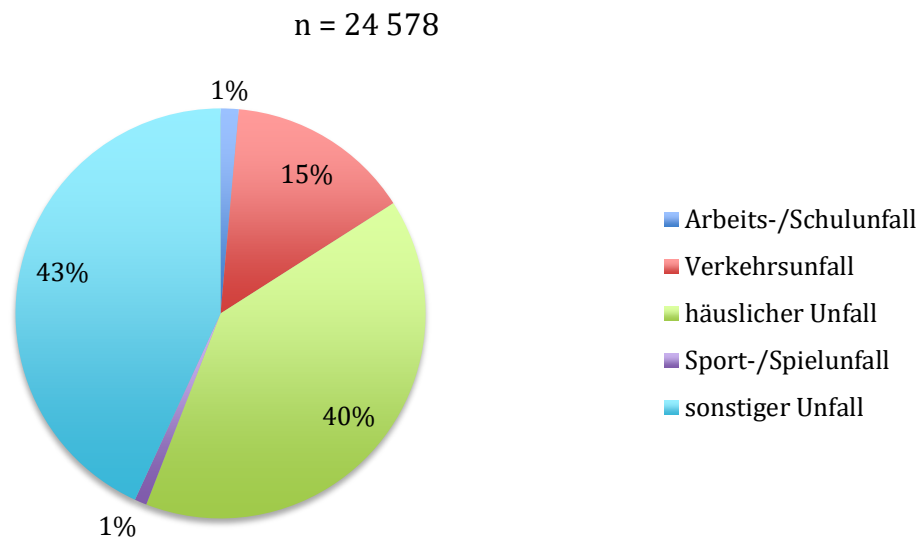


Abbildung 1: Sterbefälle 2015 durch Unfälle nach Unfallkategorien, Statistisches Bundesamt, Fachserie 12 Reihe 4, Gesundheit, Todesursachen in Deutschland, erschienen 2017 [8]

Gemäß der Gesundheitsberichterstattung des Bundes stellen Unfälle nach wie vor die häufigste Todesursache bei Kindern (>5 Jahren) und jungen Erwachsenen bis zum 30. Lebensjahr, bei Männern sogar bis zum 35. Lebensjahr, dar [9].

Während Verkehrsunfälle mit 15% nach Haus- und Freizeitunfällen zwar nur an dritter Stelle der unfallbezogenen Todesursachen stehen, sind sie hingegen in etwa der Hälfte der Fälle ursächlich für schwere Mehrfachverletzungen und führen somit die Ursachenstatistik beim Polytrauma an, gefolgt von Stürzen aus weniger als 3 Metern Höhe [10].

Häufigkeitsverteilung n. Unfallart/-ursache 2005 - 2014

n = 151 419

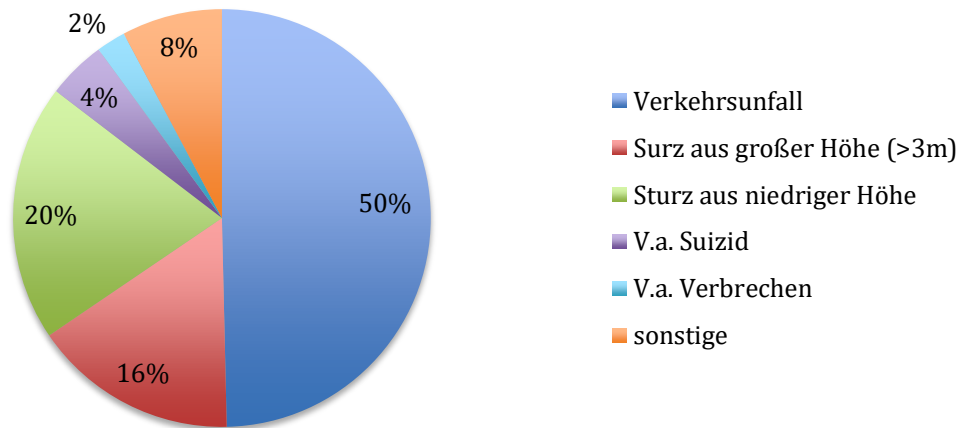


Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung polytraumatisierter Patienten in den Jahren 2005 – 2014 nach Unfallart/-ursachen aus dem Jahresbericht 2015 des TraumaRegisters DGU® (Angaben gerundet) [10]

Basierend auf der Erfassung von 151.419 Patienten durch das TraumaRegister® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie in den Jahren 2005 – 2014, welche das offizielle Einschlusskriterium des TraumaRegisters DGU® erfüllten, nämlich die „Aufnahme über den Schockraum mit anschließender Intensivtherapie“, und deren schwerste Verletzung mindestens vom Schweregrad AIS 3 war (bzw. AIS 2, die anschließend verstarben oder auf einer Intensivstation behandelt wurden), liegt der Altersdurchschnitt polytraumatisierter Patienten bei 48,6 Jahren mit einer deutlichen Dominanz des männlichen Geschlechts (71,6%). Hinsichtlich des Unfallmechanismus nahm der Anteil penetrierender Verletzungen noch weiter ab, so dass er mit 4,0% im Jahr 2014 einem Anteil von 96,0% an stumpfen Traumata gegenübersteht [10].

Die durchschnittliche stationäre Verweildauer im Krankenhaus betrug in diesem Patientenkollektiv in dem beobachteten 10-Jahres-Zeitraum 19,0 Tage, wobei sie in den letzten Jahren von 18,1 (2012) über 17,1 (2013) auf 16,8 Tage (2014) gesenkt werden konnte. Im Jahr 2017 lag sie mit 16,4 Tagen noch etwas niedriger. Ebenso ging die Letalität im Krankenhaus von 11,7% (2012) über 11,1% (2013) auf 10,8% (2014) zurück. Im Jahr 2017 bleibt die Sterblichkeitsrate mit 10,8% konstant [10].

1.1.2.1 Verletzungsmuster beim Polytrauma

Aus verschiedenen Unfallmechanismen resultieren unterschiedliche Verletzungsmuster beim polytraumatisierten Patienten. Hierbei treten kombinierte Verletzungen der drei Körperhöhlen (Schädel, Thorax, Abdomen), des Achsenorgans (Wirbelsäule und Rückenmark) sowie des Stütz- und Bewegungsorgans auf. Nach Auswertung von 102.457 polytraumatisierten Patienten mit einem AIS von mindestens 2 Punkten aus dem TraumaRegister® der DGU in den Jahren 2015 – 2017 zeigen sich der Kopf mit 47,6% sowie der Thorax mit 44,8% am häufigsten betroffen, gefolgt von Wirbelsäule (29,4%), oberer Extremität (28,6%) und unterer Extremität (23,9%). Verletzungen des Beckens liegen in 15,3% und Verletzungen des Abdomens in 14,3% der Fälle vor. Gesichtsverletzungen finden sich bei 11,2%, Verletzungen am Hals bei 1,5% der Patienten [10].

Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperregionen

n = 102 457

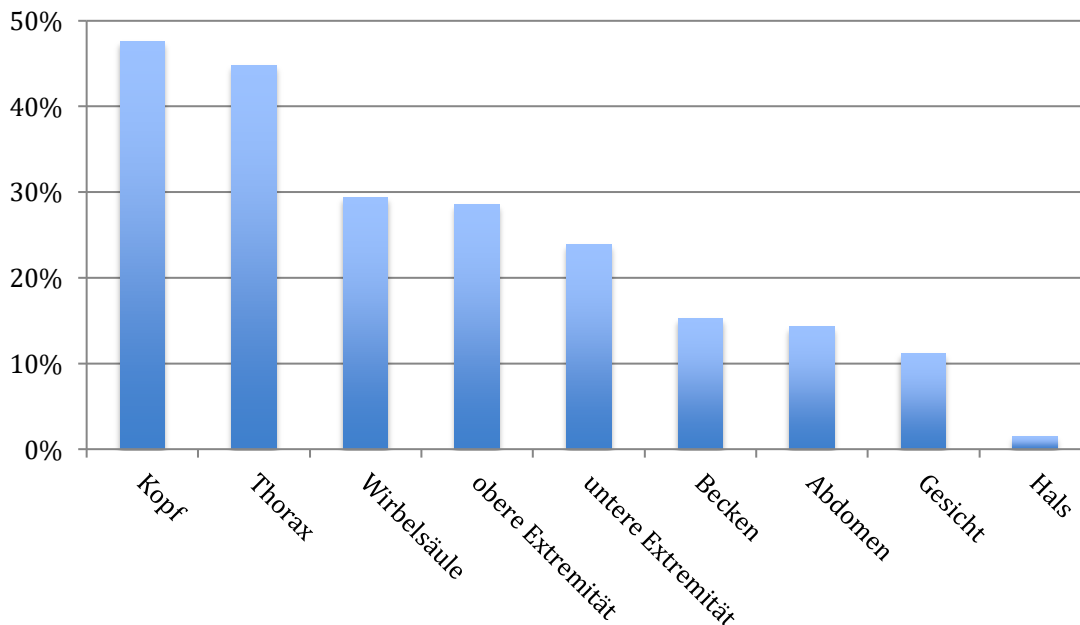


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperregionen polytraumatisierter Patienten in den Jahren 2015 – 2017 aus dem Jahresbericht 2018 des TraumaRegisters® der DGU [10]

1.1.3 Traumascores

Seit über 40 Jahren werden Scoringsysteme zur Einschätzung der Verletzungsschwere polytraumatisierter Patienten angewandt und sollen die Objektivierung sowie den Vergleich unterschiedlicher Verletzungsmuster ermöglichen [11]. Hierzu wird aus verschiedenen Parametern wie den anatomisch-morphologischen Verletzungen bzw. physiologischen und/oder biochemischen Messwerten ein Punktwert errechnet, welcher dann wiederum eine Einteilung in Schweregrade erlaubt.

Nach KULLA et al. sollte der „ideale“ Score zur Patientenbeurteilung nach Abschluss der Schockraumphase eine hohe Validität in Bezug auf die Verletzungsschwere sowie eine hohe Reliabilität bezüglich unterschiedlicher Rahmenbedingungen aufweisen. Neben einer hohen prognostischen Aussagekraft sollten die zu erhebenden Rohdaten leicht verfügbar und eine leichte Anwendbarkeit gegeben sein. Des Weiteren sollte der „ideale“ Score für sämtliche Verletzungsmuster wie auch für Patienten aller Altersstufen, unabhängig vom Risikoprofil, geeignet sein [12].

Klinisch haben sich vor allem Verletzungsmuster-orientierte Scores durchgesetzt. 1971 führte das Committee on Injury Scaling die *Abbreviated Injury Scale (AIS)* ein, welche bis 2008 mehrmals revidiert bzw. modifiziert wurde. Sie bewertet jede Einzelverletzung mit einer Punktzahl von 1 bis 6 Punkten (leicht bis nicht überlebbar). Auf die AIS bauen wiederum verschiedene Traumascores auf. Der am häufigsten verwendete AIS-basierte Traumascore ist der 1974 von BAKER et al. entwickelte *Injury Severity Score (ISS)*. Dieser wird aus den einzelnen AIS-Werten bestimmt, indem der Grad der Verletzungsschwere auf einer Scala von 1 bis 6 für sechs Körperregionen (Schädel und Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten, Weichteile) bestimmt wird und hiervon die AIS-Codes der drei am schwersten betroffenen Regionen quadriert und zum ISS addiert werden. Somit kann der ISS Werte zwischen 1 und 75 Punkten erreichen, da definitionsgemäß der ISS = 75 (Maximalwert) gesetzt wird, sobald eine ISS-Körperregion mit AIS = 6 bewertet ist. Von einem Polytrauma spricht man bei einem $ISS \geq 16$ [12].

1997 modifizierten OSLER et al. den ISS zum *New Injury Severity Score (NISS)*, der ebenso wie der ISS die AIS-Werte der drei schwersten Verletzungen quadriert und summiert, dabei aber im Unterschied zum ISS nicht nur eine Verletzung pro Körperregion berücksichtigt.

Dies führt insgesamt zu einer Erhöhung der gesicherten Verletzungsschwere, was insbesondere bei Polytraumatisierten mit multiplen schweren Verletzungen einer Körperregion, wie z.B. multiplen Extremitätenverletzungen, zum Tragen kommt [12].

1.1.4 Polytraumaversorgung und Schockraummanagement

Durch die Etablierung von Traumazentren sowie eine kontinuierliche Verbesserung der präklinischen und klinischen Behandlung polytraumatisierter Patienten konnte die Sterblichkeit Schwer- und Schwerstverletzter von Anfang der 1970er Jahre bis zum Jahr 2000 von 40% auf bis zu 10% gesenkt werden [13, 14]. In diesem Kontext bieten heute strukturelle Empfehlungen (Weißbuch Schwerverletztenversorgung der DGU) und interdisziplinäre Behandlungskonzepte (Advanced Trauma Life Support – ATLS®, Systematic Prehospital Life Support – SPFS®) sowie eine regionale und überregionale Vernetzung von Traumazentren (Initiative TraumaNetzwerk DGU®) die Basis zur weiteren Optimierung der Polytraumaversorgung in Deutschland [15, 16]. Die 2011 publizierte und im Jahr 2016 aktualisierte S3 – Leitlinie Polytrauma/Schwerverletztenbehandlung gibt detaillierte evidenz- und konsensbasierte Empfehlungen zur Behandlung polytraumatisierter Patienten mit dem Ziel, die Struktur- und Prozessqualität in den Kliniken und der präklinischen Versorgung zu optimieren und durch deren Umsetzung die Ergebnisqualität, gemessen an der Letalität oder Lebensqualität, zu verbessern [5].

Bereits 1987 definierten TSCHERNE und SCHWEIBERER als Kernpunkte eines optimalen Schockraummanagements das Erfassen der traumatischen Gesamtbelastung, das schnelle Erkennen aller bedrohlichen Verletzungen sowie das Setzen der richtigen Prioritäten [3, 17]. Zur Umsetzung dieser Ziele wurde im Jahre 2003 ATLS® (Advanced Trauma Life Support) in Deutschland eingeführt und stellt gemäß Weißbuch Schwerverletztenversorgung der DGU seit 2006 den Standard für die Schockraumversorgung dar. Demnach sollte jede Klinik einen auf diesem ATLS®-Konzept basierenden Algorithmus, der an die klinikspezifischen Bedingungen angepasst ist, interdisziplinär definieren und im lokalen Schockraumprotokoll festlegen.

Um die Schockraumphase möglichst kurz zu halten, müssen Entscheidungen über die durchzuführende Diagnostik sowie die anschließende Therapie des polytraumatisierten Patienten zügig, adäquat und gegebenenfalls fachübergreifend getroffen werden. Hierbei

sind jederzeit die aktuelle Kreislaufsituation sowie die vorliegenden Rahmenbedingungen (Möglichkeit der Versorgung vor Ort oder Notwendigkeit der Weiterverlegung in Abhängigkeit der vorhanden fachlichen Kompetenz sowie der OP- und Intensivkapazitäten) zu berücksichtigen [18]. Die Koordination des Versorgungs- und Behandlungsablaufs sollte hierbei durch einen „Teamleader“ oder eine „interdisziplinäre Führungsgruppe“ erfolgen [16].

Nach Übergabe des Polytraumatisierten durch den Notarzt erfolgt im Rahmen des Primärchecks („primary survey“) die Überprüfung der Vitalfunktionen nach dem A-B-C-D-E – Schema (Airway-Breathing-Circulation-Disability-Exposure) sowie ggf. die Durchführung lebenserhaltender Erstmaßnahmen. Nach erfolgter Stabilisierung des Patienten wird als zweite Untersuchungsschleife der Sekundärcheck („secondary survey“) zur Erkennung aller relevanten Verletzungen, welcher neben der körperlichen Untersuchung von Kopf bis Fuß in der Regel radiologische Zusatzuntersuchungen wie Sonographie, Computertomographie (CT) und ggf. weitere bildgebende Verfahren beinhaltet, durchgeführt [19].

1.1.5 Bildgebende Diagnostik

Gemäß dem Weißbuch Schwerverletztenversorgung der DGU muss sowohl in lokalen als auch in regionalen und überregionalen Traumazentren „für die zeitnahe Erkennung und Behandlung von Verletzungen einschließlich lebensbedrohlicher Körperhöhlenverletzungen im Schockraum entweder eine Bildgebung auf Basis von Ultraschall und Röntgen oder eines dort installierten CT vorgehalten werden“ [20].

1.1.5.1 FAST – Sonographie

Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST) ist eine orientierende Ultraschalluntersuchung mit dem wesentlichen Ziel, freie intraperitoneale oder perikardiale Flüssigkeit zu erkennen [21]. Hierzu beschränkt sich der Untersuchungsgang zur Detektion freier Flüssigkeit auf vier gezielte Einstellungen:

- perihepatisch
- pelvin
- perisplenisch
- epigastral

In Abhängigkeit verschiedener Faktoren wie Studiendesign, Referenzstandard, Patientenkollektiv oder Unfallmechanismus variieren in der Literatur die Daten zur Genauigkeit der FAST erheblich, so dass die Wertigkeit dieser Methode weiterhin Gegenstand kontroverser Diskussionen ist. So bewerten GIUSEPPETTI et al. die Ultraschalluntersuchung positiv und sehen neben der Screening-Funktion in ihr auch eine Alternative zum CT; bei allerdings nicht zufriedenstellender Sensitivität (54.5 – 62.5%) für Organläsionen bei leichteren Verletzungen [22].

FLEMING et al. sehen aufgrund ihrer Daten bei einer Spezifität von 94,7% sowie einer Sensitivität von nur 46,2% in der FAST ein geeignetes Tool zur Triagierung und Identifikation von operationspflichtigen Blutungen, nicht jedoch zum Ausschluss intraabdomineller Verletzungen [23].

MILLER et al. hingegen beurteilen die FAST in ihrer Vergleichsstudie aus dem Jahr 2003 selbst als Screeningmethode als unzureichend und fordern, bei dem Verdacht auf ein stumpfes Bauchtrauma routinemäßig eine Computertomographie durchzuführen [24].

Auch STENGEL et al. kommen in ihrer Metanalyse aufgrund unerwartet niedriger Sensitivitäten für die Detektion sowohl von freier Flüssigkeit als auch von Organläsionen zu dem Schluss, dass diese mittels FAST zwar nachgewiesen, nicht jedoch ausgeschlossen werden können und erachten daher unabhängig vom Ultraschallbefund eine Schnittbildgebung für erforderlich [25].

Unbestritten ist die FAST ein im Schockraum schnell durchführbares und reproduzierbares Diagnostiktool, welches ohne zeitliche Verzögerung parallel zu lebensrettenden Sofortmaßnahmen bzw. zur Patientenstabilisierung eingesetzt werden kann, um Patienten zur Notoperation bei intraabdomineller Massenblutung bzw. zur Drainage eines Hämatothorax oder Dekompression einer Perikardtamponade zu triagieren [26]. Sie ist fester Bestandteil des ATLS – Konzeptes.

1.1.5.2 Computertomographie

Zur Abklärung intraabdomineller Verletzungen im Rahmen der Polytrauma-Diagnostik ist neben der initialen FAST die Computertomographie mit Kontrastmittel der allgemein anerkannte Goldstandard beim hämodynamisch stabilen Patienten und sollte innerhalb der ersten 30 Minuten am Ende des Primärchecks bzw. zu Beginn des Sekundärchecks

durchgeführt werden [27]. Zahlreiche Vergleichsstudien konnten aufzeigen, dass die Computertomographie hinsichtlich der Detektion von Verletzungen sämtlichen anderen Verfahren gegenüber deutlich überlegen ist [28]. Die Ganzkörper-CT konnte als unabhängiger Prädiktor für das Überleben ($p < 0,002$) polytraumatisierter Patienten identifiziert werden [29].

Während im ATLS bislang die hämodynamische Stabilität des Patienten in der Regel eine Grundvoraussetzung zur CT-Diagnostik darstellte, fanden HUBER-WAGNER et al. 2013 in einer retrospektiven multizentrischen Kohortenstudie an 16.719 Patienten basierend auf Daten des TraumaRegisters DGU® einen signifikanten Überlebensvorteil sowohl im Hinblick auf die Frühletalität (31,1 vs. 46%, $p < 0,001$) als auch im Hinblick auf die Gesamletalität (42,1 vs. 54,9%, $p < 0,001$) durch den Einsatz der Ganzkörpercomputertomographie auch beim hämodynamisch instabilen Patienten [28]. Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen auch WADA et al. in ihrer retrospektiven Studie, ebenfalls aus dem Jahr 2013 [30].

Nachdem in der S3 – Leitlinie Polytrauma/Schwerverletztenbehandlung bislang keine eigene Kernaussage zum Thema „Ganzkörper-CT“ bestand, sondern nur bei Zusammenfassung der Empfehlungen zur Diagnostik der einzelne Körperregionen ersichtlich wurde, dass bei einem adäquaten Unfallmechanismus sowie einer nicht auszuschließenden schwerwiegenden Verletzung die Ganzkörpercomputertomographie sinnvoll und notwendig sei, wurde mit der Aktualisierung zum 1. Juli 2016 der Einsatz der Ganzkörper-CT beim Schwerverletzten als Schüsselempfehlung (Empfehlungsgrad A) aufgenommen und unter bestimmten Voraussetzungen (hoher Organisationsgrad des Traumateams, entsprechende Infrastruktur) auf den hämodynamisch instabilen Schwerverletzten (Empfehlungsgrad 0) ausgedehnt. [5].

1.1.5.3 Konventionelle Röntgendiagnostik

Die früher übliche native Röntgendiagnostik wurde in den meisten Schockraumprotokollen verlassen und durch die Computertomographie nahezu vollständig abgelöst. Heutzutage noch notwendig bzw. sinnvoll im Rahmen der Schockraumdiagnostik erachten WURMB et al. den Einsatz der Projektionsradiographie bei hochinstabilen bzw. reanimationspflichtigen Patienten sowie bei klinischer Verschlechterung des Patienten nach bereits erfolgter CT-Diagnostik. Ferner kann sie als

Ersatzverfahren bei technischen Problemen mit dem Computertomographen dienen [31]. Eine weitere Indikation ist die Röntgenkontrolle des Thorax nach Anlage einer Thoraxdrainage [32].

1.1.5.4 Diagnostische Peritoneallavage (DPL)

Die Durchführung einer diagnostischen Peritoneallavage führt aufgrund einer zu geringen Spezifität zu häufig zu falsch-positiven Befunden und soll daher gemäß der S3 – Leitlinie Polytrauma/Schwerverletztenbehandlung nur noch in Ausnahmefällen eingesetzt werden. So kann ihr primärer Einsatz theoretisch beim hämodynamisch instabilen Patienten sowie beim Ausfall bildgebender Verfahren indiziert sein [5].

1.2 Abdominelle Gefäßverletzungen

Gefäßverletzungen spielen beim polytraumatisierten Patienten eine entscheidende Rolle, da die unkontrollierbare Blutung mit knapp 40% die führende Todesursache innerhalb der ersten 6 Stunden nach Trauma darstellt [33]. Abdominelle Gefäßverletzungen sind zwar selten, gehen aber mit extrem hohen Mortalitätsraten einher [34].

1.2.1 Epidemiologie

Die größten publizierten Serien über Gefäßverletzungen stammen aus den USA und liefern überwiegend Daten aus militärischen Konflikten ohne konkrete Angaben zu Verletzungen von Viszeralarterien. So berichteten DEBAKEY und SIMEONE nach dem zweiten Weltkrieg über 2471 Gefäßverletzungen, wovon 49 Verletzungen nicht näher spezifizierte intraabdominelle Gefäße betrafen, was einer Inzidenz von 2% entspricht [35]. Bei den von RICH et al. 1970 veröffentlichten Zahlen aus dem Vietnamkrieg mit 1000 Gefäßverletzungen zeigt sich bei 29 intraabdominellen Gefäßverletzungen mit 2,9% eine vergleichbare Inzidenz. Auch hier fehlt allerdings eine anatomische Zuordnung zu den Viszeralarterienhauptstämmen [36].

Betrachtet man hingegen die Häufigkeit abdomineller Gefäßverletzungen in der Zivilbevölkerung, so wird deutlich, dass diese viel häufiger in urbanen Traumazentren versorgt werden, als es in früheren militärischen Konflikten der Fall war. Gründe für die erheblichen Unterschiede liegen vermutlich in der hohen Verletzungskraft militärischer Schusswaffen sowie in dem verzögerten Transport zu einer geeigneten chirurgischen Versorgung in Kriegsgebieten [37].

In der größten zivilen epidemiologischen Untersuchung von MATTOX et al. am Ben Traub General Hospital in Houston (Texas, USA) an 4459 Patienten fanden sich bei insgesamt 5760 kardiovaskulären Verletzungen in einem Zeitraum von 30 Jahren 1946 Verletzungen der großen abdominellen Gefäße, was einer Inzidenz von 33,8% entspricht [38].

Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass ein Großteil hiervon aorto-cavale und iliaceale Verletzungen waren, was auf die hohe Rate an Schuss- und Stichverletzungen von nahezu 90% zurückzuführen ist. Die Inzidenz von Mesenterialgefäßverletzungen lag mit 216 Fällen bei 3,75%. Es finden sich auch hier keine Angaben zu

Hauptstammverletzungen des Truncus coeliacus, der Arteria mesenterica superior (AMS) oder der Arteria mesenterica inferior (AMI).

Die Inzidenz von Verletzungen der Viszeralarterienhauptstämme schätzt ASENSIO nach Analyse der größeren Serien der letzten Jahrzehnte auf 0,01 – 0,1% aller vorkommenden Gefäßverletzungen, wobei wiederum angemerkt werden muss, dass die zugrunde liegenden Studien sich auf Traumata mit ganz überwiegend (90 – 95%) penetrierendem Unfallmechanismus beziehen [34].

In Deutschland existiert bislang kein zentrales Register zur Erfassung relevanter Primärdaten aller gefäßchirurgischen Eingriffe. Diesbezüglich wurde 2014 in Hamburg die Arbeitsgruppe *GermanVasc* gegründet, die seit 2016 den Aufbau einer Registerplattform für alle vaskulären Prozeduren in Deutschland verfolgt [39]. Relativ aktuelle und repräsentative Daten liefert aber eine retrospektive Vergleichsanalyse von 51.425 polytraumatisierten Patienten aus dem TraumaRegister DGU® von HEUER et al. aus dem Jahr 2013. Hierbei erlitten 20,5% (10.530) der polytraumatisierten Patienten (ISS >15) ein Abdominaltrauma (AIS_{abdomen} >1), von denen wiederum 7,2% (760) eine relevante abdominelle Gefäßverletzung (AIS_{vascular} 2-5) aufwiesen. Somit liegt die Inzidenz abdomineller Gefäßverletzungen beim Polytrauma bei 1,48% [40]. Dies deckt sich auch mit Angaben aus Studien und Gefäßregistern aus anderen europäischen Ländern, wie die nachfolgende Abbildung zeigt:

Anatomische Verteilung von Gefäßverletzungen (n = 2279)

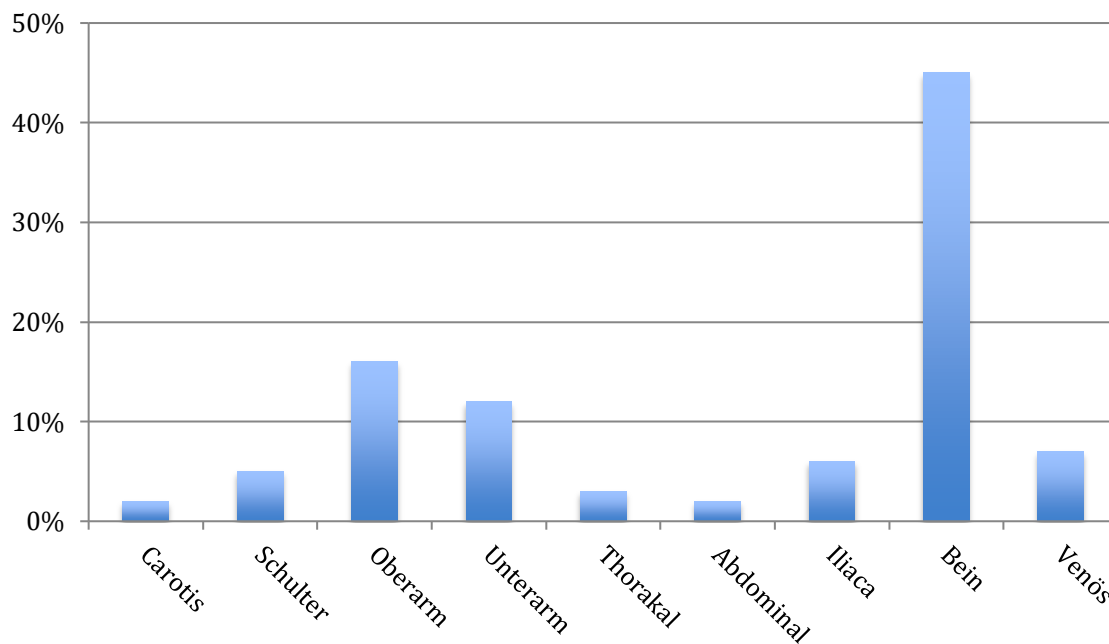


Abbildung 4: Anatomische Lokalisation von zivilen Gefäßverletzungen aus publizierten Studien/Gefäßregistern aus Finnland, Spanien, Schweden und der Türkei [41]

1.2.2 Ätiopathogenese

Hinsichtlich der Verletzungsart sind grundsätzlich perforierende von stumpfen Gefäßverletzungen zu unterscheiden. Während in den USA penetrierende Verletzungen im Rahmen von Gewalttaten mit 70–90% dominieren, überwiegen in Europa stumpfe Gefäßverletzungen, die vor allem im Rahmen von Verkehrs-, Arbeits- und Sportunfällen auftreten. Bei steigender Anzahl an interventionellen Maßnahmen und invasiver Diagnostik gewinnen aber auch iatrogene Verletzungen zunehmend an Bedeutung und machen mittlerweile bis zu 20% aus [42]. Bei perforierenden Gefäßtraumata ist die Schädigung von der Adventitia nach innen zur Intima hin gerichtet. Als Leitsymptom findet sich hierbei meist die arterielle Blutung. Iatrogene Verletzungen durch Angiographien und interventionelle Kathetertechniken können zu Dissektionen und Thrombosen sowie zur Ausbildung eines Aneurysma spurium führen.

Beim stumpfen Gefäßtrauma verläuft die Schädigungsrichtung umgekehrt. Sie beginnt an der Intima und kann nach außen bis zur Adventitia fortschreitend die gesamte Gefäßwand erfassen. Das Leitsymptom bei diesem Verletzungsmechanismus ist daher

nicht die Blutung, sondern die Organ- oder Extremitätenischämie [43].

Neben diesen direkten Gefäßverletzungen kann es im Rahmen von Dezelerationstraumata zu indirekten Gefäßverletzungen kommen, indem durch abrupte Geschwindigkeits- oder Beschleunigungsveränderungen des Körpers und einer dadurch bedingten Massenverschiebung der thorako-abdominellen Organe am Übergang von freischwingenden zu fixierten Gefäßabschnitten eine entsprechende Gefäßwandbelastung auftritt [43].

1.2.3 Bildgebende Diagnostik

1.2.3.1 Sonographie und farbkodierte Duplexsonographie (FKDS)

Im Rahmen der Diagnostik abdomineller Gefäßverletzungen dient die Ultraschalluntersuchung vornehmlich dem Nachweis bzw. dem Ausschluss größerer Mengen freier Flüssigkeit. Mithilfe der FKDS können arterielle und venöse Gefäße sowie Gefäßaneurysmen direkt dargestellt werden. Durch Messung der Flussgeschwindigkeit lassen sich mit akzeptabler Sensitivität und Spezifität Rückschlüsse auf Gefäßstenosen oder -verschlüsse ziehen. Den Vorteilen der hohen Verfügbarkeit, niedrigen Kosten und fehlenden Strahlenbelastung stehen hierbei unter anderem die Nachteile der strengen Untersucherabhängigkeit sowie der Limitierung durch Fettleibigkeit, Darmgasüberlagerung und etwaige Gefäßsklerosen gegenüber [44]. Für die exakte topographische Zuordnung sowie die Charakterisierung von Gefäßläsionen ist die kontrastmittelverstärkte Computertomographie der Sonographie jedoch weit überlegen, insbesondere im Hinblick auf das Festlegen eines adäquaten Therapieansatzes [45].

1.2.3.2 CT-Angiographie

Die Computertomographie mit Kontrastmitteldarstellung des arteriellen Gefäßsystems ist heute im akuten Setting das Diagnostikum der Wahl, da es schnell, minimal-invasiv und zuverlässig ist sowie eine gute Beurteilung der Blutgefäße einschließlich des Verlaufs und der Ausweitung der Dissektion, der Durchgängigkeit des falschen Lumens sowie des Vorhandenseins anatomischer Varianten erlaubt. Ferner ermöglicht es die Abklärung von Differenzialdiagnosen sowie die Darstellung von Darmischämien und parenchymatösen Minderperfusionen bzw. Infarzierungen [46]. Auch als Verlaufsbildgebung stellt die CT-

Angiographie ein geeignetes Diagnostik-Tool dar, sowohl während einer konservativen, als auch nach einer interventionellen oder operativen Therapie [47].

1.2.3.3 Magnetresonanzangiographie

Die Angiographie mittels Magnetresonanztomographie (MRT) unter intravenöser Gabe von Gadolinium ist eine weitere Untersuchungstechnik zur Diagnostik von Gefäßen. Diese Methode basiert auf der Ausrichtung von Protonen in einem starken permanenten Magnetfeld im MRT. Mit modernen MRT-Geräten ist es möglich, ein hochauflösendes MRT-Bild innerhalb weniger Sekunden zu akquirieren. Der Vorteil dieser Methode ist die fehlende Strahlenbelastung, wohingegen die Akquisition der Scans einige Zeit in Anspruch nimmt, was eine gewisse Compliance des Patienten voraussetzt. In einer Akutsituation ist die MRT dem CT vor allem in der Verfügbarkeit und in der Geschwindigkeit der Bilderstellung unterlegen [44]. Aufgrund der gegenüber dem CT fehlenden Strahlen- und Jodbelastung eignet sich die MR-Angiographie insofern insbesondere im nicht akuten Setting [47].

1.2.3.4 Digitale Subtraktions-Angiographie (DSA)

Die digitale Subtraktions-Angiographie (DSA) bietet als selektive Gefäßdarstellung zum einen eine hohe Orts- und Kontrastauflösung, zum anderen bietet sie neben der Diagnostik die Möglichkeit einer therapeutischen Gefäßintervention. Als diagnostische Methode spielt sie jedoch aufgrund des zeitlichen Aufwands und der hinreichenden Wertigkeit der CT-Diagnostik nur eine untergeordnete Rolle [45].

Bei mangelnder Aussagekraft der Computertomographie infolge Artefaktbildung oder unzureichender Kontrastierung aufgrund einer Kreislaufdepression kann allerdings eine DSA auch in der Akutphase notwendig werden, sofern eine adäquate topographische Zuordnung der Gefäßverletzung sowie deren Charakterisierung in der CT-Diagnostik nicht möglich ist [5].

1.2.4 Dissektionen des Truncus coeliacus

1.2.4.1 Anatomie und anatomische Varianten des Truncus coeliacus

Der Truncus coeliacus hat seinen Ursprung auf Höhe des 12. Brustwirbelkörpers (BWK) bzw. des 1. Lendenwirbelkörpers (LWK) als erster anteriorer Ast aus der Aorta abdominalis oberhalb des Pankreas. Bei 75-90% der Menschen verläuft der Truncus ca. 1,25cm horizontal nach vorne, wobei seine Länge zwischen 8mm und 4cm variieren kann. Die Trifurkation des Truncus coeliacus wurde erstmals im Jahre 1756 von dem Schweizer Anatom Albrecht von Haller beschrieben, wobei dieser „Tripus Halleri“ die „normale“ Anatomie darstellt. Hierbei teilt sich der Truncus am oberen Rand des Pankreas in seine drei Hauptäste auf: die Arteria hepatica communis, die Arteria gastrica sinistra und die Arteria lienalis [48].

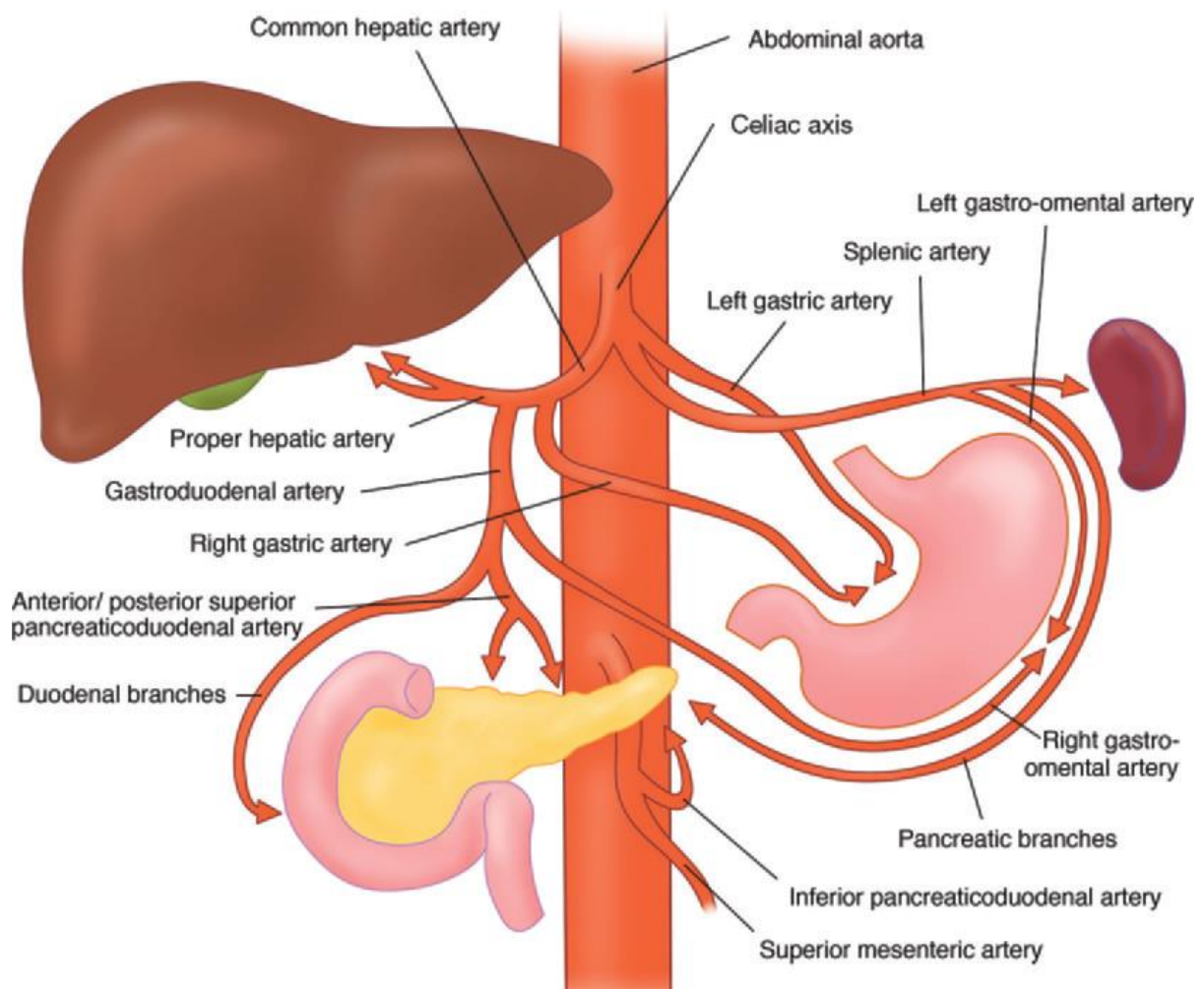


Abbildung 5: Schematische Darstellung der normalen arteriellen Versorgung des Oberbauches [49]

Aufgrund zahlreicher anatomischer Varianten wurden von diversen Autoren unterschiedliche Klassifikationen zur Gefäßanatomie des Truncus coeliacus erarbeitet. So publizierte BENJAMIN LIPSHUTZ 1917 eine erste Klassifikation, welche die anatomischen Varianten des Truncus coeliacus in 4 Typen einteilt. 1928 präsentierte ADACHI eine detailliertere Einteilung mit 6 Typen, wohingegen MORITA (1935) und MICHELS (1955) weitere gebräuchliche Klassifikationen mit 5 respektive 6 Typen veröffentlichten [50].

Lipshutz's Klassifikation des Truncus coeliacus (n=83; Lipshutz, 1917)		
Typ 1	Trifurkation des Truncus coeliacus (Tripus Halleri)	75.0%
Typ 2	Truncus hepatoesplenicus, Art. gastrica sin. aus Aorta abd.	15.0%
Typ 3	Truncus hepatogastricus, Art. lienalis aus Aorta abd.	6.0%
Typ 4	Truncus gastrosplenicus, Art. hepatica comm. aus Aorta abd.	4.0%
Adachi's Klassifikation des Truncus coeliacus (n=252; Adachi, 1928)		
Typ 1	Trifurkation des Truncus coeliacus (Tripus Halleri)	87.7%
Form 1	Klassische Trifurkation	55.6%
Form 2 - 11	Trifurkation mit oder ohne aberrierende oder akzessorische Arterien	32.1%
Typ 2	Truncus hepatoesplenicus, Art. gastrica sin. aus Aorta abd.	6.4%
Typ 3	Truncus hepatoesplénomésentericus, Art. gastrica sin. aus Aorta abd.	1.2%
Typ 4	Truncus coeliacomesentericus	2.4%
Typ 5	Truncus gastrosplenicus und Truncus hepatomesentericus	0.4%
Typ 6	Truncus gastrosplenicus, Art. hepatica comm. aus Art. mesenterica sup.	2.0%
Morita's Klassifikation des Truncus coeliacus (Morita, 1935)		
Typ 1	Trifurkation des Truncus coeliacus (Tripus Halleri)	
Typ 2	Truncus hepatoesplenicus, Art. gastrica sin. aus Aorta abd.	
Typ 3	Truncus gastrosplenicus, Art. hepatica comm. aus Aorta abd.	
Typ 4	Truncus hepatogastricus, Art. lienalis aus Aorta abd.	
Typ 5	Kein Truncus coeliacus	
Michels's Klassifikation des Truncus coeliacus (Michels, 1955)		
Typ 1	Trifurkation des Truncus coeliacus (Tripus Halleri)	
Typ 2	Truncus hepatoesplenicus, Art. gastrica sin. aus Aorta abd., Art. lienalis der Art. hepatica comm.	
Typ 3	Truncus hepatoesplénomésentericus, Art. gastrica sin. aus Aorta abd.	
Typ 4	Truncus hepatogastricus, Art. lienalis aus Art. mesenterica sup.	
Typ 5	Truncus gastrosplenicus, Art. hepatica comm. aus Art. mesenterica sup.	
Typ 6	Truncus coeliacomesentericus	

Tabelle 1: Klassifikationen anatomischer Varianten des Truncus coeliacus [50]

In der bislang größten Studie zur Anatomie des Truncus coeliacus aus dem Jahr 2010 wurden von SONG et al. 13 von insgesamt 15 möglichen anatomischen Varianten detektiert (Tabelle 2).

Anatomische Variante	Anzahl an Patienten (n=5.002)
Truncus hepatogastrosplenicus (normale Trifurkation)	4.457 (89.1%)
Truncus hepatosplenicus + Art. gastrica sin. + Art. mesentica sup.	221 (4.42%)
Truncus hepatomesentericus + Truncus gastrosplenicus	132 (2.64%)
Truncus coeliacomesentericus	53(1.06%)
Truncus hepatosplenomesentericus + Art. gastrica sin.	34(0.68%)
Truncus hepatomesentericus + Art. gastrica sin. + Art. lienalis	12(0.24%)
Art. hepatica comm. + Truncus gastrosplenicus + Art. mesenterica sup.	11(0.22%)
Truncus hepatogastricus + Truncus splenomesentericus	8(0.16%)
Art. hepatica comm. + Art. gastrica sin. + Art. lienalis + Art. mesenterica sup.	5(0.10%)
Art. hepatica comm. + Truncus gastrosplenomesentericus	3(0.06%)
Art. hepatica comm. + Art. gastrica sin. + Truncus splenomesentericus	1(0.02%)
Truncus hepatogastricus + Art. lienalis + Art. mesenterica sup.	1(0.02%)
Truncus hepatosplenicus + Truncus gastromesentericus	1(0.02%)
Truncus hepatogastromesentericus + Art. lienalis	0
Art. hepatica comm. + Truncus gastromesentericus + Art. lienalis	0
Unklare Anatomie	63(1.26%)

Tabelle 2: Anatomische Varianten des Truncus coeliacus bei 5.002 Patienten [51]

1.2.4.1.1 Kollateralversorgung

Die mesenterialen Hauptarterien Truncus coeliacus (TC), Arteria mesenterica superior (AMS) und Arteria mesenterica inferior (AMI) verfügen über ein ausgeprägtes Netzwerk an Kollateralgefäßen, über welche die Stromgebiete dieser Arterien miteinander kommunizieren. So ist der TC mit der AMS über die Aa. pancreaticoduodenales superior et inferior und deren ausgeprägtes Anastomosennetzwerk, welches den Pankreaskopf umgibt, verbunden. Neben diesen primären Kollateralkreisläufen bestehen

Verbindungen zu Gefäßen, welche das Diaphragma, den Ösophagus, die Intercostalräume und die Bauchwand versorgen [1]. Ferner besteht als seltene zusätzliche arterioarterielle Anastomose zwischen TC und AMS der Buhlersche Gefäßbogen (Arc of Buhler) bei 1 – 3% der Bevölkerung im Sinne eines Reliktes aus der Embryonalentwicklung [52]. Bei Stenosierung einer Arterie kann durch Flussumkehr in den Kollateralen die erforderliche Blutversorgung für das betroffene Stromgebiet aus dem Nachbargefäß bereitgestellt werden. Hierdurch kann es zur Hypertrophie der Kollateralgefäße kommen [53].

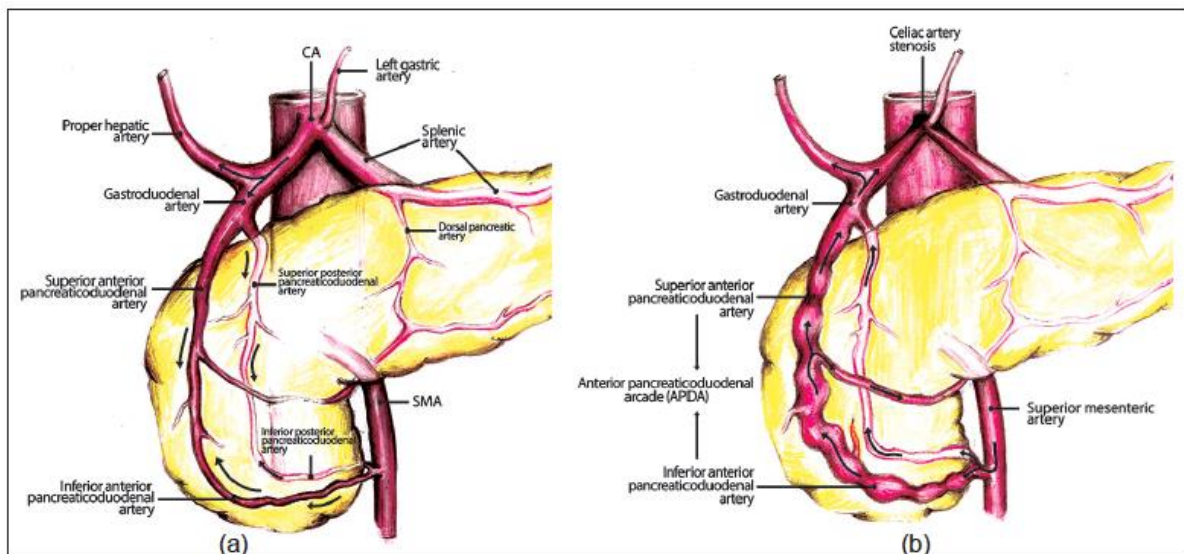


Abbildung 6: (a) Pankreaticoduodenale Arkade als Kollaterale zwischen Truncus coeliacus (CA) und Arteria mesenterica superior (SMA). (b) kollaterale Blutversorgung im Stromgebiet des Truncus coeliacus über eine prominente anteriore pankreaticoduodenale Arkade bei bestehender Truncusstenose [54]

Verbindungen der Stromgebiete der AMS und der AMI bestehen vor allem zwischen dem Ramus sinister der A. colica media (aus der AMS) und der A. colica sinistra (aus der AMI) im Sinne der darmwandnahen Drummond-Marginalarterie als konstanter und der Riolan-Arkade als zentraler gelegener, inkonstanter Anastomose.

