

Universitätsklinikum Ulm

Zentrum für Chirurgie

Klinik für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. Andreas Liebold

Ergebnisse nach stentgestützter Ausschaltung traumatischer
thorakaler Aortenrupturen

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin der
Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

Johannes Link

Blaubeuren

2016

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Thomas Wirth

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Bernd Mühling

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Hendrik Bracht

Tag der Promotion: 13.05.2016

Teile dieser Dissertation sind erschienen in:

Thiere M, Oberhuber A, Link J, Riepl C, Orend KH, Muehling B. Successful endovascular repair of blunt traumatic thoracic aortic injury has no effect on acute or mid-term outcome of poly-traumatized patients: a demand for an excellent initial endovascular treatment. *ITAL J VASC ENDOVASC.* 2013; 20:27-34. [77]

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	III
1 Einleitung	- 1 -
1.1 Epidemiologie der traumatischen thorakalen Aortenruptur.....	- 1 -
1.2 Pathogenese und Symptomatik der akuten thorakalen Aortenruptur	- 2 -
1.3 Paradigmenwechsel der Therapie.....	- 2 -
1.4 Zeitpunkt des operativen Eingriffs.....	- 3 -
1.5 Mögliche Komplikationen der Stentversorgung.....	- 4 -
1.6 Arterielle Versorgung des zentralen Nervensystems und spinale Ischämie	- 7 -
1.7 Aortoösophageale Fisteln	- 8 -
1.8 Verletzungen im Bereich der Femoralgefäße	- 8 -
1.9 Fragestellung	- 8 -
2 Material und Methoden	- 10 -
2.1 Studiendesign	- 10 -
2.2 Traumascores	- 14 -
2.3 Diagnostik der akuten thorakalen Aortenruptur	- 16 -
2.4 Technik der Stentgraftimplantation	- 20 -
2.5 Verwendete Stentprothesen.....	- 23 -
2.6 Follow up	- 27 -
3 Ergebnisse	- 28 -
3.1 Geschlechts- und Altersverteilung des Patientenkollektivs	- 28 -
3.2 Altersverteilung in Abhängigkeit der Genese des Unfalles	- 29 -
3.3 Follow up	- 30 -
3.4 Traumascores	- 31 -
3.5 Unfallmechanismus	- 33 -
3.6 Begleitverletzungen.....	- 35 -

3.7	Verwendete Stentgrafttypen.....	- 37 -
3.8	Primäre Erfolgsrate	- 39 -
3.9	Komplikationen der endovaskulären Versorgung	- 40 -
3.10	Überleben	- 49 -
3.11	Offene Konversion bei heranwachsenden Patienten	- 50 -
3.12	Postoperative Lebensqualität und Arbeitsfähigkeit.....	- 50 -
4	Diskussion.....	- 54 -
4.1	Alters- und Geschlechtsverteilung	- 54 -
4.2	Follow-up	- 55 -
4.3	Begleitverletzungen & Traumascores	- 56 -
4.4	Unfallmechanismen.....	- 56 -
4.5	Verwendete Stentprothesen.....	- 57 -
4.6	Primäre Erfolgsrate	- 57 -
4.7	Überstenten der A. subclavia	- 58 -
4.8	Stentbedingte Komplikationen: Kollaps und Migration	- 60 -
4.9	Spinale Ischämie/Paralyse.....	- 63 -
4.10	Postoperative Letalität und Mortalität.....	- 64 -
4.11	Schlussfolgerung.....	- 65 -
5	Zusammenfassung.....	- 66 -
6	Literaturverzeichnis.....	- 68 -
	Lebenslauf.....	- 84 -

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
AIS	abbreviated injury scale
a.p.	anterior posterior
APACHE II	Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II
ASA	American Society of Anesthesiologists
bds.	beidseits
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
d.h.	das heißt
etc.	et cetera
GCS	Glasgow Coma Scale
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
k. A.	keine Angaben
HIT	Heparin induzierte Thrombozytopenie
ISS	Injury Severity Score
LIMA	left internal mammary artery
LAO	linksanterior
m	männlich
Min.	Minute

ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
mph	miles per hour
Nr.	Nummer
Op	Operation
PGCS	Pediatric Glasgow Coma Scale
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
TEVAR	Thoracic Endovascular Aortic Repair
V.	Vena
v.a.	vor allem
w	weiblich
u.a.	unter anderem
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

1.1 Epidemiologie der traumatischen thorakalen Aortenruptur

Historisch ist Andreas Vesalius der Erstbeschreiber einer traumatischen Aortenverletzung. Im Jahr 1557 berichtet er über einen dadurch ausgelösten Todesfall nach Sturz von einem Pferd. In der heutigen Zeit bedingen v.a. Verkehrsunfälle mit dem Auto diese Verletzung: in den USA stellen traumatische Aortenrupturen nach Schädel-Hirn-Traumen die zweithäufigste Ursache tödlicher Verletzungen dar [7]. Ca. 8000 Menschen versterben in den USA an dieser Verletzung. Umgerechnet sind dies fast 22 Menschen am Tag [11, 25]. Doch nicht nur Hochrasanztraumen stellen ein Risiko für Verletzungen der thorakalen Aorta dar. Untersuchungen zeigen, dass auch Verkehrsunfälle mit geringer Geschwindigkeit (40mph) eine Verletzung der thorakalen Aorta induzieren können. Insbesondere sind dabei Seitenaufprälle als gefährlich einzuordnen. Diese Unfälle stellen die Mehrheit der Verkehrsunfälle dar. So sind z.B. in Großbritannien 95% der Verkehrsunfälle Niederrasanstraumen. Untersuchungen zeigen, dass dort insgesamt 2/3 der thorakalen Aortenverletzungen auf das Konto von Niederrasanstraumen gehen. Die dort u.U. übersehenen subklinischen Aortenverletzungen können jedoch auch nach Jahren im Sinne eines posttraumatischen Aneurysma klinische Relevanz entwickeln [69]. Nicht nur Fahrzeuginsassen sind von einer solchen Verletzung bedroht. Untersuchungen zeigen, dass ebenfalls Fußgänger, welche in einen Verkehrsunfall verwickelt werden, eine Verletzung der thorakalen Aorta erleiden können [12]. Verschüttungen, Einklemmungen,

Explosionstraumen oder Sturz aus großer Höhe stellen weitere Ursachen dieser Verletzung dar [56].

1.2 Pathogenese und Symptomatik der akuten thorakalen Aortenruptur

Der akuten traumatischen Aortenruptur liegt eine Beschleunigungsverletzung bzw. ein direktes Trauma zu Grunde. Eine wichtige Rolle spielt dabei das Ligamentum arteriosum, Bei einem Unfall kommt es nun zur Verlagerung des Aortenbogens. Am Ligamentum arteriosum ist der Aortenbogen fixiert. Hier kommt es dadurch zu Einrissen der Aortenwand. Typische Lokalisation des Ligamentum arteriosum ist kurz nach dem Abgang der linken A. subclavia [5]. Das Ausmaß der Verletzungen erstrecken sich von einem lokalen Einriss der Intima bis zur offenen Ruptur. Je nach Ausmaß der Aortenverletzung reichen die Symptome von völliger Beschwerdefreiheit bis hin zur hämodynamischen Instabilität mit Zeichen des hämorrhagischen Schock wie Begleittachykardie, Dyspnoe und Hypotension.

1.3 Paradigmenwechsel der Therapie

Die erfolgreiche Versorgung traumatischer thorakaler Aortenrupturen war lange Zeit – wenn überhaupt diagnostizierbar – eine kaum zu überwindende Hürde. Der Beginn der operativen Therapie der thorakalen Aorta begründeten De Bakey und Cooley 1954, als sie ein posttraumatisches thorakales Aortenaneurysma durch Resektion und Interposition einer Gefäßprothese versorgten [21]. 1958 gelang es

Klassen et al zum ersten Mal eine akute thorakale Aortenruptur erfolgreich offen zu versorgen. Passaro et al veröffentlichten 1959 diesen Meilenstein der operativen Therapie [57]. Im Zuge der Entwicklung der endovaskulären Therapie erfolgt nun jedoch eine Wachablösung zu Ungunsten der offenen Operation. Bezüglich der traumatischen Aortenruptur berichtet Volodos et al über eine erfolgreiche endovaskuläre Therapie im Jahre 1988 [81]. Dies stellt den Beginn der endovaskulären Therapie traumatischer thorakaler Aortenrupturen dar.

Die Vorteile der endovaskulären Therapie beim Polytraumatisierten gegenüber dem offenen belastenden Verfahren sind evident. So entfällt beim endovaskulären Verfahren eine Seitenlagerung mit Einlungenventilation, Thorakotomie, hohes Crossclamping der Aorta und eine therapeutische Heparinisierung. Bei gleichzeitig vorhandenen Wirbelsäulenverletzungen, Schädel-Hirn-Traumata und weiteren Verletzungen ist dies ein zentraler Vorteil.

Zahlreiche Untersuchungen zeigen zudem eine verkürzte stationäre Krankenhausbehandlung, geringere Therapiekosten, verkürzte Op-Zeiten, weniger Verbrauch von Blutprodukten und eine geringere Mortalität [22,24,32,43,75,83].

1.4 Zeitpunkt des operativen Eingriffs.

Der Zeitpunkt des operativen Eingriffes ist sehr individuell zu gestalten. Grundlage der operativen Therapie von polytraumatisierten Patienten ist das Konzept der „damage control surgery“. Dabei sind in der Akutphase die dringlichen Verletzungsmuster mit möglichst geringster Invasivität

und Operationsdauer zu versorgen. Dazu zählen endovaskuläre Verfahren wie TEVAR, um eine sekundäre Traumatisierung („second hit“), so gering wie möglich zu halten. Die Versorgung der akuten traumatischen Aortenverletzung wird ohne Zeitverzögerung primär endovaskulär angestrebt und steht am Beginn der operativen Versorgung polytraumatisierter Patienten.

1.5 Mögliche Komplikationen der Stentversorgung

1.5.1 Endoleak

Ein Blutfluss zwischen verletzter Aortenwand und Stent wird als Endoleak bezeichnet.

Das Auftreten von Endoleaks kann zum einen zeitlich in primäre und sekundäre Endoleaks unterteilt werden. Als primäre Endoleaks werden Endoleaks bezeichnet, welche unmittelbar nach der Stentgraftversorgung auftreten. Ein sekundärer Endoleak ist ein im späteren Verlauf aufgetretene Pathologie.

Nach White & May unterscheidet man 5 Typen von Endoleaks:

- | | |
|--------|---|
| Typ I | Verankerungsleckagen, durch unzureichende Verankerung des Stent an den Landestellen (proximal und distal) |
| Typ II | Unterhaltener Blutfluss durch aortale Seitenäste mit retrograder Perfusion, z.B. Spinalarterien durch Blutdruckumkehr |

- Typ III Graftfehler – Desintegrität (z.B. bei Überlappungszone zweier Stents)
- Typ IV Leck durch Materialporosität
- Typ V Endotension: Vergrößerung des Aneurysmasacks ohne direkten Nachweis einer Leckage

1.5.2 Stentdysfunktion: Ermüdung Bruch, Wanderung, Kollaps

Stentdysfunktionen wie Stentkollapse sind v.a. durch die schwierige Anatomie des Aortenbogens der meist jungen Patienten begründet. Es findet sich ein relativ enger, steiler Aortenbogen, des Weiteren liegt die Verletzung typischerweise im Mittel 5,8mm zwischen der Aortenpathologie und dem Abgang der linken A. subclavia, so daß die proximale Landungszone direkt am Ostium der A. subclavia grenzt. Des Weiteren sind mögliche Stentkomplikationen Stentmigration und Stentbruch.

1.5.3 Komplikationen durch Überstenting der linken A. subclavia

Die traumatisch bedingte thorakale Aortenläsion liegt typischerweise im Mittel 5,8mm zwischen der Aortenverletzung und dem Abgang der linken A. subclavia, so daß die proximale Landezone direkt am Ostium der A. subclavia grenzt oder diese gar überstentet werden muss.

Das Überstenten der linken A. subclavia ist bei der endovaskulären Versorgung einer thorakalen Aortenruptur oft unumgänglich und wird bewusst in Kauf genommen. Um die Aortenläsion sicher mit einem Stent

zu versorgen benötigt man eine ausreichend unverletzte proximale Landungszone. Diese Zone sollte wenigstens 15mm betragen. Daher ist ein Überstenten der linken A. subclavia kein Versehen bzw. primär nicht als Komplikation zu werten, sondern Teil des Therapiekonzeptes [53,59]. Schließlich handelt es sich bei den Patienten mit traumatischer thorakaler Aortenruptur um lebensbedrohlich verletzte Menschen, welche eine Priorisierung der Verletzungen erfordern.

Beim Subclavian Steal Syndrom kann es bei körperlicher Betätigung des linken Armes zu einer Strömungsumkehr im Bereich der ipsilateralen A. vertebralis zugunsten des Armes und zu Lasten des Stromgebietes der A. vertebralis kommen. Symptome der vertebrobasilären Insuffizienz sind u.a. anfallsartiger Schwindel- und Bewußtseinsstörungen („drop attacks“).

Weitere Komplikationen ergeben sich aus vorher angelegten Revaskularisationen bzw. Gefäßoperationen wie bestehendem koronarem LIMA-Bypass, Shuntarm links, sowie Vorhandensein eines axillofemorale Bypasses links. Durch das Ausschalten der linken A. subclavia resultieren im schlimmsten Fall eine fatale lebensbedrohliche koronare Minderperfusion sowie Shunt Dysfunktion bzw. kritischer Ischämie des linken Beines. Bei einer solchen Ausgangslage sollte eine primäre Revaskularisation der linken A. subclavia angestrebt werden [49,53,67].

1.6 Arterielle Versorgung des zentralen Nervensystems und spinale Ischämie

Die Durchblutung des Rückenmarkes unterliegt beim Menschen einer hohen Variabilität, mit all den klinischen Konsequenzen bei operativen Eingriffen der thorakalen und abdominalen Aorta. Insbesondere dann, wenn im Alter durch atherosklerotische Veränderungen das System weiter geschwächt ist [35].

Die arterielle Versorgung des Rückenmarks erfolgt durch ein intrinsisches und extrinsisches System. Das intrinsische System bilden die längs verlaufenden Gefäße. Darunter zählt die unpaare A. spinalis anterior und die beiden paarigen Aa. Spinales posteriores, welche alle aus den Aa. vertebrales entspringen. Die segmentale (transversale) Versorgung erfolgt aus Ästen der Intercostalararterien. Diese Aa. Spinales, welche das extrinsische System darstellen, teilen sich in eine A. radicularis anterior und posterior. Zwischen den beiden Systemen besteht eine Kollateralisierung.

Die Länge des eingebrachten Stentes in die thorakale Aorta hat einen Einfluss auf die spinale Durchblutung. Je länger der Stent, desto höher die Wahrscheinlichkeit einer Kompromittierung der spinalen Durchblutung.

Eine perioperativ bestehende Hypotension ist ein Risikofaktor für das Auftreten einer Paralyse [9, 36, 86] und bedeutet einen schwierigeren Zugang zu den Femoralgefäßen [70]. Aus diesen Gründen wird empfohlen den systolischen Blutdruck nicht unter 90mmHg absinken zu lassen [37].

Ein erhöhtes Risiko für das Auftreten einer spinalen Ischämie nach endovaskulären Eingriffen der thorakalen Aorta besteht weiterhin nach

stattgehabten operativen Eingriffen an der abdominellen Aorta, z.B. nach Aneurysmaausschaltungsoperationen [86]. Bei diesen operativen Eingriffen – ganz gleich ob endovaskulär oder offen - sind Lumbalarterien schon geopfert worden.

Auch Störungen der Thrombozytenfunktion durch Heparin (HIT), kardiale Rhythmusstörungen mit der Folge einer Embolisation in Spinalartieren sind weitere mögliche Ursachen einer spinalen Ischämie.

1.7 Aortoösophageale Fisteln

Als Ursachen aortoösophagealer Fisteln werden diskutiert:

Mechanische Verletzung der Aorta und Ösophaguswand durch den Stent, des Weiteren ischämische Nekrose des Ösophagus, Ausbildung eines Endoleaks mit Einbruch in den Ösophagus, Infekt des Stent.

1.8 Verletzungen im Bereich der Femoralgefäße

Die Stenteinlage bedarf der Freilegung der Femoralgefäße sowie ggf. der A. brachialis. Dadurch kann es zu Gefäßverletzungen bzw. Gefäßfolgen wie AV-Fistel, Stenose bzw. Aneurysmata kommen

1.9 Fragestellung

Anhand der gewonnen und untersuchten Daten des Ulmer Patientenkollektivs mit endovaskulär versorgten Aortenrupturen sollen folgende Fragen untersucht werden:

Wie sicher gestaltet sich die stentgestützte Versorgung einer traumatischen Aortenruptur?

Welche stentgraft-bedingte Komplikationen traten perioperativ auf?

Ist eine Überstentung der linken A. subclavia zur sicheren Fixierung des Stentgrafts unvermeidbar?

Ist eine Überstentung der linken A. subclavia gleichbedeutend mit einer klinisch relevanten Durchblutungsstörung des linken Armes?

Ist eine Revaskularisation der überstenteten linken A. subclavia stets durchzuführen? Ist ein ein- oder zweizeitiges Vorgehen zu favorisieren?

Kann man Cluster von klassischen Früh- von Spätkomplikationen unterscheiden?

Wie hoch ist die Rate an neurologischen Schäden auf Grund einer spinalen Ischämie?

Wie hoch ist die endovaskulär bedingte Mortalität?

Welche Verletzungsarten waren ursächlich für eine bleibende Einschränkung der Lebensqualität bzw. der Arbeitsfähigkeit?

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Während des Zeitraums von März 1999 bis Juni 2012 wurden in der Abteilung für Gefäßchirurgie an der Universität Ulm insgesamt 57 Patienten bei traumatisch bedingter thorakaler Aortenruptur mittels Stentgraft versorgt. 43 Männer und 14 Frauen wurden operativ versorgt. Die jüngste Patientin war 13 Jahre alt, der älteste Patient 84. Der Median liegt bei 37 Jahren. Zur ermittelnde Zielgrößen waren Therapieerfolg, Tod und Überleben.

Es handelt sich dabei hierbei um eine retrospektive Analyse einer prospektiv angelegten Datenbank. Basis der Datengewinnung und – Auswertung waren Patientenakten, Op-Berichte, Arztbriefe, radiologische Untersuchungen und der Dialog mit den Patienten

Die Erfassung der Daten erfolgte mit Hilfe von Excel (Microsoft) – Version 2010. Die Verteilung von stetigen Variablen, wie z.B. das Alter der Patienten wurde mit Median, Mittelwert und Standardabweichung beschrieben. Die grafische Darstellung erfolgte mittels Boxplots. Die erhobenen Daten wurden nicht nur deskriptiv dargestellt, sondern auch mittels des verbundenen Wilcoxon-Tests analysiert. Die Datenanalyse wurde mit Hilfe des Statistikprogrammes „WinSTAT für Excel“ [R. Fitch Software; D-79189 Bad Krozingen] durchgeführt

Folgende Tabelle fasst das Patientenkollektiv zusammen:

Tabelle 1: Patientenkollektiv traumatischer thorakaler Aortenrupturen 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

Nr	Geschlecht	Alter	Stentart	ISS	Komplikation
1	M	58	Gore Tag	k.A.	
2	M	28	Gore Tag	k.A.	
3	M	43	Medtronic Valiant Gore Tag	k.A.	Endoleak Typ 1
4	M	73	Gore TAG	k.A.	
5	W	18	Gore TAG	k.A.	
6	M	17	Gore TAG	k.A.	
7	W	32	Gore TAG	k.A.	
8	M	17	Gore TAG	k.A.	
9	M	42	Gore TAG	k.A.	
10	M	32	Gore TAG	k.A.	
11	W	12	Gore TAG	k.A.	
12	M	17	Gore TAG	k.A.	
13	M	24	Gore TAG	k.A.	
14	M	35	Gore TAG	k.A.	
15	M	49	Gore TAG	k.A.	
16	M	19	Gore TAG	k.A.	