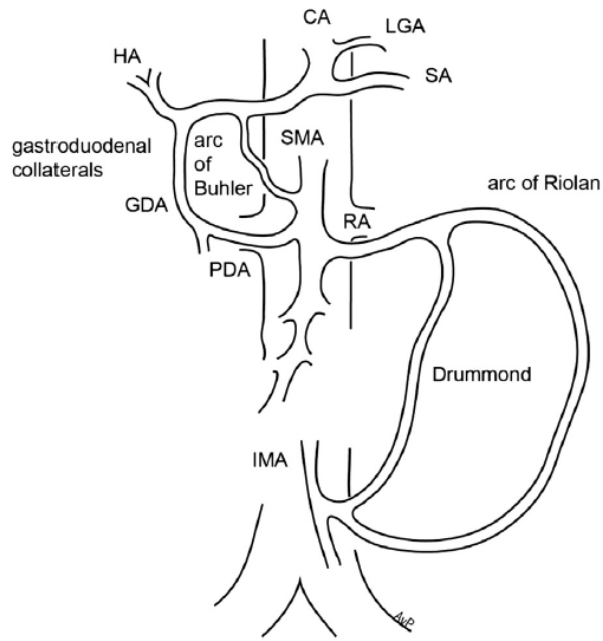


Abbildung 7: Kollateralen zwischen den mesenterialen Arterien. CA: Truncus coeliacus; GDA: Art. gastroduodenalis; HA: Art. hepatica; IMA: Art. mesenterica inferior; LGA: Art. gastrica sinistra; PDA: Art. pancreaticoduodenalis; RA: Art. renalis; SA: Art. lienalis; SMA: Art. mesenterica superior [53].

1.2.4.2 Die spontane Dissektion des Truncus coeliacus

Dissektionen von Viszeralarterien treten meistens im Rahmen von Aortendissektionen auf, wohingegen isolierte Viszeralarteriendissektionen ohne simultane Aortendissektion wesentlich seltener sind [55]. Nach der ersten berichteten spontanen Truncus-coeliacus-Dissektion von FOORD aus dem Jahr 1959 fanden sich in der Literatur bis zur Jahrtausendwende nur wenige Einzelfallberichte, wobei die Diagnose durch konventionelle Angiographie oder Autopsie gestellt wurde [56]. Durch den zunehmenden und mittlerweile flächendeckenden Einsatz der CT-Diagnostik und deren technischer Weiterentwicklung werden Viszeralarteriendissektionen in den letzten Jahren häufiger detektiert. So konnten GARRETT et al. in ihrem systematischen Review nach Pubmed-Recherche auf 495 AMS-Dissektionen und 88 TC-Dissektionen aus den Jahren 2002 – 2013 zurückgreifen und berichteten über 9 Dissektionen aus dem eigenen Patientengut [57]. JUNG et al. publizierten 2013 die Ergebnisse von 42 viszerale Arteriendissektionen, wobei zwölfmal der TC betroffen war [55]. Nach weiteren Einzelfallberichten aus den letzten Jahren wurden im Jahr 2015 in drei Studien die Daten von insgesamt 35 spontanen Truncus-coeliacus-Dissektionen veröffentlicht [46, 58, 59].

1.2.4.3 Die traumatische Dissektion des Truncus coeliacus

Über traumatische Dissektionen des Truncus coeliacus wurde mehrfach berichtet, jedoch meist in Zusammenhang mit einer Aortendissektion [60]. In der Literatur finden sich insgesamt nur 14 Fallberichte über eine isolierte Truncusdissektion aufgrund eines stumpfen Bauchtraumas, welche in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt sind [2, 60-67]. Hierbei reichen die klinischen Verläufe von einer fehlenden Symptomatik bis hin zum fulminanten Leberversagen mit letalem Ausgang. Trotz der Seltenheit der TC-Dissektion ist die Kenntnis dieser Verletzung aufgrund ihrer möglichen lebensbedrohlichen Komplikationen wichtig [61].

Fall	Unfall-mechanismus	Symptomatik	Hämodynamik	TC-Verletzung	spezifische Behandlung	Outcome
1 [65]	Verkehrsunfall	initial nicht beurteilbar, bei Entlassung asymptomatisch	initial instabil, dann stabil	stabile TC-Dissektion	konservativ	Entlassung an Tag 16
2 [60]	Verkehrsunfall	passager epigastr. Schmerzen	stabil	stabile TC-Dissektion	Endovasculäres Stenting Tag 5	Entlassung an Tag 10
3 [61]	Verkehrsunfall	nicht beurteilbar	instabil	progrediente TC-Dissektion mit Perfusionsausfällen in der Leber	konservativ	Tod durch Leberversagen an Tag 7
4 [62]	Sturz aus großer Höhe	asymptomatisch	stabil	stabile TC-Dissektion	konservativ Heparin Tag 1, Cumarinderivat ab Tag 2	Verlegung in Reha an Tag 4
5 [63]	Verkehrsunfall	leichte epigastrische Schmerzen	stabil	stabile TC-Dissektion	konservativ ASS 81mg/d	Entlassung
6 [67]	Verkehrsunfall	asymptomatisch	stabil	stabile TC-Dissektion	konservativ NMH, gewichts-adaptiert	Entlassung an Tag 8
7 [68]	direktes stumpfes Bauchtrauma	epigastrische Schmerzen, erhöhte Leberenzyme	stabil	progrediente TC-Dissektion mit Ausdehnung auf Art. hepatica + Art. lienalis, Milzinfarkt	aorto-truncaler Hepatica-Bypass	Entlassung
8 [66]	Verkehrsunfall	initial nicht beurteilbar, bei Entlassung asymptomatisch	stabil	stabile TC-Dissektion	konservativ NMH	Entlassung an Tag 11
9 [2]	Sturz aus großer Höhe	asymptomatisch	stabil	stabile TC-Dissektion	konservativ ASS 81mg/d	Entlassung an Tag 7
10 [69]	Verkehrsunfall	asymptomatisch	stabil	stabile TC-Dissektion	konservativ ASS	Entlassung
11 [64]	Sturz aus geringer Höhe	initial nicht beurteilbar, ab Tag 4 asymptomatisch	stabil	stabile TC-Dissektion	konservativ	Entlassung an Tag 11
12 [70]	Verkehrsunfall	initial epigastrische Schmerzen	stabil	stabile TC-Dissektion	konservativ ASS 100 mg/d	Entlassung an Tag 6
13 [70]	Verkehrsunfall	initial asymptomatisch, im Verlauf passagere epigastrische Schmerzen	stabil	Stabile TC-Dissektion mit Ausweitung auf prox. Art. hepatica + Art. lienalis	konservativ 3 d Heparin, dann ASS 100 mg/d	Entlassung an Tag 4
14 [71]	Sturz aus geringer Höhe	initial asymptomatisch, abdominelle Schmerzen an Tag 4	stabil	stabile TC-Dissektion	konservativ	Entlassung an Tag 7

Tabelle 3: publizierte Fallberichte von TC-Dissektionen durch stumpfe Bauchtraumata

1.2.4.4 Pathogenese der Viszeralarteriendisektion

Die arterielle Dissektion ist definiert als Spaltung der Gefäßwand durch ein intramurales Hämatom zwischen zwei elastischen Schichten, die mit einem Intimaeinriss einhergeht [72]. Die genaue Pathogenese der Dissektion bleibt bis heute ungeklärt, wenngleich viele Autoren einen mechanischen Stress, auch für die spontane Dissektion, als Ursache vermuten [57]. Hierbei werden Scherkräfte am Übergang des fixierten zum mobilen Gefäßabschnitt als möglicher wichtiger Mechanismus angesehen [73].

Extra-aortale Dissektionen betreffen in absteigender Reihenfolge: die Nierenarterien, die Koronararterien, die Cerebralarterien, die Karotiden, die Vertebralarterien und die Viszeralarterien. Von diesen seltenen Viszeralarteriendisektionen ist am häufigsten die AMS betroffen und somit auch am besten untersucht [74]. SOLIS et al. halten Scherkräfte für einen wichtigen Mechanismus in der Pathogenese der Dissektion, da die Dissektion üblicherweise 1.5 – 3cm distal des Abgangs der AMS aus der Aorta beginnt, wobei in diesem Bereich der Übergang von dem retropankreatisch fixierten Anteil der AMS zum mobilen Anteil liegt [73]. JUNG et al. schlossen sich in ihrer retrospektiven Studie an 34 Patienten dieser Theorie bei einer durchschnittliche Distanz der Dissektion vom Abgang der AMS aus der Aorta von 19,7mm an, wenngleich hier auch geringere und größere Distanzen vorkamen (6, 8.5, 12, 13, 42.5mm) [55].

PARK et al. beobachteten in einem Review von CT-Scans bei 51 Patienten, dass die AMS-Dissektion generell an der Vorderwand der AMS im Bereich der konvexen Krümmung beginnt. Mittels Computersimulation konnten durchweg abnorme hämodynamische Werte an dieser Stelle beobachtet werden, was einen mechanischen Stress für die Pathogenese der Dissektion nahelegt [75]. Derartige Untersuchungen wurden für die Dissektion des Truncus coeliacus bislang nicht durchgeführt.

1.2.4.5 Risikofaktoren

In zahlreichen Publikationen [2, 56, 74, 76], sowohl zu spontanen als auch zu traumatischen Viszeralarteriendisektionen, werden u.a. folgende Risikofaktoren genannt:

- zystische Medianekrose
- fibromuskuläre Dysplasie
- segmentale mediolytische Arteriopathie
- Atherosklerose
- Hypertonie
- Bindegewebserkrankungen

Eine Korrelation mit diesen für die Aortendissektion bekannten Risikofaktoren findet sich jedoch nicht in den zu Viszeralarteriendissektionen publizierten Studien [55, 75]. Vielmehr beschreiben FALCONER et al. den typischen Patienten als männlich und mittleren Alters, häufig mit positiver Raucheranamnese, aber ohne die typischen vaskulären Risikofaktoren, die zu Dissektionen anderer größerer Gefäße prädisponieren [77].

1.2.4.6 Ligamentum arcuatum

Die Zwerchfellschenkel haben ihren Ursprung an den Lendenwirbelkörpern 1-4 und den dazugehörigen Bandscheiben sowie am vorderen Längsband, wobei sie auf der rechten Seite von den Ventralflächen der LWK 1-4, auf der linken Seite von den LWK 1-2 bzw. 3 entspringen. Unter Bildung des Hiatus aorticus ziehen sie nach ventrokranial um die Aorta und setzen hier an der zentralen Sehnenplatte des Diaphragmas an. Ventral der Aorta werden die beiden Zwerchfellschenkel durch das bogenförmige, fibröse Ligamentum arcuatum (MAL) verbunden. In der Regel liegt das Ligamentum arcuatum auf Höhe des 1. LWK und oberhalb des Abgangs des Truncus coeliacus aus der Aorta. Bei 10-24% der Menschen kommt es jedoch durch eine tiefere Lage des MAL zu einer Einengung des Truncus coeliacus in dessen Abgangsbereichs aus der Aorta, wobei diese Stenosierung wiederum bei einem geringen Anteil dieser Personen hämodynamisch signifikant sein und entsprechende Symptome im Sinne abdomineller Beschwerden auslösen kann [78].

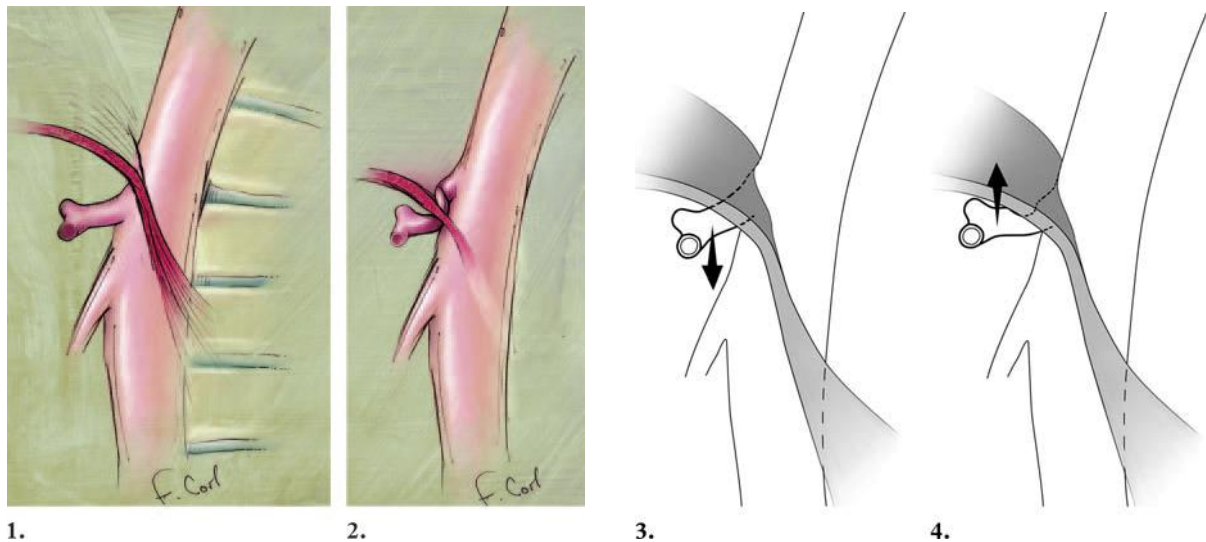


Abbildung 8: Schematische Darstellung des Ligamentum arcuatum in typischer Position (1.) und mit Einengung des Truncus coeliacus bei tieferer Lage (2.). Ausrichtung der coeliacalen Achse während der Inspiration (3.) und Expiration (4.) [78]

1.2.4.7 Bildgebende Diagnostik / CT - Zeichen

Die häufigsten CT-morphologischen Zeichen einer Viszeralarteriendisektion sind:

- Intimaflap
- Thrombosiertes falsches Lumen
- Aneurysmatische Dilatation
- Periarterielle Fettgewebsinfiltration
- Ausdehnung auf Gefäßäste
- Organischämie

Eine Ausdehnung der Dissektion auf die Äste des betroffenen Gefäßes sowie Zeichen einer Organischämie sind, in Korrelation mit der Klinik, wichtige CT-Zeichen für die Indikation zur interventionellen oder operativen Therapie [55]

1.2.4.8 Klinischer Verlauf und therapeutisches Vorgehen

Die seltenen Viszeralarteriendissektionen betreffen mit Abstand am häufigsten die AMS und am seltensten den TC [74]. Insofern beschränken sich Angaben zu klinischen Verläufen und therapeutischem Vorgehen bei Dissektionen des TC in der Literatur auf Einzelfallberichte bzw. sind in größeren Serien dem Vorgehen bei AMS-Dissektionen angelehnt. Mit Ausnahme der o.g. 14 Fallallberichte über traumatische Truncusdissektionen muss auf die Expertise zu spontanen Viszeralarteriendissektionen zurückgegriffen werden.

Ursprünglich war die Therapie von Viszeralarteriendissektionen auf die operative Revaskularisation mittels Bypasses bei symptomatischen Patienten beschränkt, wohingegen asymptomatische Dissektionen vermutlich unbemerkt blieben. Heute werden zunehmend konservative und interventionelle Therapieoptionen propagiert, jedoch meist ohne klare Empfehlung zur Indikation der einzelnen Verfahren [57]. Hierbei beinhaltet die konservative Behandlung u. a. die klinische und paraklinische Beobachtung, eine antihypertensive Therapie, eine antiinflammatorische Therapie, eine Antikoagulation bzw. alternativ eine Thrombozytenaggregationshemmung, gegebenenfalls Steroide sowie eine Verlaufsbildgebung [72].

Endovaskuläres und operatives Vorgehen überlappen sich in weiten Teilen in ihren möglichen Indikationen, wobei eine Intervention u.a. erforderlich sein kann bei:

- Progression der Dissektion
- Okkludierender Läsion mit drohender Organischämie bei unzureichender Kollateralversorgung
- Aneurysmabildung mit drohender Ruptur
- Gefäßruptur mit intraabdomineller Blutung
- Persistierende oder progrediente Schmerzsymptomatik

An endovaskulären Therapieoptionen stehen im Wesentlichen das Stenting und die Coil-Embolisation zur Verfügung. Die operativen Verfahren umfassen Gefäßligatur, Gefäßrekonstruktion, Gefäßersatz und Bypass-Verfahren [64].

1.2.4.9 Bildgebende Verlaufskontrollen

Bildgebende Verlaufskontrollen dienen dem Erkennen einer Progression der Dissektion sowie auftretender Komplikationen wie z. B. Minderperfusionsen bzw. Ischämien an den Zielorganen oder der Ausbildung eines Aneurysmas [74]. Dies ist insbesondere beim polytraumatisierten Patienten von entscheidender Bedeutung, da eine klinische Beurteilung aufgrund von Begleitverletzungen sowie einer etwaigen Beatmung/Sedierung nicht oder nicht hinreichend möglich ist. Die CT-Angiographie ermöglicht eine schnelle, minimal-invasive, zuverlässige und gute Beurteilung der Blutgefäße einschließlich des Verlaufs und der Ausweitung der Dissektion, der Durchgängigkeit des falschen Lumens sowie des Vorhandenseins anatomischer Varianten. Ferner erlaubt sie die Abklärung von Differentialdiagnosen sowie die Darstellung von Darmischämien und parenchymatösen Minderperfusionsen bzw. Infarzierungen, wodurch potentielle Folgekomplikationen erkannt und Therapieentscheidungen getroffen werden können [46]. Auch zur besseren Vergleichbarkeit mit den vorangegangenen bildgebenden Untersuchungen im Sinne einer Verlaufsbeurteilung erscheint es sinnvoll, zumindest im frühen Verlauf, die Modalität nicht zu wechseln. Empfehlungen zu zeitlichen Intervallen im Rahmen der frühen Verlaufsbeurteilung finden sich in der Literatur nicht. Vielmehr richtet sich der Einsatz von Kontrolluntersuchungen meist nach Schwere und Progression von Symptomen.

Im Langzeitverlauf können zur Vermeidung einer Strahlenbelastung mit vergleichbarer Sensitivität zum CT die MR-Angiographie sowie, bei entsprechender Expertise des Untersuchers, die FKDS eingesetzt werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Genauigkeit der Sonographie durch Adipositas und Darmgasüberlagerung limitiert sein kann [44].

1.2.4.10 Vaskuläre Spätkomplikationen

Aneurysmen in den pancreaticoduodenalen Arkaden haben einen gut belegten Zusammenhang mit Verschlüssen des Truncus coeliacus. Ätiologisch wird die TC-Okklusion am häufigsten durch die Arteriosklerose bedingt, allerdings wurden auch andere Ursachen eines Verschlusses bzw. einer hochgradigen Einengung des Truncus coeliacus beschrieben. Symptome können dabei unspezifische abdominelle Schmerzen sein, häufig sind die Patienten aber vollkommen asymptomatisch [79].

Pathogenetisch entsteht verschluss- bzw. stenosebedingt im Truncus coeliacus ein verminderter Blutfluss, welcher über eine kompensatorische Steigerung des Blutflusses über die AMS zu einer Flussumkehr und Druckerhöhung in den Kollateralen wie der A. pancreaticoduodenalis führt. Dies kann wiederum durch eine Gefäßwandschädigung zur Ausbildung eines Aneurysmas in diesem Bereich führen [80].

Aneurysmabildungen im Gebiet der arteriellen Kollateralen zwischen Truncus coeliacus und Arteria mesenterica superior wurden erstmals 1973 durch SUTTON et al. beschrieben und der vermutete zugrundeliegende Pathomechanismus erläutert [81]. Aneurysmen der A. pancreaticoduodenalis können multipel auftreten und rupturieren im Gegensatz zu anderen Vizeralarterienaneurysmen unabhängig von ihrer Größe, wobei sich kein Zusammenhang zwischen Rupturrisiko und Ursache der TC-Stenose finden lässt [82]. Aufgrund berichteter Rupturraten von bis zu 65% und der mit einer Ruptur solcher Aneurysmen einhergehenden hohen Mortalitätsrate von bis zu 50%, halten viele Autoren die Indikation zur Ausschaltung des Aneurysmas auch bei asymptomatischen Patienten für gegeben [83]. Hierbei stehen, abhängig von der Morphologie des Aneurysmas, operative Verfahren (Resektion, Gefäßersatz) den interventionellen Methoden (endovaskuläres Stenting, Coil-Embolisation) gegenüber [57]. Zum rechtzeitigen Erkennen einer Ausbildung derartiger Aneurysmen bei bestehender Okklusion des Truncus coeliacus werden von einzelnen Autoren bildgebende Langzeit-Verlaufskontrollen empfohlen [46].

1.3 Zielsetzung

Die traumatische Dissektion des Truncus coeliacus ist eine der seltensten abdominalen Gefäßverletzungen. Die genaue Ätiopathogenese ist unbekannt und es existieren keine klaren Therapieempfehlungen. In der Literatur wird hinsichtlich der Pathogenese ein Bezug zum Ligamentum arcuatum vermutet [2, 62]. Therapieempfehlungen können lediglich aus 14 Einzelfallberichten zu traumatischen Truncus-Dissektionen bzw. aus Studien über spontane Viszeralarterien-Dissektionen abgeleitet werden.

Im Folgenden werden Patienten aus den Jahren 1997 bis 2012 untersucht, die aufgrund eines Polytraumas in unsere Klinik eingeliefert wurden und sich hierbei eine traumatische Dissektion des Truncus coeliacus zugezogen haben. Ihre epidemiologischen Daten, die bildgebenden Untersuchungen im Akut- und Langzeitverlauf sowie die erfolgten therapeutischen Maßnahmen werden ausgewertet. Auch die Verletzungsmuster werden analysiert und hinsichtlich Koinzidenzen betrachtet. Ziel der Arbeit ist es, Aussagen zur Ätiopathogenese und Häufigkeit dieser Verletzung sowie einen potenziellen Zusammenhang mit einer Ligamentum-arcuatum-Stenose abzuleiten, Hinweise und Empfehlungen zur Bildgebung im Akut- und Langzeitverlauf herauszuarbeiten und Behandlungspfade dieser seltenen Verletzung aufzuzeigen.

2 Patienten und Methoden

2.1 Demographie

Von September 1997 bis Dezember 2012 wurden 5.194 Patienten unter dem Verdacht auf ein erlittenes Polytrauma in das Unfallkrankenhaus Berlin eingeliefert. Bei allen Patienten erfolgte im Rahmen der Schockraumversorgung eine Polytrauma-Computertomographie. Bei neun Patienten wurde entweder in der primären CT – Diagnostik oder in einer Verlaufs-CT- Untersuchung eine traumatische Dissektion des Truncus coeliacus ohne simultane Aortendissektion diagnostiziert. Alle neun Patienten wurden in die retrospektive Studie eingeschlossen. Das Alter dieser Patienten lag zum Untersuchungszeitpunkt zwischen 18 und 51 Jahren. Das mittlere Alter betrug 31,7 Jahre (+/- 11,1).

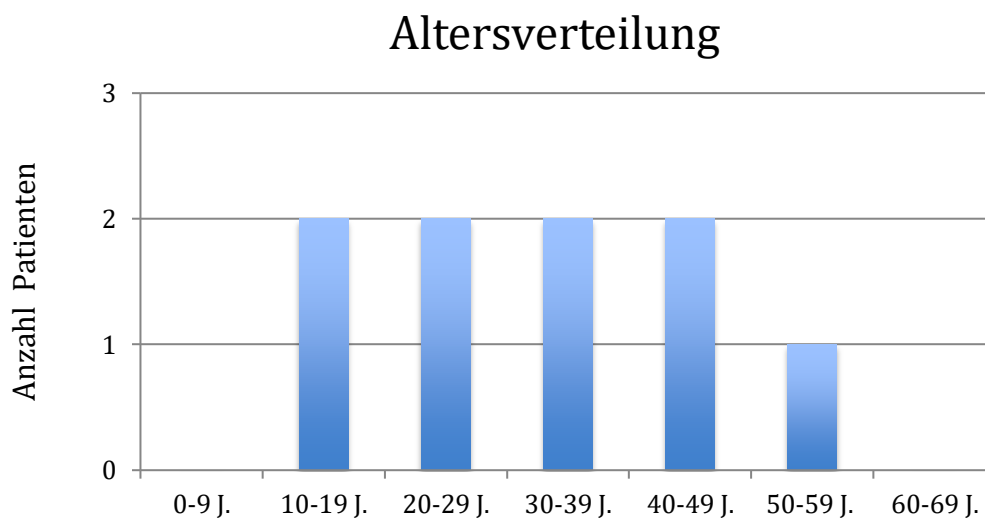


Abbildung 9: Altersverteilung der Patienten mit traumatischer Dissektion des Truncus coeliacus

Sechs Patienten waren männlich (66,7%) und drei weiblich (33,3%).