Tabelle 1 (Fortsetzung): Patientenkollektiv traumatischer thorakaler Aortenrupturen 1999-2012;
Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

17	W	78	Cook Zenith	k.A.	
18	M	28	Gore TAG	k.A.	
19	M	18	Cook Zenith	41	
20	W	46	Cook Zenith	k.A.	
21	W	64	Cook Zenith	k.A.	
22	W	33	Gore TAG	k.A.	
23	W	23	Cook Zenith Optimed Sinus	k.A.	Stentkollaps
24	M	61	Medtronic Valiant	k.A.	
25	M	25	Medtronic Valiant	k.A.	
26	M	42	Medtronic Valiant	43	
27	M	56	Gore TAG	41	
28	M	67	Gore TAG Gore TAG	k.A.	Stentkollaps
29	M	44	Medtronic Valiant	k.A.	
30	M	51	Gore TAG	26	
31	W	59	Cook Zenith Gore TAG	33	Stentmigration (A. subclavia)

Tabelle 1 (Fortsetzung): Patientenkollektiv traumatischer thorakaler Aortenrupturen 1999-2012;
Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

32	M	57	Gore TAG	33	
33	W	76	Gore TAG	k.A.	
34	W	18	Gore TAG	50	
35	M	38	Medtronic Valiant	41	
36	M	37	Gore TAG	24	
37	M	24	Medtronic Valiant	24	
38	M	20	Medtronic Valiant	24	
39	M	26	Medtronic Valiant	29	
40	M	30	Medtronic Valiant	20	
41	W	61	Gore TAG	25	
42	M	27	Medtronic Valiant	29	
43	M	53	Gore TAG	29	
44	W	65	Gore TAG	24	
45	W	44	Gore TAG	33	
46	M	20	Gore TAG (2x) Optimed Sinus	20	Stentkollaps

Tabelle 1 (Fortsetzung): Patientenkollektiv traumatischer thorakaler Aortenrupturen 1999-2012;
Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

47	M	47	Medtronic Valiant	29	
48	M	28	Medtronic Valiant	21	
49	M	25	Medtronic Valiant Captivia	k.A.	
50	M	18	Gore C-TAG	k.A.	
51	M	47	Gore C-TAG	k.A.	
52	M	36	Gore C-TAG	k.A.	
53	M	19	Gore C-TAG	k.A.	
54	M	82	Medtronic Valiant	k.A.	
55	W	53	Medtronic Valiant	k.A.	
56	M	24	Medtronic Valiant	k.A.	
57	M	83	Medtronic Valiant	k.A.	

2.2 Traumascoring

Ein Polytrauma ist nach Tscherne ein Patient, welcher durch ein Trauma lebensgefährlich verletzt ist. Dabei ist unerheblich, ob die Gefährdung des

Lebens durch eine oder durch eine Kombination mehrerer Verletzungen bedingt ist.

Um die Schwere einer Verletzung einzuschätzen und zu beurteilen, wurden mehrere Traumascores entwickelt.

Dazu gehören u.a. die Glasgow Coma Scale (GCS) und der Injury severity score (ISS).

Glasgow Coma Scale [GCS]

Dieser kann Werte zwischen 3 und 15 Punkte umfassen. Es handelt sich um einen Score, welche das Ausmaß eines Schädel-Hirntraumas messen soll. Dabei werden folgende Punkte abgefragt:

- verbale Reaktion
- motorische Reaktion
- Augen öffnen.

Die GCS hat auch als Teilaspekt in anderen Traumascores Eingang gefunden. So finden wir diesen wieder im Mainz Emergency Evaluation Score sowie APACHE II Score. Die Glasgow Coma Scale ist Limitationen unterworfen. So werden ggf. Patienten mit schon vor dem Unfall bestehenden kognitiven Einschränkungen (z.B. geistige Behinderung, Demenz, kleine Kinder) falsch eingeschätzt. Daher wurden Modifikation der GCS etabliert, wie z.B. für Kinder <36 Monate (PGCS).

Injury severity score [ISS]

Dieser setzt sich aus der Quadratsumme von den 3 schwerstverletzten von insgesamt 6 Körperregionen zusammen. Die Punktermittlung der einzelnen Regionen erfolgt mit Hilfe der vereinfachten AIS. Nach AIS kann

für jede Region 1-6 Punkte vergeben werden (1= leichte Verletzung, 5 = kritische Verletzung, 6 = letale Verletzung).

Eine Körperregion der ISS umfasst dabei jeweils die dort anatomischen vorliegenden Strukturen, sei es knöchern, vaskulär oder parenchymatös.

Die 6 Körperregionen umfassen:

1. Head/Neck [Kopf/Hals]
2. Face [Gesicht]
3. Chest [Bruskorb/Zwerchfell/Rippen/Brustwirbelsäule]
4. Abdomen/pelvis contents [Verletzungen im Bauchraum/Becken und Lendenwirbelsäule]
5. Extremities/pelvic girdle [Verletzungen des knöchernen Becken/Extremitäten]
6. External [gesamter Hautweichteilmantel, Verbrennungen, Verkühlungen, Stromverletzungen, traumatische Verletzungen]

Der ISS kann Werte zwischen 0 und 75 annehmen. Ab einem ISS größer 16 spricht man von einem Polytrauma. Dieses sollte einem Traumacenter zugeführt werden. Es liegt eine positive Korrelation zwischen ISS-Wert und Mortalität/Morbidität vor. So sind Scores von 50 Punkten mit einer Letalität von 50%, Punktwerte über 70 mit einer nahezu 100% Letalität behaftet.

2.3 Diagnostik der akuten thorakalen Aortenruptur

Der Goldstandard der Diagnostik traumatischer Aortenrupturen stellt die Kontrastmittel-CT („Traumaspirale“) dar. Aufgrund der zu erwartenden Begleitverletzungen stellt die CT-Untersuchung zur Sicherung oder

Ausschluss einer traumatischen Aortenruptur sowie eine schnell durchführbare und verlässliche Methode zur Diagnostik sowohl knöcherner als auch viszeraler Organe dar. Zeichen einer Aortenruptur sind ein Kontrastmittelaustritt, intramurale Hämatome, Vorhandensein zweier Lumina sowie Wandflaps, welche in das Aortenlumen hineinragen. Dabei ist die CT-Untersuchung nicht nur unerlässlich zur Diagnostik, sondern auch in der Therapieplanung, v.a. auch im Hinblick auf die anzustrebende Versorgung mittels Stentgraft. Mittels CT-Diagnostik lassen sich weitere wichtige Fragen beantworten: Gibt es einen geeigneten Zugangsweg via Becken-/Femoralgefäße? Auf welcher Höhe findet sich die Aortenläsion? Besteht ein ausreichender Abstand zum Abgang der linken A. carotis communis? Muss die A. subclavia sicher überstentet werden? Die CT-Bilder werden im Anschluss weiterbearbeitet. Die Aorta wird gestreckt, eine virtuelle Mittellinie (Centerline) wird in das Lumen der Aorta gelegt. Nun lässt sich die Aorta in jedem Punkt orthogonal ausmessen. Dieser Vorgang ist Grundlage für den technischen Erfolg. Es lassen sich wichtige Landmarken wie proximale Landezone, Abstände von der Aortenläsion zu den supraaortalen Ästen abmessen sowie der Durchmesser der Aorta und den Zugangsgefäßen ausmessen, um die korrekte Größe des Stentgrafts zu identifizieren.

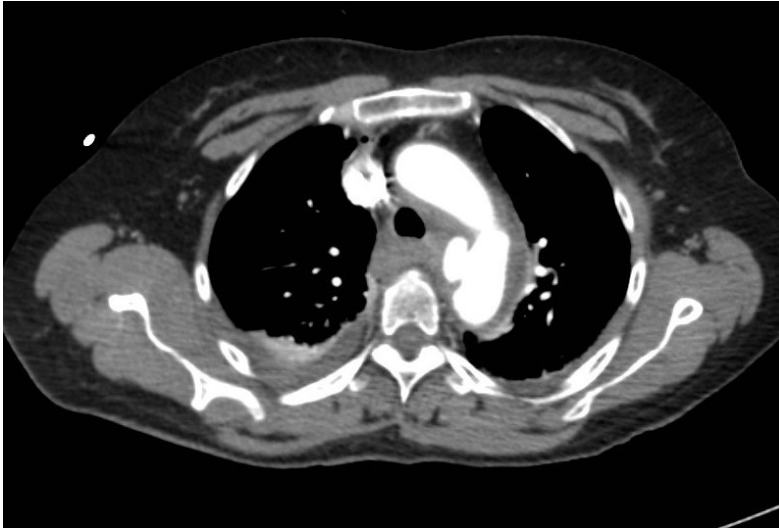


Abbildung 1: Schnittbilddiagnostik (Computertomographie) einer traumatischen Aortenläsion mit linksseitigem Hämatothorax; Universität Ulm



Abbildung 2: Computertomographie mit sichtbarer Aortenläsion (Pfeil) peripher der A. subclavia; Universität Ulm



Abbildung 3: sagittale Darstellung der traumatischen Aortenläsion mit eingefügter Mittellinie ("Centerline"). Oben im Bild sieht man den Referenzpunkt als zentrale Landezone (Pfeil), Universität Ulm

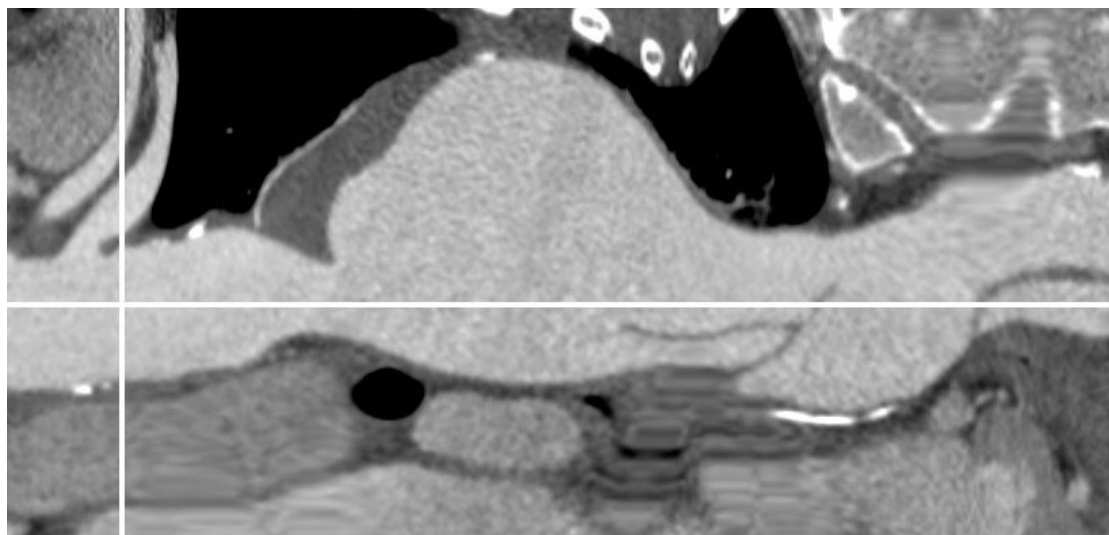


Abbildung 4: nochmalige Darstellung der thorakalen Aorta in der Schnittbilddiagnostik (Computertomographie), nun gestreckt, um die wahre Länge und Durchmesser zu bestimmen; Universität Ulm.

2.4 Technik der Stentgraftimplantation

Nach Vermessen der Aorta und Auswahl des geeigneten Stents erfolgte der Zugang zur Stentimplantation bei allen Patienten transfemoral. Der operative Eingriff wird folgendermaßen durchgeführt.

Der Patient befindet sich in Rückenlage in Allgemeinnarkose. Nach sterilem Abwaschen und Tuchabdecken erfolgt die Freilegung der rechten A. femoralis communis. Nach Punktion derselben wird ein Führungsdraht über eine Schleuse eingebracht (Terumo; Frankfurt) und unter Durchleuchtungskontrolle nach zentral über die Aortenläsion vorgeschoben, bis dieser sicher im Aortenbogen platziert ist. Über den platzierten weichen Führungsdraht wird nun ein Pigtail-Katheter in Seldinger Technik nach zentral bis in die Aorta ascendens eingebracht. Nach Initiation eines Atemstillstandes wird eine Angiographie durchgeführt, um die supraaortalen Äste eindeutig identifizieren zu können und eine Überstenten der linken A. carotis communis zu verhindern. Dabei wird der Aortenbogen in der sog. LAO (linksanterior) um ca. 25° gedreht. Über den liegenden Pigtailkatheter wird nun ein steifer Draht vorgeschoben und die 8-F-Schleuse gegen eine 27-F-Schleuse gewechselt. Über diese größere Schleuse wird die Stentprothese unter Durchleuchtungskontrolle vorgeschoben und schließlich auf der gewünschten Höhe freigesetzt. Im Anschluss erfolgt eine abschließende Kontrollangiographie. Die Läsion der A. femoralis communis nach Entfernen des Instrumentariums wird mittels einer nicht-resorbierbaren Naht verschlossen. Der Eingriff wird durch einen schichtweisen Wundverschluss terminiert.

Die gesamte applizierte Strahlendosis wird aufgezeichnet und dokumentiert.



Abbildung 5: intraoperative, angiographische Darstellung der Aortenläsion sowie des eingebrachten Stentgrafts; Universität Ulm

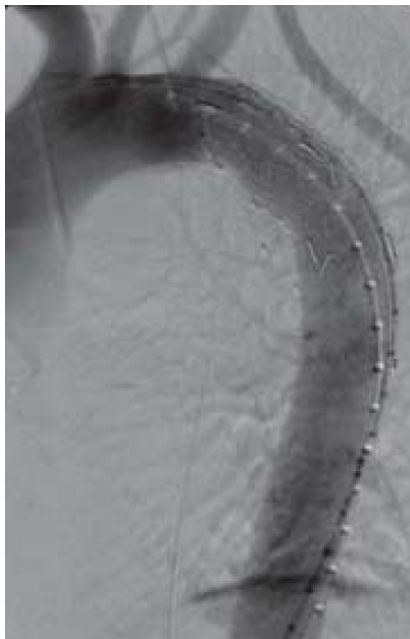


Abbildung 6: Intraoperativer Nachweis der erfolgreichen Ausschaltung der Ruptur mittels Prothese; Universität Ulm.

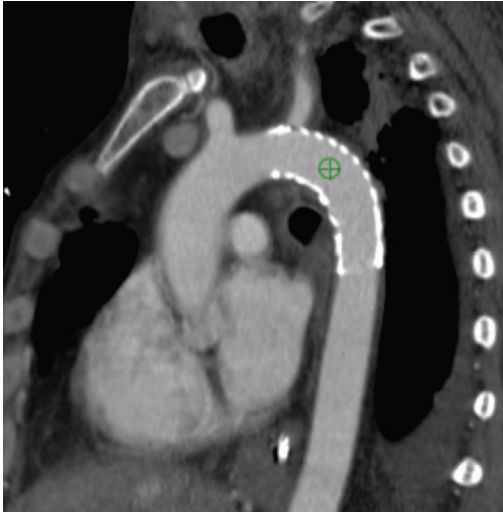


Abbildung 7: Postoperative Kontrolle mittels CT-Untersuchung: regelrechte Lage der Stentprothese, Universität Ulm

2.5 Verwendete Stentprothesen

Zur Ausschaltung der thorakalen Aortenläsionen wurden Stents von 4 unterschiedlichen Firmen verwendet. Im Einzelnen sind dies:

Gore TAG [W.L. Gore & Associates, Flagstaff, AZ, USA]

Der Gore TAG Stent besteht aus einem Polytetrafluorethylen Schlauch (ePTF), welcher auf der äußeren Oberfläche mit einem Nitinol Drahtgeflecht verstärkt ist. Eine Weiterentwicklung stellt der conformable Gore TAG (cTAG) dar, welcher seit 2012 nun auch für traumatische Aortenrupturen zugelassen ist. Ihn gibt es in verschiedenen Größen (21-45mm), so dass Aortendurchmesser zwischen 16 und 42mm therapiert werden können.

Abbildung 8: Stentgraft Gore TAG®

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Cook Zenith [Cook medical Inc., Bloomington, IN, USA]

Es handelt sich dabei um eine einteilig zylindrische Prothese aus Edelstahl. Diese ist mit Polyester ausgekleidet. Proximal und distal finden sich Widerhaken, welche eine bessere mechanische Verankerung im Bereich der Aortenwand garantieren soll. Eine Weiterentwicklung stellt der Zenit TX2 mit Pro-Form dar, welcher ein besseres Anmodellieren, insbesondere im Bereich der spitzwinkligen Aortenbögen jüngerer Menschen verspricht. Der Stent wird in Größen von 28-42mm – jeweils in 2mm Schritten - angeboten.

Abbildung 9: Stentgraft Cook Zenith®

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Sinus Optimed [OptiMed, Med. Instrumente GmbH, Ettlingen, Deutschland]

Der Sinus Optimed Stent besteht aus einer Nickel-Titan Legierung. An den Enden finden sich röntgensichtbare Markierungen aus Tantal, je 3 Marker proximal und 4 Marker distal), um ihn bei Nachuntersuchungen gut zu lokalisieren. . Der Stent wird in Größen [Durchmesser] von 16-36mm – jeweils in 2mm Schritten –und unterschiedlichen Längen [30-100mm] angeboten. Es ist ein selbstexpandierbarer Stent, welcher nur aus einem Drahtgerüst besteht. Dieses Gerüst ist nicht wie bei den anderen verwendeten Stents ummantelt („gecovert“), so dass dieser Stent nur zur Revision von schon eingesetzten kollabierten Stents eingesetzt wurde.



Abbildung 10: Stentgraft Sinus optimed®

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Valiant – Medtronic [Medtronic Vascular, Inc., Santa Rosa, CA, USA]

Ein aus Polyester ummantelter Stent mit Nitinol-Fadenstruktur, in den Größen 22-46mm erhältlich [in 2mm Schritten].



Abbildung 11: Stentgraft Valiant® Medtronic;

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

2.6 Follow up

Das Patientenkollektiv wurde nach einem fixen Schema nachuntersucht. Neben dem postoperativen Follow-up innerhalb der ersten Woche nach der Stentgraftversorgung, erfolgten weitere Nachuntersuchungen in einem Abstand von 3, 6 und 12 Monaten. Waren bei diesen Nachuntersuchungen keine Auffälligkeiten zu verzeichnen gewesen, wurden die Patienten im Anschluss jährlich untersucht.

Inhalt der Nachuntersuchungen waren neben der Anamnese die klinische Untersuchung sowie bildgebende Maßnahmen. Es erfolgte eine Befragung bezüglich Lebensqualität, Einschränkungen im Berufs- bzw. Alltagsleben. Die klinische Untersuchung umfasste die Erhebung des neurologischen Status sowie Zeichen einer Minderperfusion der oberen Extremität durch Bestimmung der arteriellen Doppler-Verschlussdrücke. Bildmorphologisch wurde eine CT-Angiographie herangezogen, um die korrekte Lage des Stentgraftes bzw. Komplikationen, welche noch klinisch inapparent waren, rechtzeitig zu erkennen bzw. eine Progression zu identifizieren. Neben CT-Angiographien wurden z.T. auch additive Schnittbilddiagnostik wie MRT bzw. MRT-Angiographien durchgeführt. Konventionelle Röntgen-Thorax Aufnahmen in 2 Ebenen sollten eine Materialermüdung durch Strebenbrüche des Metallgitters bzw. eine Migration der Endoprothese frühzeitig erkennen.

3 Ergebnisse

3.1 Geschlechts- und Altersverteilung des Patientenkollektivs

Von den insgesamt 57 untersuchten Patienten waren 43 Männer und 14 Frauen, was einer Aufteilung $\frac{3}{4}$ zu $\frac{1}{4}$ bedeutet. Das Lebensalter reicht von 13 bis 84 Jahre.

Insgesamt zeigt sich ein gehäuftes Auftreten bei jüngeren Patienten. So waren 24 Patienten höchstens 30 Jahre alt, was 42% entspricht. 12 Patienten waren gar jünger als 20 Jahre, entsprechend 21% des Gesamtkollektivs.

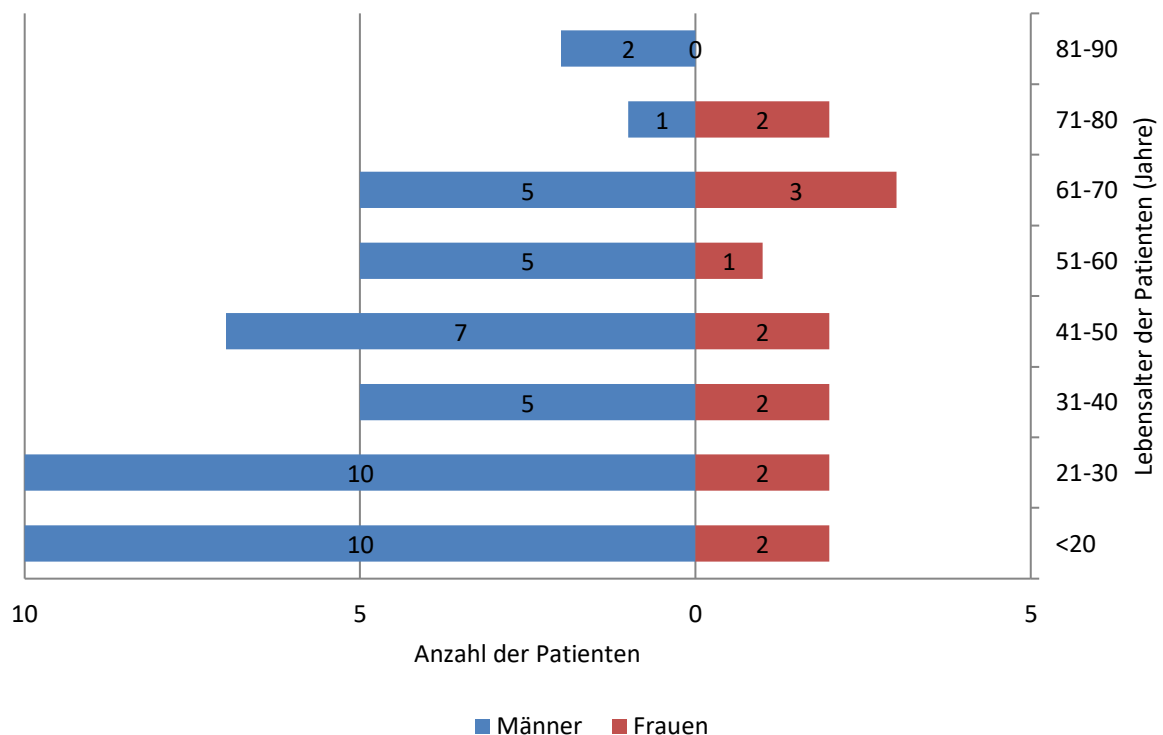


Abbildung 12: Verteilung des Patientenkollektivs traumatischer thorakaler Aortenrupturen 1999-2012; nach Geschlecht und Alter; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

3.2 Altersverteilung in Abhängigkeit der Genese des Unfalles

Das Hauptkollektiv der Patienten besteht aus Opfern von Verkehrsunfällen. Diese sind im Verhältnis zu der Gruppe der „nicht-Verkehrsunfällen“ deutlich jünger. Dabei zeigt sich ein deutlicher Alterspeak der mit einem Fahrzeug verunfallten zwischen dem 20. und 30.

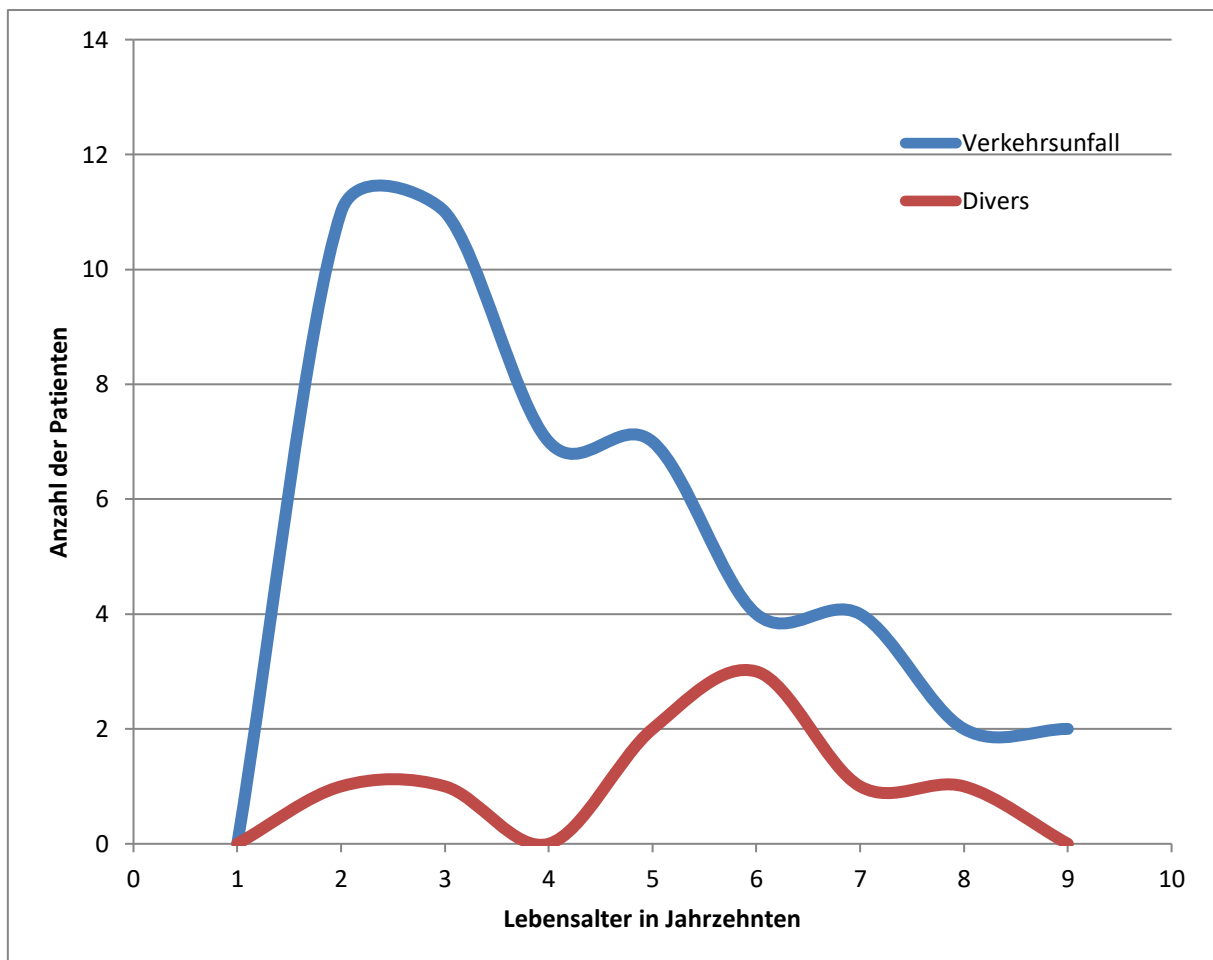


Abbildung 13: Altersverteilung der Patienten in Abhängigkeit der Unfallursache Patientenkollektiv: traumatische thorakale Aortenrupturen 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

3.3 Follow up

Insgesamt verstarben 5 Patienten im Nachbetrachtungsraum, 3 unmittelbar postoperativ. 2 Weitere verstarben an einer anderen Erkrankung, welche nicht mit dem erlittenen Unfallereignis in Verbindung gebracht werden kann.

Die mittlere Dauer der Nachbetrachtung liegt bei derzeit 7 Jahren (Stand 03/2013).

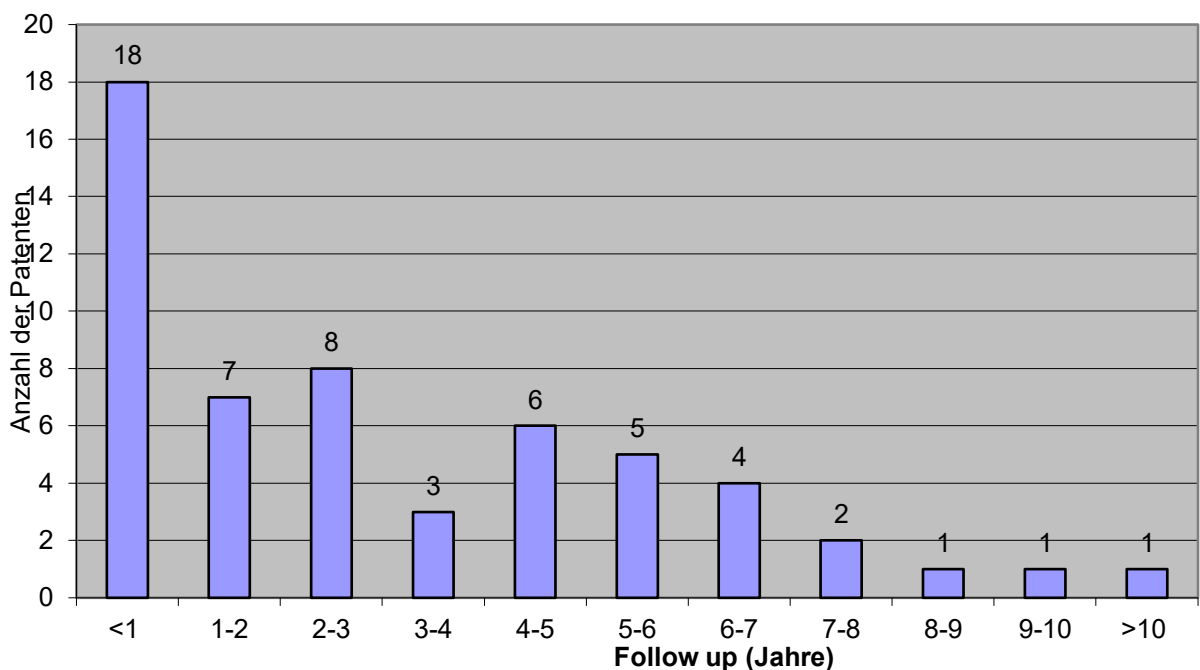


Abbildung 14: Follow-up in Jahren; insgesamt 56 Patienten mit traumatischen thorakalen Aortenrupturen 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie. Das Follow-up bestand aus einer klinischer Untersuchung sowie einer Schnittbilddiagnostik (Computertomographie oder Kernspintomographie) und erfolgte zunächst 3, 6 und 12 Monaten nach dem Unfall und bei unauffälligem Befund alle 2 Jahre.

3.4 Traumascoring

Injury Severity Score (ISS)

Von den 57 Patienten wurde bei 21 Patienten der ISS-Wert bestimmt, dies entspricht 36,8%. Die Bestimmung des Score war zu Beginn der Traumaversorgung nicht in den Schockraumalgorithmus implementiert, so dass nicht das gesamte Patientenkollektiv in diese Erfassung eingehen konnte.

Die Spanne der ISS-Werte reichte von 20 – 50. Der Mittelwert lag bei 30,4; der Median bei 29 (n=21)

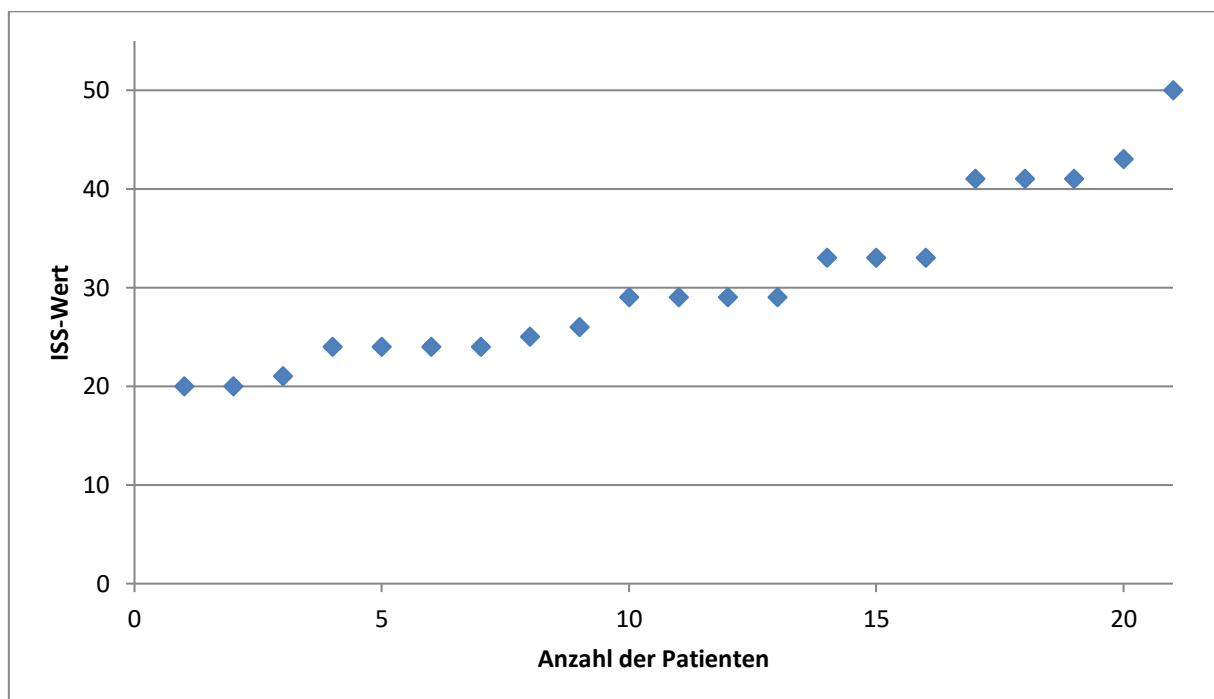


Abbildung 15: Verteilung der ISS-Werte ; bei 21 Patienten mit traumatischen thorakalen Aortenrupturen 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

Glasgow Coma Scale (GCS)

Von 52 Patienten konnte der GCS-Wert ermittelt werden, dies entspricht 91% des untersuchten Patientenkollektivs. Die Spanne der GSC-Werte reichte von 3-15. Der Median lag bei 15.

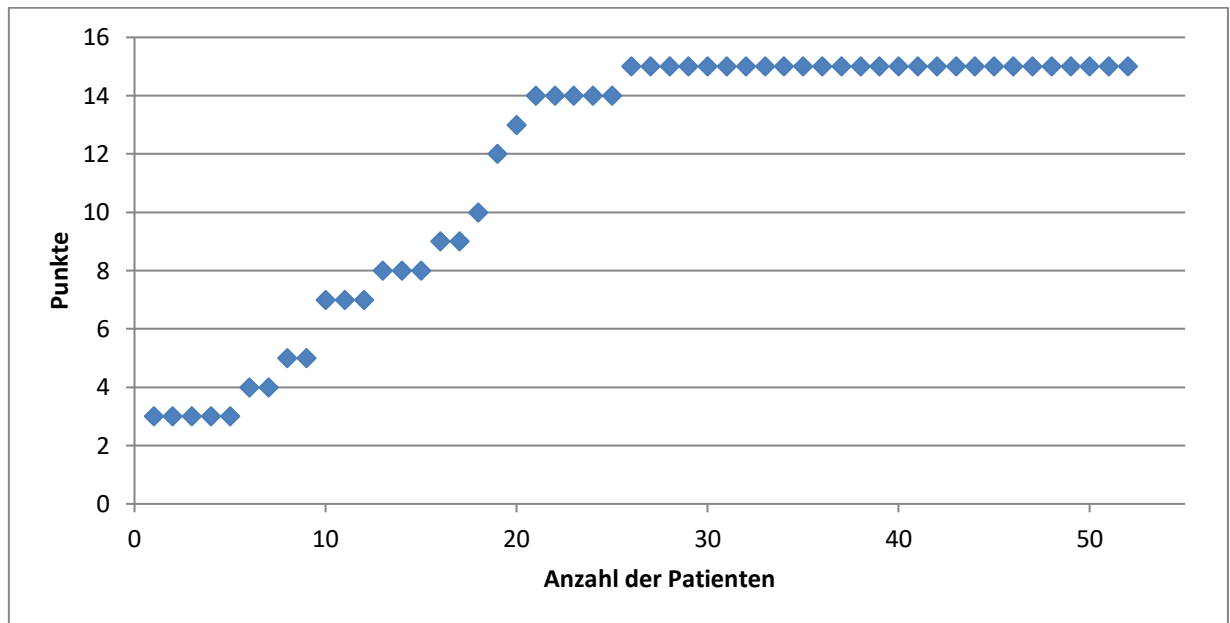


Abbildung 16: Verteilung der Punktwerte der Glasgow Coma Scale bei 52 Patienten mit traumatischen thorakalen Aortenrupturen 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

American Society of Anesthesiologists (ASA)

Von 52 Patienten konnte der ASA-Wert ermittelt werden, dies entspricht 91% des untersuchten Patientenkollektivs. Die Spanne der ASA-Werte reichte von 3-4. Der Median lag bei 3,5.

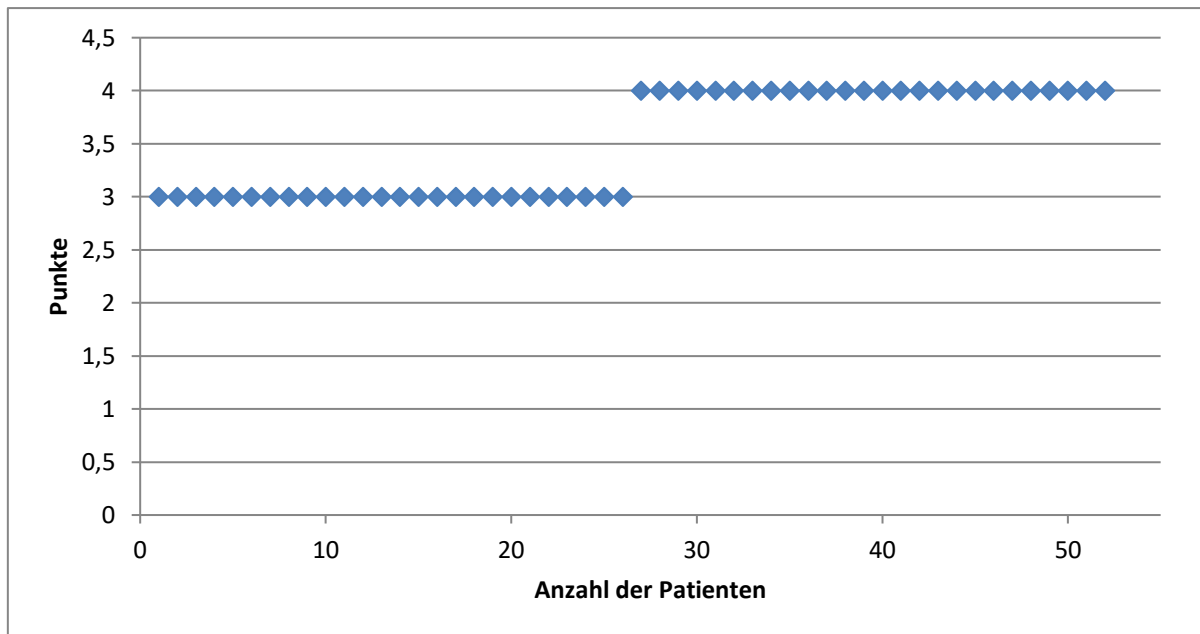


Abbildung 17: Verteilung der ASA-Werte bei 52 Patienten mit traumatischen thorakalen Aortenrupturen 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

3.5 Unfallmechanismus

Die Mehrzahl der Patienten – insgesamt 47 - war mit ihrem Fahrzeug (PKW, Motorrad) in einen Unfall verwickelt. Dies entspricht 86%.