2.2 Untersuchungsdurchführung

Alle Patienten erhielten am Unfalltag eine CT-Untersuchung von Kopf, Hals, Thorax und Abdomen im Rahmen der Polytraumadiagnostik mit nachfolgend aufgeführten Untersuchungsprotokollen. Zum Einsatz kamen ein 1-Zeilen-Spiral-Computertomograph bis Dezember 2002 und anschließend Mehrzeilen-CT-Geräte unterschiedlicher Generationen. Frühe Verlaufskontrollen während der stationären Behandlung erfolgten teilweise als CT-Angiographie mit geringfügig veränderten Scanparametern, späte Verlaufskontrollen wurden als MR-Angiographie an einem 1,5-Tesla-MRT durchgeführt.

2.2.1 1 - Zeilen - Spiral - CT

Im Zeitraum von September 1997 bis Dezember 2002 erfolgte die Diagnostik an einem 1-Zeilen-Spiral-CT (Tomoscan AVE 1, Philips Medical Systems, Niederlande) mit folgendem Untersuchungsprotokoll:

1. Das sequentielle zerebrale CT erfolgt in üblicher Kippung nativ.
2. Die erste Spirale erfolgt ohne Kontrastmittelgabe und schließt den Gesichtsschädel und die HWS ein. Die Kippung wird zur überwiegenden Anzahl der Zwischenwirbelräume ausgerichtet. Die Schichtdicke beträgt 5 mm, der Tischvorschub 5 mm und der Rekonstruktionsindex 3 mm.
3. Nach Injektion von 150 ml Kontrastmittel i.v. mit einem Flow von 2,5 ml/s und einem Delay von 30 s erfolgt die zweite Spirale. Die Scanstrecke reicht von der oberen Thoraxapertur bis zur Unterkante der Sitzbeinhöcker. Die Schichtdicke, der Tischvorschub und der Rekonstruktionsindex betragen 7 mm.

2.2.2 4 - Zeilen - Spiral - CT

Im Zeitraum von Dezember 2002 bis August 2005 erfolgte die Diagnostik an einem 4-Zeilen-Spiral-CT (Somatom Sensation 4, Siemens Medizin Systeme, Deutschland) mit folgendem Untersuchungsprotokoll:

1. Das sequentielle zerebrale CT erfolgt in üblicher Kippung nativ.
2. Nach Injektion von 140 ml Kontrastmittel i.v. mit einem Flow von 3 ml/s und Kontrastmittel-Triggerung in der Aorta descendens erfolgt die Spirale über die HWS, ggf. einschließlich des Mittelgesichtes und direkt anschließend die Spirale über den Thorax. Nach einem Delay von 60 Sekunden ab Bolusstart wird die Spirale über das Abdomen bis zur Unterkante der Sitzbeinhöcker durchgeführt. Die Schichtkollimation beträgt 4 x 2,5 mm bei 120 kV und 200 mAs Röhrenspannung.

2.2.3 40 - Zeilen - Spiral - CT

Im Zeitraum von August 2005 bis März 2006 erfolgte die Diagnostik an einem 40-Zeilen-Spiral-CT (Brilliance 40, Philips Medical Systems, Niederlande) mit folgendem Untersuchungsprotokoll:

1. Das sequentielle zerebrale CT erfolgt in üblicher Kippung nativ.
2. Nach Injektion von 80 ml Kontrastmittel i.v. mit einem Flow von 4 ml/s erfolgt die Spirale von der Schädelbasis bis zu den Zwerchfellkuppeln mit Erfassung des Mittelgesichtes. Die Schichtkollimation beträgt 40 x 0,625 mm bei 120 kV und 200 mAs Röhrenspannung. Rekonstruktionen werden in 5 mm-Schichten axial, sagittal und koronal erstellt.
3. Nach einer zweiten Kontrastmittelgabe von 60 ml Kontrastmittel mit einem Flow von 2,5 ml/s und Nachinjektion eines NaCl-Bolus von 40 ml mit einem Flow von 2,5 ml/s erfolgt die zweite Spirale von den Zwerchfellkuppeln bis zur Unterkante der Sitzbeinhöcker mit derselben Kollimation und denselben Rekonstruktionsparametern.

2.2.4 64 – Zeilen – Spiral – CT

Von März 2006 bis zum Ende des Erfassungszeitraumes erfolgte die Diagnostik an einem 64-Zeilen-Spiral-CT (Brilliance 64, Philips Medical Systems, Niederlande) mit folgendem Untersuchungsprotokoll:

1. Das sequentielle zerebrale CT erfolgt in üblicher Kippung nativ.
2. Nach Injektion von 80 ml Kontrastmittel i.v. mit einem Flow von 2,7 ml/s schließt sich direkt die Injektion von weiteren 70 ml Kontrastmittel i.v. mit einem Flow von 4,0 ml/s an, gefolgt von einem Bolus NaCl-Bolus von 40 ml mit einem Flow von 4,0 ml/s. Nach Kontrastmittel-Triggerung in der Aorta descendens mit einem Delay von 30 Sekunden erfolgt die Spirale von der Schädelbasis bis zur Unterkante der Sitzbeinhöcker. Die Schichtkollimation beträgt 64 x 0,625 mm bei 120 kV und 200 mAs Röhrenspannung. Rekonstruiert wird in 3 mm-Schichten axial und 3 mm-Schichten sagittal über der Wirbelsäule. Zusätzlich werden Rekonstruktionen in 0,6 mm-Schichten errechnet mit einem Inkrement von 0,33 mm zur weiteren Verarbeitung an der Workstation. Hier können Schnittbilder in beliebigen Kippungen sowie 3D – Darstellungen erzeugt werden.

Bei den Mehrzeilen-Spiral-Computertomographen kann über eine geräteintegrierte Dosismodulation anhand des Topogramms der für den jeweiligen Patienten benötigte Röhrenstromwert ermittelt und dadurch die Strahlendosis ohne Beeinträchtigung der Bildqualität reduziert werden.

2.2.5 1,5 - Tesla - MRT

Die bildgebenden Verlaufskontrollen zur Erfassung etwaiger Spät komplikationen im Langzeitverlauf erfolgten an einem 1,5 Tesla – Magnetresonanztomographen der Firma Philips (1,5T MRT, Philips medical systems, Niederlande) mit einer Oberflächenspule.

1. Es wurde eine T2w turbo-spin-Echo-Sequenz (TR: 840 ms, TE 80ms) mit einer Schichtdicke von 5 mm, einer Rekonstruktionsmatrix von 560 x 560 x 5 mm, einem *Field of View* (FOV) von 370 mm in 95 Schichten durchgeführt.
2. Zusätzlich wurden 100 Schichten einer T1w Sequenz mit hochauflösenden isotropen Voxeln (TR 4 ms, TE 2 ms), mit einer Schichtdicke von 4 mm, einer Rekonstruktionsmatrix von 190 x 190 x 4 mm und einem FOV von 380 mm angefertigt.
3. Zur Diagnostik und Validierung einer Stenose, eines Aneurysmas, eines Verschlusses oder einer Dissektion wurde eine Kontrastmittelangiographie nach i.v. Gabe von 15 ml Gadoteridol 0,5M (T1w 3D Gradientenechosequenz, TR 4 ms, TE 2 ms) mit einer Voxelgröße von 0,63 x 0,63 x 0,5 mm und einer Schichtdicke von 3 mm durchgeführt und anschließend mehrere multiplanare Rekonstruktionen (MPR) oder Maximumintensitätsprojektionen (MIP-Rekonstruktionen) angefertigt.

2.3 Datenerhebung

Mittels Volltextsuche in dem radiologischen Informationssystem EasyRIS® (Philips) wurden anhand der Suchbegriffe „Dissektion“, „Truncusdissektion“, „Truncus coeliacus“, „Ligamentum arcuatum“, „Arcuatumstenose“, „Truncusstenose“ und „Truncusverschluss“ die Patienten mit einer traumatischen Dissektion des Truncus coeliacus im Zeitraum von September 1997 bis Dezember 2012 identifiziert. Sowohl die primären CT-Untersuchungen als auch die jeweiligen Verlaufsbildgebungen der eingeschlossenen Patienten wurden, neben der Erfassung der anatomischen Verhältnisse, hinsichtlich der in Kapitel 1.2.3.7 genannten CT-Merkmale /-zeichen sowie der Entwicklungen im Kurz- und Langzeitverlauf systematisch reevaluiert. Anhand der Patientenakten wurden neben möglichen Risikofaktoren Angaben zu Unfallursache und Begleitverletzungen sowie Informationen über den klinischen Verlauf einschließlich konservativer und ggf. interventioneller bzw. operativer Therapie ermittelt.

3 Ergebnisse

3.1 Patienten und klinischer Verlauf

Insgesamt wurde bei neun polytraumatisierten Patienten in der primären CT-Untersuchung die Diagnose einer traumatischen Dissektion des Truncus coeliacus ohne gleichzeitig bestehende Aortendissektion gestellt. Bei einem der neun Patienten lag eine simultane Dissektion der AMS vor. Zwei der neun Patienten verstarben an ihren Traumafolgen innerhalb der ersten Tage, die übrigen 7 Patienten konnten nach einer durchschnittlichen stationären Verweildauer von 41,3 Tagen (Range: 24 – 70 Tage) entweder nachhause entlassen (n=4) oder in eine rehabilitative Anschlussheilbehandlung verlegt (n=3) werden. Todesursache der beiden verstorbenen Patienten war in einem Fall eine Exsanguination aufgrund einer nicht beherrschbaren intraabdominellen Blutung, der andere Patient verstarb nach hämorrhagischem Schock und Massentransfusion (112 Erythrozyten-Konzentrate) aufgrund einer extraabdominellen Blutung im Kreislaufversagen. Beide Patienten wurden laparotomiert. Von den überlebenden sieben Patienten wurde aufgrund intraabdomineller Verletzungen ein Patient initial und eine Patientin im Verlauf laparotomiert. Ein weiterer Patient wurde initial bei massiv freier Flüssigkeit (Aszites, keine intraabdominellen Verletzungen) explorativ laparotomiert. Der Patient mit simultaner AMS-Dissektion wurde aufgrund einer drohenden Organischämie laparotomiert. Nur in diesem Fall wurde eine Intervention am Truncus coelicus durchgeführt. Drei Patienten wurden nicht laparotomiert. Insgesamt erfolgte bei 3 Patienten eine diagnostische Angiographie, bei keinem Patienten erfolgte eine endovaskuläre Intervention.

Einen detaillierten Überblick über das untersuchte Patientenkollektiv gibt Tabelle 5 im Kapitel 3.8.

3.2 Anatomische Varianten des Truncus coeliacus

Bei sieben der neun eingeschlossenen Patienten fand sich eine typische, dem Tripus Halleri entsprechende Gefäßanatomie. Ein Patient zeigte eine klassische Trifurkation mit jedoch aus der AMS aberrierender Arteria hepatica dextra. Bei einem Patienten zeigte sich eine Aufteilung in einen Truncus gastrosplenicus sowie einen Truncus hepatomesentericus. Bei diesem Patienten kam es zur traumatischen Dissektion des Truncus gastrosplenicus.

3.3 Unfallmechanismus

Alle neun Patienten erlitten ein schweres Trauma. Ein Verkehrsunfall war mit vier Fällen der häufigste Unfallmechanismus. Hierbei wurde ein Patient als Fahrradfahrer von einem PKW angefahren, ein Patient kollidierte als angeschnallter PKW-Fahrer mit einem LKW und zwei Patienten verunglückten als Motorradfahrer. Bei zwei Patienten war ein Sturz aus großer Höhe (ca. 15 m bzw. ca. 18 m) ursächlich und bei einem Patienten ein Sturz aus geringer Höhe (ca. 2 m). Eine Patientin erlitt einen Reitunfall mit Sturz und stumpfem Bauchtrauma durch Pferdetritte. Ein Patient erfuhr eine Quetschverletzung durch einen Stahlträger im Bereich des Abdomens und des Beckens.

Häufigkeitsverteilung nach Unfallart

n = 9

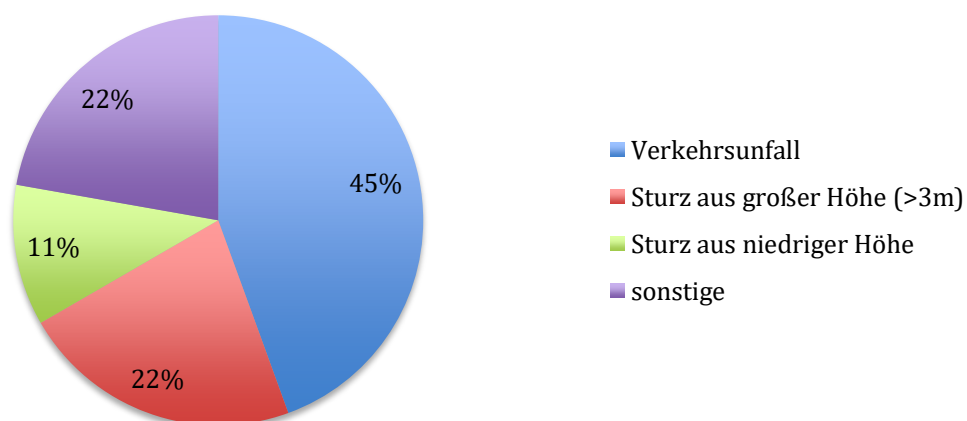


Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung nach Unfallart der eingeschlossenen Patienten.

3.4 Begleitverletzungen und Injury Severity Score (ISS)

Alle neun Patienten erlitten definitionsgemäß ein Polytrauma ($ISS \geq 16$) mit Verletzung mehrere Körperregionen. Der durchschnittliche ISS lag bei 36,4 Punkten bei einer Range von 18 – 66 Punkten. Die am häufigsten und am schwersten verletzte Körperregion war das „Abdomen“, welches bei allen Patienten mit einem Schweregrad nach AIS von mindestens 3 betroffen war. Der durchschnittliche $AIS_{ABDOMEN}$ -Wert betrug 4,0. Die Körperregionen „Thorax“ und „Extremitäten“ waren mit jeweils sieben Patienten am zweithäufigsten betroffen. Bei einem durchschnittlichen $AIS_{EXTREMITÄTEN}$ -Wert von 3,9 war diese Region schwerer verletzt als die Körperregion „Thorax“ mit einem durchschnittlichen AIS_{THORAX} -Wert von 3,0. Verletzungen der übrigen Körperregionen „Schädel/Hals“, „Gesicht“ und „Weichteil“ fanden sich bei keinem Patienten in einem für die Berechnung des ISS relevantem Ausmaß. Die detaillierten Einzelverletzungen sind der Tabelle 5 im Kapitel 3.8 zu entnehmen. Abbildung 11 zeigt die AIS-Schweregrade der verletzten Körperregionen der eingeschlossenen Patienten und die dazugehörigen ISS-Werte.

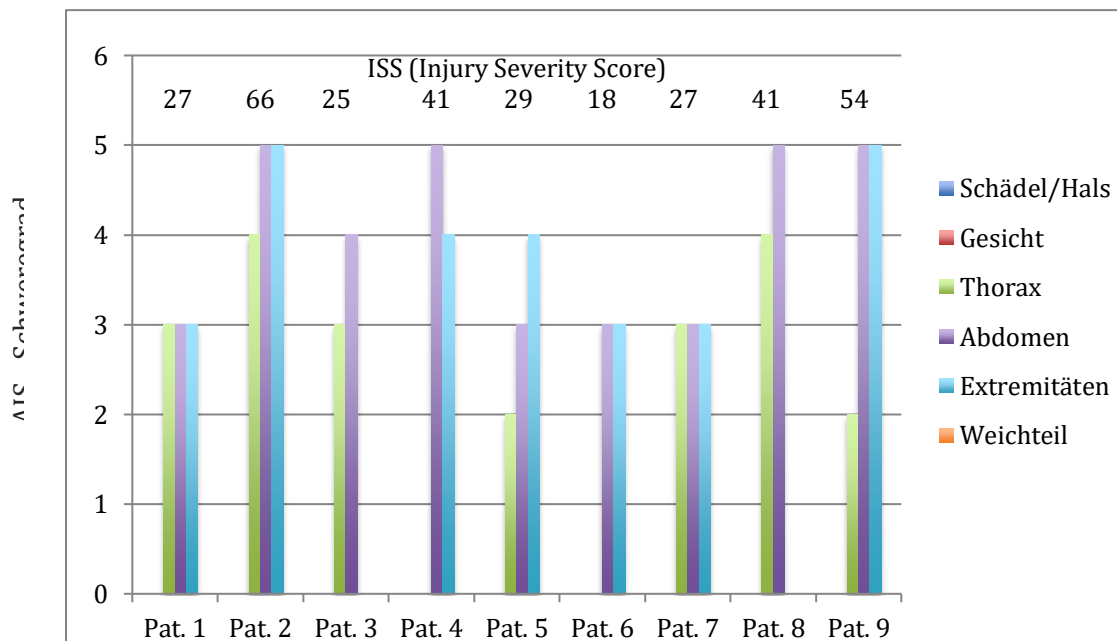


Abbildung 11: AIS-Schweregrade der für die Berechnung des ISS-relevanten verletzten Körperregionen

3.5 Risikofaktoren und Vorerkrankungen

Nur zwei der eingeschlossenen Patienten wiesen Risikofaktoren bzw. Vorerkrankungen auf. Ein Patient litt mit einem Body-Mass-Index von 30,6 kg/m² an einer Adipositas Grad 1 ohne weitere bekannte Vorerkrankungen. Der mit 51 Jahren älteste Patient des Kollektivs (Pat. Nr. 1) litt an einer kompensierten Herzinsuffizienz, einer Leberzirrhose bei Alkoholabusus und erhielt vor dem Trauma eine orale Antikoagulation mit Phenprocoumon aufgrund eines mechanischen Aortenklappenersatzes.

3.6 Ligamentum arcuatum

CT-morphologische Zeichen einer vorbestehenden Stenose des Truncus coeliacus durch das Ligamentum arcuatum (MAL-Stenose) fanden sich bei vier Patienten. Bei zwei Patienten konnte aufgrund der geringen Auflösung der frühen CT-Generationen (1- und 4-Zeilen-Spiral-CT) und fehlenden Rekonstruktionsmöglichkeiten keine hinreichende Aussage bezüglich einer MAL-Stenose getroffen werden. Sagittale Rekonstruktion erlauben die Beurteilung der für eine MAL-Stenose typischen Hakenform („Hook-Appearance“) des Truncus coeliacus. Bei drei Patienten fanden sich keine Zeichen einer MAL-Stenose. Die Verteilung ist in Abbildung 13 dargestellt. Somit war bei 57% der im CT beurteilbaren Patienten eine MAL- Stenose vorbestehend.

Abbildung 12 zeigt die typische Hakenform („Hook-Appearance“) des Truncus coeliacus bei MAL – Stenose in der sagittalen Rekonstruktion.

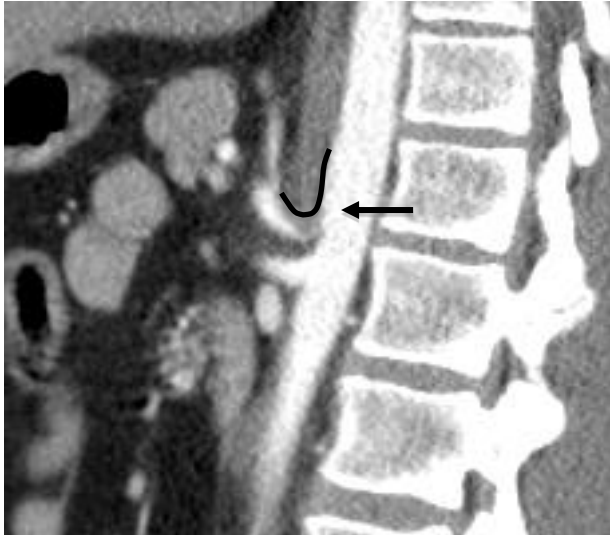


Abbildung 12: Typische Hakenform („hook appearance“) des Truncus coeliacus bei MAL-Stenose
(Pat. Nr. 6. CT-Angiographie, sagittale Rekonstruktion)

Häufigkeitsverteilung einer vorbestehenden MAL – Stenose

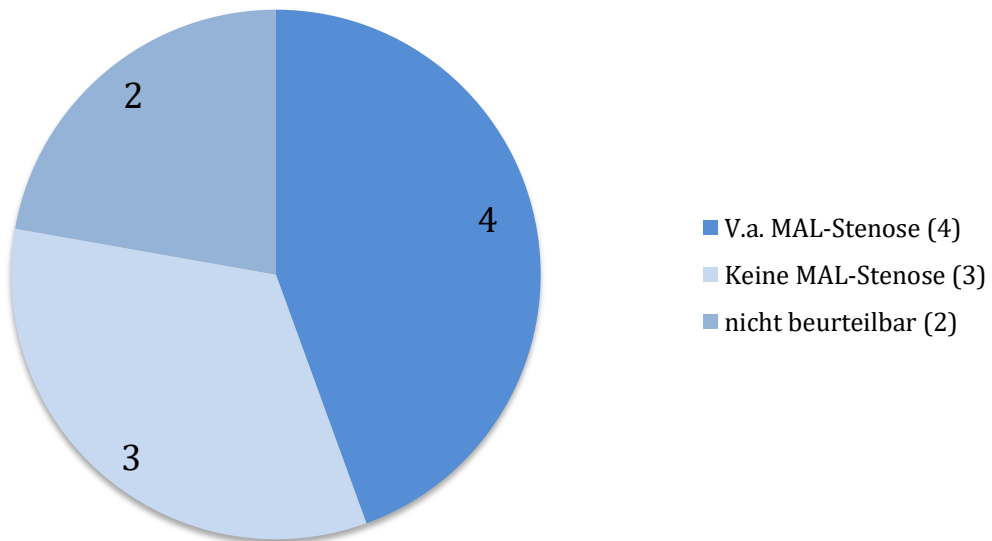


Abbildung 13: Verteilung der Patienten nach CT-morphologischen Zeichen einer vorbestehenden Stenose des Truncus coeliacus durch das Ligamentum arcuatum (MAL-Stenose)

3.7 Bildgebende Diagnostik / CT - Zeichen

Alle Patienten erhielten am Unfalltag ein Polytrauma – CT nach den vorgegebenen Untersuchungsprotokollen. Im weiteren Verlauf erfolgten die bildgebenden Kontrolluntersuchungen nach Maßgabe der behandelnden Ärzte und in Abhängigkeit des klinischen Verlaufes. Hierbei kamen sowohl monophasische CT-Angiographien, biphasische Abdomen-CTs als auch Angiographien zum Einsatz, wobei sich die jeweilige Indikation durch die Absicht zur Verlaufsbeurteilung der diagnostizierten Truncusdissektion und/oder zur Kontrolle der Begleitverletzungen ergab. Während zur alleinigen Gefäßbeurteilung monophasische CT-Angiographien bzw. Angiographien durchgeführt wurden, erfolgten zur Beurteilung der Organperfusion sowie ggf. der Dynamik einer vermuteten Blutung biphasische Angio-CTs.

Abbildung 14 gibt einen zeitlichen Überblick über die zur Anwendung gekommenen Verfahren während des stationären Akutverlaufs.

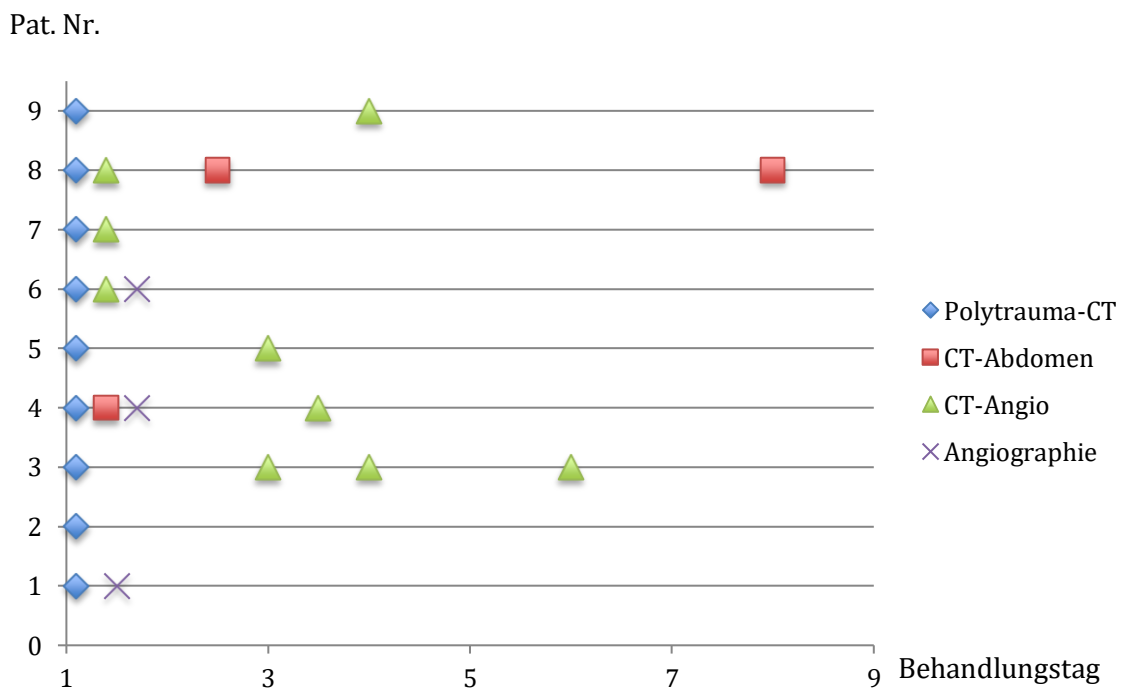


Abbildung 14: Zeitliche Verteilung der Bildgebung im stationären Akutverlauf.