2 Fußgänger erlitten eine Aortenläsion als sie angefahren wurden. Bei 6 Patienten war die Ursache ein Sturz aus großer Höhe, 5 davon in suizidaler Absicht. Ein Patient wurde von einem Stier angegriffen, ein weiterer in eine Maschine eingeklemmt.

Tabelle 2: Ursachen der traumatischen Aortenverletzung; insgesamt 57 Patienten, Zeitraum: 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

Unfallmechanismus	Anzahl
PKW	32
Motorrad	15
Fußgänger	2
Sturz aus großer Höhe	6
Divers	2

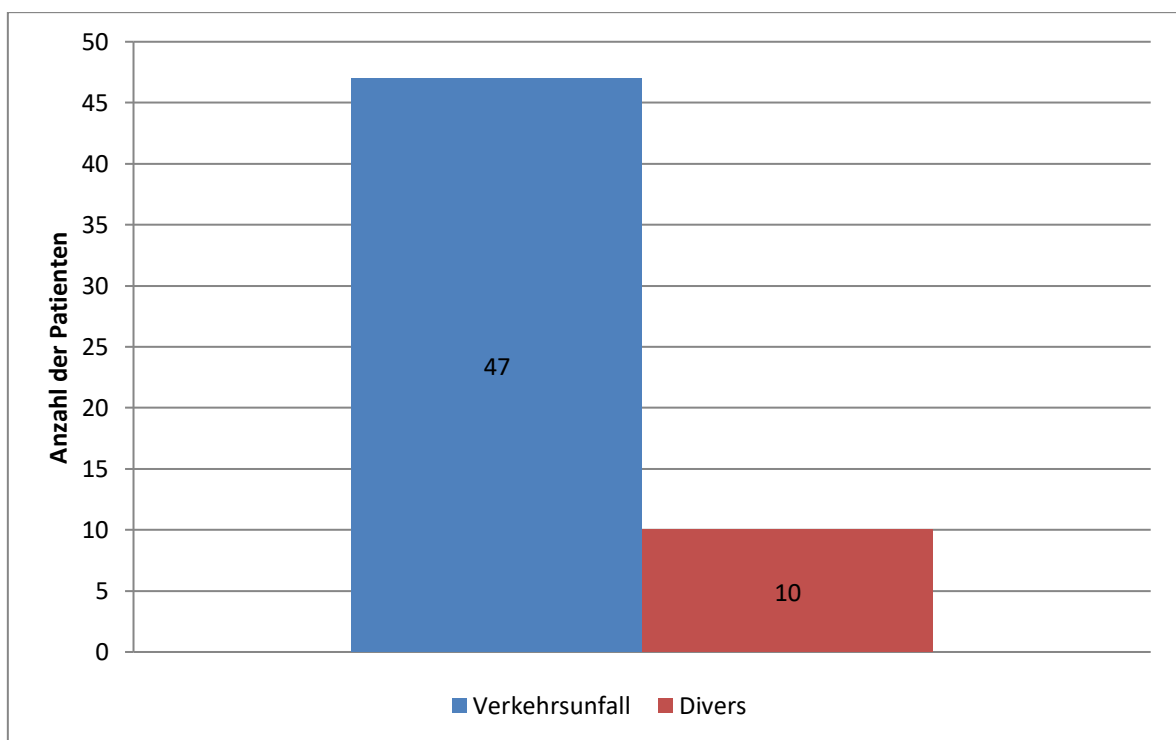


Abbildung 18: Unfallmechanismen der traumatischen Aortenverletzung; insgesamt 57 Patienten, Zeitraum: 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

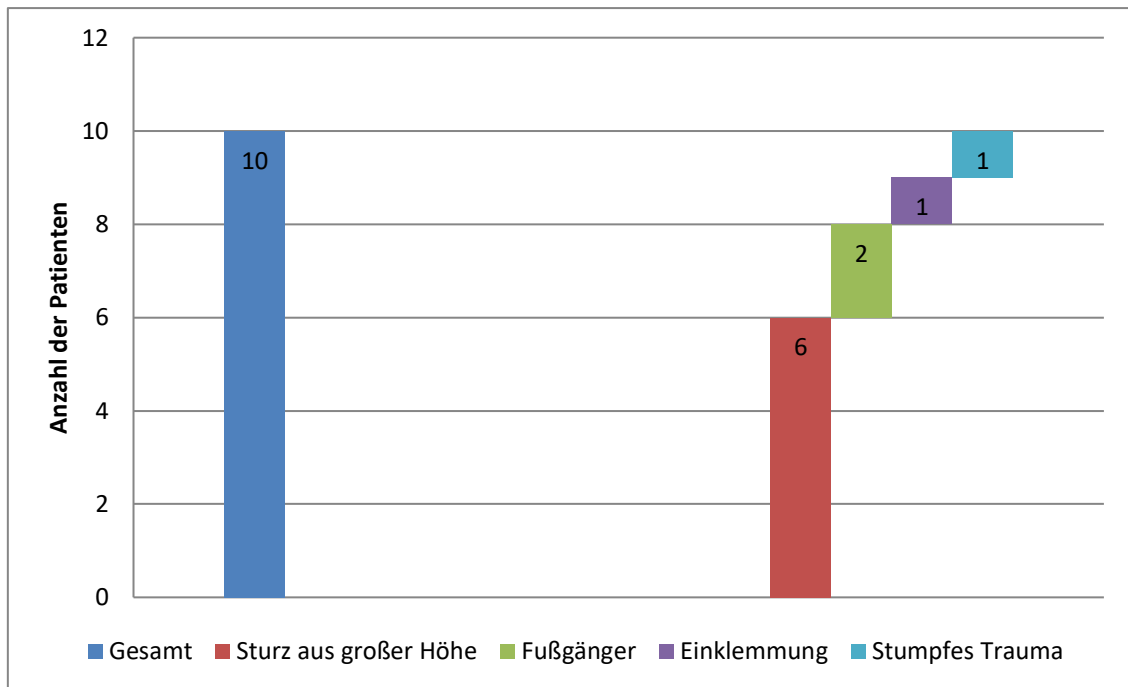


Abbildung 19: Differenzierte Aufteilung der nicht in einen Verkehrsunfall verwickelten Patienten mit thorakaler Aortenruptur; insgesamt 10 Patienten, Zeitraum: 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

3.6 Begleitverletzungen

Die verunfallten Patienten wiesen komplexe Verletzungsmuster auf. Isolierte Thoraxtraumen waren nicht vorhanden. Verletzungen des Thorax waren führend, gefolgt von Frakturen und Verletzungen des Abdomens. Solitäre Verletzungen des Thorax lagen nie vor. Bei den verunfallten Patienten handelte es sich somit immer um polytraumatisierte Menschen. Dies kommt in den ermittelten Traumascores deutlich zum Ausdruck. So lag der Median des ISS-Wert bei 29, der mediane ASA-Wert bei 3,5.

Tabelle 3: Begleitverletzungen von Patienten mit thorakaler Aortenruptur; Mehrfachnennung möglich;
Zeitraum: 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

	Patientenanzahl	Prozent
Lunge (Kontusion, Pneumo(hämato)thorax	40	70,18
SHT (Blutung, Kontusion)	12	21,05
Beckenfraktur	22	38,60
Fraktur Röhrenknochen	30	52,63
Rippenfraktur	29	50,88
Sternumfraktur	5	8,77
Knöcherne Gesichtsverletzungen	8	14,04
Clavikulafraktur	6	10,53
Skapulafraktur	7	12,28
Fraktur Os sacrum	5	8,77
Knöcherne Wirbelsäulenverletzungen	12	21,05
Verletzungen Abdomen/Retroperitoneum	39	68,42
Verletzung Zwerchfell	2	3,51
Verletzung periphere arterielle Gefäße	1	1,75
Verletzungen Mediastinum (Kontusion, Blutung)	8	14,04
Neurologische Ausfälle	5	8,77
Verletzung Harnröhre	1	1,75

3.7 Verwendete Stentgrafttypen

Wir verwendeten Endoprothesen von 4 unterschiedlichen Herstellern.
Im einzelnen sind dies:

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| • W.L. Gore & Associates | Gore TAG® |
| • Medtronic Vascular | Medtronic Valiant® |
| • Cook medical | Cook Zenith® |
| • Sinus Optimed | OptiMed® |

Hauptsächlich kamen Stentgrafts der Hersteller Gore und zuletzt zunehmend von Medtronic zum Einsatz.

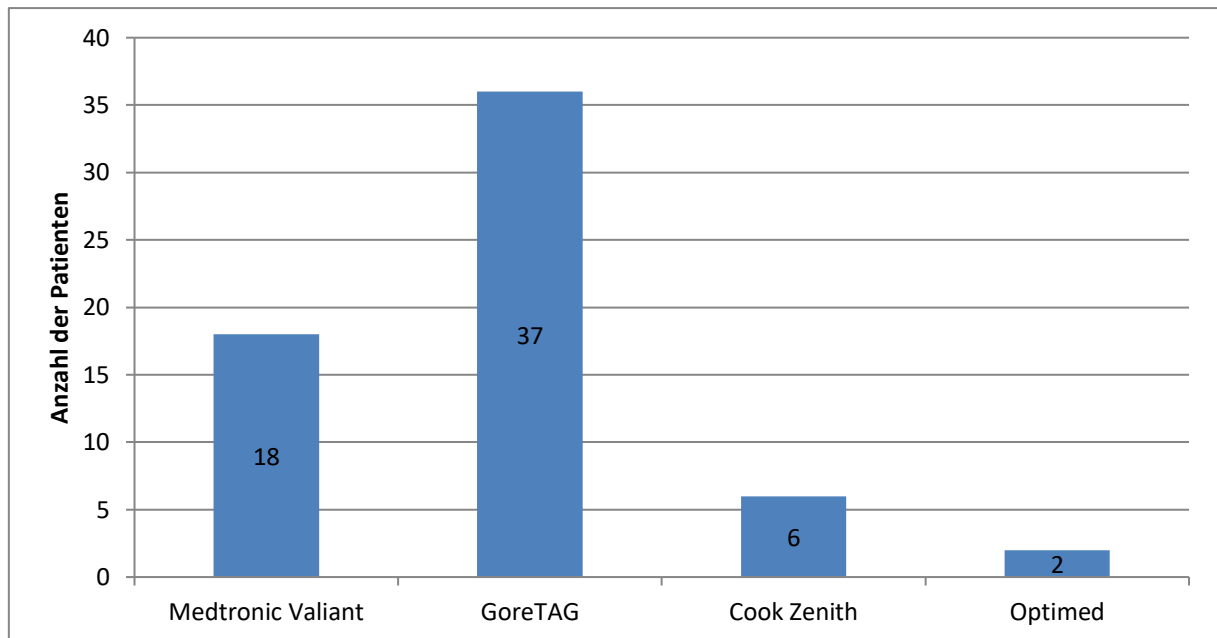


Abbildung 20: Anzahl der verwendeten Stentprothesen (n=63) bei Patienten mit thorakaler Aortenruptur. Bei 4 Patienten wurden mehrere Stents appliziert. Zeitraum: 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

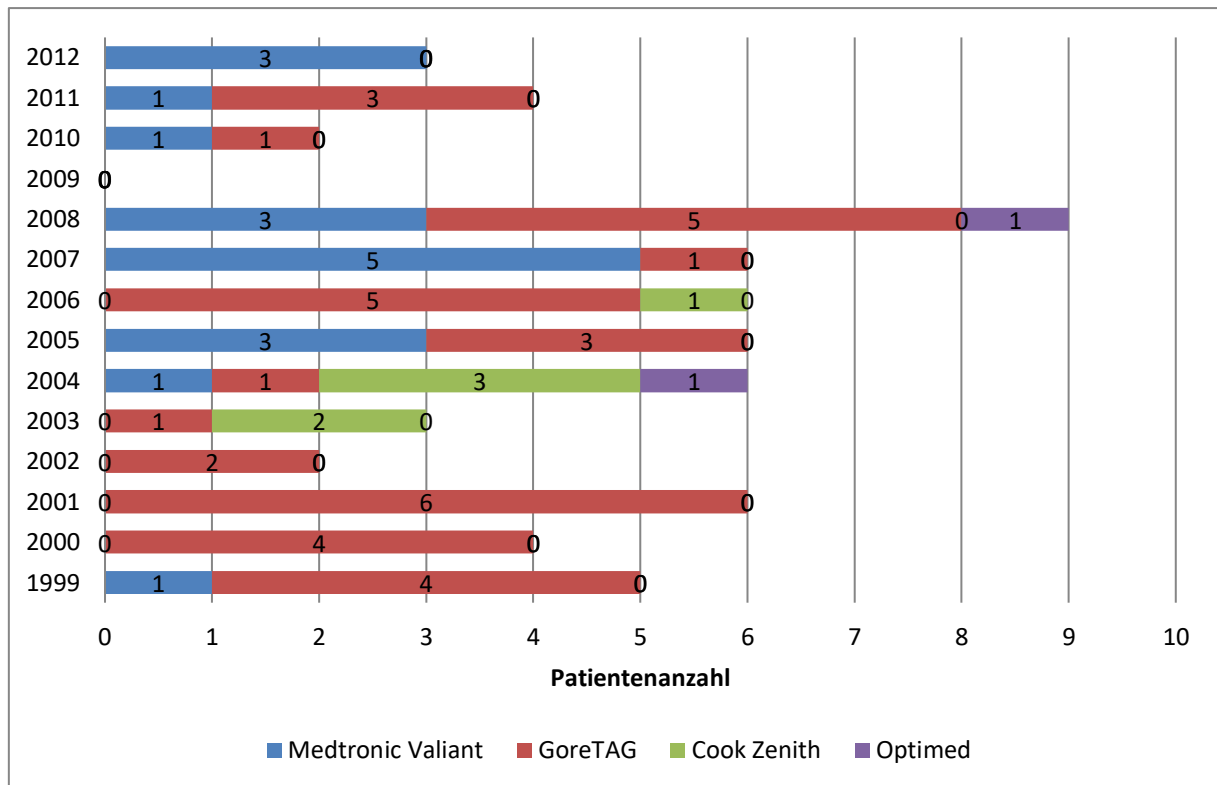


Abbildung 21: Absolute Verteilung der Endoprothesen im Zeitraum 1999-2012 bei Patienten mit thorakaler Aortenruptur; Zeitraum: 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

3.8 Primäre Erfolgsrate

Die primäre Erfolgsrate bzgl. der Stenting von traumatischen thorakalen Aortenaneurysmen lag bei 100%. Dies bedeutet, daß in der intraoperativ durchgeführten Angiographie alle Aortenläsionen sich als sicher abgedichtet darstellten, somit keine Konversion zur offenen Versorgung vorgenommen werden musste und dass sämtliche Patienten den operativen Eingriff primär überlebten.

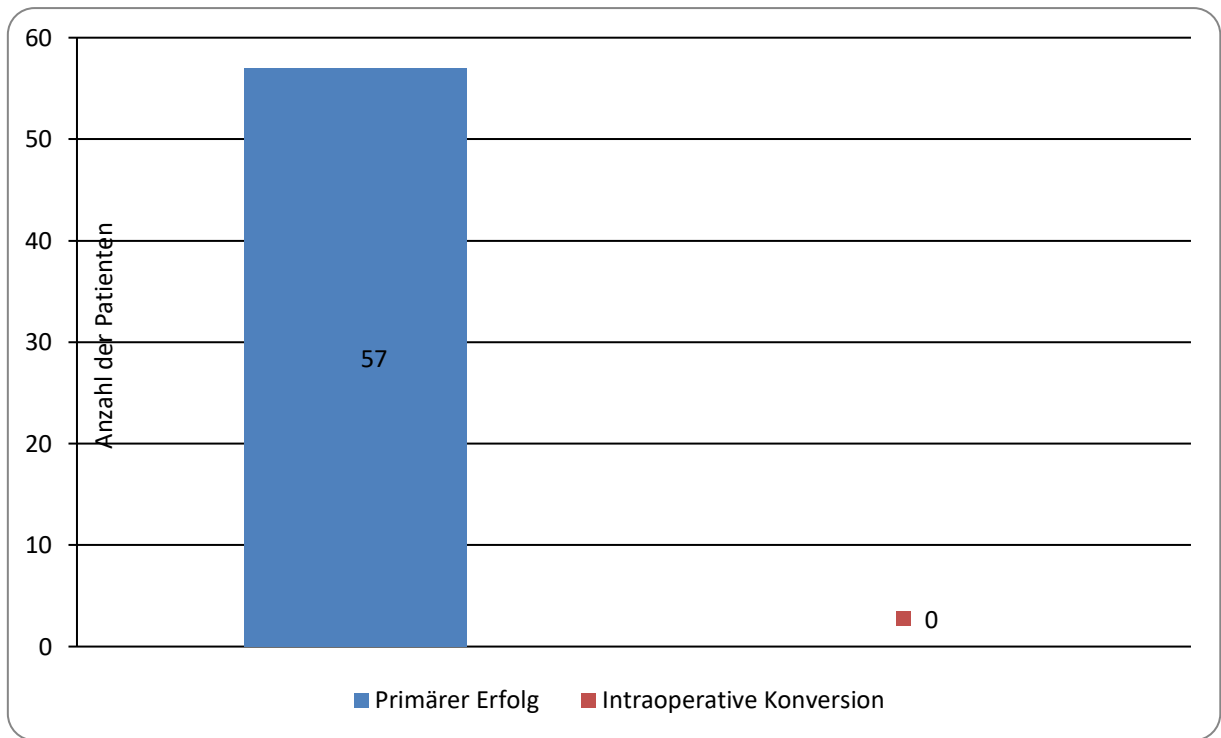


Abbildung 22: Primäre Erfolgsrate nach endovaskulärer im Zeitraum 1999-2012 bei Patienten mit thorakaler Aortenruptur; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

3.9 Komplikationen der endovaskulären Versorgung

Die in unserem Patientengut aufgetretenen Komplikationen der endovaskulären Versorgung lassen sich in 3 große Blöcke unterteilen:

1. Negative Konsequenzen wegen Überstenten der linken A. subclavia im Sinne von Claudicatiobeschwerden und Subclavian steal syndrom des linken Arms
2. Stentmigration
3. Stentkollaps.
4. Spinale Ischämie - Paralyse

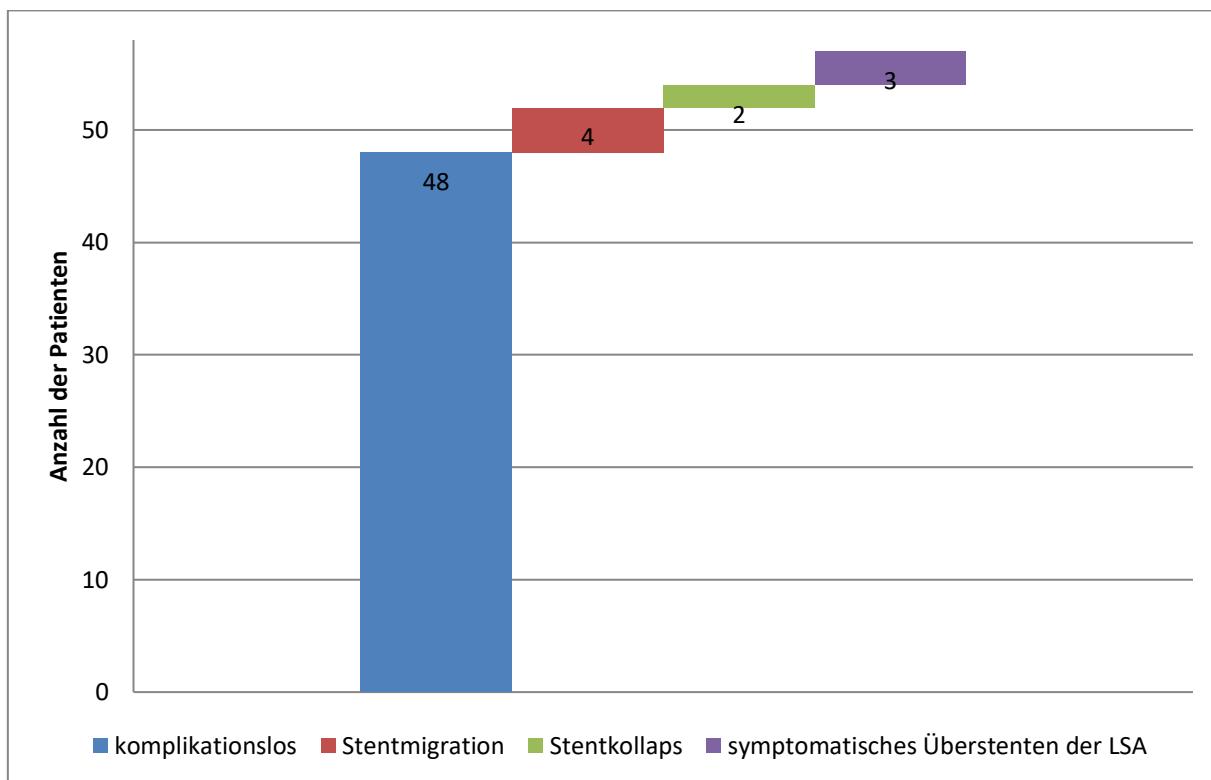


Abbildung 23: Postoperative Komplikationen nach endovaskulärer Therapie im Zeitraum 1999-2012 bei Patienten mit thorakaler Aortenruptur; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

Tabelle 4: Komplikationen der endovaskulären Versorgung im Zeitraum 1999-2012 bei Patienten mit thorakaler Aortenruptur; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

	Stenttyp	Komplikation	Auftreten (d)	Intervention	Jahr
1	Gore TAG 28-100mm	Distale Migration	Intraoperativ	Re-Stenting	1999
2	Medtronic Valiant 36-98mm	Distale Migration	Intraoperativ	Re-Stenting	1999
3	Cook Zenith 26-136	Distale Migration	Intraoperativ	Re-Stenting	2006
4	Gore TAG 20-116mm	Distale Migration	Intraoperativ	Re-Stenting	2006
5	Cook Zenith 26-138mm	Stentkollaps	43	PTA / Stent	2004
6	Gore TAG 28-100mm	Stentkollaps	32	PTA / Stent	2008
7	Medtronic Valiant 32-100mm	Subclavian steal	76	Transposition	2004
8	Gore TAG 28-100mm	Claudicatio Arm li	115	Konservativ	2001
9	Medtronic Valiant 24-100mm	Claudicatio Arm li	72	konservativ	2005

Im Gesamten verzeichnen wir 9 komplikative Fälle von insgesamt 57 versorgten Patienten. Dies entspricht einem Prozentsatz von 16%, wobei leichte Komplikationen von potentiell lebensbedrohlichen zu unterscheiden sind. Von den 9 Komplikationen konnten 8 zügig und erfolgreich gelöst werden. Letztendlich verbleibt eine tödlich verlaufende Komplikation. Dies entspricht 1,75% (1/57).

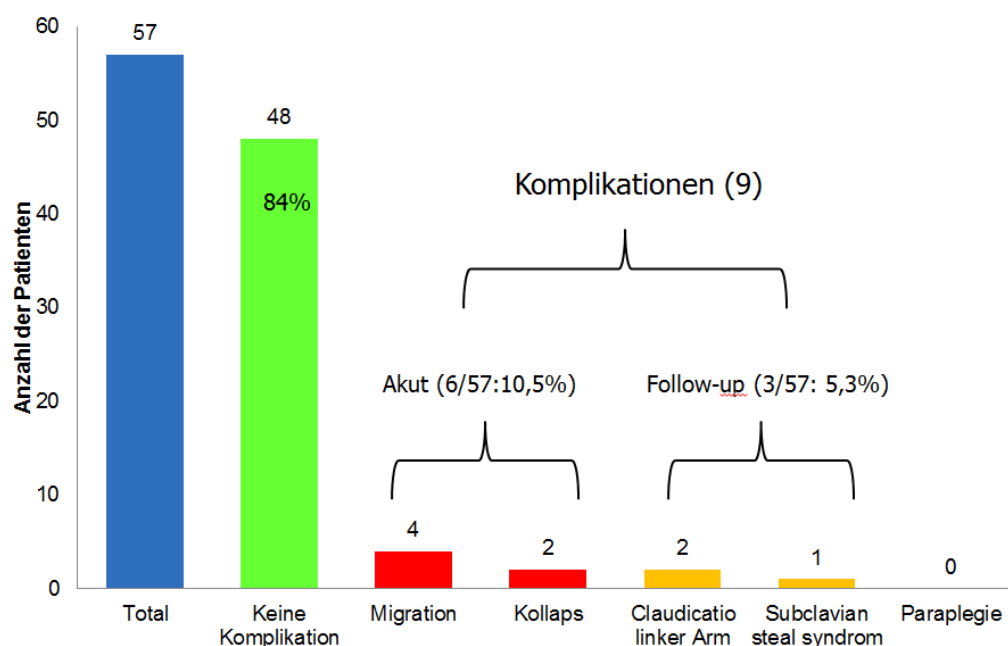


Abbildung 24: Postoperativ aufgetretene Komplikationen nach endovaskulärer Therapie im Zeitraum 1999-2012 bei Patienten mit thorakaler Aortenruptur; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

Die akut aufgetretenen Komplikationen waren auch die am bedrohlichsten. Darunter werden Stentmigration und Stentkollaps subsummiert. Insgesamt mit 6 solchen akuten lebensbedrohlichen Komplikationen wurden wir konfrontiert. Im Intervall traten bei 3

Patienten Beschwerden im Sinne einer Claudicatio des linken Armes bzw. eines Subclavian steal Syndrom auf. Dies ist auf das Überstenten der linken A. subclavia zurückzuführen.

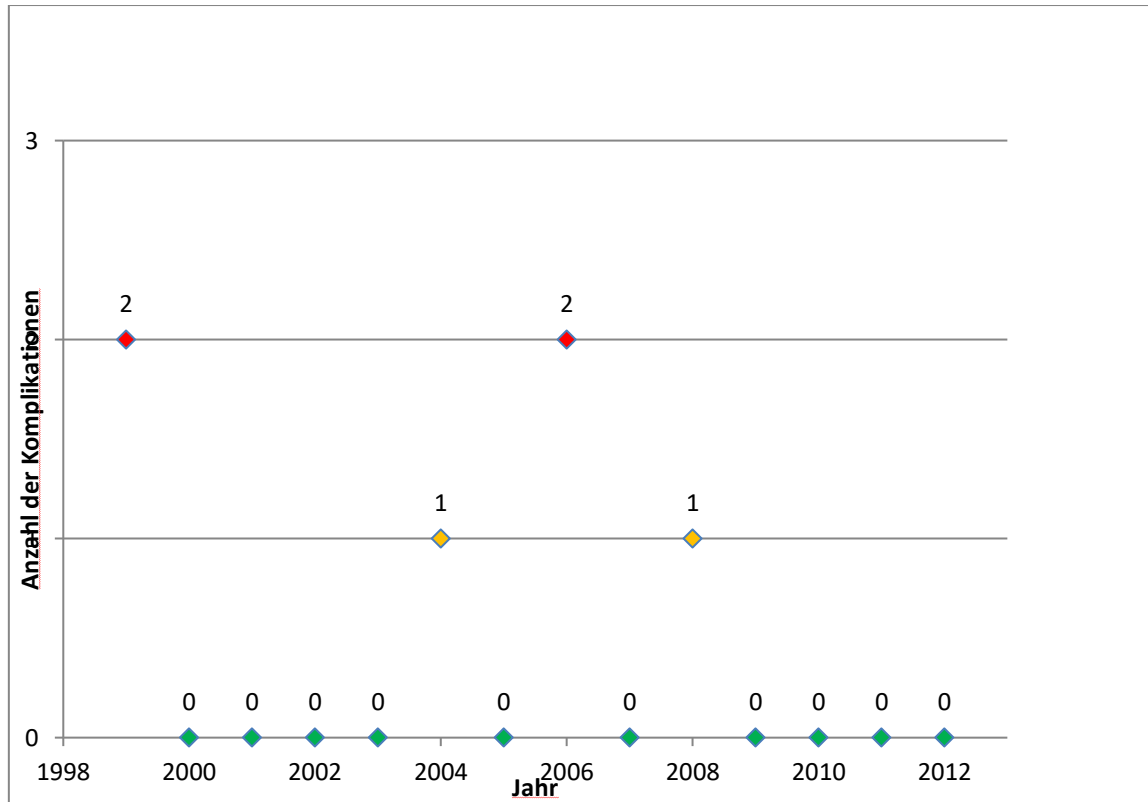


Abbildung 25: Anzahl der lebensbedrohlichen Komplikationen in Abhängigkeit des Jahres nach endovaskulärer Therapie im Zeitraum 1999-2012 bei Patienten mit thorakaler Aortenruptur; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie.

0: Kein Patient erlitt eine lebensbedrohliche Komplikation nach Stentgraftimplantation im betreffenden Zeitraum (Jahr)

1: Ein Patient erlitt eine lebensbedrohliche Komplikation nach Stentgraftimplantation im betreffenden Zeitraum (Jahr)

2: Zwei Patienten erlitten eine lebensbedrohliche Komplikation nach Stentgraftimplantation im betreffenden Zeitraum (Jahr)

Die akut lebensbedrohlichen Komplikationen – insgesamt 6 an der Zahl – ereigneten sich bis zum Jahre 2008. Seit 2008 sind solche z.T. fatalen Ereignisse nicht wieder aufgetreten.

3.9.1 Komplikation der endovaskulären Versorgung: Subclavian Steal Syndrom.

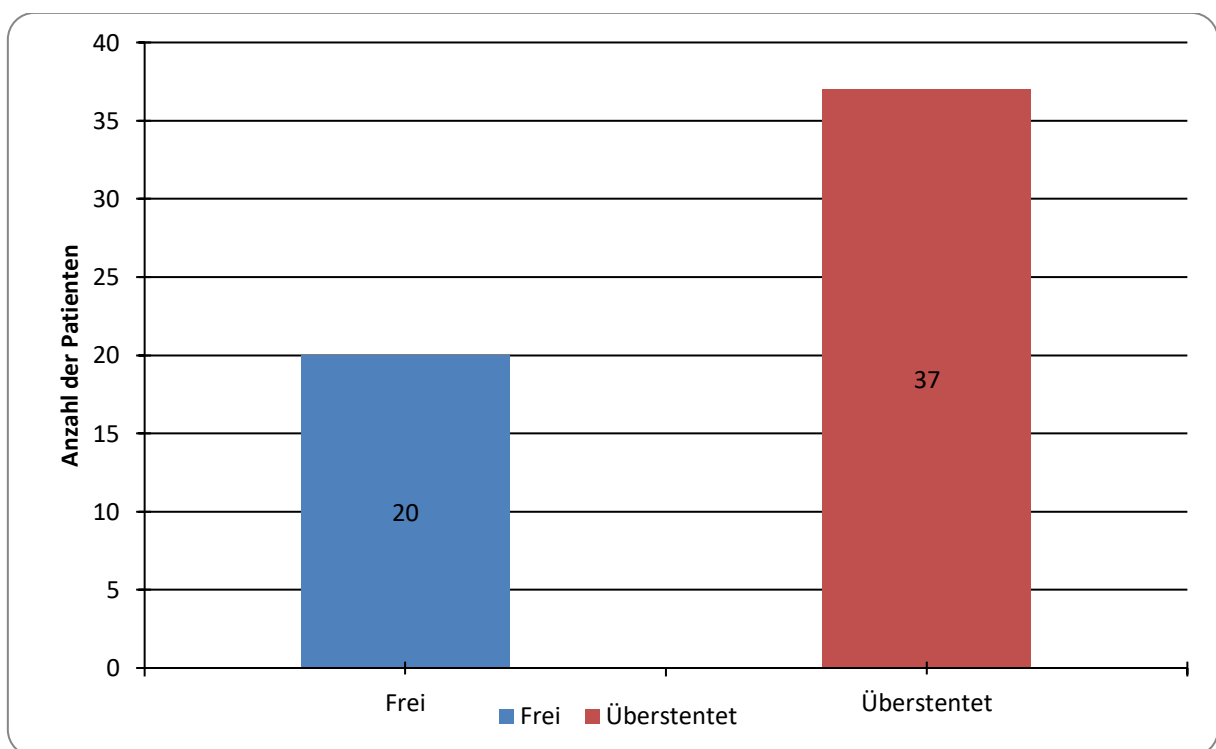


Abbildung 26: Gegenüberstellung von Patienten mit nicht überstenteter (frei) und überstenteter linker A. subclavia nach endovaskulärer Therapie bei Patienten mit thorakaler Aortenruptur; Zeitraum 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

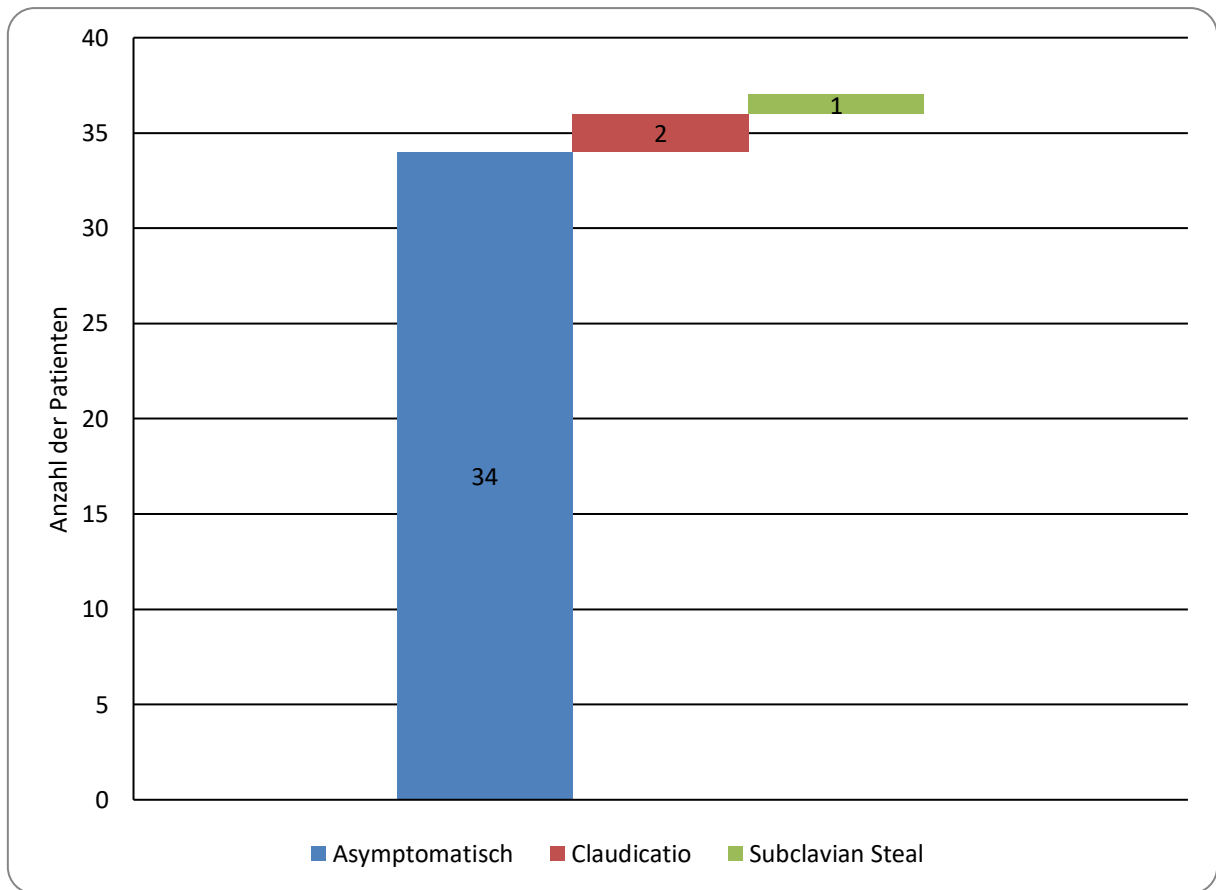


Abbildung 27: Überstentete linke A. subclavia – Symptome nach endovaskulärer Therapie bei Patienten mit thorakaler Aortenruptur; Zeitraum 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

Von 57 Patienten wurden bei 37 die linke A. subclavia überstentet, um eine sichere zentrale Verankerungszone zu erreichen. Dies entspricht 74%. Bei 26% der Patienten wurde die linken A. Subclavia nicht tangiert. Von den 37 überstenteten Patienten wurden nur drei Patienten klinisch auffällig. Zwei entwickelten eine Claudicatio des linken Armes, eine konservative Therapie war ausreichend. Ein Patient litt unter einem Subclavian steal syndrome, es erfolgte daraufhin eine operative Therapie im Sinne einer Transposition der linken A. subclavia.

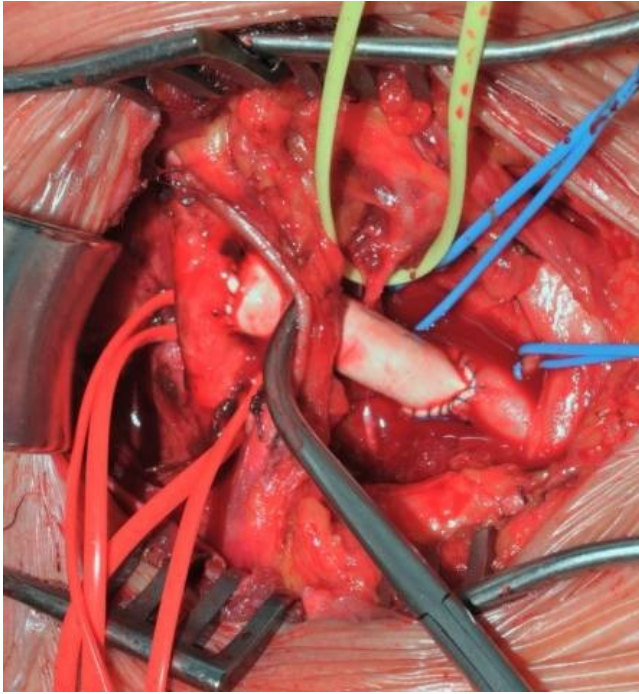


Abbildung 28: Revaskularisation der A. subclavia mittels A. carotis-Subclavia Bypasses; intraoperatives Bild; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

3.9.2 Komplikation der endovaskulären Versorgung: Stentkollaps

Zwei Patienten erlitten einen Stentkollaps, bei einem mit letalem Ausgang, beim anderen mit einer Restitutio ad integrum.



Abbildung 29: In das Lumen hereinragender, kollabierter Stentgraft; intraoperative Angiographie Universität Ulm

Erstveröffentlichung in:

Thiere M, Oberhuber A, Link J, Riepl C, Orend KH, Muehling B. Successful endovascular repair of blunt traumatic thoracic aortic injury has no effect on acute or mid-term outcome of poly-traumatized patients: a demand for an excellent initial endovascular treatment. ITAL J VASC ENDOVASC. 2013; 20:27-34.



Abbildung 30: In das Lumen hereinragender Stentgraft; computertomographische Untersuchung Universität Ulm.

Erstveröffentlichung in:

Thiere M, Oberhuber A, Link J, Riepl C, Orend KH, Muehling B. Successful endovascular repair of blunt traumatic thoracic aortic injury has no effect on acute or mid-term outcome of poly-traumatized patients: a demand for an excellent initial endovascular treatment. ITAL J VASC ENDOVASC. 2013; 20:27-34.

3.9.3 Komplikation der endovaskulären Versorgung: Stentmigration

4 Patienten erlitten eine Stentmigration nach distal. Eine Migration nach zentral, mit weitreichenderen negativen Konsequenzen trat nicht auf.