Die in Kapitel 1.2.4.7 beschriebenen CT-Zeichen einer Viszeralarteriendisektion bilden sich in den initialen Polytrauma-CT-Untersuchungen wie folgt ab:

	Pat.1	Pat.2	Pat.3	Pat.4	Pat.5	Pat.6	Pat.7	Pat.8	Pat.9
Intimaflap	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Thrombosiertes falsches Lumen	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Aneurysmatische Erweiterung	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Periarterielle Fettgewebsinfiltration	-	-	-	-	+	+	-	-	+
Ausdehnung auf Gefäßäste	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Zeichen einer Organischämie	-	+	-	+	-	-	-	+	-

Tabelle 4: CT-Zeichen der 9 eingeschlossenen Patienten im initialen Polytrauma-CT

Somit zeigten sich ein „Intimaflap“ sowie ein „thrombosiertes falsches Lumen“ als häufigste CT-Zeichen bei allen Patienten (100%). Als zweithäufigste Zeichen der Dissektion konnten die „periarterielle Fettgewebsinfiltration“ sowie „Zeichen einer Organischämie“ bei jeweils drei Patienten (33,3%) detektiert werden. Seltener Pathologien waren eine „aneurysmatische Erweiterung“ sowie eine „Ausdehnung auf Gefäßäste“ bei jeweils einem Patienten (11,1%).

3.8 Klinischer Verlauf und therapeutisches Vorgehen

Ein Patient verstarb am Unfalltag (Pat. Nr.2), der zweite Patient erlag am 4. postoperativen Tag (Pat. Nr. 9) den Folgen einer Massenblutung. Bei Pat. Nr. 2 wurde bei starker intraabdomineller Blutung die Notfalllaparotomie durchgeführt, die mit Exitus in tabula endete. Ursächlich waren multiple mesenteriale Zerreißen, ein Abriß der Milz vom Milzstil sowie multiple schwere extraabdominelle Verletzungen (s. Tabelle 5). Bei Pat. Nr. 9 führten eine komplexe Beckenfraktur mit Verletzung der Arteria iliaca interna rechts zu einem massiven Blutverlust mit der Notwendigkeit zur Transfusion von insgesamt 112 Erythrozytenkonzentraten.

In diesem Fall wurde am 3. postoperativen Tag eine Laparotomie aufgrund der Ausbildung eines abdominellen Kompartmentsyndroms bei ausgedehntem retroperitonealem Hämatom notwendig. Intraoperativ wurden zusätzlich intraabdominelle Blutungen aus Mesenterialeinrissen aufgefunden. Leber und Milz zeigten keine Ischämiezeichen. Dieser Patient verstarb am 4. postoperativen Tag im Kreislaufversagen. Bei beiden Patienten erfolgte keine Intervention am Truncus coeliacus.

Nur ein Patient (Pat. Nr. 4) zeigte im initialen Polytrauma-CT Zeichen einer Organischämie im Sinne eines Milzinfarktes. Bei diesem Patienten lag zusätzlich zu der Dissektion des Truncus coeliacus eine simultane Dissektion der Arteria mesenterica superior vor. Im nach neun Stunden durchgeführten Kontroll-CT zeigten sich ein kompletter Milzinfarkt sowie Perfusionsminderungen in den Lebersegmenten 3, 4, 5 und 7. Es erfolgte im direkten Anschluss eine diagnostische Angiographie, welche den kompletten Verschluss von Truncus coeliacus und AMS bestätigte. Bei kräftiger Riolan-Anastomose zeigte sich in der selektiven Darstellung über die Arteria mesenterica inferior eine mäßige Durchblutung im Stromgebiet der AMS und eine schlechte Kollateralisation in Richtung Arteria hepatica. Es wurde umgehend die gefäßchirurgische Intervention mit Anlage eines aorto-truncalen Hepatica-Bypasses mittels Vena-saphena-magna-Interponat indiziert. In einer bildgebenden Verlaufskontrolle mittels CT-Angiographie am 2. postoperativen Tag war der Venenbypass regelrecht perfundiert bei fortbestehenden abgangsnahen Verschlüssen von Truncus coeliacus und AMS. Lediglich kleine, keilförmige, subkapsuläre, hypodens demarkierte Areale waren in den Lebersegmenten 3, 4 und 6 erkennbar. Die Milz zeigte sich hingegen irreversibel infarziert, weswegen am Folgetag die Relaparotomie mit Splenektomie erfolgte. Der weitere stationäre Verlauf wurde maßgeblich durch die Begleitverletzungen (s. Tabelle 5) bestimmt. Es erfolgte eine Antikoagulation mit niedermolekularem Heparin (NMH) in halber therapeutischer Dosierung für die Dauer der stationären Behandlung. Aufgrund der Extermitätenverletzungen und der damit verbundenen Belastungseinschränkung der rechten unteren Extremität wurde ein Fortführen dieser Heparinisierung für mindestens 12 weitere Wochen empfohlen. Ferner wurden aufgrund einer Thrombozytose 300mg Aspirin (ASS) /Tag oral appliziert. Am Tag 62 konnte der Patient aus der stationären Behandlung nachhause entlassen werden.

In einer MR-Angiographie nach 22 Monaten zeigte sich der aorto-truncale Hepatica-Bypass offen und die AMS rekanalisiert. Im Leberparenchym waren keine Infarktareale mehr nachweisbar.

Patient Nr. 1 wurde an Tag 2 aufgrund großer Mengen an freier Flüssigkeit explorativ laparotomiert. Eine intraabdominelle Blutung konnte ausgeschlossen und ein seröser Aszites bei Leberzirrhose gesichert werden. Dieser Patient wurde aufgrund eines mechanischen Aortenklappenersatzes mit NMH in therapeutischer Dosierung (gewichtsadaptiert) antikoaguliert. Die Entlassung erfolgte an Tag 34 in eine stationäre Rehabilitationseinrichtung. Eine Intervention am Truncus coeliacus erfolgte nicht.

Patient Nr. 3 wurde an Tag 6 aufgrund eines septischen Krankheitsbildes und zunehmender freier intraabdomineller Flüssigkeit laparotomiert. Ursächlich war eine Galleleckage in Segment 5 bei Leberruptur. Eine Intervention am Truncus coeliacus erfolgte nicht. Die Antikoagulation erfolgte mittels NMH in prophylaktischer Dosierung bis zur Entlassung nachhause an Tag 28. Eine Empfehlung zur Fortführung der Heparinisierung wurde nicht ausgesprochen.

Patient Nr. 8 wurde am Unfalltag bei Kreislaufinstabilität aufgrund aktiver intraabdomineller Blutungen bei Leberruptur und Abriss der Milz vom Milzstil sowie freier intraabdomineller Luft bei traumatischer Magenperforation laparotomiert. Eine Intervention am Truncus coeliacus erfolgte nicht. Die Antikoagulation erfolgte für die Dauer des stationären Aufenthaltes (71 Tage) mit NMH in prophylaktischer Dosierung. Eine Empfehlung zur Fortführung der Heparinisierung wurde nicht ausgesprochen.

Drei Patienten (Pat. Nr. 5, 6, 7) wurden nicht laparotomiert und es erfolgte auch jeweils keine Intervention am Truncus coeliacus. Zwei dieser Patienten (Pat. Nr. 5, Pat. Nr. 6) erhielten eine gewichtsadaptierte Antikoagulation mittels NMH in halber therapeutischer Dosierung für die Zeit der stationären Behandlung. Für Pat. Nr. 5 wurde keine Empfehlung zum anschließenden Fortführen der Heparinisierung nach Entlassung an Tag 37 ausgesprochen, wohingegen für Pat. Nr. 6 ein Fortführen der Antikoagulation mit NMH in halber therapeutischer Dosierung auch nach Entlassung an Tag 25 aufgrund der TC – Dissektion für die Dauer von weiteren 6 Monaten empfohlen wurde. Pat. Nr. 7 erhielt eine Antikoagulation mit NMH in prophylaktischer Dosierung bis zur Entlassung an Tag 39 ohne Empfehlung zum Fortführen der Heparinisierung.

Die nachfolgende Tabelle 5 gibt einen detaillierten Überblick über die neun eingeschlossenen Patienten einschließlich folgender Parameter:

- Alter
- Geschlecht
- Unfallart
- ISS-Wert
- Begleitverletzungen Körperregion Abdomen
- Begleitverletzungen andere Körperregionen
- Gefäßanatomie am Truncus coeliacus
- Vorhandensein einer Ligamentum-arcuatum-Stenose
- CT-Zeichen einer Truncus-coeliacus-Dissektion
- erfolgte Verlaufsbildgebung
- Antikoagulation
- operative Interventionen
- Outcome

Patient Nr. 1	Männlich	51 Jahre	Verkehrsunfall	ISS 27
Begleitverletzungen	Körperregion Abdomen		andere Körperregionen	
			Schädel-Hirn-Trauma Grad I-II Hämatopneumothorax links Rippenfrakturen C6 bds., C7 links Lungenkontusion links Pneumoperikard 3.-gradig offene Unterschenkelfraktur links Tibiakopffraktur links Kompartmenttsyndrom linker Unterschenkel	
Gefäßanatomie	Truncus gastrosplenicus (disseziert) + Truncus hepatomesentericus			
V.a. MAL – Stenose	Nicht beurteilbar			
CT – Zeichen	Initmaflap Thromobosiertes falsches Lumen Aneurysmatische Erweiterung Periarterielle Fettgewebsinfiltration Ausdehnung auf Gefäßäste Zeichen einer Organischämie	Ja Ja Nein Nein Ja Nein	1 – Zeilen-Spiral-CT	
Verlaufsbildgebung	Tag 1: Angiographie: Dissektion des Truncus gastrosplenicus mit Ausdehnung auf die Art. lienalis; keine Intervention			
Antikoagulation	NMH gewichtsadaptiert in therapeutischer Dosierung (Z.n. mechanischem Aortenklappenersatz)			
Interventionen	Tag 2: Laparotomie (Aszites, keine intraabdominellen Verletzungen)			
Outcome	Tag 34: Verlegung in Rehabilitationseinrichtung; lost to follow-up			

Patient Nr. 2	weiblich	39 Jahre	Sturz aus großer Höhe (ca. 15m)	ISS 66
Begleitverletzungen	Körperregion Abdomen		andere Körperregionen	
	Multiple Mesenterialeinrisse Blutung aus der AMS Abriss des Milzstiles Ein- bzw. - Abriss mehrere Lumbalarterien Einriss der Nierenarterie links LWK - 2 - Kompressionsfraktur Querfortsatzfraktur LWK 2 rechts Querfortsatzfrakturen LWK 1+5 links		Hämatopneumothorax beidseits Lungenkontusionen beidseits Einriss der linken Lungenvene Blutung aus der A. iliaca int. links Beckenringfraktur bds. pertrochantäre Femurfraktur links distale Unterarmfraktur links	
Gefäßanatomie	normale Trifurkation des Truncus coeliacus			
V.a. MAL - Stenose	Nicht beurteilbar			
CT - Zeichen	Initmaflap Thromobosiertes falsches Lumen Aneurysmatische Erweiterung Periarterielle Fettgewebsinfiltration Ausdehnung auf Gefäßäste Zeichen einer Organischämie	Ja Ja Nein Nein Nein Ja	4 - Zeilen-Spiral-CT	
Verlaufsbildgebung	keine			
Antikoagulation	keine			
Interventionen	Tag 1: Notfall - Laparotomie (Exitus in tabula)			
Outcome	Tag 1: Exitus letalis			

Patient Nr. 3	weiblich	19 Jahre	Reitunfall	ISS 25
Begleitverletzungen	Körperregion Abdomen		andere Körperregionen	
	Leberruptur Milzhämatom LWK1 - 3 - Querfortsatzfrakturen links		Rippenserienfraktur C8-C10 links Pneumothorax links	
Gefäßanatomie	Normale Trifurkation des Truncus coeliacus			
V.a. MAL - Stenose	Nein			
CT - Zeichen	Initmaflap Thromobosiertes falsches Lumen Aneurysmatische Erweiterung Periarterielle Fettgewebsinfiltration Ausdehnung auf Gefäßäste Zeichen einer Organischämie	Ja Ja Nein Nein Nein Nein	64 - Zeilen-Spiral-CT	
Verlaufsbildgebung	Tag 3: CT - Angio: kurzstreckiger Verschluss des Truncus coeliacus nach Dissektion Tag 4: CT - Angio: idem Tag 6: CT - Angio: idem MR - Angiographie (Ende follow-up): vollständige Rekanalisierung des TC ohne Reststenose			
Antikoagulation	NMH prophylaktisch (Clexane 0,4ml s.c. 1 x tgl.) - Empfehlung: keine			
Interventionen	Tag 6: Laparotomie (Umstechung Leber bei Gallengangsleckage, Cholezystektomie bei gangränöser Cholezystitis (rupturbedingt))			
Outcome	Tag 28: Entlassung nachhause; follow-up 122 Monate			

Patient Nr. 4	männlich	18 Jahre	Verkehrsunfall	ISS 41
Begleitverletzungen	Körperregion Abdomen		andere Körperregionen	
	Dissektion der Arteria mesenterica superior (AMS)		Instabile Beckenfraktur rechts Unterschenkelfraktur rechts	
Gefäßanatomie	Normale Trifurkation des Truncus coeliacus			
V.a. MAL – Stenose	Nein			
CT – Zeichen	Initmaflap	Ja	64 – Zeilen-Spiral-CT	
	Thromobosiertes falsches Lumen	Ja		
Aneurysmatische Erweiterung	Nein			
Periarterielle Fettgewebsinfiltration	Nein			
Ausdehnung auf Gefäßäste	Nein			
Zeichen einer Organischämie	Ja			
Verlaufsbildgebung	Tag 1: CT – Angio: neu aufgetretene hypodense Areale Lebersegmente 3,4,5,7. Unverändert Milzinfarkt. Tag 1: Angiographie Aorta u. AMI: Verschluss TC u. AMS. Kräftige Riolan-Arkade und AMI. Mäßige Durchblutung im AMS-Stromgebiet. Schlechte Kollateralisation in Richtung Art. hepatica. Tag 3: CT – Angio (postop.): Bypass regelrecht perfundiert. Abgangsnaher Verschluss TC u. AMS. Regelrechte Durchblutung großer Teile der Leber. Kleine subkapsuläre hypodense Areale Lebersegmente 3,4,6. Milz zentral hypodens, in den Randbereichen perfundiert. MR – Angiographie (Ende follow-up): Bypass offen. AMS rekanalisiert. Keine Infarkte im Leberparenchym mehr nachweisbar.			
	Antikoagulation			
Antikoagulation	NMH gewichtsadaptiert in halber Dosierung – Empfehlung: Fortführen wegen Unterschenkelfraktur ASS 300 1x tgl. p.o. wegen Thrombozytose			
Interventionen	Tag 1: Laparotomie: aortotruncaler/Hepatica-Bypass mittels VSM-Interponat Tag 4: Relaparotomie: Splenektomie			
Outcome	Tag 62: Entlassung nachhause; follow-up 22 Monate			

Patient Nr. 5	männlich	41 Jahre	Verkehrsunfall	ISS 29
Begleitverletzungen	Körperregion Abdomen		andere Körperregionen	
	Mesenterialeinriss		Sternumfraktur Dissektion und Abriss der Art. fem. sup. (AFS) li. Offene Trümmerfraktur linke Beckenschaufel Distale Femurschaftfraktur links Distale Unterarmfraktur links Weichteilverletzungen re. Knie u. li. Unterarm	
Gefäßanatomie	Normale Trifurkation des Truncus coeliacus			
V.a. MAL – Stenose	Ja			
CT – Zeichen	Initmaflap	Ja	64 – Zeilen-Spiral-CT	
	Thromobosiertes falsches Lumen	Ja		
Aneurysmatische Erweiterung	Nein			
Periarterielle Fettgewebsinfiltration	Ja			
Ausdehnung auf Gefäßäste	Nein			
Zeichen einer Organischämie	Nein			
Verlaufsbildgebung	Tag 2: CT – Angio: unveränderte Darstellung der abgangsnahen Dissektion des TC. Keine Progredienz. MR – Angiographie (Ende follow-up): Verschluss bzw. subtotaler Verschluss des Abgangs des TC mit guter Kollateralisation über die AMS. Kein Aneurysma.			
	Antikoagulation			
Antikoagulation	NMH gewichtsadaptiert in halber Dosierung – Empfehlung: keine			
Interventionen	Keine			
Outcome	Tag 37: Entlassung nachhause; follow-up 94 Monate			

Patient Nr. 6	männlich	30 Jahre	Verkehrsunfall	ISS 18
Begleitverletzungen	Körperregion Abdomen		andere Körperregionen	
	LWK - 1 - Querfortsatzfraktur rechts		Mehretagen-Femurschaftfraktur links Unterschenkschaftfraktur links Kompartmentensyndrom li. Ober- u. Unterschenkel Distale Radiusfraktur links	
Gefäßanatomie	Normale Trifurkation des Truncus coeliacus Aberrierende Art. hepatica dextra aus AMS			
V.a. MAL - Stenose	Ja			
CT - Zeichen	Initmaflap	Ja	64 - Zeilen-Spiral-CT	
	Thromobosiertes falsches Lumen	Ja		
Aneurysmatische Erweiterung	Ja			
Periarterielle Fettgewebsinfiltration	Ja			
Ausdehnung auf Gefäßäste	Nein			
Zeichen einer Organischämie	Nein			
Verlaufsbildgebung	Tag 1: CT - Angio: unveränderte Darstellung der kurzstreckigen Dissektion des TC mit noch verbliebendem perfundierten Restlumen bei kranial betontem Wandhämatom. Unveränderte Darstellung der kleinen paraluminalen, kontrastierten Raumforderung im Sine eines kleinen Pseudoaneurysmas. Keine Progredienz.			
	Tag 1: Angiographie Aorta u. AMS: posttraumatischer kurzstreckiger Verschluss des TC unmittelbar am Abgang über eine Strecke von ca. 1cm mit sehr kleinem Paravasat. Kräftige Kollateralisation der linken Leberarterie und der Milzarterie über die kaliberstarke Art. gastroduodenalis. Die rechte Leberarterie entspringt aus der AMS.			
	MR - Angiographie (Ende follow-up): Hochgradige Abgangsstenose des TC mit pseudoaneurysmatischer Erweiterung. Anatomische Variante mit aberrierender Art. hepatica dextra aus der AMS. Vollständige Arkade Art. gastroduodenalis / Art. pancreaticoduodenalis.			
Antikoagulation	NMH gewichtsadaptiert in halber Dosierung - Empfehlung: Fortführen für mind. 6 Monate			
Interventionen	Keine			
Outcome	Tag 25: Entlassung nachhause; follow-up 92 Monate			

Patient Nr. 7	weiblich	24 Jahre	Sturz aus großer Höhe (ca. 18 m)	ISS 27
Begleitverletzungen	Körperregion Abdomen		andere Körperregionen	
	Kontusion Pankreas corpus (=Höhe LWK 1-2)		HWK-6/7 - Dornfortsatzfrakturen Pneumothorax und Lungenkontusion rechts Komplexe Sakrumfraktur mit Conus-medullaris-Syndrom Multiple Frakturen an Fußwurzel u. Mittelfuß bds.	
Gefäßanatomie	Normale Trifurkation des Truncus coeliacus			
V.a. MAL - Stenose	Ja			
CT - Zeichen	Initmaflap	Ja	64 - Zeilen-Spiral-CT	
	Thromobosiertes falsches Lumen	Ja		
	Aneurysmatische Erweiterung	Nein		
	Periarterielle Fettgewebsinfiltration	Nein		
	Ausdehnung auf Gefäßäste	Nein		
	Zeichen einer Organischämie	Nein		
Verlaufsbildgebung	Tag 1: CT - Angio: unverändert kurzstreckige Dissektion des TC im Abgangsbereich. Keine Progredienz. Die Gefäßäste des TC zeigen sich über kräftige gastroduodenale Kollateralen kontrastiert.			
	MR - Angiographie (Ende follow-up): Bei Z.n. Dissektion des TC Demarkierung eines proximalen Gefäßverschlusses mit guter Kollateralisation über das Stromgebiet der AMS - Art. pancreaticoduodenalis und gastroduodenalis.			
Antikoagulation	NMH prophylaktisch (Clexane 0,4ml s.c. 1 x tgl.) - Empfehlung: keine			
Interventionen	Keine			
Outcome	Tag 39: Entlassung nachhause; follow-up 71 Monate			

Patient Nr. 8	männlich	22 Jahre	Sturz aus geringer Höhe (ca. 2 m)	ISS 41
Begleitverletzungen	Körperregion Abdomen		andere Körperregionen	
	Leberruptur Zwerchfellruptur Magenperforation Abriss des Milzstils Nierenlazeration rechts Pankreaskontusion Frakturen an LWK 1 – 4		Rippensereinfaktur bds. (C 9-11 li. ; C 4-11 re.) Hämatopneumothorax rechts Lungenkontusion rechts Frakturen an BWK 11 – 12	
Gefäßanatomie	Normale Trifurkation des Truncus coeliacus			
V.a. MAL – Stenose	Nein			
CT – Zeichen	Initmaflap Thromobosiertes falsches Lumen Aneurysmatische Erweiterung Periarterielle Fettgewebsinfiltration Ausdehnung auf Gefäßäste Zeichen einer Organischämie		Ja Ja Nein Nein Nein Ja	64 – Zeilen-Spiral-CT
Verlaufsbildgebung	Tag 1: CT-Angio: abgangsnah fehlende Kontrastierung des TC, anschließend wieder regelrechte Kontrastierung der Art. hepatica, Art. gastrica sinistra und Art. lienalis Tag 2: CT – Abdomen: idem Tag 8: CT – Abdomen: Z.n. Dissektion des Truncus coeliacus MR – Angiographie (Ende follow-up): Restbefund nach traumatischer Dissektion des TC mit mittelgradiger Stenose. Kein Aneurysma. Normale Arkaden.			
Antikoagulation	NMH prophylaktisch (Clexane 0,4ml s.c. 1 x tgl.) – Empfehlung: keine			
Interventionen	Tag 1: Laparotomie: Blutstillung Leber, Splenektomie, Cholezystektomie, Übernähung Magen, Zwerchfellnaht.			
Outcome	Tag 71: Entlassung nachhause; follow-up 65 Monate			

Patient Nr. 9	männlich	41 Jahre	Arbeitsunfall	ISS 54
Begleitverletzungen	Körperregion Abdomen		andere Körperregionen	
	Mesenterialzerreissung Verletzung Art. iliaca interna rechts LWK 1 – Querfortsatzfraktur bds. LWK 2 – 4 – Querfortsatzfrakturen rechts		Pneumothorax rechts Komplexe Beckenfraktur Harnröhrenabriss	
Gefäßanatomie	Normale Trifurkation des Truncus coeliacus			
V.a. MAL – Stenose	Ja			
CT – Zeichen	Initmaflap Thromobosiertes falsches Lumen Aneurysmatische Erweiterung Periarterielle Fettgewebsinfiltration Ausdehnung auf Gefäßäste Zeichen einer Organischämie		Ja Ja Nein Ja Nein Nein	64 – Zeilen-Spiral-CT
Verlaufsbildgebung	Tag 3: CT – Angio: Verschluss des Truncus coeliacus infolge Dissektion bei vorbestehender Ligamentum-arcuatum-Stenose mit flauer Kollateralversorgung von Leber und Milz retrograd über die Art. gastroduodenalis. Regelrechte Kontrastierung der Aorta sowie der zentralen Bereiche von AMS und AMI. Das Jejunum stellt sich kräftig kontrastiert mit gutem Schleimhautenhancement dar. Danach deutlich schlechtere Kontrastierung des Ileums und großer Teile des Kolons.			
Antikoagulation	Keine			
Interventionen	Tag 3: Laparotomie: Cholezystektomie (gangränöse Galleblase), Diskontinuitätsresektion Zökum (gangränös) und Colon sigmoideum (Serosazerreissungen, Mesosigmazerreissung), Packing. Leber und Milz durchblutet ohne Ischämiezeichen.			
Outcome	Tag 4: Exitus letalis			

Tabelle 5: Eingeschlossene Patienten (n=9) mit einer traumatischen Dissektion des Truncus coeliacus

Zusammengefasst verstarben von neun Patienten zwei Patienten an ihren Traumafolgen innerhalb der ersten Tage unabhängig von der TC – Dissektion. Die sieben überlebenden Patienten konnten nach einer durchschnittlichen stationären Verweildauer von 41,3 Tagen (Range: 24 – 70 Tage) entweder nachhause entlassen (n=4) oder in eine rehabilitative Anschlussheilbehandlung verlegt (n=3) werden. Nur ein Patient (Pat. Nr. 4) zeigte Zeichen einer Organischämie aufgrund der TC-Dissektion bei simultaner Dissektion der Arteria mesenterica superior. Bei diesem Patienten erfolgte eine gefäßchirurgische Intervention (aorto-truncaler Hepatica-Bypass mittels VSM-Interponat) mit nachfolgend komplikationslosem Verlauf hinsichtlich der viszeralen Durchblutung. Sechs Patienten zeigten keine Zeichen einer Organischämie aufgrund der TC-Dissektion, so dass keine Gefäßinterventionen erforderlich wurden. In den variabel durchgeführten bildgebenden Verlaufskontrollen unterschiedlicher Modalitäten wurde jeweils keine klinisch relevante Progression der TC – Dissektion festgestellt. Die Antikoagulation wurde nach Maßgabe der behandelnden Ärzte mittels NMH entweder in prophylaktischer oder halber therapeutischer Dosierung verabreicht. Ein Patient wurde aufgrund eines mechanischen Aortenklappenersatzes mit NMH in therapeutischer Dosierung behandelt.

3.9 Vaskuläre Spätkomplikationen

Zwei Patienten (Pat. Nr. 2, Pat. Nr. 9) verstarben bereits in den ersten Tagen nach dem Unfall, ein Patient (Pat. Nr. 1) konnte für eine spätere Verlaufsbildgebung nicht mehr herangezogen werden.

Bei den übrigen sechs Patienten wurde zur Erfassung etwaiger vaskulärer Spätkomplikationen im Langzeitverlauf eine MR-Angiographie nach oben beschriebenem Untersuchungsprotokoll durchgeführt. Diese späte Verlaufsbildgebung erfolgte im Durchschnitt 77 Monate nach Unfall bei einer Range von 22 – 122 Monaten.

Bei keinem Patienten zeigte sich eine vaskuläre Spätkomplikation im Sinne eines ausgebildeten Aneurysmas im Bereich der Kollateralgefäße zwischen Truncus coeliacus und Arteria mesenterica superior.

4 Diskussion

4.1 Epidemiologie

Gemäß der Daten des TraumaRegisters DGU® über das Gesamtkollektiv polytraumatisierter Patienten in Deutschland liegt das durchschnittliche Alter bei 48,6 Jahren mit einem Anteil männlicher Patienten von 71,6% [10]. Das von uns untersuchte Patientenkollektiv polytraumatisierter Patienten mit traumatischer TC-Dissektion ist mit einem mittleren Alter von 31,7 Jahren deutlich jünger, wobei die Geschlechterverteilung mit einem Anteil von 66,7% männlicher Patienten im Wesentlichen mit dem Gesamtkollektiv übereinstimmt.

Sowohl im Gesamtkollektiv als auch in unserem Patientenkollektiv stellt der Verkehrsunfall mit 50% respektive 45% die häufigste Unfallursache dar. Während allerdings beim Gesamtkollektiv polytraumatisierter Patienten Stürze aus geringer Höhe mit 20% in der Ursachenstatistik vor Stürzen aus mehr als drei Metern Höhe (16%) stehen, waren Stürze aus großer Höhe in unserem Kollektiv mit 22% häufiger ursächlich als Stürze aus niedriger Höhe (11%). Dies lässt sich vermutlich durch die höheren Dezelerationskräfte bei Stürzen aus großer Höhe erklären.

Während die Körperregion „Kopf“ im Gesamtkollektiv polytraumatisierter Patienten mit 47,6% am häufigsten betroffen ist, finden sich in unserem Patientenkollektiv keine relevanten Schädelverletzungen. Dies erklärt sich aus der Auswahl der in die Studie eingeschlossenen Patienten, welche durch die Fragestellung nach traumatischer TC-Dissektion selektiert wurden. Daher ist auch die Körperregion „Abdomen“ in unserem Kollektiv mit 100% am häufigsten und schwersten betroffen, wohingegen das Abdomen im Gesamtkollektiv polytraumatisierter Patienten nur bei 14,3% mit einer Verletzungsschwere in relevanter Höhe betroffen ist.

Im Zeitraum von September 1997 bis Dezember 2012 wurde bei neun von 5.194 Patienten, die als „Polytrauma“ in das Unfallkrankenhaus Berlin eingeliefert wurden, eine traumatische TC-Dissektion diagnostiziert. Somit liegt die Inzidenz diesbezüglich bei 0,17%. Einschränkend muss bedacht werden, dass diese Zahl nicht als tatsächliche Inzidenz einer TC-Dissektion beim Polytrauma gewertet werden kann, da retrospektiv vermutlich nicht alle 5.194 Patienten die Kriterien für die Diagnose eines Polytraumas erfüllten.

4.2 Anatomische Varianten des Truncus coeliacus

In unserem Patientengut fand sich der typische Tripus Halleri in 88,9% der Fälle. Ein Patient (Pat. Nr.6) hatte zwar eine aus der Arteria mesenterica superior aberrierende Arteria hepatica dextra, dies jedoch bei bestehender „klassischer Trifurkation“ am Truncus coeliacus. Somit zeigte nur ein Patient (Pat. Nr.1) mit einer Aufteilung in einen Truncus gastrosplenicus (disseziert) sowie einen Truncus hepatomesentericus eine echte anatomische Variante.

Diese Verteilung passt im Wesentlichen zu den Daten in der Literatur. Hier wird die Prävalenz des klassischen Hallerschen Dreifußes zwischen 60,0% und 94,2% angegeben, wobei die Gesamtprävalenz aus 25 Studien aus den Jahren 1904 bis 2013 mit insgesamt 8.738 Patienten/Kadavern bei 87,9% liegt [50]. Dies deckt sich auch mit den Daten aus der Arbeit von SONG et al. aus dem Jahr 2010, die in einer retrospektiven Auswertung abdomineller Computertomographien und digitaler Subtraktionsangiographien von 5.002 Patienten in 89,1% der Fälle eine klassische Trifurkation fanden. Die beiden häufigsten Varianten waren in diesem Patientengut ein Truncus hepatosplenicus mit separat aus der Aorta abgehender Arteria gastrica sinistra und Arteria mesenterica superior (4,42%) sowie die Aufteilung in einen Truncus hepatomesentericus und einen Truncus gastrosplenicus (2,64%). [51].

4.3 Unfallmechanismus

Wie die Daten zur Häufigkeitsverteilung polytraumatisierter Patienten nach Unfallart-/Ursachen aus den Jahren 2005 – 2014 aus dem Traumaregister® der DGU zeigen, führen Verkehrsunfälle mit 50% die Ursachenstatistik an. Hiernach folgen Stürze aus geringer Höhe (20%) sowie Stürze aus großer Höhe (16%). Sonstige, seltenere Ursachen (14%) schließen auch Sport- und Arbeitsunfälle ein [10]. Eine vergleichbare Verteilung der Unfallursachen zeigt sich auch in unserem Patientenkollektiv. Hier findet sich ebenfalls der Verkehrsunfall mit 44,4% als häufigster Unfallmechanismus, gefolgt von Stürzen aus geringer oder großer Höhe (33,3%). Jeweils ein Patient erlitt einen Sport- respektive einen Arbeitsunfall (je 11,1%). Hiermit zeigt sich ein heterogenes Verteilungsmuster an Unfallmechanismen, die eine traumatische Truncusdissektion verursachen können.

In Bezug auf die Pathogenese einer Viszeralarteriendisektion beim stumpfen Bauchtrauma berichteten LINUMA et al. im Jahr 2006 erstmals von einer Truncusdissektion nach abdomineller Kompression. Demnach vermuteten sie, dass ein plötzlicher Anstieg des intraabdominellen Drucks mit zwangsläufig einhergehender Anhebung des Zwerchfells zu einer Kompression des Truncus coeliacus mit konsekutiver Intimaverletzung durch das Ligamentum arcuatum geführt haben könnte [84]. Bei einem Hochrasanztrauma wie einem Autounfall ist auch eine Dezelerationsverletzung des Truncus coeliacus gegen das Ligament durch eine Intimazerreissung infolge der Scherkräfte, analog zu dem Mechanismus bei der traumatischen Aortendisektion unter Vermittlung des obliterierten Ductus Botalli, vorstellbar.

Beide Theorien könnten die Dissektion im Falle der Verkehrsunfälle erklären, denn eine Gurtverletzung geht sowohl mit einem plötzlichen intraabdominellen Druckanstieg als auch mit einer entsprechenden Dezeleration einher [85].

Bei den Stürzen aus geringer oder großer Höhe stellt die Theorie der Dezelerationsverletzung eine plausible Erklärung dar, während bei dem Sport- sowie dem Arbeitsunfall durch Pferdetritte bzw. die abdominelle Quetschverletzung ein plötzlicher intraabdomineller Druckanstieg als möglicher Pathomechanismus der Truncusdissektion vorgelegen haben könnte.

4.4 Begleitverletzungen und ISS

Gemäß der Daten aus dem Traumaregister® der DGU zeigen sich mit 70% am häufigsten Verletzungen der Körperregion „Extremitäten“ in für die Berechnung des ISS relevantem Schweregrad. Anzumerken ist, dass hierbei die Beckenverletzungen mit 13,8% eingeschlossen sind. Die am zweithäufigsten verletzte Körperregion ist „Kopf und Hals“ mit 58,8% gefolgt von den Körperregionen „Thorax“ (54,6%) und „Abdomen“ (24,2%). Verletzungen der Wirbelsäule werden je nach Höhenlokalisation den Körperregionen „Kopf“, „Thorax“ oder „Abdomen“ zugerechnet. Das „Gesicht“ ist mit 11,2% die am seltensten relevant verletzte Körperregion. Verletzungen der Körperregion „Weichteil“ werden im Register der DGU nicht gesondert ausgewiesen, sondern den jeweiligen Körperregionen zugeordnet [10].

Durch diese Methodik der Zuordnung zu den einzelnen Regionen sind die Verletzungsmuster der eingeschlossenen Patienten mit diesen Daten nur bedingt vergleichbar. Zudem entsteht durch die Patientenselektion aufgrund der Fragestellung ein Bias bezüglich der verletzten Körperregionen. Hierdurch erklärt sich, dass sich in unserem Patientenkollektiv keine relevanten Verletzungen der Körperregionen „Kopf/Hals“, „Gesicht“ und „Weichteil“ fanden. Hingegen zeigt sich mit 77,8% ein hoher Anteil an schweren Verletzungen (ISS >2) der Körperregion „Extremitäten“, was darauf zurückzuführen ist, dass Beckenverletzungen definitionsgemäß dem Abdomen zugerechnet werden. So handelte es sich bei fünf der sieben Patienten mit schweren Verletzungen der Körperregion „Extremitäten“ um Beckenverletzungen. Die Körperregion „Abdomen“ war in unserem Kollektiv naturgemäß aufgrund der Fragestellung mit 100% am häufigsten relevant betroffen.

Betrachtet man die Begleitverletzungen unseres Patientenkollektivs im Einzelnen, so fällt eine Häufung von knöchernen Wirbelsäulenverletzungen im thorako-lumbalen Übergang und somit in Höhe des Truncus coeliacus auf.

Fünf der neun Patienten wiesen Wirbelkörper- bzw. Querfortsatzfrakturen zwischen BWK 11 und LWK 3 auf. Hierbei war in allen fünf Fällen der LWK 1 betroffen, wobei dieser nur in einem Fall isoliert frakturiert war. In vier Fällen war zudem der LWK 2 und in 3 Fällen zusätzlich der LWK 3 betroffen. In einem Fall waren ferner BWK 11 und BWK 12 verletzt. Bei diesem Patienten zeigte sich zudem eine Pankreaskontusion. Eine Pankreaskontusion wurde auch bei einem der vier Patienten ohne thorakolumbale Wirbelkörperfraktur detektiert.

Wenngleich die Fallzahl zu gering ist, um eine signifikante Aussage abzuleiten, könnten diese auffällige Häufung an Wirbelsäulenverletzungen im thorako-lumbalen Übergang und ggf. auch Pankreaskontusionen den Charakter von Markerverletzungen für eine potenzielle traumatische Dissektion des Truncus coeliacus besitzen.

In Abhängigkeit der Verletzungsschwere steigt mit zunehmendem ISS-Wert die Mortalität polytraumatisierter Patienten. Während die Sterblichkeit bei ISS-Werten zwischen 16 und 25 bei ca. 15-20% liegt, erreicht sie bei ISS-Werten > 65 eine Rate von über 90% [86].

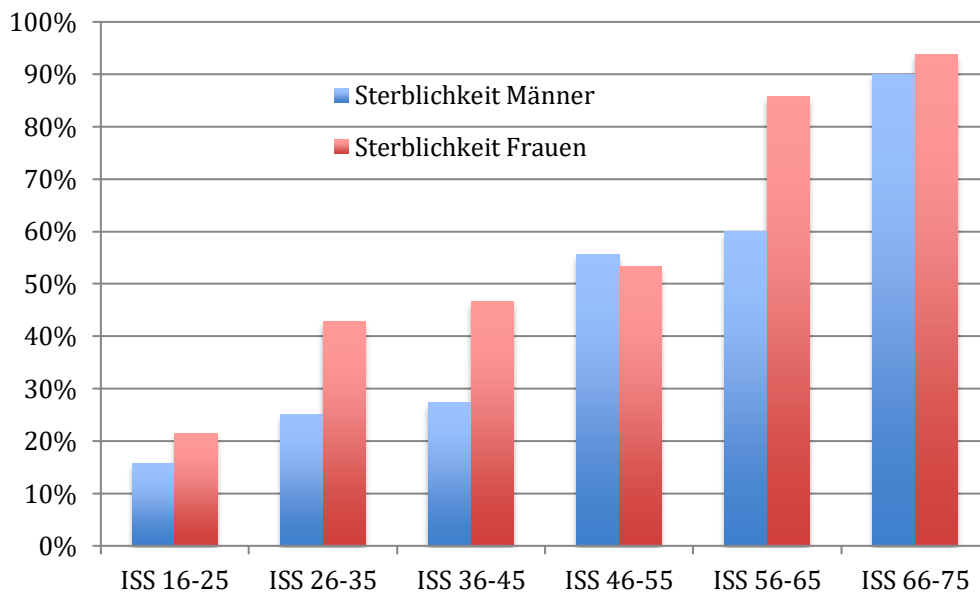


Abbildung 15: Sterblichkeit in Abhängigkeit des Injury Severity Score [86]

Passend hierzu verstarben von unseren neun eingeschlossenen Patienten zwei Patienten an den Folgen ihrer Verletzungen. Mit ISS-Werten von 66 bzw. 54 waren beide Patienten am schwersten verletzt. Die sieben überlebenden Patienten hatten ISS-Werte zwischen 18 und 41. Es fand sich eine angedeutete Korrelation zwischen ISS und stationärer Verweildauer.

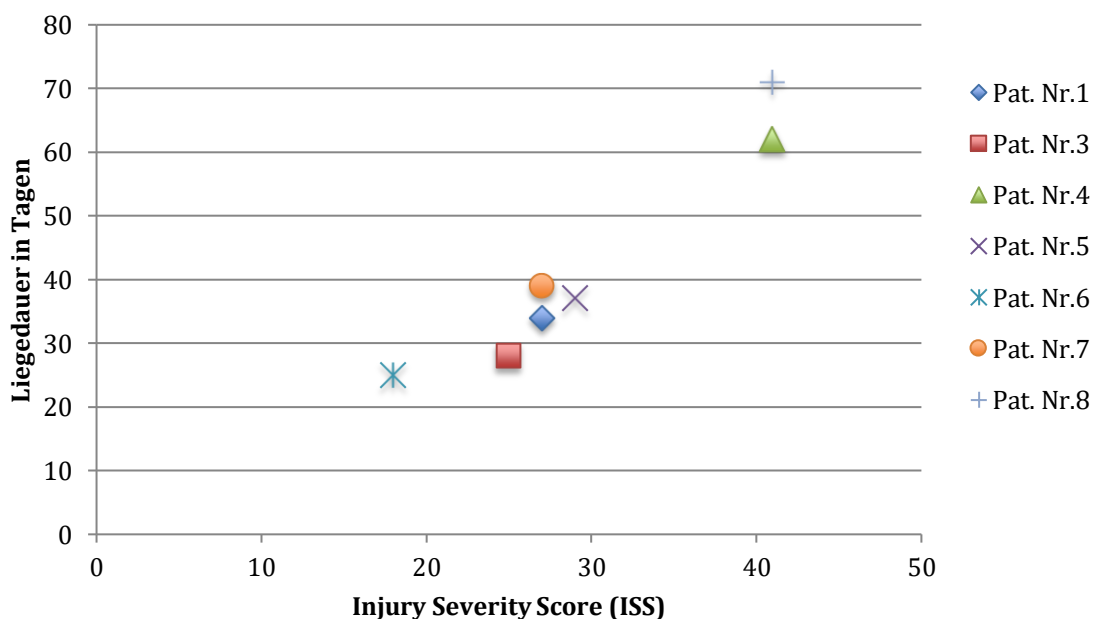


Abbildung 16: Stationäre Verweildauer in Abhängigkeit des ISS

4.5 Risikofaktoren und Vorerkrankungen

Obgleich die Aortendissektion mit Gefäßwandveränderungen wie Atherosklerose, zystischer Medianekrose, fibromuskulärer Dysplasie oder Bindegewebserkrankungen (Marfansyndrom, Ehlers-Danlos-Syndrom) assoziiert sein kann, konnten solche Risikofaktoren entsprechend der Literatur für die Viszeralarterien-Dissektion nicht identifiziert werden [57]. Auch in histologisch untersuchten Präparaten, konnten bisher außer der Dissektion selbst keine weiteren Pathologien an den dissezierten Gefäßen identifiziert werden [75].

Auch wir konnten in unserem Kollektiv keine Vorerkrankungen bzw. Risikofaktoren, wie sie für die Aortendissektion prädisponieren, eruieren. Einschränkend muss erwähnt werden, dass eine Erhebung der Raucheranamnese nicht erfolgte. Zudem wurde keine explizite Ursachenforschung oder eine genetische Testung durchgeführt.

Dennoch untermauern unsere Ergebnisse die Vermutung, dass die für die Aortendissektion bekannten Risikofaktoren nicht notwendiger Weise auf TC-Dissektionen übertragen werden können.

4.6 Ligamentum arcuatum

Das Ligamentum arcuatum (MAL) wird gebildet aus Fasern der beiden Zwerchfellschenkel sowie aus einem dichten Nervengeflecht (Plexus coeliacus) und kreuzt die Aorta direkt kranial des TC-Abgangs. Anatomische Studien haben gezeigt, dass der Truncus coeliacus während tiefer Expiration auch bei asymptomatischen Personen durch das MAL komprimiert werden kann [78]. Beim stumpfen Bauchtrauma könnte durch einen plötzlichen Anstieg des intraabdominellen Drucks, analog zur forcierten Expiration, bzw. durch Dezelerationskräfte die coeliacale Achse nach kranial gegen das MAL verschoben werden und durch die damit verbundene Kompression auf den Truncus coeliacus eine Intimaverletzung mit konsekutiver Dissektion resultieren bzw. begünstigt werden. [2].

Hierzu passt die Tatsache, dass in unserem Patientenkollektiv bei 57% der im CT beurteilbaren Patienten eine MAL-Stenose vorlag, wohingegen eine solche in der Gesamtbevölkerung wesentlich seltener zu finden ist. Ältere Publikationen beziffern die Prävalenz einer Ligamentum – arcuatum – Stenose auf 10-24%, während sich in neueren

Studien mit größeren Fallzahlen Inzidenzen einer MAL-Kompression von nur 2-5% finden lassen [78, 87-90].

4.7 Bildgebende Diagnostik / CT – Zeichen

Sowohl ein „Intimaflap“ als auch ein „thrombosiertes falsches Lumen“ fanden sich bei allen neun eingeschlossenen Patienten und stellten somit mit jeweils 100% die häufigsten CT-Zeichen dar. Im Vergleich fanden JUNG et al. in ihrer retrospektiven Analyse von 42 spontanen Viszeralarteriendissektionen diese CT-Zeichen mit 88,1% (Intimaflap) bzw. 64,3% (thrombosiertes falsches Lumen) ebenfalls am häufigsten [55]. Bezüglich der genannten CT-Zeichen liegen keine Daten zu traumatischen Dissektionen vor, weswegen hier der Vergleich zu spontanen Dissektionen herangezogen werden muss. Auffällig ist, dass bei unserem Kollektiv in allen Fällen ein „Intimaflap“ sowie ein „thrombosiertes falsches Lumen“ gefunden wurden. Hierbei ist anzumerken, dass sich in keinem Fall eine Dissektionsmembran fand und somit keine Abgrenzung des „falschen“ vom „wahren“ Lumen möglich war. Vielmehr fand sich jeweils ein vollständiger kurzstreckiger Verschluss des TC und somit zwangsläufig ein „Intimaflap“ mit Verschluss bzw. Thrombosierung sowohl des „wahren“ als auch des „falschen“ Lumens. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass der spontanen Dissektion ein anderer Mechanismus zugrunde liegt oder, dass bei der traumatischen Dissektion größere Scherkräfte einwirken als bei der spontanen Dissektion.

Eine „periarterielle Fettgewebsinfiltration“ zeigte sich in unserem Kollektiv bei drei der neun Patienten (33,3%). Diese Rate ist vergleichbar mit den Daten von JUNG et al (35,7%). „Zeichen einer Organischämie“ lagen als Folge der TC-Dissektion letztlich nur bei dem Patienten mit der simultanen AMS-Dissektion (Pat. Nr.4) vor (11,1%). Bei zwei Patienten (Pat. Nr.2, Pat. Nr.8) zeigten sich zwar Zeichen einer Organischämie im Sinne eines Perfusionsausfalles der Milz. Wie sich jedoch intraoperativ herausstellte, war dies in beiden Fällen durch einen Abriss der Milz vom Milzstil begründet.

Im Vergleich fanden sich „Zeichen einer Organischämie“ bei JUNG et al. in 11,9% der Fälle, wobei hier in allen Fällen die AMS betroffen war. „Zeichen einer Organischämie“ bei isolierter TC-Dissektion waren auch in dieser nicht zu sehen.

Eine „aneurysmatische Erweiterung“ wurde nur bei einem unserer Patienten beobachtet (Pat. Nr. 6) (11,1%), wohingegen diese in dem Kollektiv von JUNG et al. bei 52,4% der spontan dissezierten Vizeralerterien zu finden war. Eine „Ausdehnung auf Gefäßäste“ stellte sich in unseren Fällen ebenfalls nur bei einem Patienten (Pat. Nr.1) dar (11,1%), der eine anatomische Variante (Aufteilung in Truncus gastrosplenicus und Truncus hepatomesentericus) aufwies und sich die Dissektion des Truncus gastrosplenicus auf die A. lienalis ausdehnte. Demgegenüber fand sich eine „Ausdehnung auf Gefäßäste“ bei JUNG et al. in 30,9% der Fälle.

Die Fallzahl war sowohl in unserer Studie als auch in der retrospektiven Analyse von JUNG et al. zu klein, um eine statistisch signifikante Aussage über eine Korrelation von CT-Zeichen und klinischen Merkmalen einschließlich Therapie und Outcome treffen zu können [55]. Dennoch waren „Intimaflap“ und „thrombosiertes falsches Lumen“ in beiden Fallserien die häufigsten CT-Zeichen einer Viszeralarteriendissektion. Während bei JUNG et al. „Zeichen einer Organischämie“, „Aneurysmatische Erweiterung“ und „Ausdehnung auf Gefäßäste“ die wichtigsten CT-Zeichen für die Indikation zur interventionellen oder operativen Therapie waren, wurde in unserem Kollektiv letztlich nur durch „Zeichen einer Organischämie“ eine Intervention erforderlich [55].

4.8 Klinischer Verlauf und therapeutisches Vorgehen

Betrachtet man das therapeutische Vorgehen bei viszerale Arteriendissektionen in der Literatur, so muss man zunächst zwischen Publikationen zu spontanen Dissektionen und den wenigen publizierten Fallberichten zu traumatischen Dissektionen unterscheiden. Nachdem in früheren Publikationen zu spontanen Viszeralarteriendissektionen aufgrund der geringen Fallzahlen keine Therapieempfehlungen ausgesprochen wurden, bieten neuere Veröffentlichung auf der Basis von systematischen Reviews und Metaanalysen zunehmend Therapiealgorithmen an [56, 74, 91].

Hierbei kristallisiert sich heraus, dass primär zwischen symptomatischen und asymptomatischen Patienten unterschieden werden muss, da bei asymptomatischen Patienten in der Regel ein konservatives Vorgehen indiziert ist. Bei symptomatischen Patienten richtet sich die Therapie nach Intensität und Dauer der Symptomatik, nach Morphologie und etwaiger Progression der Dissektion sowie nach dem Vorhandensein bzw. der Abwesenheit von Zeichen einer Organischämie. Die invasive Therapie beinhaltet

hierbei endovaskuläre Verfahren wie Coil-Embolisation, Stenting und Katheterlyse sowie operative Verfahren wie Gefäßligaturen und Bypass-Anlagen [64].

So zeigten WANG et al. in ihrer Metaanalyse von 43 Studien zu spontanen Viszeralarteriendissektionen (TC, AMS) aus den Jahren 2007 – 2017, dass in der Gruppe der primär konservativ behandelten asymptomatischen Patienten (n=196) keine sekundäre Intervention erforderlich wurde. Vier Patienten in der Gruppe der asymptomatischen Patienten (n=200) erfuhren primär eine endovaskuläre Intervention aufgrund eines Aneurysmas. Hingegen musste in der Gruppe der symptomatischen Patienten (n=904) in 8% der Fälle einer spontanen TC-Dissektion und in 12% der Fälle einer spontanen AMS-Dissektion nach initial konservativem Vorgehen sekundär interveniert werden. Indikationen hierfür waren persistierende starke Schmerzen, Gefäßruptur bzw. Aneurysmabildung oder Organischämie. Dies waren auch die Indikationen zur primären interventionellen Therapie. Darminfarzierung, Peritonitis oder Aneurysmaruptur bedingten ein primär offen-chirurgisches Vorgehen. Primär konservativ konnten in der symptomatischen Gruppe 87% der Patienten mit AMS-Dissektion und 95% der Patienten mit TC-Dissektion behandelt werden. Dieses konservative Vorgehen beinhaltete neben der klinischen Beobachtung eine vorübergehende parenterale Ernährung, eine bedarfsweise analgetische Therapie, ggf. eine medikamentöse Blutdruckkontrolle sowie teilweise eine medikamentöse Antikoagulation oder Plättchenhemmung [91].

Die Bedeutung einer Antikoagulation bzw. Plättchenhemmung im Rahmen der Therapie von Viszeralarteriendissektionen wird kontrovers diskutiert. Während in älteren Publikationen eine Blutverdünnung fester Bestandteil der Therapie war, wird sie in den letzten Jahren zunehmend von vielen Autoren als nicht notwendig angesehen [55, 92]. Bisher liegt keine Evidenz für einen Nutzen der antithrombotischen Therapie für Viszeralarteriendissektionen vor, wie dies für Dissektionen der A. carotis der Fall ist [93].

Auch YUN et al. fanden 2019 in ihrer retrospektiven Analyse an 32 Patienten mit einer spontanen AMS-Dissektion keinen Nachteil bei fehlender Antikoagulation oder Plättchenhemmung [94]. So kamen schließlich auch WANG et al. zu dem Schluss, nachdem in ihrer Metanalyse aus dem Jahr 2018 die beiden größten eingeschlossenen Kohortenstudien keinen Benefit für eine Antikoagulation oder eine Plättchenhemmung zeigen konnten, dass die konservative Behandlung viszeraler Arteriendissektionen auf

- klinischer Beobachtung
- analgetischer Therapie
- parenteraler Ernährung und
- antihypertensiver Therapie

basiert. Eine medikamentöse Blutverdünnung scheint keinen zusätzlichen Nutzen zu bringen [91].

Betrachtet man das therapeutische Vorgehen in den 14 bisher publizierten Fällen mit traumatischer TC-Dissektion (s. Tabelle 3, Kapitel 1.2.4.3), so war in 11 Fällen eine konservative Therapie erfolgreich. Bei einem Patienten wurde aufgrund einer progredienten Schmerzsymptomatik ein endovaskuläres Stenting erforderlich. In einem Fall erfolgte bei einer progredienten TC-Dissektion mit Ausdehnung auf die Art. hepatica sowie auf die Art. lienalis die operative Anlage eines aorto-truncalen Hepatica-Bypasses. Bei einem Patienten versagte die konservative Therapie aufgrund einer Progression der Dissektion mit konsekutivem fulminantem Leberversagen und endete letal an Tag 7. In letzterem Fall ist anzumerken, dass das initiale Polytrauma-CT ohne arterielle Phase durchgeführt wurde und die TC-Dissektion erst in einem Verlaufs-CT mit arterieller Phase am 5. Tag diagnostiziert wurde. Zu diesem Zeitpunkt zeigten sich bereits Perfusionsausfälle in der Leber. Ferner ist anzumerken, dass dieser Patient aufgrund seiner schweren Begleitverletzungen persistierend hämodynamisch instabil war. Sowohl zu letztgenanntem Patienten, als auch zu den beiden Patienten, die eine Intervention erfahren haben, finden sich keine Angaben zu einer etwaigen Antikoagulation oder Plättchenhemmung. Von den 11 erfolgreich konservativ behandelten Patienten erhielten 4 Patienten eine Plättchenhemmung mit 81mg oder 100mg Acetylsalicylsäure (ASS) täglich, 3 Patienten wurden mit NMH antikoaguliert und ein Patient wurde nach initialer Heparinisierung ab dem 2. Tag mit einem Cumarinderivat antikoaguliert.

Zu zwei der erfolgreich konservativ behandelten Patienten finden sich keine Angaben zu einer medikamentösen Therapie und zwei Patienten erhielten explizit weder eine Antikoagulation noch eine Plättchenhemmung [2, 60-71]. Insofern zeigt sich hier ein heterogenes medikamentöses Management, wobei aufgrund der geringen Fallzahl keine signifikante Aussage über eine Korrelation von medikamentöser Blutverdünnung und

klinischem Outcome getroffen werden kann. Zeichen für das Versagen der konservativen Therapie waren in diesen Fällen „persistierende Schmerzen“, „Ausdehnung der Dissektion auf die Gefäßäste“ sowie „Organischämie“.

In unserem Patientenkollektiv erlagen zwei der neun Patienten in der frühen stationären Phase ihren schweren Begleitverletzungen. Ein Patient musste aufgrund von „Zeichen einer Organischämie“ bei simultaner AMS-Dissektion operativ mittels aorto-trunkalem VSM-Bypass versorgt werden. Die übrigen sechs Patienten wurden bezüglich der TC-Dissektion konservativ behandelt. Eine endovaskuläre therapeutische Intervention erfolgte bei keinem der Patienten im Kollektiv. Drei der bezüglich der TC-Dissektion konservativ therapierten Patienten erhielten niedermolekulares Heparin in prophylaktischer Dosierung, während zwei Patienten mit NMH in halber therapeutischer Dosierung behandelt wurden. Ein Patient wurde mit NMH in therapeutischer Dosierung antikoaguliert, dies erfolgte allerdings aufgrund eines vorhandenen mechanischen Aortenklappenersatzes. Dieser Patient ging der weiteren Nachbeobachtung verloren. Die übrigen fünf Patienten wurden im weiteren Langzeitverlauf kontrolliert. Nur ein Patient wurde über die stationäre Behandlung hinausgehend mit einer Antikoagulation mit NMH in halber therapeutischer Dosierung für 6 Monate behandelt. Bei den anderen vier Patienten wurde die Heparinisierung mit Entlassung beendet. Insofern erfolgte in unserem Kollektiv ebenfalls ein heterogenes Regime bezüglich der antikoagulativen Therapie ohne nachweisbare Auswirkung auf den klinischen Outcome. Eine Thrombozytenaggregationshemmung mit ASS erhielt nur der Patient mit simultaner AMS-Dissektion im späten stationären Verlauf aufgrund einer Thrombozytose. Da die Behandlung der überlebenden und nachbeobachteten fünf Patienten mit isolierter TC-Dissektion erfolgreich war, hätte durch eine zusätzliche Plättchenhemmung bei diesen Patienten kein weiterer therapeutischer Benefit erreicht werden können, es hätten wohl aber Nebenwirkungen einer Plättchenhemmung in Form von Blutungsereignissen auftreten können.

Letztlich konnten in unserem Kollektiv alle isolierten TC-Dissektionen erfolgreich konservativ behandelt werden, unabhängig von der Dosierung des niedermolekularen Heparins und ohne medikamentöse Thrombozytenaggregationshemmung.

In allen Fällen einer isolierten TC-Dissektion war eine ausreichende Organdurchblutung über Kollateralen gegeben, wohingegen im Fall der zusätzlichen AMS-Dissektion aufgrund eines drohenden Leberversagens gefäßchirurgisch mittels aorto-trunkalem

VSM-Bypass interveniert werden musste. Dies unterstützt die These von BROWN et al., dass im Falle einer gleichzeitigen Verletzung von Truncus coeliacus und AMS zumindest eines der beiden Gefäße revaskularisiert werden muss, um eine hinreichende Organdurchblutung zu gewährleisten [95]. Dass dies allerdings zumindest bei spontanen Viszeralarteriendissektionen nicht immer zutrifft, zeigt ein systematischer Review der Literatur aus dem Jahr 2014. GARRETT et al. fanden in 143 Publikationen insgesamt 13 kombinierte TC- und AMS-Dissektionen, wovon 11 primär konservativ behandelt wurden. Hierbei versagte zwar in 5 Fällen die medikamentöse Therapie, war jedoch in 6 Fällen erfolgreich [57].

Im Jahr 2018 publizierten LIM und PARK den ersten und bislang einzigen Fallbericht einer kombinierten Dissektion von TC und AMS als Folge eines stumpfen Bauchtraumas. In diesem Fall war eine konservative Therapie bei ausreichender Blutversorgung über Kollateralen aus der Art. mesenterica inferior erfolgreich [96].

Neben den 14 publizierten isolierten traumatischen TC-Dissektionen finden sich in der Literatur insgesamt fünf weitere Fallberichte von isolierten TC-Verletzungen durch stumpfe Bauchtraumata, welche nachfolgend in Tabelle 6 aufgeführt sind. Hierbei handelt es sich jeweils um einen TC-Abriss mit ausgedehntem retroperitonealem Hämatom. In allen Fällen musste interveniert werden. Während in einem Fall ein endovaskuläres Stenting des TC in die A. hepatica erfolgte, wurde in den übrigen vier Fällen der TC gefäßchirurgisch ligiert. Hierbei zeigte sich in drei Fällen nach Ligatur des TC eine hinreichende Organdurchblutung über Kollateralen, wohingegen sich in einem Fall intraoperativ nach Ligatur des TC Leberischämiezeichen zeigten, so dass eine Revaskularisierung mittels aorto-trunkalem Bypass erforderlich wurde [84, 97-100].

Diese Daten zeigen, dass Erfolg und Misserfolg einer konservativen Therapie abhängig von der kollateralen Blutversorgung sind. Diese wiederum ist unter anderem abhängig von der Hämodynamik der Patienten. So lässt sich möglicherweise auch erklären, dass der einzige in der Literatur publizierte letal verlaufene Fall einer traumatischen TC-Dissektion gleichzeitig der einzige Fall mit protrahierter hämodynamischer Instabilität unter den publizierten Fällen traumatischer TC-Dissektionen war (s. Tabelle 3) [61].

Fall	Unfall-mechanismus	Abdominelle Symptomatik	Hämo-dynamik	TC-Verletzung	Spezifische Behandlung	Outcome
1 [84]	Arbeitsunfall (Heckklappe LKW)	starke epigastrische Schmerzen	instabil	TC-Abriss, retroperitoneales Hämatom	offen-chirurgisch: Ligatur TC	Entlassung an Tag 16
2 [97]	Verkehrsunfall	nicht beurteilbar	instabil	TC-Abriss, retroperitoneales Hämatom	offen-chirurgisch: Ligatur TC	Entlassung an Tag 27
3 [98]	Verkehrsunfall	keine Angabe	keine Angabe	TC-Abriss, Pseudoaneurysma, retroperitoneales Hämatom	endovaskulär: Coil-Embolisation Art. lienalis + Art. gastrica Stenting TC/Art. hepatica	Entlassung
4 [99]	Verkehrsunfall	starke Bauchschmerzen	stabil	TC-Abriss, retroperitoneales Hämatom	offen-chirurgisch: Ligatur TC	Entlassung an Tag 12
5 [100]	Verkehrsunfall	keine Angabe	instabil	TC-Abriss, retroperitoneales Hämatom	offen-chirurgisch: Aorto-truncaler Bypass	Entlassung

Tabelle 6: publizierte Fallberichte anderer TC-Verletzungen durch stumpfe Bauchtraumata

4.9 Vaskuläre Spätkomplikationen

Aneurysmen der peripankreatischen arteriellen Arkaden sind mit 2% aller viszeralen Aneurysmen selten. Sie können einerseits durch chemische bzw. physische Reize wie Entzündungen, Operationen oder Traumata als falsche Aneurysmen entstehen, andererseits durch die in Kapitel 1.2.4.10 beschriebene Blutflusssteigerung in den Kollateralkreisläufen aufgrund von Stenosierung bzw. Verschluss des Truncus coeliacus als echte Aneurysmen [101]. Dokumentierte Fälle solcher Aneurysmen auf dem Boden einer spontanen TC-Dissektion finden sich in der Literatur nur vereinzelt, nach traumatischen TC-Dissektionen sind bislang keine Aneurysmen in den peripankreatischen Arkaden beschrieben worden [102, 103]. Aufgrund hoher Inzidenzen rupturierter Aneurysmen bis 65% bei Diagnosestellung, und zwar unabhängig von Patientenalter sowie Größe und Anzahl der Aneurysmen, wird von den meisten Autoren ein hohes Rupturrisiko postuliert und daher eine absolute Indikation zur Ausschaltung dieser Aneurysmen gesehen. Hierbei konkurrieren interventionelle mit operativen Verfahren. Wenngleich bislang keine Leitlinien existieren, wird zunehmend die endovaskuläre Embolisation als Therapie der Wahl gesehen [104].

Bei der Embolisation von Aneurysmen der pankreatoduodenalen Arkaden muss die arterielle Perfusion der Leber über die A. hepatica sichergestellt werden. Insofern erfordert die Coil-Embolisation der A. gastroduodenalis meist eine Rekanalisierung des

Truncus coeliacus, entweder mittels Stenting des TC oder mittels aorto-truncalem Bypass. Bei der Coil-Embolisation eines Astes der häufiger betroffenen A. pancreaticoduodenalis kann hingegen in der Regel auf eine simultane Revaskularisation des TC verzichtet werden, da der retrograde arterielle Blutfluss von der AMS zur Leber über die übrigen Äste der Art. pancreaticoduodenalis und die offene A. gastroduodenalis erhalten bleibt [105].

Eine Revaskularisation des Truncus coeliacus zur Rezidiv-Prophylaxe nach erfolgter Ausschaltung eines aufgetretenen Aneurysmas in der pankreaticoduodenalen Arkade scheint zumindest bei asymptomatischen Patienten nicht notwendig zu sein. Obwohl es logisch erscheint, dass durch eine Behebung der Stenosierung bzw. Okklusion des TC und somit einer Verbesserung des antegraden Blutflusses das Rezidiv-Risiko für eine Aneurysmabildung gesenkt wird, gibt es bislang keine dokumentierten Aneurysma-Rezidive bei asymptomatischen Patienten, die keine Revaskularisation erfahren haben [80].

Zur Erkennung vaskulärer Spät komplikationen im Sinne einer Aneurysmabildung in den peripankreatischen Arkaden bei vorhandener TC-Stenose bzw. -okklusion gibt es aufgrund der Seltenheit dieser Entität keine generelle Empfehlung zur Durchführung bildgebender Verlaufskontrollen. Auch wir konnten in unserem Patientenkollektiv bei einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 77 Monaten (Range 22 – 122 Monate) bei sechs Patienten keine Aneurysmabildung identifizieren. Aufgrund der geringen Fallzahl kann diesbezüglich jedoch keine signifikante Aussage getroffen werden.

Einige Autoren halten eine Langzeit-Nachbeobachtung für zwingend erforderlich und empfehlen zeitliche Intervalle von 3-6 Monaten im ersten Jahr sowie Abstände von 1-5 Jahren im weiteren Verlauf [46, 57, 80, 106]. Zur Verifizierung dieser Zahlen sind jedoch Langzeit-Beobachtungen mit größeren Fallzahlen erforderlich. Dies stellt ein wichtiges Thema für zukünftige Studien dar.

5 Zusammenfassung

Die traumatische Dissektion des Truncus coeliacus ist eine der seltenen Gefäßverletzungen. In der Literatur finden sich hierzu bislang lediglich 14 Einzelfallberichte. Im Zeitraum von September 1997 bis Dezember 2012 wurden 5.194 Patienten unter dem Verdacht auf ein erlittenes Polytrauma im Unfallkrankenhaus Berlin behandelt. Hiervon wurde bei neun Patienten die Diagnose einer traumatischen Dissektion des Truncus coeliacus gestellt. In diesen neun Fällen wurden die Unfallmechanismen und Verletzungsmuster, die bildgebenden Untersuchungen sowie die erfolgten therapeutischen Maßnahmen retrospektiv ausgewertet. Die Ergebnisse wurden im Hinblick auf mögliche Aussagen zur Ätiopathogenese, zu etwaigen Markerverletzungen, zur Bildgebung im Akut- und Langzeitverlauf sowie zur Behandlung dieser seltenen Verletzung mit den publizierten Daten zu traumatischen und spontanen Viszeralarteriendissektionen in der Literatur verglichen.

Es zeigte sich ein heterogenes Verteilungsmuster an Unfallursachen, wobei vermutlich Scherkräfte am Übergang des fixierten zum mobilen Gefäßabschnitt für die Dissektion verantwortlich sind. Eine vorbestehende Stenose des Truncus coeliacus durch das Ligamentum arcuatum scheint die Dissektion zu begünstigen.

Aufgrund auffälliger Koinzidenzen knöcherner Wirbelsäulenverletzungen im thorakolumbalen Übergang besitzen diese beim polytraumatisierten Patienten möglicherweise den Charakter von Markerverletzungen für eine potenziell vorliegende traumatische Dissektion des Truncus coeliacus.

In der Akutphase stellt die CT-Angiographie den Goldstandard für die bildgebende Diagnostik dar, während in späteren Verlaufskontrollen auch die MR-Angiographie sowie duplexsonographische Untersuchungen eingesetzt werden können.

Die Behandlung ist primär konservativ. In Abhängigkeit der Hämodynamik des Patienten und der kollateralen Blutversorgung im Bereich der Viszeralarterien stellen Zeichen einer Organischämie das wichtigste Kriterium für die Notwendigkeit einer endovaskulären oder operativen Intervention dar.

Aneurysmen im Bereich der peripankreatischen arteriellen Arkaden sind als mögliche vaskuläre Spätkomplikationen zu berücksichtigen.

6 Literaturverzeichnis

- 1 Asensio J.A., Petrone P., Kimbrell B. and Kuncir E. Lessons learned in the management of thirteen celiac axis injuries. Southern medical journal 2005; 98(4): 462-466
- 2 Rosenthal M.G. Isolated Celiac Artery Dissection in Blunt Abdominal Trauma. The American surgeon 2015; 81(7): E287-290
- 3 Tscherne H., Regel G., Sturm J.A. and Friedl H.P. [Degree of severity and priorities in multiple injuries]. Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin 1987; 58(10): 631-640
- 4 Ertel W. and Trentz O. [Polytrauma and multi-organ failure syndrome. Definition--pathophysiology--therapy]. Zentralblatt für Chirurgie 1994; 119(3): 159-167
- 5 S3 - Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung.
<http://www.awmf.org/leitlinien>
- 6 Pape H.C., Lefering R., Butcher N., Peitzman A., Leenen L., Marzi I., Lichte P., Josten C., Bouillon B., Schmucker U., Stahel P., Giannoudis P. and Balogh Z. The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new 'Berlin definition'. The journal of trauma and acute care surgery 2014; 77(5): 780-786
- 7 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
<http://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Fakten/Unfallstatistik-2015>
- 8 Statistisches Bundesamt (Destatis).
<http://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Todesursachen/Todesursachen>
- 9 Gesundheitsberichterstattung des Bundes. <http://www.gbe-bund.de>
- 10 TraumaRegister DGU. <http://www.traumaregister-dgu.de>
- 11 Champion H.R. Trauma scoring. Scandinavian journal of surgery : SJS : official organ for the Finnish Surgical Society and the Scandinavian Surgical Society 2002; 91(1): 12-22
- 12 Kulla M., Fischer S., Helm M. and Lampl L. [How to assess the severity of the multi-system trauma in the emergency-room -- a critical review]. Anesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie : AINS 2005; 40(12): 726-736

- 13 Rosch M., Klose T., Leidl R., Gebhard F., Kinzl L. and Ebinger T. [Cost analysis of the treatment of patients with multiple trauma]. *Der Unfallchirurg* 2000; 103(8): 632-639
- 14 Haas N.P., von Fournier C., Tempka A. and Sudkamp N.P. [Trauma center 2000. How many and which trauma centers does Europe need around the year 2000?]. *Der Unfallchirurg* 1997; 100(11): 852-858
- 15 Sturm J.A., Lackner C.K., Bouillon B., Seekamp A. and Mutschler W.E. [Advanced Trauma Life Support (ATLS)]. *Der Unfallchirurg* 2002; 105(11): 1027-1032
- 16 Lendemans S., Ruchholtz S. and German Society of Trauma S. [S3 guideline on treatment of polytrauma/severe injuries. Trauma room care]. *Der Unfallchirurg* 2012; 115(1): 14-21
- 17 Schweiberer L., Nast-Kolb D., Duswald K.H., Waydhas C. and Muller K. [Polytrauma-treatment by the staged diagnostic and therapeutic plan]. *Der Unfallchirurg* 1987; 90(12): 529-538
- 18 Brodauf L., Hessing K., Hoffmann R. and Friemert B. [Current state of medical care of polytrauma and mass casualty incidents in Germany. Are we well-prepared?]. *Der Unfallchirurg* 2015; 118(10): 890-900
- 19 Bouillon B., Probst C., Maegele M., Wafaisade A., Helm P., Mutschler M., Brockamp T., Shafizadeh S. and Paffrath T. [Emergency room management of multiple trauma : ATLS(R) and S3 guidelines]. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin* 2013; 84(9): 745-752
- 20 Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie. Weißbuch Schwerverletztenversorgung. 2., erweiterte Auflage (2012). <http://www.dgu-online.de>
- 21 Kumar S., Bansal V.K., Muduly D.K., Sharma P., Misra M.C., Chumber S., Singh S. and Bhardwaj D.N. Accuracy of Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST) in Blunt Trauma Abdomen-A Prospective Study. *The Indian journal of surgery* 2015; 77(Suppl 2): 393-397
- 22 Marco G.G., Diego S., Giulio A. and Luca S. Screening US and CT for blunt abdominal trauma: a retrospective study. *European journal of radiology* 2005; 56(1): 97-101
- 23 Fleming S., Bird R., Ratnasingham K., Sarker S.J., Walsh M. and Patel B. Accuracy of FAST scan in blunt abdominal trauma in a major London trauma centre. *International journal of surgery* 2012; 10(9): 470-474
- 24 Miller M.T., Pasquale M.D., Bromberg W.J., Wasser T.E. and Cox J. Not so FAST. *The Journal of trauma* 2003; 54(1): 52-59; discussion 59-60

- 25 Stengel D., Bauwens K., Sehouli J., Porzsolt F., Rademacher G., Mutze S. and Ekkernkamp A. Systematic review and meta-analysis of emergency ultrasonography for blunt abdominal trauma. *The British journal of surgery* 2001; 88(7): 901-912
- 26 Korner M., Krotz M.M., Degenhart C., Pfeifer K.J., Reiser M.F. and Linsenmaier U. Current Role of Emergency US in Patients with Major Trauma. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc* 2008; 28(1): 225-242
- 27 Linsenmaier U., Geyer L.L., Korner M., Reiser M. and Wirth S. [Importance of multidetector CT imaging in multiple trauma]. *Der Radiologe* 2014; 54(9): 861-871
- 28 Huber-Wagner S., Biberthaler P., Haberle S., Wierer M., Dobritz M., Rummeny E., van Griensven M., Kanz K.G., Lefering R. and TraumaRegister D.G.U. Whole-body CT in haemodynamically unstable severely injured patients--a retrospective, multicentre study. *PloS one* 2013; 8(7): e68880
- 29 Huber-Wagner S., Lefering R., Qvick L.M., Korner M., Kay M.V., Pfeifer K.J., Reiser M., Mutschler W., Kanz K.G. and Working Group on Polytrauma of the German Trauma S. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet* 2009; 373(9673): 1455-1461
- 30 Wada D., Nakamori Y., Yamakawa K., Yoshikawa Y., Kiguchi T., Tasaki O., Ogura H., Kuwagata Y., Shimazu T., Hamasaki T. and Fujimi S. Impact on survival of whole-body computed tomography before emergency bleeding control in patients with severe blunt trauma. *Critical care* 2013; 17(4): R178
- 31 Wurmb T., Fruhwald P., Brederlau J., Maroske J., Schindler G. and Roewer N. [Management of seriously injured patients without conventional radiography? Does a whole body MSCT scanner replace the conventional X-ray unit in the emergency room?]. *Der Anaesthesist* 2006; 55(1): 17-25
- 32 Hilbert P. [Emergency room management without conventional radiography?]. *Der Anaesthesist* 2006; 55(5): 581-583; author reply 583-584
- 33 Bansal V., Fortlage D., Lee J.G., Costantini T., Potenza B. and Coimbra R. Hemorrhage is More Prevalent than Brain Injury in Early Trauma Deaths: The Golden Six Hours. *European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society* 2009; 35(1): 26-30
- 34 Asensio J.A., Forno W., Roldan G., Petrone P., Rojo E., Ceballos J., Wang C., Costaglioli B., Romero J., Tillou A., Carmody I., Shoemaker W.C. and Berne T.V. Visceral vascular injuries. *The Surgical clinics of North America* 2002; 82(1): 1-20, xix

- 35 Debakey M.E. and Simeone F.A. Battle Injuries of the Arteries in World War II : An Analysis of 2,471 Cases. *Annals of surgery* 1946; 123(4): 534-579
- 36 Rich N.M., Baugh J.H. and Hughes C.W. Acute arterial injuries in Vietnam: 1,000 cases. *The Journal of trauma* 1970; 10(5): 359-369
- 37 Dente C.J. and Feliciano D.V. Torso vascular trauma at an urban level-I trauma center. *Perspectives in vascular surgery and endovascular therapy* 2011; 23(1): 36-46
- 38 Mattox K.L., Feliciano D.V., Burch J., Beall A.C., Jr., Jordan G.L., Jr. and De Bakey M.E. Five thousand seven hundred sixty cardiovascular injuries in 4459 patients. Epidemiologic evolution 1958 to 1987. *Annals of surgery* 1989; 209(6): 698-705; discussion 706-697
- 39 Germanvasc Gefässregister. <http://www.germanvasc.de>
- 40 Heuer M., Hussmann B., Kaiser G.M., Lefering R., Paul A., Lendemans S. and Trauma Registry of the D.G.U. Abdominal vascular trauma in 760 severely injured patients. *European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society* 2013; 39(1): 47-55
- 41 Schumacher H. and Allenberg J.R. Das vaskuläre Trauma der abdominalen Viszeralgefäße Truncus coeliacus und A.mesenterica superior: eine komplexe klinische Herausforderung. *Gefässchirurgie* 2002; 4(7): 218-223
- 42 Billing A., Karl T., Hoffmann R. and Rilinger N. Gefäßverletzungen - Aktuelle Diagnose- und Therapiekonzepte und Behandlungslogistik. *Trauma Berufskrankh* 2009; 2(11): 64-73
- 43 Bischoff G. and Orend K.H. Traumatische Gefäßverletzungen. *Gefässchirurgie* 2015; 3(20): 225-242
- 44 van Dijk L.J., van Petersen A.S. and Moelker A. Vascular imaging of the mesenteric vasculature. *Best Pract Res Clin Gastroenterol* 2017; 31(1): 3-14
- 45 Weigert N., Kaden I., Karatschai R., Zaage J., Braunschweig R., Wohlfarth K. and Hofmann G.O. Gefäßverletzungen im überregionalen Traumazentrum - Diagnostik und Therapie der traumatischen Gefäßläsionen. *Trauma Berufskrankh* 2015; 3(17): 189-198
- 46 Galastri F.L., Cavalcante R.N., Motta-Leal-Filho J.M., De Fina B., Affonso B.B., de Amorim J.E., Wolosker N. and Nasser F. Evaluation and management of symptomatic isolated spontaneous celiac trunk dissection. *Vascular medicine* 2015

- 47 Hagspiel K.D., Flors L., Hanley M. and Norton P.T. Computed tomography angiography and magnetic resonance angiography imaging of the mesenteric vasculature. *Techniques in vascular and interventional radiology* 2015; 18(1): 2-13
- 48 Zagyapan R., Kurkcuoglu A., Bayraktar A., Pelin C. and Aytakin C. Anatomic variations of the celiac trunk and hepatic arterial system with digital subtraction angiography. *The Turkish journal of gastroenterology : the official journal of Turkish Society of Gastroenterology* 2014; 25 Suppl 1(S104-109
- 49 White R.D., Weir-McCall J.R., Sullivan C.M., Mustafa S.A., Yeap P.M., Budak M.J., Sudarshan T.A. and Zealley I.A. The celiac axis revisited: anatomic variants, pathologic features, and implications for modern endovascular management. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc* 2015; 35(3): 879-898
- 50 Venieratos D., Panagouli E., Lolis E., Tsaraklis A. and Skandalakis P. A morphometric study of the celiac trunk and review of the literature. *Clinical anatomy* 2013; 26(6): 741-750
- 51 Song S.Y., Chung J.W., Yin Y.H., Jae H.J., Kim H.C., Jeon U.B., Cho B.H., So Y.H. and Park J.H. Celiac axis and common hepatic artery variations in 5002 patients: systematic analysis with spiral CT and DSA. *Radiology* 2010; 255(1): 278-288
- 52 Saad W.E., Davies M.G., Sahler L., Lee D., Patel N., Kitanosono T., Sasson T. and Waldman D. Arc of buhler: incidence and diameter in asymptomatic individuals. *Vascular and endovascular surgery* 2005; 39(4): 347-349
- 53 van Petersen A.S., Kolkman J.J., Meerwaldt R., Huisman A.B., van der Palen J., Zeebregts C.J. and Geelkerken R.H. Mesenteric stenosis, collaterals, and compensatory blood flow. *Journal of vascular surgery* 2014; 60(1): 111-119, 119 e111-112
- 54 Gonen C., Surmelioglu A., Tilki M. and Kilicoglu G. Prominent gastroduodenal artery: Endosonographic sign of celiac artery stenosis. *Endoscopic ultrasound* 2016; 5(5): 339-341
- 55 Jung S.C., Lee W., Park E.A., Jae H.J., Chung J.W. and Park J.H. Spontaneous dissection of the splanchnic arteries: CT findings, treatment, and outcome. *AJR. American journal of roentgenology* 2013; 200(1): 219-225
- 56 Obon-Dent M., Shabaneh B., Dougherty K.G. and Strickman N.E. Spontaneous celiac artery dissection case report and literature review. *Texas Heart Institute journal* 2012; 39(5): 703-706
- 57 Garrett H.E., Jr. Options for treatment of spontaneous mesenteric artery dissection. *Journal of vascular surgery* 2014; 59(5): 1433-1439 e1431-1432

- 58 Ko S.H., Hye R. and Frankel D.A. Management of spontaneous isolated visceral artery dissection. *Annals of vascular surgery* 2015; 29(3): 470-474
- 59 DiMusto P.D., Oberdoerster M.M. and Criado E. Isolated celiac artery dissection. *Journal of vascular surgery* 2015; 61(4): 972-976
- 60 Suchak A.A., Reich D. and Ritchie W. Traumatic isolated dissection of the celiac artery. *AJR. American journal of roentgenology* 2007; 189(6): W373-374
- 61 Kirchhoff C., Stegmaier J., Krotz M., Muetzel Rauch E., Mutschler W., Kanz K.G. and Heindl B. Celiac dissection after blunt abdominal trauma complicated by acute hepatic failure: case report and review of literature. *Journal of vascular surgery* 2007; 46(3): 576-580
- 62 Gorra A.S., Mittleider D., Clark D.E. and Gibbs M. Asymptomatic isolated celiac artery dissection after a fall. *Archives of surgery* 2009; 144(3): 279-281
- 63 Laeseke P.F. and Gayer G. An uncommon cause of abdominal pain following blunt abdominal trauma. *The British journal of radiology* 2012; 85(1015): 1025-1026
- 64 Megalou A., Pantazopoulos I.N., Antonopoulos C.N., Argiriou M., Zakyntinos S. and Mastora Z. Celiac Artery Avulsion Secondary to Blunt Trauma: A Case Report. *Annals of vascular surgery* 2017; 43(314 e313-314 e316
- 65 Schreiber J.P., Angle J.F., Matsumoto A.H., Young J.S., Hagspiel K.D. and Spinosa D.J. Acute visceral ischemia occurring subsequent to blunt abdominal trauma: potential culpability of median arcuate ligament compression. *The Journal of trauma* 1998; 45(2): 404-406
- 66 Brown C.W., Cooper J.G., Denison A.R. and Jansen J.O. Coeliac axis dissection secondary to blunt abdominal trauma: A case report and review of the literature. *Injury Extra* 45 2014; 19-21
- 67 Sarkar J., Plackett T.P., Kellicut D.C. and Edwards K.D. A case report of coeliac artery dissection following a motor vehicle collision. *Injury Extra* 43 2012; 15-17
- 68 Kalovidouri A. and Scheffler M. Coeliac dissection after blunt trauma. Published on 04.01.2013 DOI: 10.1594/EURORAD/CASE.10586 ISSN: 1563-4086 2013
- 69 Maghraby N.H.M. and Nemeth J. Isolated Celiac Artery Injury Following Blunt Abdominal Trauma. *Ann Clin Case Rep* 2016; 1: 1089
- 70 Han A., Gwak J., Choi G., Park J.J., Yu B., Lee G.J. and Kang J.M. Isolated Dissection of the Celiac Artery after Blunt Trauma: A Case Report and Review of Literature. *J Trauma Inj* 2017; 30(4): 220-226

- 71 Li B.V., Damodaran Prabha R., Narra M. and Nguyen H. Traumatic dissection of the coeliac artery and splenic injury following blunt trauma. *BMJ Case Rep* 2019; 12:e229405
- 72 D'Ambrosio N., Friedman B., Siegel D., Katz D., Newatia A. and Hines J. Spontaneous isolated dissection of the celiac artery: CT findings in adults. *AJR. American journal of roentgenology* 2007; 188(6): W506-511
- 73 Solis M.M., Ranval T.J., McFarland D.R. and Eidt J.F. Surgical treatment of superior mesenteric artery dissecting aneurysm and simultaneous celiac artery compression. *Annals of vascular surgery* 1993; 7(5): 457-462
- 74 Patel K.S., Benshar O., Vrabie R., Patel A., Adler M. and Hines G. A major pain in the ... Back and epigastrium: an unusual case of spontaneous celiac artery dissection. *Journal of community hospital internal medicine perspectives* 2014; 4(5): 23840
- 75 Park Y.J., Park C.W., Park K.B., Roh Y.N., Kim D.I. and Kim Y.W. Inference from clinical and fluid dynamic studies about underlying cause of spontaneous isolated superior mesenteric artery dissection. *Journal of vascular surgery* 2011; 53(1): 80-86
- 76 Chaillou P., Moussu P., Noel S.F., Sagan C., Pistorius M.A., Langlard J.M. and Patra P. Spontaneous dissection of the celiac artery. *Annals of vascular surgery* 1997; 11(4): 413-415
- 77 Falconer R., McMahon G.S., Krauss M. and Beresford T. Spontaneous celiac artery dissection: a rare vascular cause of abdominal pain. *ANZ journal of surgery* 2015
- 78 Horton K.M., Talamini M.A. and Fishman E.K. Median arcuate ligament syndrome: evaluation with CT angiography. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc* 2005; 25(5): 1177-1182
- 79 Armstrong M.B., Stadtlander K.S. and Grove M.K. Pancreaticoduodenal artery aneurysm associated with median arcuate ligament syndrome. *Annals of vascular surgery* 2014; 28(3): 741 e741-745
- 80 Sgroi M.D., Kabutey N.K., Krishnam M. and Fujitani R.M. Pancreaticoduodenal artery aneurysms secondary to median arcuate ligament syndrome may not need celiac artery revascularization or ligament release. *Annals of vascular surgery* 2015; 29(1): 122 e121-127
- 81 Sutton D. and Lawton G. Coeliac stenosis or occlusion with aneurysm of the collateral supply. *Clinical radiology* 1973; 24(1): 49-53
- 82 Kallamadi R., Demoya M.A. and Kalva S.P. Inferior pancreaticoduodenal artery aneurysms in association with celiac stenosis/occlusion. *Seminars in interventional radiology* 2009; 26(3): 215-223

- 83 Hildebrand P., Esnaashari H., Franke C., Burk C. and Bruch H.P. Surgical management of pancreaticoduodenal artery aneurysms in association with celiac trunk occlusion or stenosis. *Annals of vascular surgery* 2007; 21(1): 10-15
- 84 Linuma Y., Yamazaki Y., Hirose Y., Kinoshita H., Kumagai K., Tanaka T., Miyajima M., Katayanagi N., Kuwabara S. and Nakazawa S. A case of isolated celiac axis injury by blunt abdominal trauma. *The Journal of trauma* 2006; 61(2): 451-453
- 85 Lalancette M., Scalabrini B. and Martinet O. Seat-belt aorta: a rare injury associated with blunt abdominal trauma. *Annals of vascular surgery* 2006; 20(5): 681-683
- 86 Schoeneberg C., Kauther M.D., Hussmann B., Keitel J., Schmitz D. and Lendemans S. Gender-specific differences in severely injured patients between 2002 and 2011: data analysis with matched-pair analysis. *Critical care* 2013; 17(6): R277
- 87 Lindner H.H. and Kemprud E. A clinicoanatomical study of the arcuate ligament of the diaphragm. *Archives of surgery* 1971; 103(5): 600-605
- 88 Baskan O., Kaya E., Gungoren F.Z. and Erol C. Compression of the Celiac Artery by the Median Arcuate Ligament: Multidetector Computed Tomography Findings and Characteristics. *Canadian Association of Radiologists journal = Journal l'Association canadienne des radiologistes* 2015
- 89 Park C.M., Chung J.W., Kim H.B., Shin S.J. and Park J.H. Celiac axis stenosis: incidence and etiologies in asymptomatic individuals. *Korean journal of radiology* 2001; 2(1): 8-13
- 90 Gumus H., Gumus M., Tekbas G., Onder H., Ekici F., Cetincakmak M.G. and Bilici A. Clinical and multidetector computed tomography findings of patients with median arcuate ligament syndrome. *Clinical imaging* 2012; 36(5): 522-525
- 91 Wang J., He Y., Zhao J., Yuan D., Xu H., Ma Y., Huang B., Yang Y., Bian H. and Wang Z. Systematic review and meta-analysis of current evidence in spontaneous isolated celiac and superior mesenteric artery dissection. *Journal of vascular surgery* 2018; 68(4): 1228-1240 e1229
- 92 Hosaka A., Nemoto M. and Miyata T. Outcomes of conservative management of spontaneous celiac artery dissection. *Journal of vascular surgery* 2017; 65(3): 760-765 e761
- 93 Yamaguchi H., Murata S., Onozawa S., Sugihara F., Hayashi H. and Kumita S.I. Strategy for the treatment of spontaneous isolated visceral artery dissection. *European journal of radiology open* 2019; 6(9-15)

- 94 Yun W.S., Kim Y.W., Park K.B., Cho S.K., Do Y.S., Lee K.B., Kim D.I. and Kim D.K. Clinical and angiographic follow-up of spontaneous isolated superior mesenteric artery dissection. *European journal of vascular and endovascular surgery : the official journal of the European Society for Vascular Surgery* 2009; 37(5): 572-577
- 95 Brown D.B., Singh H., Atnip R.G., Cardella J.F. and Waybill P.N. Blunt traumatic injury to the superior mesenteric artery and celiac axis. *Journal of vascular and interventional radiology : JVIR* 1998; 9(5): 783-785
- 96 Lim K.H. and Park J. Successful conservative treatment of acute traumatic occlusions of the celiac artery and superior mesenteric artery: A case report emphasizing the importance of the visceral collateral circulations. *Medicine* 2018; 97(46): e13270
- 97 Colonna A.L., Enniss T.M., Meredith J.W. and Hildreth A.N. Celiac artery avulsion and right atrial rupture after blunt multisystem trauma. *The American surgeon* 2010; 76(7): E83-85
- 98 Choi I.Y., Chung H.H., Lee S.H., Cho S.B., Kim Y.H., Seo B.K. and Seo H.S. Treatment of a traumatic celiac trunk detachment by bridging with a stent graft. *Cardiovascular and interventional radiology* 2012; 35(2): 422-425
- 99 Osborne Z., Oliphanta U.J., Aucara J. and Olsona M.M. Celiac Artery Avulsion Secondary to Blunt Trauma: A Case Report and Review of the Literature. *J Med Cases* 2013; 4(5): 280-283
- 100 Kronick M.D., Dobena A.R., Morrissa M.E., Grossa I.R., Kravetza A. and Nahmiasb J.T. Blunt traumatic celiac artery avulsion managed with celiac artery ligation and open aorto-celiac bypass. *Trauma Case Reports* 2016; 11(8-12)
- 101 Kimura N., Tsuchiya A., Nakamura A., Ueda M., Yoshikawa S., Hoshi T., Takano A., Takagi S., Miura T., Yamada S., Yanagi M., Tani T. and Hirahara H. A Case of Successful Treatment of Ruptured Pancreaticoduodenal Artery Aneurysm Caused by Celiac Artery Dissection. *Case reports in gastroenterology* 2018; 12(2): 385-389
- 102 Watanabe A., Kohtake H., Furui S., Takeshita K., Ishikawa Y. and Morita S. Celiac artery dissection seen with ruptured pancreaticoduodenal arcade aneurysms in two cases of celiac artery stenosis from compression by median arcuate ligament. *Journal of vascular surgery* 2012; 56(4): 1114-1118
- 103 Fenoglio L., Allione A., Scalabrino E., Alberto G., Benedetti V., Pomero F., Valpreda S., Morino M. and Perin P.C. Spontaneous dissection of the celiac artery: a pitfall in the diagnosis of acute abdominal pain. Presentation of two cases. *Digestive diseases and sciences* 2004; 49(7-8): 1223-1227

- 104 Antoniak R., Grabowska-Derlatka L., Maciag R., Ostrowski T., Nawrot I., Galazka Z., Nazarewski S. and Rowinski O. Treatment Algorithm of Peripancreatic Arteries Aneurysm Coexisting with Coeliac Artery Lesion: Single Institution Experience. *BioMed research international* 2018; 2018(5745271)
- 105 Corey M.R., Ergul E.A., Cambria R.P., Patel V.I., Lancaster R.T., Kwolek C.J. and Conrad M.F. The presentation and management of aneurysms of the pancreaticoduodenal arcade. *Journal of vascular surgery* 2016; 64(6): 1734-1740
- 106 Takao H., Doi I., Watanabe T., Yoshioka N. and Ohtomo K. Natural history of true pancreaticoduodenal artery aneurysms. *The British journal of radiology* 2010; 83(993): 744-746

7 Abkürzungen

ABCDE Airways Breathing Circulation Disability Exposure

AIS Abbreviated Injury Score

AMI Arteria mesenterica inferior

AMS Arteria mesenterica superior

Art. Arteria

ASS Acetylsalicylsäure

ATLS Advanced Trauma Life Support

BE Base Excess

BWK Brustwirbelkörper

CT Computertomographie

DGU Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie

DPL Diagnostische Peritoneallavage

DSA Digitale Subtraktions-Angiographie

FAST Focused Assessment with Sonography for Trauma

FKDS Farbkodierte Duplexsonographie

GCS Glasgow Coma Scale

INR International Normalized Ratio

ISS Injury Severity Score

LWK Lendenwirbelkörper

MAL Median Arcuate Ligament (Ligamentum arcuatum)

MRT Magnetresonanztomographie

NMH Niedermolekulares Heparin

PTT Partielle Thromboplastinzeit

TC Truncus coeliacus

VSM Vena saphena magna

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikationen anatomischer Varianten des Truncus coeliacus [50].....	23
Tabelle 2: Anatomische Varianten des Truncus coeliacus bei 5.002 Patienten [51].....	24
Tabelle 3: publizierte Fallberichte von TC-Dissektionen durch stumpfe Bauchtraumata.....	27
Tabelle 4: CT-Zeichen der 9 eingeschlossenen Patienten im initialen Polytrauma-CT.....	47
Tabelle 5: eingeschlossene Patienten (n=9) mit einer traumatischen Dissektion des TC.....	50
Tabelle 6: publizierte Fallberichte anderer TC-Verletzungen durch stumpfe Bauchtraumata.....	68

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sterbefälle 2015 durch Unfälle nach Unfallkategorien, Statistisches Bundesamt, Fachserie 12 Reihe 4, Gesundheit, Todesursachen in Deutschland, erschienen 2017.....	8
Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung polytraumatisierter Patienten in den Jahren 2005 – 2014 nach Unfallart/-ursachen aus dem Jahresbericht 2015 des TraumaRegisters DGU®	9
Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperregionen polytraumatisierter Patienten in den Jahren 2015 – 2017 aus dem Jahresbericht 2018 des TraumaRegisters® der DGU.....	10
Abbildung 4: Anatomische Lokalisation von zivilen Gefäßverletzungen aus publizierten Studien/Gefäßregistern aus Finnland, Spanien, Schweden und der Türkei [41].....	19
Abbildung 5: Schematische Darstellung der normalen arteriellen Versorgung des Oberbauches[49].....	22
Abbildung 6: (a) Pankreaticoduodenale Arkade als Kollaterale zwischen Truncus coeliacus (CA) und Arteria mesenterica superior (SMA). (b) kollaterale Blutversorgung im Stromgebiet des Truncus coeliacus über eine prominente anteriore pankreaticoduodenale Arkade bei bestehender Truncusstenose [54].....	25
Abbildung 7: Kollateralen zwischen den mesenterialen Arterien. [53].....	26
Abbildung 8: Schematische Darstellung des Ligamentum arcuatum in typischer Position (1.) und mit Einengung des Truncus coeliacus bei tieferer Lage (2.). Ausrichtung der coeliacalen Achse während Inspiration (3.) und Expiration (4.) [78].....	30
Abbildung 9: Altersverteilung der Patienten mit traumatischer Dissektion des Truncus coeliacus.....	35
Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung nach Unfallart der eingeschlossenen Patienten.....	42
Abbildung 11: AIS-Schweregrade der für die Berechnung des ISS-relevanten verletzten Körperregionen.....	43
Abbildung 12: typische Hakenform („hook appearance“) des Truncus coeliacus bei MAL-Stenose (Pat. Nr. 6. CT-Angiographie. Sagittalschnitt).....	45
Abbildung 13: Verteilung der Patienten nach ct-morphologischen Zeichen einer vorbestehenden Stenose des Truncus coeliacus durch das Ligamentum arcuatum (MAL-Stenose).....	45
Abbildung 14: Zeitliche Verteilung der Bildgebung im stationären Akutverlauf.....	46
Abbildung 15: Sterblichkeit in Abhängigkeit des Injury Severity Score [86].....	60
Abbildung 16: Stationäre Verweildauer in Abhängigkeit des ISS.....	60

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät, keiner anderen wissenschaftlichen Einrichtung vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.

Datum

Unterschrift

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt dem Direktor des Instituts für Radiologie und Neuroradiologie am Unfallkrankenhaus Berlin, Herrn Professor Dr. med. Sven Mutze, für die Überlassung des interessanten Themas und die hervorragende Betreuung.

Meiner lieben Frau, Dr. med. Dorothee Birkel, danke ich für ihre sehr hilfreiche Unterstützung und stete Geduld während der Anfertigung der gesamten Arbeit.

Ferner möchte ich mich an dieser Stelle bei Frau Dr. med. Leonie Götz, Herrn Dr. med. Thomas Kahl und Herrn Dr. med. Henryk Thielemann für ihre Hilfe und die ausgezeichnete Zusammenarbeit bedanken.