Die Migration nach distal zeigte sich unmittelbar in der intraoperativ durchgeführten Kontrollangiographie. Bei der Entwicklung und Platzieren des Stentgrafts zeigte sich dabei eine ungenügende Abdichtung des rupturierten Aortensegmentes. Bei diesen Patienten wurde daher ein 2. Stentgraft nach zentral von Nöten. Diese Umstände ereigneten sich jeweils 2mal in den Jahren 1999 und 2006.

3.9.4 Komplikation der endovaskulären Versorgung: spinale Ischämie

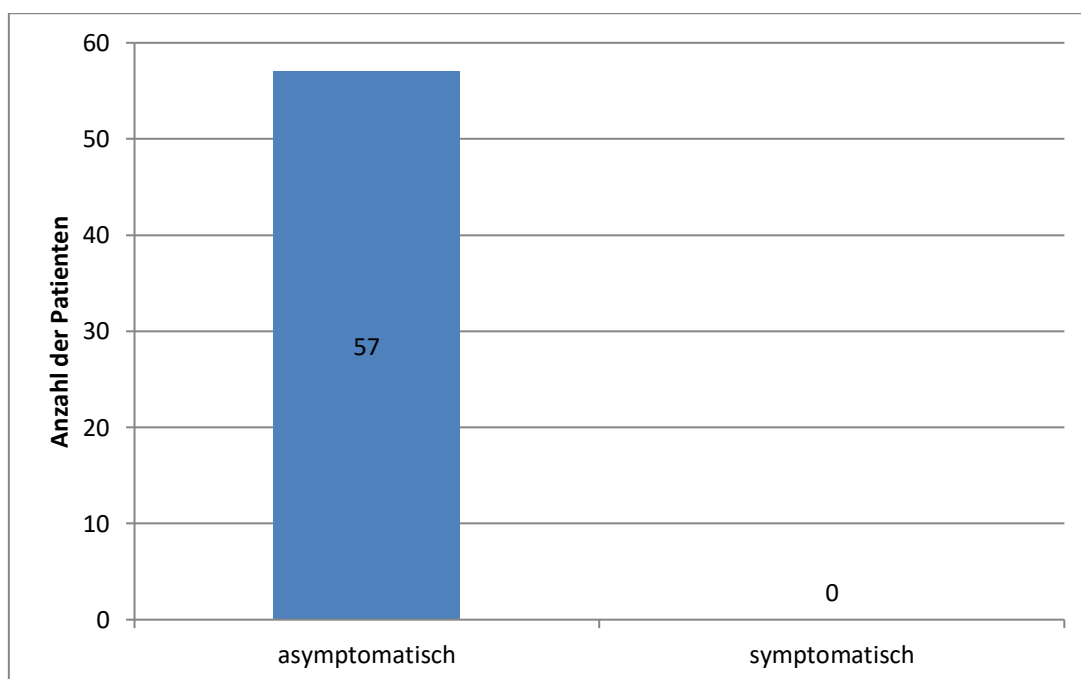


Abbildung 31: Spinale Ischämie nach endovaskulärer Therapie bei Patienten mit thorakaler Aortenruptur; Zeitraum 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

Kein Patient entwickelte perioperativ eine spinale Ischämie.

3.10 Überleben

Von den 57 untersuchten Patienten starben 3 an einer traumaassoziierten, nicht vaskulären, Verletzung. Eine Patientin verstarb an einer Komplikation der Stentgraftapplikation. 2 Weitere Patienten verstarben Jahre später an einer anderen vom ehemaligen Trauma unabhängigen Erkrankung.

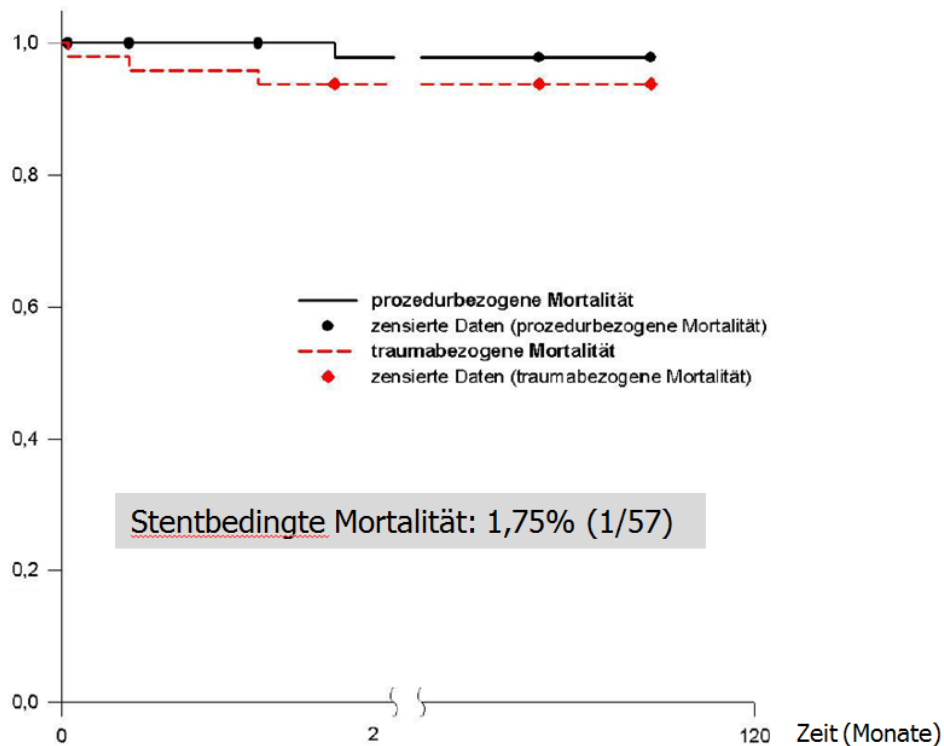


Abbildung 32: Überleben nach endovaskulärer Therapie bei Patienten mit thorakaler Aortenruptur; Zeitraum 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

3.11 Offene Konversion bei heranwachsenden Patienten

Eine besondere Herausforderung stellen heranwachsende Patienten dar.

Die jüngste Patientin in unserem untersuchten Kollektiv war 12 Jahre alt. Auf Grund des jugendlichen Alters und des damit verbundenen schmalen Aortendurchmessers versorgten wir diese Patientin mit einem kontralateralen Bein eines abdominalen Endograft (Maße: 16mm-14mm-70mm). Die endovaskuläre Versorgung fand im Jahre 2001 statt. 9 Jahre später – im Jahre 2010 – zeigte die Patientin Symptome einer Pseudokoarktation, so dass eine offene Explantation des nach Größenwachstum nun zu kleinen Stentgraft nötig wurde. Es erfolgte die offene Interposition einer Rohrprothese. Der Eingriff wurde im Jahre 2010 unter extrakorporaler Blutzirkulation erfolgreich durchgeführt. Die Patientin war zum damaligen Zeitpunkt 21 Jahre alt und hat den operativen Eingriff komplikationslos überstanden.

3.12 Postoperative Lebensqualität und Arbeitsfähigkeit

Die postoperative Lebensqualität wurde mittels eines Punktescores quantifiziert. Bestimmt wurden Parameter wie Gehstrecke, Schmerz, Organausfälle, Nervenlähmungen, traumabedingte psychische Störungen, Belastbarkeit und Arbeitsfähigkeit. Je höher die Punktzahl, desto größer das Ausmaß der postoperativen Einschränkung.

Tabelle 5: Punktescore zur Ermittlung der postoperativen Lebensqualität nach endovaskulärer Therapie bei Patienten mit thorakaler Aortenruptur; Zeitraum 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

	Punkte
Gehstrecke vermindert	1
Gehstrecke ausgeprägt vermindert	2
Intermittierende Schmerzen	1
Dauerschmerz	2
Eingeschränkte Belastbarkeit	1
Arbeitsunfähig	2
Subclavian steal syndrom	1
Organausfall	3
Periphere Nervenlähmung	1
Psychische Alterationen	1

Die Punkteskala reicht von 0 Punkten (keine Einschränkung) bis 13 Punkte (ausgeprägte Einschränkung). Insgesamt wurden 41 Patienten diesbezüglich nachuntersucht. 19 Patienten, entsprechend 46% hatten 0-1 Punkt, und somit nahezu keine Einschränkung der Lebensqualität.

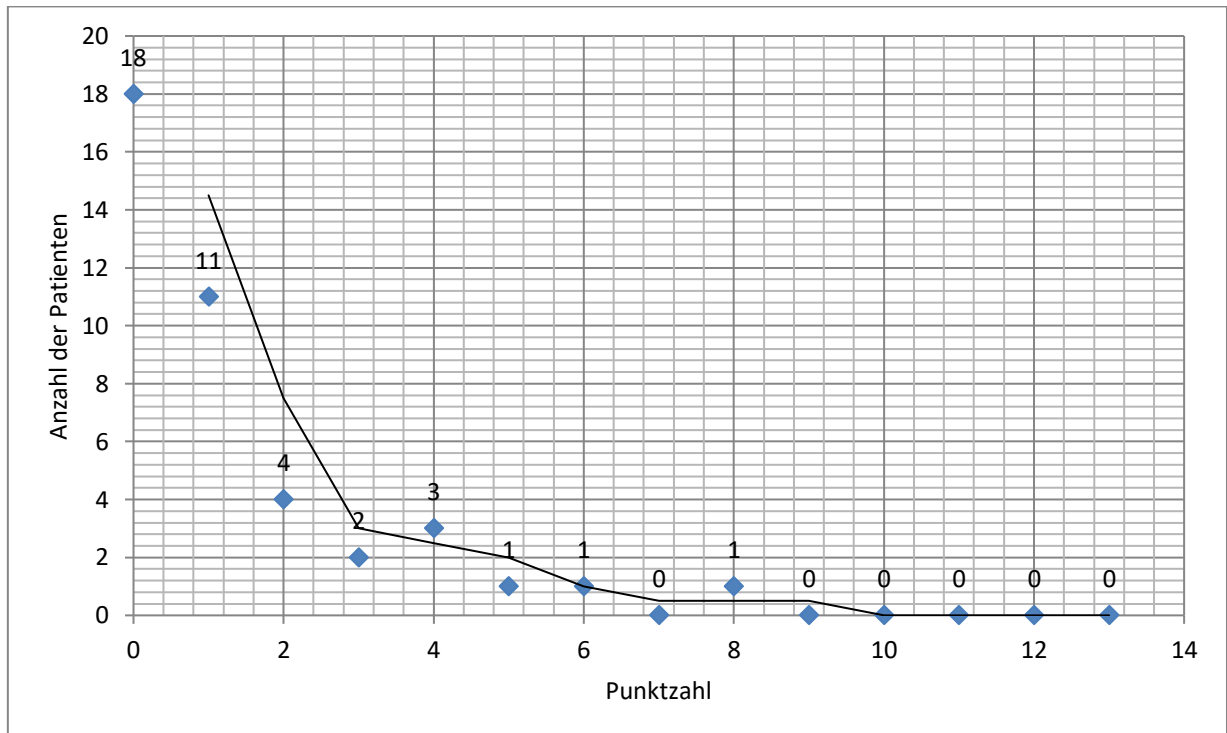


Abbildung 33: Postoperative Lebensqualität nach endovaskulärer Therapie bei Patienten mit thorakaler Aortenruptur; Zeitraum 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

5 von insgesamt 41 Patienten konnten ihre bisherige berufliche Tätigkeit auf Grund der Verletzungsfolgen nicht weiter ausüben. Dies entspricht 12,2%. 4 Patienten konnten auf Grund multipler Frakturen ihrem Arbeitsplatz nicht mehr nachgehen, bei einem Patienten war ein Nervenschaden der limitierende Faktor. Zu betonen ist, dass die Stentversorgung der rupturierten Aorta keine negativen Konsequenzen hatte.

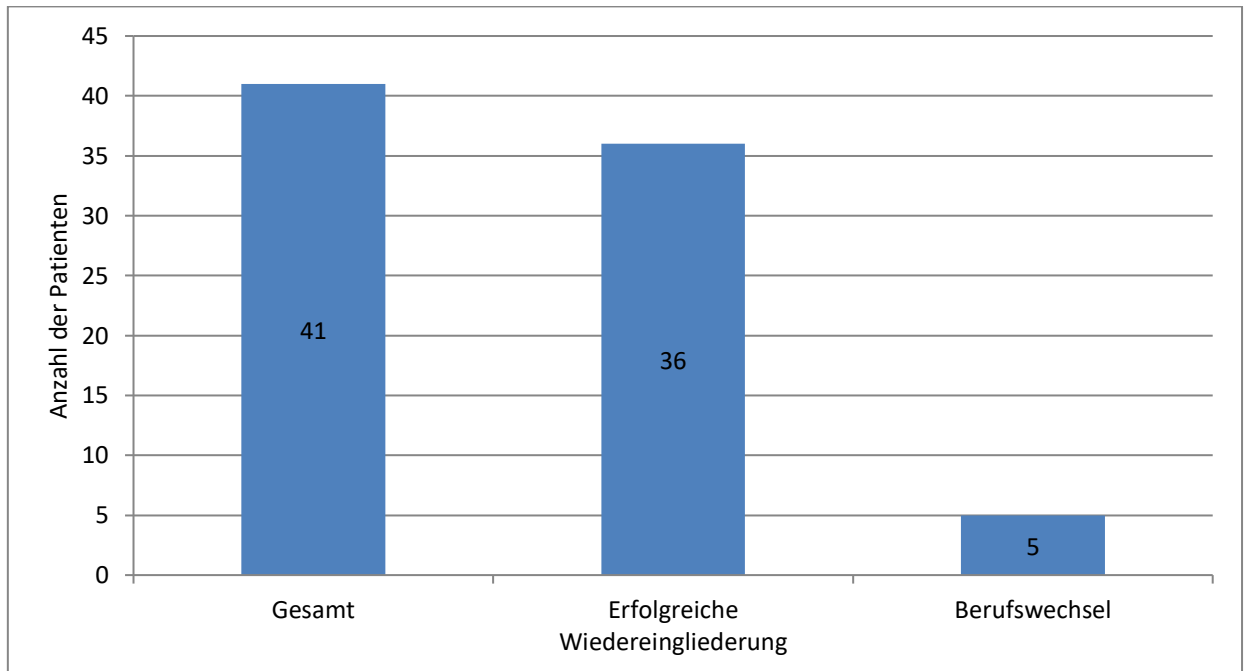


Abbildung 34: Berufliche Wiedereingliederung von Patienten nach endovaskulärer Therapie einer thorakalen Aortenruptur; Zeitraum 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

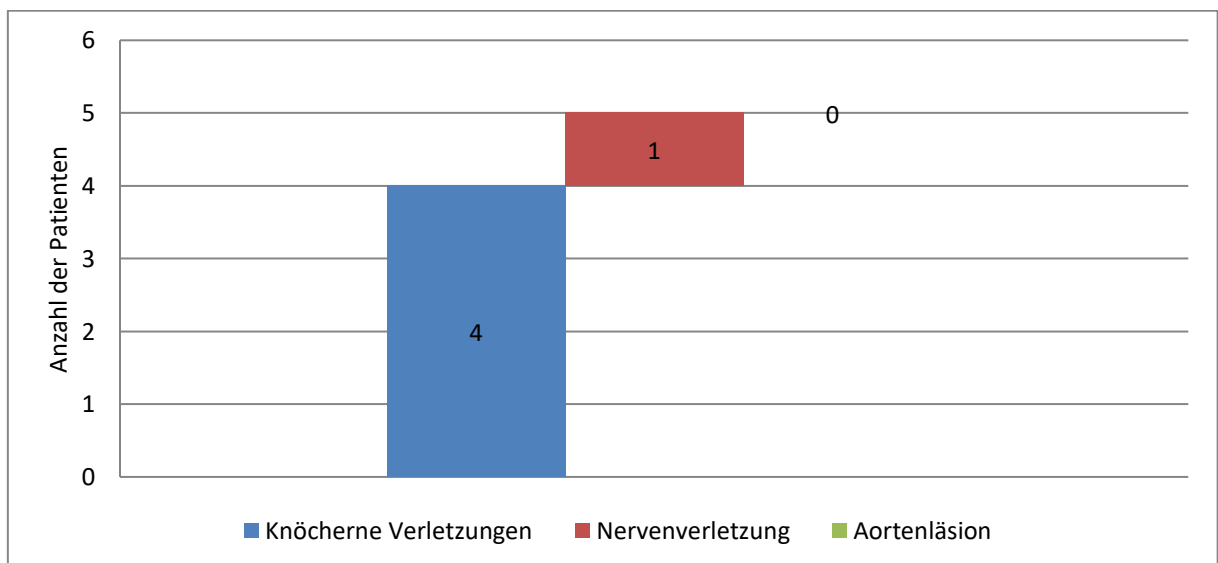


Abbildung 15: Ursachen für einen Berufswechsel von Patienten nach endovaskulärer Therapie einer thorakalen Aortenruptur; Zeitraum 1999-2012; Universität Ulm, Abteilung für Gefäßchirurgie

4 Diskussion

Die traumatische Ruptur der thorakalen Aorta ist eine lebensbedrohliche Erkrankung mit hoher Letalität. Im Straßenverkehr steht sie bei den tödlichen Verletzungen an Nummer zwei hinter schweren Schädel-Hirn-Traumen. Es gilt, diese Verletzung nicht zu übersehen und den Patienten in ein erfahrenes Zentrum zeitnah zu überführen. Es ist mittlerweile allgemeiner Konsens, dass diese Art der Verletzung primär endovaskulär zu versorgen ist.

4.1 Alters- und Geschlechtsverteilung

Insgesamt wurde unser Patientengut von jungen Männern dominiert. Das mittlere Lebensalter lag bei 40 Jahren, der Median bei 37 Jahren. Diese Altersverteilung ist kongruent mit Untersuchungen anderer Arbeitsgruppen [23, 48, 60, 61, 72, 76].

Das postoperative Outcome korreliert negativ mit dem Lebensalter. So konnte Patel et al. zeigen, dass ein Alter über 60 Jahre ein unabhängiger Risikofaktor hinsichtlich Morbidität und Mortalität darstellt [58]. Umso wichtiger ist es eine sehr belastende offene Operation zu umgehen.

Insbesondere waren die mit einem Motorrad oder Auto verunfallten Patienten frappierend jung. Von diesen 47 Patienten waren 11 höchstens 20 Jahre alt, weitere 11 höchstens 30 Jahre alt. Somit waren fast 50% der in einen Unfall verwickelten Patienten max. 30 Jahre alt.

Diese Zahlen lassen den Schluss zu, dass jüngere Verkehrsteilnehmer auf Grund ihrer Unerfahrenheit und/oder höherer Risikobereitschaft

überdurchschnittlich in schwere Verkehrsunfälle verwickelt sind. Dies ist auch das Ergebnis des statistischen Bundesamtes [71]. Auf der anderen Seite könnte man postulieren, dass jüngere Menschen auf Grund ihrer natürlich vorhandenen besseren Physis höhere Chancen haben, das Krankenhaus lebend zu erreichen.

4.2 Follow-up

Die mittlere Nachbeobachtungszeit unserer Patienten liegt bei 7 Jahren (1-109 Monate). Verglichen mit anderen Arbeitsgruppen stellt dies eine der längsten Nachuntersuchungen dar. Wenige andere Arbeitsgruppen verfügen über ähnliche oder noch längere Untersuchungsperioden [46, 58, 82].

Bezüglich der Frage, wie lange die Patienten mittels Schnittbilddiagnostik, sei es MRT oder CT, nachuntersucht werden sollten herrscht derzeit kein eindeutiger Konsens [27].

Wir streben eine lebenslange Nachbetreuung unserer Patienten an. Die korrekte Stentlage wird direkt intraoperativ mittels Angiographie überprüft. Weitere Untersuchungen mittels Schnittbilddiagnostik erfolgen innerhalb der ersten postoperativen Woche. Bei komplikationslosem Verlauf folgen weitere Untersuchungen nach 3, 6 und 12 Monaten und im Anschluss alle 2 Jahre. Dieses Schema wird nicht sklavisch verfolgt. Individuelle Patientenkonstellationen wie z.B. drohende dialysepflichtige Niereninsuffizienz oder junge Patienten werden berücksichtigt. Im letzteren Fall haben wir die CT-Untersuchung weitgehend durch eine Kernspintomographie ersetzt, um schädigende ionisierende Strahlung zu vermeiden. Der technische Fortschritt versucht diese Problematik zu lösen. Zu denken ist dabei an angioskopische Verfahren, an den

intravaskulären Ultraschall oder an Ultraschalluntersuchungen via Ösophagus.

Unsere langjährigen Nachbeobachtungen zeigen, dass stentbedingte Spätkomplikationen 3 Monaten nach Implantation nicht mehr auftraten. Dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen. Somit kann die endovaskuläre Versorgung der thorakalen traumatischen Aortenruptur als definitive Versorgung angesehen werden.

4.3 Begleitverletzungen & Traumascores

Solitäre Verletzungen des Thorax lagen nie vor. Führende Begleitverletzungen waren Frakturen des knöchernen Thorax, Verletzungen der thorakalen Organe, Frakturen der Wirbelsäule, Becken und Röhrenknochen sowie Verletzungen des Abdomens. Der mediane ISS-Wert lag bei unseren Patienten bei 29. Es handelt sich somit definitionsgemäß um schwer verletzte polytraumatisierte Patienten. Die von anderen Arbeitsgruppen ermittelten ISS Werte sind zum Teil deutlich höher und rangieren zwischen 32 und 49. [2, 10, 28, 29, 33, 42, 47, 51, 52, 61-63, 68, 76, 83, 84] Die Ermittlung des ISS-Wertes ist z.T. einer subjektiven Einschätzung unterworfen, damit lassen sich die doch sehr unterschiedlich hohen Werte erklären.

4.4 Unfallmechanismen

In unserem Patientenkollektiv sind Verkehrsunfälle die Hauptursache von akuten thorakalen Aortenrupturen. Dies ist kongruent mit Beobachtungen anderer Arbeitsgruppen. [13, 44, 85] Wie in unserem Patientengut wird

auch von Sprüngen aus großer Höhe in suizidaler Absicht oder Abstürzen im Rahmen von Berg- oder Luftsport als Ursache berichtet [41].

4.5 Verwendete Stentprothesen

Wir verwendeten Stents von 4 verschiedenen Herstellern. Namentlich sind dies Cook medical, OptiMed, Gore und Medtronic. Zu Beginn lag der Schwerpunkt bei Gore TAG, zuletzt verwendeten wir hauptsächlich den von Medtronic angebotenen Stent „Valiant“. Es wurden zum jeweiligen Zeitpunkt die gängigen handelsüblichen Endografts implantiert. Wesentliche Unterschiede zwischen den Herstellern zeigten sich dabei nicht. Auch andere Gruppen verwendeten unterschiedliche Hersteller. So verwendeten Tehrani et al. In der Mehrzahl Stentprothesen der Firma Gore [86,6%]. Des weiteren kamen Stentprothesen der Firmen Medtronic [6,6%] und Braile Biomedic [6,8%] zum Einsatz [76].

4.6 Primäre Erfolgsrate

Technischer Erfolg, bedeutet mittels endovaskulärem Verfahren den Patienten zu stabilisieren, die Aortenverletzung zu beheben ohne intraoperativ eine Konversion zum offenen Repair durchführen zu müssen. Dies ist bei allen Patienten gelungen. Der technische Erfolg liegt daher bei 100%. Dies stellt ein wesentlicher Fortschritt dar. Die ohnehin schon schwer verletzten Patienten bleibt damit ein weiterer, sehr belastender Eingriff erspart. Somit wird ein „second-hit“ verhindert und damit die Gesamtmortalität des Patienten gesenkt.

4.7 Überstenten der A. subclavia

Gegenstand der Diskussionen ist die Frage nach einer primären Revaskularisierung der überstenteten A. subclavia mittels Bypass oder Subclaviatransposition. Neben dem Subclavian steal Syndrom sind weitere mögliche Komplikationen einer Überstentung der linken A. subclavia gegeben. Es kann sich eine cerebrale Ischämie insbesondere im hinteren Stromgebiet bei gleichzeitigem Verschluss oder hypoplastisch angelegter rechten A. vertebrales entwickeln. Auch eine spinale Ischämie ist nicht auszuschließen, da die Spinalarterien auch teilweise aus der A. vertebralis gespeist werden [18].

Die Studienlage bzgl. einer fatalen Stent-induzierter neurologischer Störung wie Paraplegie oder Apoplex ist uneinheitlich. So gibt es Untersuchungen, welche eine positive Korrelation zwischen Überstenting der linken A. subclavia und dem perioperativen Auftreten neurologischer Komplikationen wie Schlaganfall oder spinale Ischämie aufzeigen [16, 18, 59, 66, 80]. Allerdings muss betont werden, dass in o.g. Studien nicht nur Patienten mit traumatischer Aortenläsion untersucht wurden, sondern auch andere Aortenpathologien wie Dissektionen und Aneurysmata. Diese entwickeln sich jedoch teils auf dem Boden einer bestehenden Atherosklerose mit schlechter Perfusion und längerstreckiger Pathologie mit Kompromittierung rückenmarksversorgender Arterien. Es ist evident, dass Patienten mit traumatischen Aortenrupturen meist jünger sind und damit im Gesamtkontext weniger degenerative, arteriosklerotische Befunde vorzuweisen haben. Andere Gruppen fanden wiederum gar keinen Vorteil einer primären Revaskularisation der linken A. subclavia bzgl. Schlaganfall und Paraplegie [40, 64].

Bei bestehendem LIMA-Bypass, linkem Shuntarm oder Vorhandensein eines linksseitigen axillofemorale Bypasses sollte eine primäre Revaskularisation der linken A. subclavia angestrebt werden [49, 53, 67].

Somit gilt es für jeden Patienten ein individuelles Therapiekonzept bzgl. einer möglichen Revaskularisation zu erarbeiten [49].

Dies kann durch einen Bypass, entspringend von der linken A. carotis communis zur linken A. subclavia ziehend oder durch eine Subclavia-Transposition bewerkstelligt werden. Beim ersteren Fall ist alloplastisches Material einzubringen, mit den potentiellen Gefahren wie Bypassverschluss oder Bypassinfektion nach sich ziehen kann. Insbesondere dann, wenn der verunfallte Patient auch im Op-Gebiet Verletzungen davon getragen hat. Man denke an einfachere Verletzungen wie Schürfwunden, Hämatome oder weitreichender Verletzungen wie Weichteilemphysem durch Pneumothorax bzw. offene Thoraxverletzungen. Des Weiteren besteht bei der Anlage eines Bypasses die Gefahr des Prothesenverschlusses [17, 53]. Weitere Komplikationen betreffen u.a. Verletzungen von Nerven, welche in unmittelbarer Nachbarschaft sich befinden, wie N. vagus und N. recurrens.

In unserem Patientenkollektiv wurden bei insgesamt 37 von 57 Patienten die linke A. subclavia überstentet, entsprechend 65%. Nur bei 2 Patienten (5,4%) entwickelte sich eine mäßige Claudicatio des linken Armes ohne Notwendigkeit einer Revaskularisation. Bei einem Patienten (2,7%) ein Subclavian-steal Syndrom, welches durch eine Transposition der A. subclavia behoben wurde. Auf Grund dieser Ergebnisse wird in unserer Abteilung – außer für die o.g. Sonderfälle – keine routinemäßige Revaskularisation der A. subclavia durchgeführt. Die Revaskularisation

würde die Operationsdauer und die Invasivität des schwer erkrankten Patienten nur erweitern. Bei der präoperativ im Schockraum angefertigten CT-Untersuchung wurde auch die arterielle Versorgung des Kleinhirns überprüft, um eine singuläre Versorgung via linker A. subclavia/A. vertebralis zu entdecken und ggf. durch eine gleichzeitige Subclaviatransposition eine Kleinhirnischämie zu verhindern

.

4.8 Stentbedingte Komplikationen: Kollaps und Migration

Der kontinuierliche Blutstrom vom Herzen ist eine stetige Herausforderung für den implantierten Stent. Kolbeck et al beschreiben folgende Bausteine, welche die Wahl des richtigen Stentes determinieren: Länge und Beschaffenheit der proximalen und distalen Landezone, Länge der Rupturstelle, Qualität der Beckengefäße als Zugangsweg und Ausmaß der Angulation des Aortenbogens zwischen der proximalen und distalen Landezone [39]. Auch die altersabhängige unterschiedliche Konfiguration des Aortenbogens ist zu berücksichtigen. Der Aortenbogen von älteren Patienten hat einen größeren Radius und ist länger [1]. Im Gegensatz dazu ist der Aortenbogen von jungen Menschen enger und steiler. Besonders Frauen weisen einen spitzwinkligen Aortenbogen auf.

Eine weitere Herausforderung den „wahren“ Aortendurchmesser zu bestimmen ist die unklare hämodynamische Situation bei verunfallten Patienten. Das intravasale Volumen und der Füllungsdruck der im Schockraum eingelieferten Patienten ist meist geringer als im gesunden Zustand. Dies konnte Jonker et al. an 43 Patienten nachweisen. So konnte er mittels CT-Untersuchungen zeigen, daß in hämodynamisch stabilen Patienten der Aortendurchmesser im Mittel um 13% höher war. Dieser

Effekt ist v.a. bei jüngeren Patienten zu sehen, deren Aorta eine im Vergleich zu älteren Patienten eine höhere Elastizität aufweist [34]. Dieser Umstand kann zur falschen Stentwahl führen mit all den möglichen Folgen wie Migration, Endoleak und oder Kollaps [8, 54, 79]. Auch zeigt sich eine erhöhte Pulsatilität der thorakalen Aorta, insbesondere bei jungen Frauen, von proximal nach distal zunehmend [45, 65]. Um eine sichere Verklemmung des Stentes in der Aorta descendens zu gewährleisten ist eine Überdimensionierung des Stentes („oversizing“), auch im Hinblick auf die später zu erwartende Aortenexpansion von Nöten. Der Durchmesser der gesunden jungen unbehandelten thorakalen Aorta nimmt 1,5mm pro Lebensjahrzent zu [31]. In der Literatur ist das empfohlene Oversizing auf 10-20% beziffert. Wird nun ein 20 jähriges Unfallopfer, dessen Aortendurchmesser 24mm misst mit einem Stent der Größe 27mm versorgt so zeigt sich nach 20 Jahren – der Patient wäre nun erst 40 Jahre alt - ein Gleichstand der beiden Durchmesser (Aorta und Stent). Dieses Missverhältnis könnte ursächlich für weitere Spätkomplikationen wie Endoleak, Stentmigration oder Stentkollaps werden. Untersuchungen bzgl. dem Fortschreiten des Durchmessers der mit einem Stent versorgter Aorta zeigen noch dramatischere Ergebnisse. Forbes et al. zeigten in einer Nachuntersuchung an 21 Patienten, dass der Aortendurchmesser distal des Abgangs der linken A. subclavia um 0,8mm pro Jahr zunimmt. Die mittlere Zeitspanne des Follow-up betrug dabei 2,6 Jahre [26]. Sollte der Stent einen derartigen Progress induzieren ist mit einer großen Anzahl an durchzuführenden Revisionen, auch offene Konversionen, zu rechnen. Ein Oversizing ist daher ein wichtiger Baustein für den Erfolg der endovaskulären Therapie. Eine Überdimensionierung hilft auch bei möglichen Folgeeingriffen im Sinne eines Restentings z.B. bei Typ I

Endoleaks. Auf der anderen Seite birgt eine zu große Überdimensionierung [$>20\%$] des Stentes jedoch die Gefahr einer Fehlfaltung bzw. Kollapses. Zu diesem Schluss kommen Kasarajan et al. [6, 38, 50, 73].

Die Kombination relativ steife, unflexible Stents, steiler Aortenbogen, schmale Landungszone und kleiner Aortendurchmesser bereiten den Boden für mögliche Komplikationen wie Kollaps, Fehlfalten, Migration, Bruch und Endoleak [78]. Liegt ein schlechtes Alignment des Stentes mit Ausbildung eines „bird beak“ vor, kann dies einen Stentkollaps nach sich ziehen mit der klinischen Symptomatik eines hohen Aortenverschlusses. Stentkollapse findet man in 1° bis 19% der Fälle. Diese fatale Komplikation trifft typischerweise innerhalb der ersten 30 Tagen auf, also einen Zeitraum, indem die meisten Patienten längst aus der stationären Behandlung entlassen sind. Es wurden jedoch auch „Spätkollapse“ beschrieben [74].

Auch wir hatten bei 2 Patienten einen Stentkollaps zu verzeichnen, bei einem Patienten mit letalem Ausgang.

Im ersten Fall handelte es sich um eine damals 24 jährige Motorradfahrerin, welche auf ein stehendes Auto aufgefahren war. Der Unfall ereignete sich im Jahre 2004. Die thorakale Aortenruptur wurde zunächst erfolgreich endovaskulär behandelt. Zum Einsatz kam ein Stent der Firma Cook medical (Cook Zenith; Maße: 26mm – 26mm 138mm). Der Durchmesser der Aorta im Bereich der proximalen Landezone war 19mm. Dies entspricht einem Oversizing von absolut 7mm, was 37% entsprechen. 43 Tage nach der primären Versorgung entwickelte die Patientin Parästhesien der unteren Extremität sowie ein akutes Abdomen im Sinne

einer intestinalen Ischämie. Es zeigte sich ein Kollaps des Stentgrafts, entsprechend der Pathologie eines hohen Aortenverschlusses. Es erfolgte umgehend eine operative Revision mit einer Ballonangioplastie sowie Stentverlängerung nach zentral mit einem ungecoverten Stent der Firma Optimed (Sinus 24mm-24mm-50mm). Die Korrektur war erfolgreich. Trotzdem verstarb die Patientin 6 Tage später an den Folgen der intestinalen Ischämie sowie einem cerebralen Ödem.

Der zweite Patient, war ein 20 jähriger Mann, welcher mit seinem PKW im Jahre 2008 verunfallte. Die diagnostizierte thorakale Aortenruptur wurde initial erfolgreich mit einem Stent der Firma Gore medical (Gore TAG 26mm-26mm-100mm) versorgt. Der Durchmesser der zentralen Landezone umfasste 22mm, was ein Oversizing von 4mm absolut darstellt (18%). Dieser war bezüglich des Kollapses asymptomatisch. In der postoperativen Verlaufskontrolle fiel nach 32 Tagen der Kollaps auf. Klinisch fehlten die Leistenpulse. Da der Patient auf Grund multipler Frakturen zu der Zeit immobil war, zeigte er keine Symptome. Es erfolgte eine PTA mit zentraler Stentverlängerung mit 2 weiteren Stents (Gore TAG 28-28-100mm; Optimed Sinus 22-22-40mm). Der weitere postoperative Verlauf gestaltete sich dann ohne weitere Komplikationen. Die letzte Nachuntersuchung erfolgte 03/2013 mittels einer CT-Untersuchung. Dort zeigte sich ein regelrechter Befund.

4.9 Spinale Ischämie/Paralyse

In unserem Patientenkollektiv entwickelte kein Patient postoperativ eine spinale Ischämie. Unsere Ergebnisse decken sich damit mit Untersuchungen anderer Arbeitsgruppen, welche ebenfalls keine Paralyse

der Extremitäten nach Stenting traumatischer Aortenrupturen zu verzeichnen hatten [2-4, 8, 10, 14, 15, 19, 20, 26, 28, 30, 33, 42, 47, 51, 52, 55, 77].

Dieser Umstand hat sicherlich mehrere Gründe. Zum einen waren unsere Patienten relativ jung (mittleres Lebensalter 40Jahre, Median 37 Jahre) so dass atherosklerotische Veränderungen noch nicht so fortgeschritten waren, als dass sie klinisch relevant gewesen wären. Zum anderen ist dieser Erfolg auch den Fortschritten im anästhesiologischen und intensivmedizinischen Bereich zu verdanken. Zu denken ist u.a. an ein gutes Gerinnungsmanagement, Vermeidung von Hypo- und Hypertensionen und suffizienter Oxygenierung des arteriellen Blutes. Unsere Patienten waren sämtlich nicht an der Aorta voroperiert, so dass die Aa. Lumbales bisher unangetastet waren.

4.10 Postoperative Letalität und Mortalität

Innerhalb der ersten 30 Tage verstarben insgesamt 4 Patienten, allesamt nicht an den Konsequenzen der endovaskulären Therapie sondern an den Folgen schwerer Traumata. Die 30-Tage Gesamtmortalität beläuft sich somit auf 5,3%. Im Verlauf verstarb ein weiterer Patient an den Folgen einer stentbedingten Komplikation (Stentkollaps). Der Stentkollaps trat zu Beginn unserer Beobachtungszeitraumes auf. Damals war zum einen die endovaskuläre Erfahrung und Expertise und zum andere die technische Reife der Stents noch nicht so entwickelt wie heute.

Die prozedurbezogene Letalität betrug somit 1,8% (1 von 57). Es lässt sich somit konstatieren, dass die endovaskuläre Versorgung von Aortenrupturen ein sehr sicheres Verfahren darstellt.

4.11 Schlussfolgerung

Die endovaskuläre Versorgung von traumatischen thorakalen Aortenläsionen stellt ein sicheres Verfahren dar, nicht nur in der Akutphase sondern auch in Form der definitiven Versorgung. Grundlage einer erfolgreichen Therapie ist die exakte Planung innerhalb eines kurzen Zeitfensters. Diese Herausforderung wird gemeistert durch jahrelange Erfahrungen und damit gewonnener Expertise in der endovaskulären Therapie, durch exakte Bemessungen der Aorta und Vorhandensein eines großen Stentportfolios mit immer weiterer technischer Verbesserung der Stentgrafts hinsichtlich Praktikabilität, Flexibilität, Expansionskraft und Dauerhaltbarkeit.

5 Zusammenfassung

Die endovaskuläre Versorgung von traumatischen thorakalen Aortenrupturen ist ein im Vergleich zum offenen Vorgehen wenig invasiver Eingriff mit sehr hoher Erfolgsrate.

Die Wachablösung zu Gunsten der endovaskulären Versorgung ist somit vollzogen. Diese ist nebenwirkungsarm und eindeutig schonender für den ohnehin schon gestressten Patienten. Die perioperative Komplikationsrate ist gering, die Lebensqualität erstaunlich hoch. All dies zeigt unserer Untersuchung.

In unserem Patientenkollektiv von insgesamt 57 Patienten über den Zeitraum von 14 Jahren (1999-2012) verstarb nur ein Patient an den Folgen des endovaskulären Eingriffes. Dieser Vorfall ereignete sich im Jahre 2004, wo zum einen die endovaskuläre Expertise und zum anderen die Entwicklung der Stents noch am Anfang stand.

Wir konnten bei allen Patienten einen 100% primären Erfolg erzielen, d. h. während der operativen Versorgung musste keine Konversion zur offenen belastenden Operation erfolgen.

Weiter hervor zu heben ist, dass das endovaskuläre Verfahren kein „bridging-Verfahren“ a la fixateur externe in der Unfallchirurgie ist, sondern eine definitive Therapie darstellt. Nur bei der noch im Wachstum befindlichen Aorta ist eine spätere Konversion durchzuführen.

Sicherlich gilt es weitere Nachuntersuchungen abzuwarten. Die Entwicklung neuer Stents wird weiter vorangetrieben. Eine Herausforderung wird sein, die unterschiedliche Situation der Aorta zu

berücksichtigen. Traumatische Aortenrupturen erleiden sowohl sehr junge, ansonsten gesunde Patienten ohne Zeichen einer Aortendegeneration als auch ältere Patienten mit degenerierter, wenig elastischer, verdickter Aortenwand. Nicht nur die unterschiedliche Morphologie der Aortenwand, sondern auch die unterschiedliche Konfiguration im Brustkorb mit steilen und weniger steilen Aortenbögen stellt eine Herausforderung dar. Des Weiteren ist der unterschiedliche intravasale Füllungsdruck und damit der Aortendurchmesser eine Herausforderung. Um all diese Voraussetzungen erfolgreich zu begegnen bedarf es einer weiteren Evolution der Stenttypen. Mit dem zunehmendem Einzug der endovaskulären Versorgung von Gefäßerkrankungen darf die Erfahrung und das Können der offenen operativen Techniken und Verfahren jedoch nicht verloren gehen. Auf Grund der zunehmenden Fortschritte der prähospitalen Versorgung haben wir in zunehmendem Maße auch ältere Patienten mit traumatischer thorakaler Aortenruptur zu versorgen. Der unabdingbare transfemorale Zugangsweg kann durch ausgeprägte atherosklerotische Veränderungen dem Operateur versperrt sein. Auch bei Patienten, welche sich noch im Wachstum befinden ist ein offenes Vorgehen – entweder primär oder sekundär – von Nöten. Daher wird das Wissen und die Erfahrung für das offene Verfahren weiterhin gefragt und wichtig sein. Endovaskuläre Techniken und offenes Verfahren haben beide ihre Daseinsberechtigung, auch wenn der Schwerpunkt nun bei den endovaskulären Verfahren liegt. Den Spagat zwischen endovaskulären Techniken und offenem Repair zu beherrschen wird in Zukunft die Herausforderung der Operateure sein.

6 Literaturverzeichnis

1. Alberta HB, Secor JL, Smits TC, Farber MA, Jordan WD, Matsumura JS. Differences in aortic arch radius of curvature, neck size, and taper in patients with traumatic and aortic disease. *J Surg Res.* 2013;184(1):613-618.
2. Alsac JM, Boura B, Desgranges P, et al. Immediate endovascular repair for acute traumatic injuries of the thoracic aorta: A multicenter analysis of 28 cases. *J Vasc Surg.* 2008;48(6):1369-1374.
3. Asmat A, Tan L, Caleb MG, Lee CN, Robless PA. Endovascular management of traumatic thoracic aortic transection. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2009;17(5):458-461.
4. Astarci P, Lacroix V, Glineur D, et al. Endovascular treatment of acute aortic isthmus rupture: Concerning midterm results. *Ann Vasc Surg.* 2009;23(5):634-638.
5. Baque P, Serre T, Cheynel N, et al. An experimental cadaveric study for a better understanding of blunt traumatic aortic rupture. *J Trauma.* 2006;61(3):586-591.

6. Barnard J, Humphreys J, Bittar MN. Endovascular versus open surgical repair for blunt thoracic aortic injury. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2009;9(3):506-509.
7. Belwadi A, Siegel JH, Singh A, Smith JA, Yang KH, King AI. Finite element aortic injury reconstruction of near side lateral impacts using real world crash data. *J Biomech Eng*. 2012;134(1):011006.
8. Bent CL, Matson MB, Sobeh M, et al. Endovascular management of acute blunt traumatic thoracic aortic injury: A single center experience. *J Vasc Surg*. 2007;46(5):920-927.
9. Bhaskar J, Foo J, Sharma AK. Clamp-and-sew technique for traumatic injuries of the aorta: 20-year experience. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2010;18(2):161-165.
10. Bjurlin MA, Tanquilut EM, Subram A, Kalkounos P, Merlotti GJ. Endovascular stent graft treatment of acute thoracic aortic transections due to blunt force trauma. *Surg Innov*. 2009;16(2):147-154.
11. Borsa JJ, Hoffer EK, Karmy-Jones R, et al. Angiographic description of blunt traumatic injuries to the thoracic aorta with specific relevance to endograft repair. *J Endovasc Ther*. 2002;9 Suppl 2:II84-91.

12. Brundage SI, Harruff R, Jurkovich GJ, Maier RV. The epidemiology of thoracic aortic injuries in pedestrians. *J Trauma*. 1998;45(6):1010-1014.
13. Buz S, Zipfel B, Mulahasanovic S, Pasic M, Weng Y, Hetzer R. Conventional surgical repair and endovascular treatment of acute traumatic aortic rupture. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2008;33(2):143-149.
14. Canaud L, Alric P, Branchereau P, Marty-Ane C, Berthet JP. Lessons learned from midterm follow-up of endovascular repair for traumatic rupture of the aortic isthmus. *J Vasc Surg*. 2008;47(4):733-738.
15. Chalvatzoulis E, Megalopoulos A, Trellopoulos G, et al. Endovascular repair of traumatic aortic transection. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2010;11(3):238-242.
16. Chung J, Kasirajan K, Veeraswamy RK, et al. Left subclavian artery coverage during thoracic endovascular aortic repair and risk of perioperative stroke or death. *J Vasc Surg*. 2011;54(4):979-984.
17. Cina CS, Safar HA, Lagana A, Arena G, Clase CM. Subclavian carotid transposition and bypass grafting: Consecutive cohort study and systematic review. *J Vasc Surg*. 2002;35(3):422-429.

18. Clough RE, Modarai B, Topple JA, et al. Predictors of stroke and paraplegia in thoracic aortic endovascular intervention. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2011;41(3):303-310.
19. Day CP, Buckenham TM. Outcomes of endovascular repair of acute thoracic aortic injury: Interrogation of the new zealand thoracic aortic stent database (NZ TAS). *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2008;36(5):530-534.
20. de Cillis E, Paradiso V, Elmeghory A, Tunzi F, Raguso G, Bortone AS. Endovascular treatment of traumatic descending aortic lesions: Nine years of experience. *Surg Technol Int*. 2010;19:155-164.
21. DEBAKEY ME, COOLEY DA, CREECH O,Jr. Surgical treatment of aneurysms and occlusive disease of the aorta. *Postgrad Med*. 1954;15(2):120-127.
22. Demetriades D, Velmahos GC, Scalea TM, et al. Operative repair or endovascular stent graft in blunt traumatic thoracic aortic injuries: Results of an american association for the surgery of trauma multicenter study. *J Trauma*. 2008;64(3):561-70; discussion 570-1.
23. Denguir R, Frikha I, Kaouel K, et al. Management of traumatic aortic rupture. about 37 cases. *J Mal Vasc*. 2013;38(1):13-21.

24. Estrera AL, Gochnour DC, Azizzadeh A, et al. Progress in the treatment of blunt thoracic aortic injury: 12-year single-institution experience. *Ann Thorac Surg*. 2010;90(1):64-71.
25. Fabian TC, Richardson JD, Croce MA, et al. Prospective study of blunt aortic injury: Multicenter trial of the american association for the surgery of trauma. *J Trauma*. 1997;42(3):374-80; discussion 380-3.
26. Forbes TL, Harris JR, Lawlor DK, Derosé G. Aortic dilatation after endovascular repair of blunt traumatic thoracic aortic injuries. *J Vasc Surg*. 2010;52(1):45-48.
27. Forbes TL, Ricco JB. The role of mandatory lifelong annual surveillance following thoracic endovascular repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2012;44(6):542.
28. Garcia-Toca M, Naughton PA, Matsumura JS, et al. Endovascular repair of blunt traumatic thoracic aortic injuries: Seven-year single-center experience. *Arch Surg*. 2010;145(7):679-683.
29. Go MR, Barbato JE, Dillavou ED, et al. Thoracic endovascular aortic repair for traumatic aortic transection. *J Vasc Surg*. 2007;46(5):928-933.

30. Go MR, Barbato JE, Dillavou ED, et al. Thoracic endovascular aortic repair for traumatic aortic transection. *J Vasc Surg*. 2007;46(5):928-933.
31. Hartley MC, Langan EM, 3rd, Cull DL, Taylor SM, Carsten CG, 3rd, Blackhurst DW. Evaluation of the diameter of the proximal descending thoracic aorta with age: Implications for thoracic aortic stent grafting. *Ann Vasc Surg*. 2009;23(5):639-644.
32. Hong MS, Feezor RJ, Lee WA, Nelson PR. The advent of thoracic endovascular aortic repair is associated with broadened treatment eligibility and decreased overall mortality in traumatic thoracic aortic injury. *J Vasc Surg*. 2011;53(1):36-42; discussion 43.
33. Hoornweg LL, Dinkelman MK, Goslings JC, et al. Endovascular management of traumatic ruptures of the thoracic aorta: A retrospective multicenter analysis of 28 cases in the netherlands. *J Vasc Surg*. 2006;43(6):1096-102; discussion 1102.
34. Jonker FH, van Keulen JW, Schlosser FJ, et al. Thoracic aortic pulsatility decreases during hypovolemic shock: Implications for stent-graft sizing. *J Endovasc Ther*. 2011;18(4):491-496.

35. Juvonen T, Biancari F, Rimpilainen J, Satta J, Rainio P, Kiviluoma K. Strategies for spinal cord protection during descending thoracic and thoracoabdominal aortic surgery: Up-to-date experimental and clinical results -- a review. *Scand Cardiovasc J*. 2002;36(3):136-160.
36. Karmy-Jones R, Carter YM, Nathens A, et al. Impact of presenting physiology and associated injuries on outcome following traumatic rupture of the thoracic aorta. *Am Surg*. 2001;67(1):61-66.
37. Karmy-Jones R, Ferrigno L, Teso D, Long WB,3rd, Shackford S. Endovascular repair compared with operative repair of traumatic rupture of the thoracic aorta: A nonsystematic review and a plea for trauma-specific reporting guidelines. *J Trauma*. 2011;71(4):1059-1072.
38. Kasirajan K, Dake MD, Lumsden A, Bavaria J, Makaroun MS. Incidence and outcomes after infolding or collapse of thoracic stent grafts. *J Vasc Surg*. 2012;55(3):652-8; discussion 658.
39. Kolbeck KJ, Kaufman JA. Endovascular stent grafts in urgent blunt and penetrating thoracic aortic trauma. *Semin Intervent Radiol*. 2011;28(1):98-106.

40. Kotelis D, Geisbusch P, Hinz U, et al. Short and midterm results after left subclavian artery coverage during endovascular repair of the thoracic aorta. *J Vasc Surg*. 2009;50(6):1285-1292.
41. Kpodonu J, Wheatley GH, 3rd, Ramaiah VG, Diethrich EB. Endovascular management of a thoracic aortic disruption following failure of deployment of a parachute. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2007;6(6):823-824.
42. Kurimoto Y, Asai Y, Nara S, et al. Fenestrated stent-graft facilitates emergency endovascular therapy for blunt aortic injury. *J Trauma*. 2009;66(4):974-8; discussion 978-9.
43. Lee WA, Matsumura JS, Mitchell RS, et al. Endovascular repair of traumatic thoracic aortic injury: Clinical practice guidelines of the society for vascular surgery. *J Vasc Surg*. 2011;53(1):187-192.
44. Lettinga-van de Poll T, Schurink GW, De Haan MW, Verbruggen JP, Jacobs MJ. Endovascular treatment of traumatic rupture of the thoracic aorta. *Br J Surg*. 2007;94(5):525-533.

45. Lin PH, Huynh TT, Kougias P, Wall MJ,Jr, Coselli JS, Mattox KL. Endovascular repair of traumatic thoracic aortic injuries: A critical appraisal. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2008;16(4):337-345.
46. Malgor RD, Bilfinger TV, McCormack J, Shapiro MJ, Tassiopoulos AK. Trends in clinical presentation, management, and mortality of blunt aortic traumatic injury over an 18-year period. *Vasc Endovascular Surg*. 2013;47(1):19-23.
47. Marcheix B, Dambrin C, Bolduc JP, et al. Endovascular repair of traumatic rupture of the aortic isthmus: Midterm results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2006;132(5):1037-1041.
48. Marone EM, Kahlberg A, Tshomba Y, Chiesa R. Single-center experience with endovascular treatment of acute blunt thoracic aortic injuries. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2013;54(1):123-131.
49. Matsumura JS, Lee WA, Mitchell RS, et al. The society for vascular surgery practice guidelines: Management of the left subclavian artery with thoracic endovascular aortic repair. *J Vasc Surg*. 2009;50(5):1155-1158.

50. Muhs BE, Balm R, White GH, Verhagen HJ. Anatomic factors associated with acute endograft collapse after gore TAG treatment of thoracic aortic dissection or traumatic rupture. *J Vasc Surg.* 2007;45(4):655-661.
51. Neschis DG, Moaine S, Gutta R, et al. Twenty consecutive cases of endograft repair of traumatic aortic disruption: Lessons learned. *J Vasc Surg.* 2007;45(3):487-492.
52. Neschis DG, Moainie S, Flinn WR, Scalea TM, Bartlett ST, Griffith BP. Endograft repair of traumatic aortic injury-a technique in evolution: A single institution's experience. *Ann Surg.* 2009;250(3):377-382.
53. Noor N, Sadat U, Hayes PD, Thompson MM, Boyle JR. Management of the left subclavian artery during endovascular repair of the thoracic aorta. *J Endovasc Ther.* 2008;15(2):168-176.
54. Oberhuber A, Erhard L, Orend KH, Sunder-Plassmann L. Ten years of endovascular treatment of traumatic aortic transection--a single centre experience. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;58(3):143-147.
55. Oberhuber A, Thiere M, Simon F, et al. Endovascular treatment of traumatic ruptures of the thoracic aorta. *Unfallchirurg.* 2011;114(8):724-729.

56. PARMLEY LF, MATTINGLY TW, MANION WC, JAHNKE EJ,Jr.
Nonpenetrating traumatic injury of the aorta. *Circulation*.
1958;17(6):1086-1101.
57. PASSARO E,Jr, PACE WG. Traumatic rupture of the aorta. *Surgery*.
1959;46:787-791.
58. Patel HJ, Hemmila MR, Williams DM, Diener AC, Deeb GM. Late
outcomes following open and endovascular repair of blunt thoracic aortic
injury. *J Vasc Surg*. 2011;53(3):615-20; discussion 621.
59. Peterson BG, Eskandari MK, Gleason TG, Morasch MD. Utility of left
subclavian artery revascularization in association with endoluminal
repair of acute and chronic thoracic aortic pathology. *J Vasc Surg*.
2006;43(3):433-439.
60. Pitton MB, Herber S, Schmiedt W, Neufang A, Dorweiler B, Duber C.
Long-term follow-up after endovascular treatment of acute aortic
emergencies. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2008;31(1):23-35.
61. Rahimi SA, Darling RC,3rd, Mehta M, Roddy SP, Taggert JB, Sternbach
Y. Endovascular repair of thoracic aortic traumatic transections is a safe

method in patients with complicated injuries. *J Vasc Surg.*

2010;52(4):891-896.

62. Raupach J, Ferko A, Lojik M, Krajina A, Harrer J, Dominik J.

Endovascular treatment of acute and chronic thoracic aortic injury.

Cardiovasc Intervent Radiol. 2007;30(6):1117-1123.

63. Reed AB, Thompson JK, Crafton CJ, Delvecchio C, Giglia JS. Timing of

endovascular repair of blunt traumatic thoracic aortic transections. *J Vasc*

Surg. 2006;43(4):684-688.

64. Rehman SM, Vecht JA, Perera R, et al. How to manage the left

subclavian artery during endovascular stenting of the thoracic aorta. *Eur*

J Cardiothorac Surg. 2011;39(4):507-518.

65. Rengier F, Worz S, Godinez WJ, et al. Development of in vivo

quantitative geometric mapping of the aortic arch for advanced

endovascular aortic repair: Feasibility and preliminary results. *J Vasc*

Interv Radiol. 2011;22(7):980-986.

66. Rizvi AZ, Murad MH, Fairman RM, Erwin PJ, Montori VM. The effect of

left subclavian artery coverage on morbidity and mortality in patients

undergoing endovascular thoracic aortic interventions: A systematic review and meta-analysis. *J Vasc Surg*. 2009;50(5):1159-1169.

67. Rodriguez JA, Olsen DM, Shtutman A, et al. Application of endograft to treat thoracic aortic pathologies: A single center experience. *J Vasc Surg*. 2007;46(3):413-420.

68. Ryan M, Valazquez O, Martinez E, Patel S, Parodi J, Karmacharya J. Thoracic aortic transection treated by thoracic endovascular aortic repair: Predictors of survival. *Vasc Endovascular Surg*. 2010;44(2):95-100.

69. Sastry P, Field M, Cuerden R, Richens D. Low-impact scenarios may account for two-thirds of blunt traumatic aortic rupture. *Emerg Med J*. 2010;27(5):341-344.

70. Schumacher H, Bockler D, von Tengg-Kobligk H, Allenberg JR. Acute traumatic aortic tear: Open versus stent-graft repair. *Semin Vasc Surg*. 2006;19(1):48-59.

71. Statistik Bf. Straßenverkehrsunfallstatistik von 1973 bis 2013. . 2013.

72. Steuer J, Wanhainen A, Thelin S, Nyman R, Eriksson MO, Bjorck M. Outcome of endovascular treatment of traumatic aortic transection. *J Vasc Surg*. 2012;56(4):973-978.
73. Svensson LG, Kouchoukos NT, Miller DC, et al. Expert consensus document on the treatment of descending thoracic aortic disease using endovascular stent-grafts. *Ann Thorac Surg*. 2008;85(1 Suppl):S1-41.
74. Tadros RO, Lipsitz EC, Chaer RA, Faries PL, Marin ML, Cho JS. A multicenter experience of the management of collapsed thoracic endografts. *J Vasc Surg*. 2011;53(5):1217-1222.
75. Takagi H, Kawai N, Umemoto T. A meta-analysis of comparative studies of endovascular versus open repair for blunt thoracic aortic injury. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2008;135(6):1392-1394.
76. Tehrani HY, Peterson BG, Katariya K, et al. Endovascular repair of thoracic aortic tears. *Ann Thorac Surg*. 2006;82(3):873-7; discussion 877-8.
77. Thiere M, Oberhuber A, Link J, Riepl C, Orend K, Muehling B. Successful endovascular repair of blunt traumatic thoracic aortic injury has no effect on acute or mid-term outcome of poly-traumatized

patients: A demand for an excellent initial endovascular treatment. *ITAL J VASC ENDOVASC*. 2013; 20:27-34

78. Ueda T, Fleischmann D, Dake MD, Rubin GD, Sze DY. Incomplete endograft apposition to the aortic arch: Bird-beak configuration increases risk of endoleak formation after thoracic endovascular aortic repair. *Radiology*. 2010;255(2):645-652.

79. van Prehn J, van Herwaarden JA, Muhs BE, Arnofsky A, Moll FL, Verhagen HJ. Difficulties with endograft sizing in a patient with traumatic rupture of the thoracic aorta: The possible influence of hypovolemic shock. *J Vasc Surg*. 2008;47(6):1333-1336.

80. Virtue Registry Investigators. The VIRTUE registry of type B thoracic dissections--study design and early results. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2011;41(2):159-166.

81. Volodos NL. Historical perspective: The first steps in endovascular aortic repair: How it all began. *J Endovasc Ther*. 2013;20 Suppl 1:I3-23.

82. Watson J, Slaiby J, Garcia Toca M, Marcaccio EJ,Jr, Chong TT. A 14-year experience with blunt thoracic aortic injury. *J Vasc Surg*. 2013;58(2):380-385.

83. Xenos ES, Minion DJ, Davenport DL, et al. Endovascular versus open repair for descending thoracic aortic rupture: Institutional experience and meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2009;35(2):282-286.
84. Yamaguchi M, Sugimoto K, Tsukube T, et al. Curved nitinol stent-graft placement for treating blunt thoracic aortic injury: An early experience. *Ann Thorac Surg*. 2008;86(3):780-786.
85. Yamane BH, Tefera G, Hoch JR, Turnipseed WD, Acher CW. Blunt thoracic aortic injury: Open or stent graft repair? *Surgery*. 2008;144(4):575-80; discussion 580-2.
86. Zipfel B, Buz S, Redlin M, Hullmeine D, Hammerschmidt R, Hetzer R. Spinal cord ischemia after thoracic stent-grafting: Causes apart from intercostal artery coverage. *Ann Thorac Surg*. 2013;96(1):31-38.

Lebenslauf

Der Lebenslauf wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt

Der Lebenslauf wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt