Zentrum für Chirurgie
Klinik für Thorax- und Gefäßchirurgie
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. L. Sunder-Plassmann

Ergebnisse nach stentgestützter Versorgung traumatischer thorakaler Aortenrupturen

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

Claudia Neuberger

Mutlangen

2006

Amtierender Dekan:	Prof. Dr. med. Klaus-Michael Debatin
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Orend
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Aschoff
Tag der Promotion:	29.05.2008

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis V

1. Einleitung 1

1.1 Die akute traumatische thorakale Aortenruptur und das posttraumatische thorakale Aortenaneurysma 1

1.2 Lokalisation der traumatischen Aortenruptur 3

1.3 Pathogenese der traumatischen Aortenruptur 5

1.4 Symptome, Begleitverletzungen und Diagnostik 5

1.5 Therapiekonzepte der akuten thorakalen Aortenruptur 7

1.6 Komplikationen 10

1.7 Fragestellung 14

2. Patientengut, Material und Methoden 15

2.1 Patientenkollektiv 15

2.2 Daten und Befunde 20

2.3 ASA- Klassifikation 21

2.4 Operationsverfahren 21

2.5 Implantierte Stentprothesen 23

2.6 Follow up 26

2.7 Statistische Methoden 27

3. Ergebnisse 28

3.1 Alters- und Geschlechterverteilung des Patientenkollektivs 28

3.2 Begleitverletzungen 28

3.3 Anzahl und Abmessungen der verwendeten Stentgrafts 29

3.4 Stentimplantation 34

3.4.1 Operationszeitpunkt 34

3.4.2 Präoperative Kreislaufverhältnisse (ASA) 35

3.4.3 Rupturstelle 35

3.4.4 Operationszeit, Kontrastmittelverbrauch und Durchleuchtungszeit 36

3.5 Der peri- und postoperative Verlauf 37
3.5.1 Perioperative Komplikationen 37
3.5.2 Überstenten der A. subclavia 38
3.5.3 Postoperative Komplikationen während des Krankenhausaufenthalts 38
3.6 Postoperative Letalität und Todesursachen 42
3.7 Dauer des Krankenhausaufenthalts 48
3.8 Follow up 50
3.8.1 Ergebnisse der Nachsorgeuntersuchungen 50
3.9 Zusammenfassung der Ergebnisse 53

4. Diskussion 54
4.1 Komplikation Endoleak 55
4.2 Komplikation Subclavian Steal Syndrom 58
4.3 Komplikation neurologisches Defizit 59
4.4 Komplikation Stentmigration und Materialbruch 60
4.5 Begrenzte Anwendungsmöglichkeiten 61
4.6 Follow up 62
4.7 Schlussfolgerung 63

5. Zusammenfassung 64

6. Literaturverzeichnis 66

7. Danksagung 74

8. Lebenslauf 75

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
a	Jahre
Aa.	Arteriae
Allg.	Allgemeine
art.	arteriell
a.p.	anterior posterior
ASA	American Society of Anästhesiologists
bds.	Beidseits
BWK	Brustwirbelkörper
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
d.h.	das heißt
dist.	distal
EK	Erythrozytenkonzentrat
etc.	et cetera
FFP	Fresh Frozen Plasma
GCS	Glasgow Coma Scale
Gesch.	Geschlecht
GI-Blutung	Gastro-intestinale-Blutung
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Hb	Hämoglobin
HWK	Halswirbelkörper
IE	internationale Einheiten
Ischäm.	ischämisch
J	Jahre
l	Liter
LAO-Projektion	1. Schräger Durchmesser (links anterior oblique)
li.	links
m	männlich
Mediastinalpneu.	Mediastinalpneumothorax
mmol	Millimol
min.	Minute

ML	Mittellinie
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
Nr.	Nummer
OS	Oberschenkel
Pat.	Patient
Pat.-Nr.	Patienten Nummer
re.	rechts
Rö	Röntgen
s	Sekunde
SAB	Subarachnoidalblutung
Schulterlux.	Schulterluxation
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
TAG Excluder	Bezeichnung für Stentprothese
traumat.	traumatisch
TK	Thrombozytenkonzentrat
UA	Unterarm
US	Unterschenkel
V.	Vena
v.a.	vor allem
w	weiblich
WI	Wisconsin
u.a.	unter anderem
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

1.1 Die akute traumatische thorakale Aortenruptur und das posttraumatische thorakale Aortenaneurysma

Aortenverletzungen stellen nach den Kopfverletzungen die zweit häufigste Todesursache als Folge eines stumpfen Traumas dar.
Durch verbesserte präklinische Rettungssysteme steigt die Zahl derer, die das Krankenhaus lebend erreichen stetig an. [41,36]

Die akute traumatische thorakale Aortenruptur entsteht nahezu ausschließlich durch Dezelerationstraumen oder durch direkte stumpfe Gewalteinwirkung mit sagittaler Kompression des Thorax, wie es z. B. bei Verkehrsunfällen oder bei Sturz aus großer Höhe der Fall ist. Bei bis zu 18% aller Motorrad Unfälle findet man eine traumatische Aortenruptur.
Dabei kann es vom Intimaeinriss bis zur vollständigen Durchtrennung aller Wandschichten der Aorta kommen.
Kommt es zu einer kompletten Wanddurchtrennung kann dies innerhalb weniger Minuten zum hämorrhagischen Schock bis zum Tod durch Verbluten führen.
Ungefähr 85-90% aller Unfallopfer mit akuter traumatischer thorakaler Aortenruptur versterben am Unfallort aufgrund dieses Mechanismuses.
Von den 10-15% der Patienten, die das Krankenhaus lebend erreichen versterben 20% an der traumatischen Aortenruptur. [11]
Die Mortalität der Patienten die den Operationssaal noch mit suffizienten Kreislaufverhältnissen erreichen liegt zwischen 20 und 30%. [10]
Die Aortenruptur als Todesursache hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Man nimmt an, dass ungefähr 43% aller tödlich verunglückter Unfallopfer mit stumpfem Thoraxtrauma eine thorakale Aortenruptur hatten.

Bei einem Einriß der Intima und Media, aber erhaltener Adventitia, kommt es zu einer subadventitiellen Einblutung. Durch Unterstützung der parietalen Pleura und des mediastinalen Bindegewebes kann die drohende Massenblutung jedoch einige Zeit verhindert werden, so dass der Patient initial überleben kann. Wenn die Adventitia und die parietale Pleura dem arteriellen Blutdruck standhalten können und nicht rupturieren kann ein posttraumatisches thorakales Aortenaneurysma entstehen, welches allerdings jederzeit rupturieren kann. [31,26]

Einteilung der akuten traumatischen thorakalen Aortenruptur nach Schweregrad nach Palmley: [33]

1. Subintimale Blutung
2. Ruptur der Intima mit subintimaler Blutung
3. Ruptur der Media
4. Aneurysma spurium
5. Komplette Ruptur der Aorta
6. Komplette Ruptur mit periaortaler Blutung

1.2 Lokalisation der traumatischen Aortenruptur

Hauptlokalisation der akuten traumatischen Aortenruptur ist der Aortenisthmus (= die Übergangszone zwischen dem relativ mobilen Aortenbogen und der fixierten Aorta descendens), meist 2 bis 3 cm nach dem Abgang der linken A. subclavia.
In Autopsien konnte man wie in Abbildung 1 dargestellt folgende Verteilung der Lokalisation von traumatischen thorakalen Aortenrupturen erkennen: proximale Aorta descendens mit 52%, Aorta ascendens mit 18%, distale Aorta descendens mit 17% und Aortenbogen mit 9%, andere Lokalisationen 18%. [26,37,9]

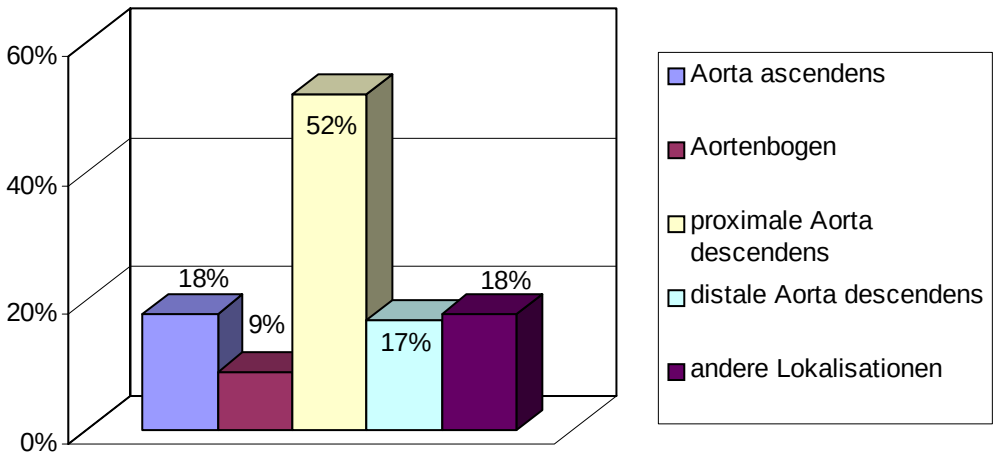


Abbildung 1: Lokalisation der Aortenruptur, Verteilung in %

Abbildung 2 zeigt ein Angio-CT der Aorta mit einer Aortenruptur im Bereich des Aortenisthmus (loco typico).

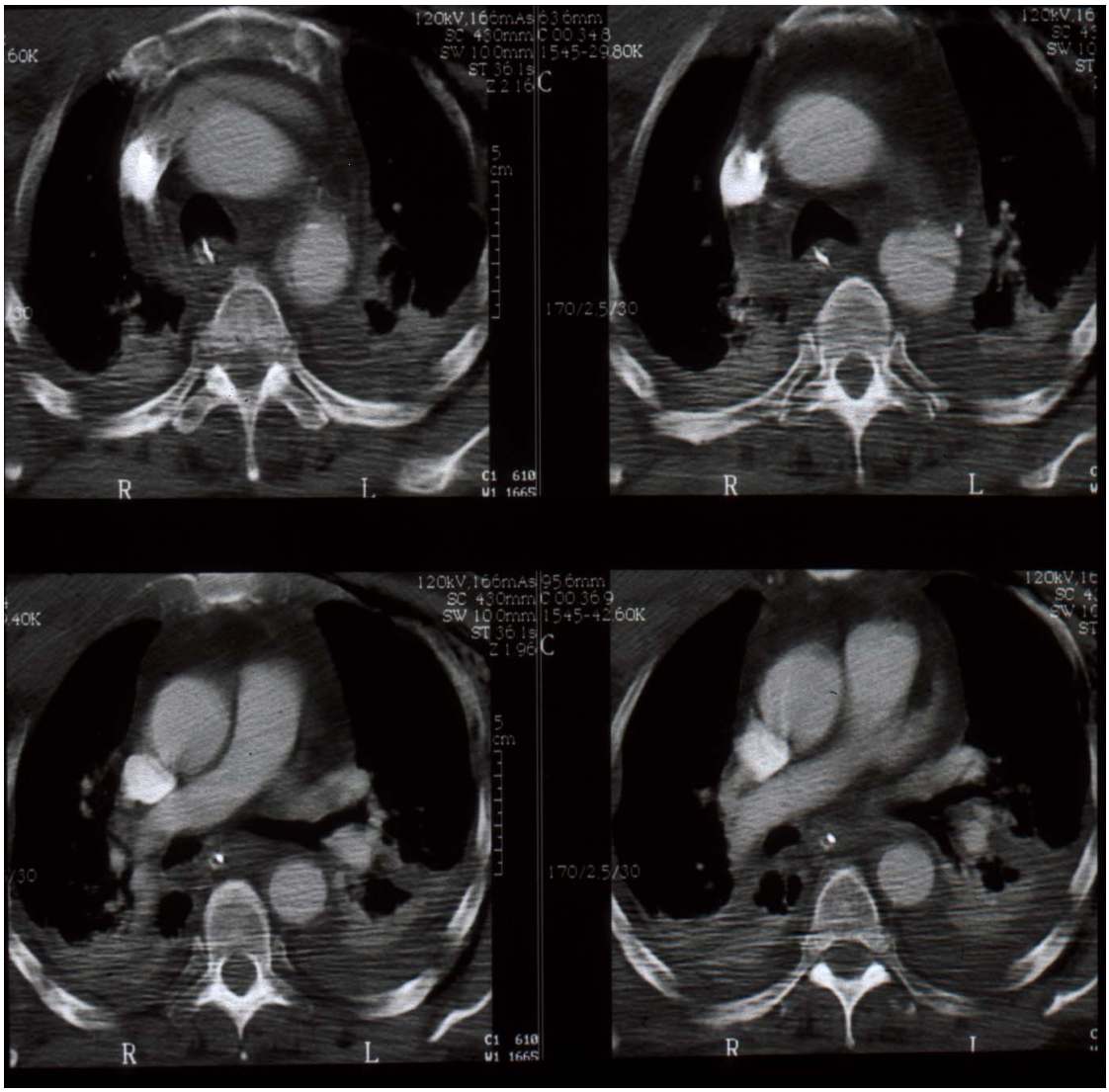


Abbildung 2: Akute traumatische Aortenruptur loco typico

1.3 Pathogenese der traumatischen Aortenruptur

Der physiologische Verlauf des Aortenbogens im Thorax ist um 20-25° aus der Sagittalebene nach links und kaudal gedreht. Für die Entstehung einer traumatischen thorakalen Aortenruptur sind hauptsächlich zwei Mechanismen verantwortlich.

1. Die Trägheit der Flüssigkeitssäule in der Aorta descendens bei einer Dezeleration: Durch das Ligamentum arteriosum und die Kopf-Halsgefäße ist der Aortenbogen mit dem Thorax verbunden und folgt deshalb einer Dezelerationsbewegung des Thorax nach einem Aufprall. Die trägere Blutflüssigkeit im distalen Ende des Aortenbogens und im Anfangsteil der Aorta descendens bewegt sich allerdings noch nach anterior, während die anderen Strukturen bereits dezelerieren, weshalb die größten Scherkräfte meist auf den Übergang des Aortenbogens in die Aorta descendens, den Aortenisthmus, wirken. Zudem findet man die geringste Widerstandsfähigkeit der Aorta auf Zugbelastung im Isthmusgebiet.

2. Streckung des Aortenbogens über eine Verlagerung des Herzens durch Thoraxkompression: Der Brustkorb wird vor allem bei Lenkradsäulenverletzungen von vorne unten getroffen was zu einer Kompression der Thoraxwand führt. Durch die Einengung des Thoraxraumes kommt es zu einer Verdrehung des Herzens mit Herzverlagerung nach links hinten und oben, und einer Abdrängung des Aortenbogens in kranialer Richtung, welcher infolge Streckung, Abknickung und Verdrehung am Aortenisthmus einreißt. [17,27]

1.4 Symptome, Begleitverletzungen und Diagnostik

Das radiologische Zeichen der traumatischen Aortenruptur im Röntgen-Thorax ist die mediastinale Erweiterung. Eine mediastinale Weite von 8cm oder mehr auf Höhe der Carina, sowie ein Mediastinum das mehr als 25% der Breite des Thorax auf dieser Höhe ausmacht sind bezeichnend für eine thorakale Aortenruptur.
Zusätzliche Befunde können sein, verschwommene Kontur des Aortenbogens und der linken Pleura, sowie Pleuraerguß links.

Weitere Symptome der traumatischen thorakalen Aortenruptur sind Hämatothorax, Blutdruckdifferenz an den oberen Extremitäten, Hypertonie, Zeichen der Koarktation, Anurie, Ischämie und Hämatemesis.

Aufgrund der hohen Sterblichkeit der Patienten mit traumatischer thorakaler Aortenruptur wurde die Indikation zur offenen Operation mit „aufgeschobener Dringlichkeit“ gestellt.
Es handelt sich in der Mehrzahl der Fälle um polytraumatisierte Patienten mit zumeist lebensgefährlichen Begleitverletzungen. Die diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen sind abhängig von den Begleitverletzungen und erfordern eine enge Zusammenarbeit zwischen den Mitarbeitern der verschiedenen Disziplinen. [6]

Die häufigste Begleitverletzung der Patienten mit akuter traumatischer Aortenruptur sind Thoraxverletzungen, gefolgt von Abdomenverletzungen, Verletzungen von Kopf und Gehirn, Becken und Extremitätenverletzungen, wie in Abbildung 2 dargestellt. [26]

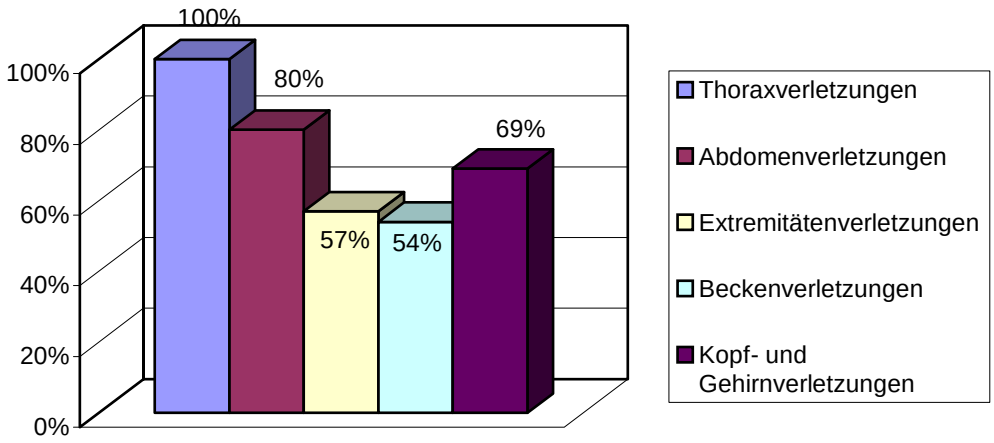


Abbildung 3: Allg. Begleitverletzungen der traumatischen Aortenruptur

Aufgrund der Tatsache, dass 50% der Patienten an ihren Gehirnverletzungen oder an den Folgen eines hämorrhagischen Schocks aufgrund einer Blutung von wichtigen abdominellen Organen, wie z.B. bei einer Leber- oder Milzruptur an Multiorganversagen versterben, ist es wichtig Verletzungen des Gehirns und akute Blutungen durch ein CT Schädel und einen abdominellen Ultraschall auszuschließen, bevor man mit den diagnostischen Maßnahmen der thorakalen Aorta beginnt.
Das Spiral-CT-Thorax mit Kontrastmittel ist dabei das Standardverfahren zur Diagnostik der akuten traumatischen thorakalen Aortenruptur. [26]
Eine Angiographie sollte lediglich bei nicht oder schlecht beurteilbarer Computertomographie durchgeführt werden, oder wenn das proximale Ausmaß der Verletzung nicht sicher im CT eingeschätzt werden kann.

1.5 Therapiekonzepte der akuten thorakalen Aortenruptur

Bei der Therapie der akuten traumatischen thorakalen Aortenruptur kommt in den letzten Jahren immer mehr die endovaskuläre Stentgraftimplantation zum Einsatz.
Dabei handelt es sich um ein Verfahren, das erstmals von Parodi 1991 zur Therapie von abdominellen Aortenaneurysmen beschrieben wurde. [37]
Bei Eingriffen an der thorakalen Aorta wird die Technik der endovaskulären Stentgraftimplantation seit 1994 erfolgreich eingesetzt.
Bei der endovaskulären Stentgraftimplantation handelt es sich um ein minimal invasives Verfahren, das vor allem bei polytraumatisierten Patienten viele Vorteile gegenüber den konventionellen chirurgischen Verfahren durch eine Thorakotomie mit sich bringt.
Abbildung 4 zeigt die postoperativ durchgeführte Angio-CT Aufnahmen eines Patienten, der sich bei einem Motorradunfall eine traumatische Aortenruptur loco typico zugezogen hat, die durch eine endovaskuläre Stentimplantation (Gore Excluder Stent) versorgt worden ist.

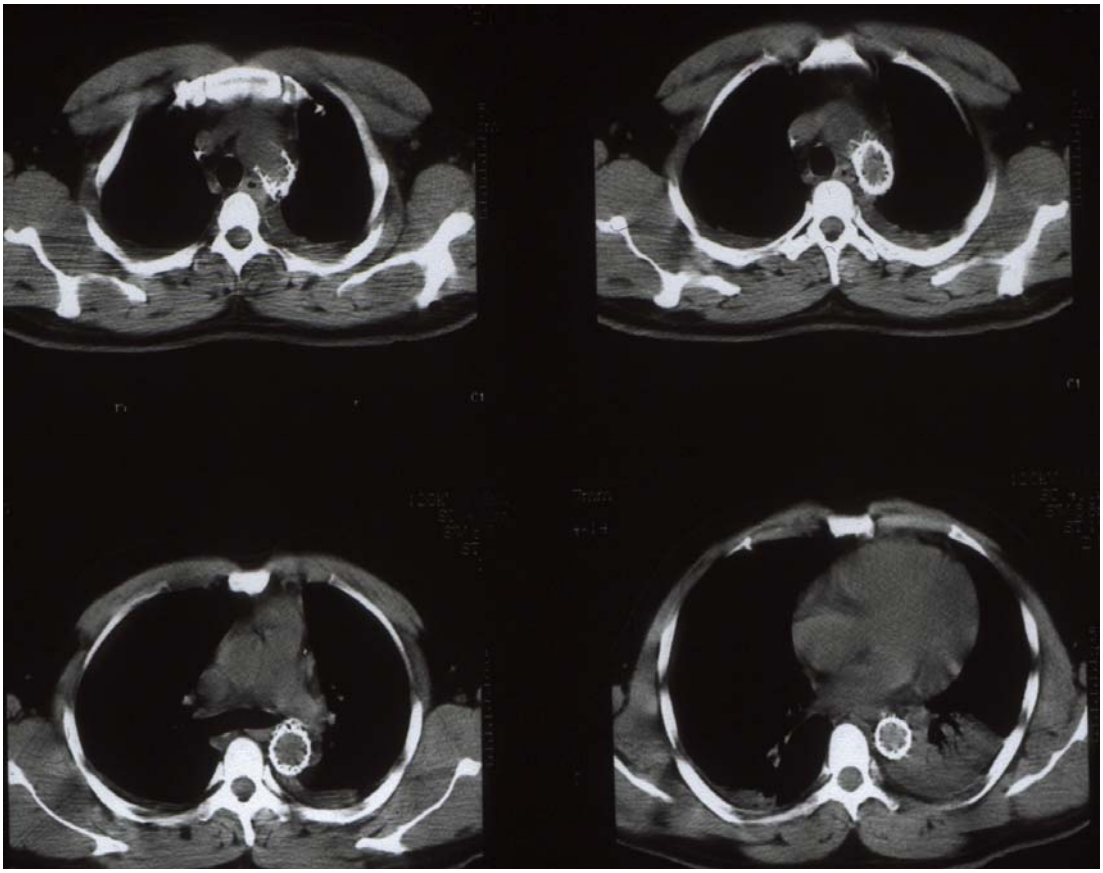


Abbildung 4: Endovaskuläre Stentimplantation (Gore Excluder) nach traumatischer Aortenruptur

Als Operationsverfahren standen bisher verschiedene Methoden zur Verfügung. Das Clamp-Repair-Prinzip, das Shuntverfahren sowie die Versorgung der Ruptur mit Hilfe der extrakorporalen Zirkulation. Eine Metaanalyse von 1742 Patienten [5] zeigte, dass alle 3 Verfahren mit einer hohen Komplikationsrate einhergehen. Nach Clamp-Repair (n=443) resultierte eine Letalität von 16% und eine Paraplegierate von 19,2%, beim Shuntverfahren (n=424) betrug die Sterblichkeit 12,3% und die Paraplegierate 11,1%. Mit Hilfe der extrakorporalen Zirkulation (n=561) betrug die Letalität 18,2% (als Folge der Vollheparinisierung), die Paraplegierate betrug allerdings nur 2,3%.
Die Mortalität von notfallmäßig durchgeführten Thorakotomien bei stumpfen Aortentraumen liegt bei 15-30%. [43,11,42,7]

Eine besondere Schwierigkeit der operativen Versorgung der traumatischen thorakalen Aortenruptur ist die Festlegung des genauen Operationszeitpunktes.
Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer zweizeitigen Ruptur spricht auf der einen Seite für eine schnellstmögliche operative Versorgung der traumatischen Aortenruptur. Auf der anderen Seite wird die Versorgung der Aortenruptur mit aufgeschobener Dringlichkeit, d.h. erst nach Stabilisierung der Herz-Kreislaufverhältnisse und nach der Versorgung einer möglicherweise vorhandenen Milz- und Leberruptur oder eines Schädel-Hirn-Traumas, von vielen Autoren befürwortet. [18,19,34,39]
Entscheidend für den Operationszeitpunkt sind also die Erfordernisse der Begleitverletzungen.

Das offene Verfahren beinhaltet eine aortale Abklemmphase, einseitige Lungenventilation, Seitenlagerung der Patienten, eine full-dose Heparinisierung und eine lange Operationszeit.
Die aortale Abklemmphase zieht zwangsläufig, die Gefahr der Minderdurchblutung von verschiedenen Organen wie z.B. des Rückenmarks, des Darmes, und der Nieren nach sich. Die Minderdurchblutung des Rückenmarks stellt dabei die Hauptursache für das postoperative neurologische Defizit dar.
Neben den neurologischen Defiziten verursacht die aortale Abklemmphase auch eine intrakraniellen Drucksteigerung, was insbesondere bei Patienten mit Gehirnverletzungen negative Folgen nach sich ziehen kann.
Die einseitige Lungenventilation ihrerseits ist bei Patienten mit Lungenkontusion besonders problembehaftet, weil dies zu pulmonaler Dekompensation mit nachfolgender längerer Beatmungsdauer führen kann.

Die Seitenlagerung rückenmarksverletzter Patienten wiederum kann zu erheblichen neurologischen Defiziten führen.
Die systemische Heparinisierung bei Patienten mit geschlossenen Kopfverletzungen oder Verletzungen von abdominellen Organen, wie z.B. Leber oder Milz birgt ein erhöhtes Blutungsrisiko.

Der große Vorteil der endovaskulären Stentgraftimplantation besteht darin, dass sie unmittelbar nach Diagnosestellung, allein oder als Simultaneingriff durchgeführt werden kann und sich somit das Risiko einer zweizeitigen tödlichen Ruptur, das in der Literatur mit mindestens 5% beschrieben wird, deutlich reduziert werden kann. [30]

Eine Einschränkung bei der endovaskulären Stentgraftimplantation der traumatischen thorakalen Aortenruptur ist die Versorgung von Rupturen, die proximal der linksseitigen A. subclavia, am Aortenbogen oder der Aorta ascendens gelegen sind. Bei diesen Verletzungen kann eine endovaskuläre Stentgraftimplantation nicht zum Einsatz kommen.

1.6 Komplikationen der endovaskulären Stentimplantation

Neben den allgemeinen Operationsrisiken (Infektion, Blutung, etc.), ist das Verfahren der endovaskulären Stentgraftimplantation bei der akuten traumatischen thorakalen Aortenruptur mit speziellen postoperativen Komplikationen behaftet:

1. Bildung eines Endoleak

   Ein Endoleak ist definiert als ein persistierender Blutfluss in einem bereits ausgeschaltetem Aneurysma. Es gibt primäre Endoleaks, die sich unmittelbar nach dem Eingriff manifestieren und sekundäre Endoleaks, die erst einige Zeit danach, z.B. nach einem halben Jahr auftreten.
   Man unterscheidet 4 verschiedene Typen von Endoleaks:

   Typ I: Leck an der proximalen oder distalen Verankerung
   Typ II: Retrograder Flow ins Aneurysma aus offenen Seitenästen (Spinalgefäße)
   Typ III: Midgraftleak (an der Überlappungszone, wenn 2 Stents verwendet wurden)
   Typ IV: Graft porös

   Die Diagnose eines Endoleaks erfolgt mittels Spiral-CT-Thorax mit Kontrastmittel.
   Die Inzidenz von Endoleaks ist v.a. bei starker Angulation der Aorta im proximalen Stentbereich erhöht. Die Ursache hierfür liegt in einer mangelnden Anhaftung des relativ starren Stents in diesem Bereich. [20]

2. Das Subclavian-Steal-Syndrom

   Das Subclavian-Steal-Syndrom tritt üblicherweise bei einem Verschluß der A. subclavia proximal des Vertebralisabganges durch Strömungsumkehr in der ipsilateralen A. vertebralis zugunsten des ipsilateralen Armes auf.
   Hauptursache ist die arterielle Verschlusskrankheit. Seltener kann es bei einer Endangitis obliterans, oder einer Lues zum Subclavian-Steal-Syndrom kommen.

   Bei der endovaskulären Stentgraftimplantation der thorakalen Aortenruptur, wird die linken A. subclavia nahezu immer „überstentet“, weil sich die Rupturstelle meist unmittelbar nach dem Abgang der linken A. subclavia befindet um die proximale Verankerungszone des Stentgrafts zu verlängern.

Dieser elektive Verschluß hat zur Folge, dass die direkte Durchblutung des linken Armes zum Erliegen kommt. Als Folge kommt es zu einer Flussumkehr in der linken A. vertebralis und dem Gehirnkreislauf wird Blut entzogen.

Als Symptome können dabei Schwindel, plötzliches Hinfallen ohne Bewußtlosigkeit (drop attack), Ataxie, zentrale Sehstörungen, sowie schmerzhafte Bewegungseinschränkung der Armmuskulatur, v. a. bei Über-Kopf-Arbeiten, auftreten.

Diese Symptome sind reversibel und bei Patienten mit ausreichender Kollateralenbildung weniger stark ausgeprägt.

Nur in seltenen Fällen muß eine Transposition der linken A. subclavia in die linke A. carotis communis erfolgen.

Die Diagnose des Subclavian-Steal-Syndroms erfolgt mittels angiographischer Darstellung der beteiligten Gefäße.

Zusätzlich finden sich folgende pathologische Befunde: Pulsabschwächung auf der betroffenen Seite, seitendifferente Blutdruckwerte und seitendifferente Dopplerverschlussdrücke.[5]

3. Hämatothorax

Ein Hämatothorax entsteht durch Einblutungen in die Pleurahöhle. Symptome eines Hämatothorax sind Dyspnoe und atemabhängige Schmerzen. Bei der klinischen Untersuchung des Patienten findet man ein abgeschwächtes Atemgeräusch, eine Klopfschalldämpfung und je nach Schwere der Blutung ein Hb-Abfall und Schocksymptome.

Die Diagnose eines Hämatothorax erfolgt durch ein Thoraxröntgenbild. Es läßt sich eine homogene Transparenzminderung der betroffenen Seite erkennen.

Es stehen 2 Therapieoptionen zur Verfügung:

1. Das Einlegen einer Thoraxdrainage zur Entlastung der Pleurahöhle und zur Kontrolle der Blutungsmenge
2. Eine „sekundäre Ausräumung“ des Hämatothorax, welche allerdings die Gefahr einer bakteriellen Besiedlung mit sich bringt.

4. Neurologisches Defizit

Bei der offen Operation der thorakalen Aortenruptur besteht ein Risiko von 5-10% für ein neurologisches Defizit, bei der endovaskulären Versorgung liegt dieses Risiko unter 5 %.

Aufgrund der minimalinvasiven Technik der endovaskulären Versorgung kann diese stets unter hämodynamisch stabilen Bedingungen und ohne aortale Abklemmphase durchgeführt werden. Damit entfallen zwei entscheidende Faktoren, die für das Entstehen eines neurologische Defizits, vor allem der Paraplegie, verantwortlich sind.

Aufgrund dieser möglichen Komplikationen wird eine engmaschige Nachuntersuchung aller stentgestützt versorgten Patienten mittels Spiral-Kontroll-CT, Röntgen-Übersichtsaufnahme der Thoraxorgane a.p. und seitlich und eine Stent-Zielaufnahme im Abstand von 3, 6 und 12 Monaten empfohlen. Anschließend sind nur noch jährliche Kontrollen erforderlich. [31]
Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei der adäquaten Ausschaltung der Ruptur, korrekte Stentlage, und ob Anzeichen einer Thrombosierung oder Materialermüdung zu erkennen sind.

1.7 Fragestellung

In der vorliegenden Arbeit wird überprüft zu welchen Ergebnissen die stentgestützte Versorgung der traumatischen thorakalen Aortenruptur führt.
Es sollen folgende Aspekte untersucht werden:

1. Wie sicher ist die stentgestützte Ausschaltung traumatischer thorakaler Aortenrupturen? Wie hoch ist das Risiko einer zweizeitigen Ruptur?

2. Gibt es methodenspezifische Komplikationen (z.B. primäres/sekundäres Endoleak, Stentmigration, Strebenbruch, Subclavian Steal Syndrom) ?

3. Wie hoch ist die Paraplegierate nach endovaskulärer Stentimplantation?

2. Patientengut, Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

In der Abteilung für Thorax- und Gefäßchirurgie der chirurgischen Universitätsklinik Ulm wurden im Zeitraum von März 1999 bis Mai 2005 insgesamt 27 Patienten (20 Männer und 7 Frauen) mit traumatischer thorakaler Aortenruptur mittels transfemoraler Stentimplantation versorgt, welche alle in die vorliegende retrospektive Studie aufgenommen werden konnten.
Das Alter der Patienten lag zum Zeitpunkt der Operation zwischen 12 und 83 Jahre, der Median beträgt 32.

Es handelte sich bei diesen Patienten um polytraumatisierte Unfallopfer mit zahlreichen Begleitverletzungen. 24 Patienten waren Opfer eines Verkehrsunfalls, bei 2 Patienten war die Unfallursache ein Sturz aus größerer Höhe in suizidaler Absicht, ein Patient verunglückte beim Entladen eines LKW s.
Genaue Übersicht über die demographischen Daten, den Unfallmechanismus und die Begleitverletzungen der Patienten gibt Tabelle 1.
In allen Fällen wurde zur Diagnosesicherung und zur Festlegung des Durchmesser und der Länge des Stentgrafts eine Spiral-CT-Untersuchung des Thorax veranlaßt.
Davon ausgenommen waren Patienten die von auswärtigen Krankenhäusern kamen und aktuelle CT-Aufnahmen mitgebracht haben.
Die exakte Lokalisation und das Ausmaß der Ruptur konnte endgültig durch eine intraoperative Angiographie gesichert werden.

Die Indikation zur Sofortkorrektur der Aortenruptur innerhalb von 24 Stunden nach dem Trauma mußte bei 20 Patienten aufgrund eines frischen ausgeprägten Mediastinalhämatoms gestellt werden. 7 Patienten wurden erst zwischen 48 und 72 Stunden nach dem Unfall operiert.

Bei 4 der 27 Patienten mußte ein zweiter Stent wegen insuffizienter Abdichtung der Rupturstelle eingebracht werden. Eine erneute Operation mußte deswegen bei 3 Patienten durchgeführt werden, nach 72 Stunden, 10 bzw. 44 Tagen nach dem ersten Eingriff.

Bei einem Patient erfolgte die zweite Stentimplantation noch in derselben Operation.

Tabelle 1 gibt detaillierte Auskunft über das Patientenkollektiv, den Unfallmechanismus, die Begleitverletzungen und die jeweils verwendeten Stentsysteme.

Tabelle 1: Unfallmechanismus, Begleitverletzungen, Stentprothese, Alter und Geschlecht der Patienten mit traumatischer thorakaler Aortenruptur

Pat.-Nr.	Gesch.	Alter (J)	Unfallmechanismus	Begleitverletzungen	Stent (Anzahl)
1	m	59	Sturz vom Treppenhaus	Kalotten- und Orbitaimpressionsfraktur, Epiduralhämatom, Frontobasisfraktur, Mittelgesichtsfrakturen, Pneumothorax, Rippenserienfraktur li., Milzhämatom, Ellenbogenluxation, Fraktur Os ileum, Scapulafraktur re.	Gore TAG (1)
2	m	28	Verkehrsunfall PKW	gedeckte Milzruptur	Gore TAG, Gore TAG (2)
3	m	43	Verkehrsunfall PKW	Commotio cerebri, Nasenbeinfraktur	Talent, Gore TAG (2)
4	m	73	Fußgänger von PKW erfaßt	SHT mit Seitenventrikeleinblutung, HWK 5 Bogenfraktur, HWK 6 Facetten-Fraktur, HWK 6 und 7 Distension, Rippenserienfraktur li., Tibiakopffraktur re., Weber A Fraktur li. mit Kompartment, Schulterluxationsfraktur re., Beckenfraktur	Gore TAG (1)
5	m	18	Verkehrsunfall Motorrad	Hämatopneumothorax li., offene Femurfraktur li., Grundgliedfraktur li. Großzehe	Gore TAG (1)
6	m	17	Verkehrsunfall PKW	SHT III° mit traumatischer SAB, Hirnödem mit ML-Verlagerung, instabile vordere und hintere Beckenringfraktur, Rippenserien-fraktur mit Hämatothorax/Serothorax bds., intrapulmonale Rupturen bds., stumpfes Bauchtrauma	Gore TAG (1)
7	w	32	Verkehrsunfall PKW	Sternumfraktur, Lungenkontusion li., Hämatothorax li., Mediastinalpneu, Nierenkontusion li.	Gore TAG (1)
8	m	17	Verkehrsunfall Moped	offene Unterschenkelfraktur und N. Peroneusparese li., Monteggiafraktur li., Kompartment li. Unterarm, Parese N. medianus und N. ulnaris, traumat. Amputation der Zehen 2-4 li.	Gore TAG (1)

9	m	42	Verkehrsunfall PKW	offene Unterschenkelfraktur re., Oberschenkeltrümmerfraktur li., Humerusschaftfraktur li., Scapulatrümmerfraktur li., Unterkieferfraktur re., Le Fort Fraktur 1	Gore TAG (1)
10	m	32	Verkehrsunfall PKW	Tibiakopfmehrfragmentfraktur li., Rippenserienfraktur re., Leberhämatom, Pneumoperikard	Gore TAG (1)
11	w	12	Verkehrsunfall PKW	Lungenkontusion, Herzkontusion, Pneumothorax bds., Beckenringfraktur, Nasenbeinfraktur	Gore TAG (1)
12	m	17	Verkehrsunfall Motorroller	Epidurales Hämatom, Kompression des 3. Ventrikel, generalisiertes Hirnödem, komplexe Mittelgescihtsfrakturen, Hämatopneumothorax, offene OS Fraktur li., Scapulafraktur re.	Gore TAG (1)
13	m	24	Verkehrsunfall Motorrad	Ponsblutung, Leberruptur, Milzhämatom, Lungenkontusion, Hämatothorax li., distale Radiusfraktur re.	Gore TAG (1)
14	m	36	Verkehrsunfall Motorroller	Leberruptur, Rippenserienfraktur, Pneumothorax, Lungenkontusion	Gore TAG (1)
15	m	49	Sturz aus Fenster	Pneumathorax, Rippenserienfraktur, Unterkieferfraktur, dist. Radiusfraktur li.	Gore TAG (1)
16	m	19	Gabelstaplerunfall	Hämatopneumothorax mit Hauptbronchusabriß li., Lungenkontusion bds., mediane Unterkieferfraktur	Gore TAG (1)
17	w	83	Verkehrsunfall PKW	Beckenringfraktur	Cook (1)
18	m	28	Verkehrsunfall PKW	Leberruptur, Spannungspneu, Femurfraktur re., Tibiafraktur re., Calcaneustrümmerfraktur re., US-Fraktur li., UA-Fraktur li., Navicularefraktur re.	Gore TAG (1)
19	m	19	Verkehrsunfall PKW	Milzruptur, Leberruptur, Zwerchfellruptur, Rippenserienfraktur re., Hämatothorax, SHT II°, Kreuzbeinfraktur li., Lungenkontusion	Cook (1)

20	w	46	Verkehrsunfall PKW	Milzruptur, Rippenserienfraktur li., Hämatothorax, Lungenkontusion, SHT II-III°, Leberhämatom, Perikarderguß, intracraniale Einblutung, Hirnödem	Cook	(1)
21	w	64	Fußgänger von PKW erfaßt	stumpfes Bauchtrauma, Humerusfraktur re., Tibiafraktur re., Radiusfraktur re., Beckenringfraktur, BWK 10, 11 Fraktur	Cook	(1)
22	w	33	Verkehrsunfall PKW	Pneumothorax, Milzhämatom, Rippenfraktur, Femurfraktur, Sitzbeinfraktur, Weber C Fraktur, Atlanto-occipital Fraktur	Gore TAG	(1)
23	w	23	Verkehrsunfall Motorroller	Beckenringverletzung, offene Unterschenkelfraktur, dist. Radiusfraktur li., Ulnafraktur re.	Cook, Optimed	(2)
24	m	61	Verkehrsunfall LKW	Lungenkontusion, HWS 4 Fraktur, Pneumothorax, Rippenserienfraktur	Talent	(1)
25	m	25	Verkehrsunfall Motorrad	Femurfraktur li., Milzlazeration, Schulterlux. re.	Talent	(1)
26	m	41	Verkehrsunfall Motorrad	Unterschenkelfraktur li. und re., Dünndarmnekrose, Pleuraerguß, Radiusfraktur li., Fraktur Ramus pubis	Talent	(1)
27	m	56	Verkehrsunfall PKW	Femurfraktur li., Fibulafraktur li., li. Großzehenfraktur li., Hämatothorax, Herzkontusion, ischäm. Colonnekrose bei gedeckter Perforation	Gore TAG, Gore TAG	(2)

2.2 Daten und Befunde

Die Datenerhebung- und Auswertung erfolgte auf der Grundlage der vorhandenen elektronischen Krankenakten.
Es erfolgte eine Auswertung der Operationsberichte, der postoperativen radiologischen Befunde und der Berichte über den weiteren postoperativen stationären Aufenthalt der Patienten.
Aus diesem Datenmaterial konnten folgende Informationen gewonnen werden:

- Alter und Geschlecht der Patienten
- Unfallart
- Begleitverletzungen
- Lokalisation der Aortenruptur
- verwendete Stentgrafts
- technische Durchführung des Eingriffs
- peri- und postoperativ aufgetretene Komplikationen

Anschließend wurden die Protokolle der Nachuntersuchungen ausgewertet.
Daten und Befunde der Nachuntersuchungen die anhand der Krankenakten erhoben wurden:

- Anamnese
- Bildgebende Verfahren: Spiral-CT-Thorax, Rö-Thorax a.p. und seitlich
- Dopplerverschlussdrücke

2.3 ASA-Klassifikation

Die Einschätzung des präoperativen Risikoprofils der Patienten erfolgte anhand der ASA-Klassifikation.
Das Schema der American Society of Anästhesiologists teilt die Patienten für operative Eingriffe in 5 Klassen ein:

I Normaler, gesunder Patient
II Leichte Allgemeinerkrankung ohne Leistungseinschränkung
III Schwere Allgemeinerkrankung mit Leistungseinschränkung
IV Schwere Allgemeinerkrankung die mit oder ohne Operation das Leben des Patienten bedroht
V Moribund, Tod innerhalb von 24 Stunden mit oder ohne Operation zu erwarten

2.4 Operationsverfahren

Bei allen 27 Patienten erfolgte die endovaskuläre Stentgraftimplantation in Allgemeinnarkose im Operationssaal mit Hilfe eines fahrbaren C-Bogens (OEC 9600 Vascular, GE Medical Systems, Milwaukee, WI, USA).
Der endovaskuläre Zugang erfolgte bei allen Patienten transfemoral über die rechtsseitige A. femoralis communis.
Nach steriler Desinfektion und Abdeckung, erfolgt die Freilegung der rechten A. femoralis communis, welche anschließend punktiert wird. Nach der Punktion wird ein Terumo Führungsdraht (Terumo, Frankfurt, Germany) in den Aortenbogen unter Durchleuchtungskontrolle vorgeschoben. Zusätzlich werden 5000 IE Heparin intravenös injiziert. Über den Terumo-Draht wird eine 8 French Schleuse eingewechselt. Anschließend wird ein 7 French Pigtail-Katheter bis in die Aorta ascendens vorgeschoben.
Anschließend erfolgte eine Digitale Subtraktionsangiographie in Atemstillstand mit nicht-ionischem Kontrastmittel (Iopamidol [Solutrast 300, Byk Gulden, Konstanz, Germany]), nachdem der Aortenbogen ca. 25° in LAO-Projektion aufgedreht wurde, zur genauen Identifizierung der linken A. carotis communis.
Eine intraoperative Angiographie der thorakalen Aorta zeigt Abbildung 5.

Der Abgang der linksseitigen A. carotis communis wurde mit einer Nadel markiert und mit einem zweiten Angiogramm überprüft. Die Position des C-Bogens wurde festgestellt um die genaue Position und den Vergrößerungsfaktor beizubehalten.

Anschließend wird ein 260cm langer Amplatz Superstiff-Draht (Boston Scientific, Ratingen, Germany) eingewechselt über den der Stent nach Austauschen der 9 French Schleuse eingebracht wird.
Danach erfolgt eine Kontroll-Angiographie um zu überprüfen ob die eingebrachte Stentprothese die Rupturstelle suffizient abdichtet und eine Palpation der Pulse beider Carotiden.

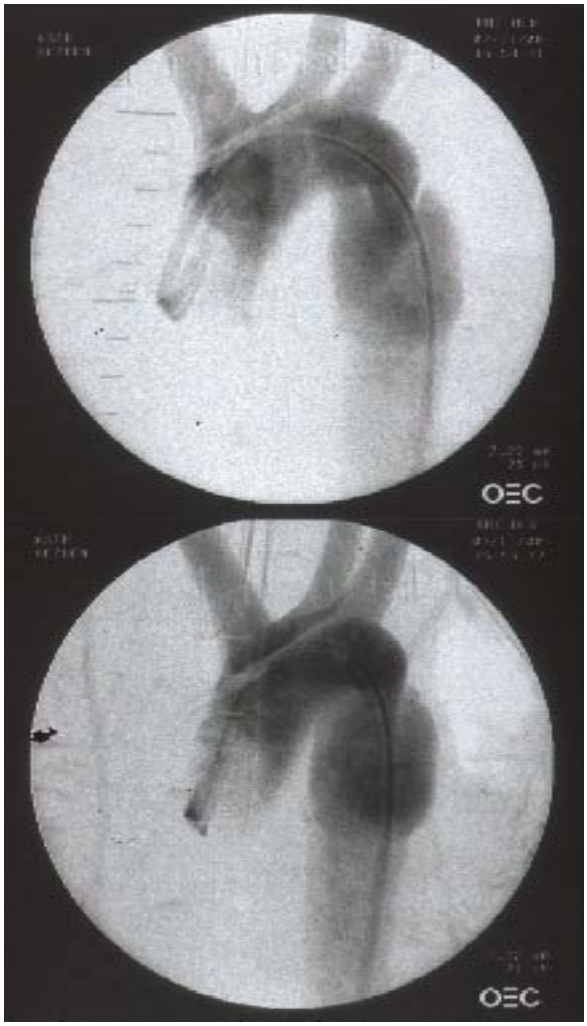


Abbildung 5: Intraoperative Angiographie der Aorta, dargestellt ist die thorakale Aorta mit Abgang des Truncus brachiocephalicus, der linken Arteria carotis communis und der linken Arteria subclavia. In der Aorta befindet sich ein Pigtail-Katheter, der bis in die Aorta ascendens vorgeschoben wurde.

2.5 Implantierte Stentprothesen

Es wurden für die transfemorale endovaskuläre Stentgraftimplantation verschiedene Prothesensysteme der Firmen Gore (Gore and Associated GmbH, Putzbrunn Germany), Talent (Hosmed, Unterhaching-München, Germany), Cook (Cook Deutschland GmbH) und Optimed (Medizinische Instrumente GmbH, Ettlingen, Germany) verwendet. Bei 4 der 27 Patienten mußten 2 Prothesen verwendet werden.
Aufschluß darüber gibt Tabelle 2.

Tabelle 2: Prothesensysteme die bei Patienten mit traumatischer thorakaler Aortenruptur verwendet wurden

Prothesensystem:	Anzahl:
Gore TAG	21
Talent	4
Cook	5
Optimed	1

Der Gore TAG Excluder Stent besteht aus einem sich ausdehnenden Polytetrafluorethylen (ePTFE) Schlauch, der durch einen ePTFE/FEP (fluorinated ethylene propylene) Film verstärkt wird. Auf der äußeren Oberfläche der Gefäßprothese sorgt ein selbst-expandierendes nitinol (nickel titanium alloy) Drahtgeflecht für dessen Struktur. An beiden Enden befinden sich, ca.1cm vom Rand der Endoprothese entfernt, jeweils ein röntgendichter Goldstreifen. Abbildung 6 zeigt einen Gore Stent in der proximalen Aorta.



Abbildung 6: Gore TAG Excluder Stent in der proximalen Aorta, 3-D-Rekonstruktion

Beim Talent Stentgraft-System sitzt auf einer Polyester-Haut eine Nitinol-Fadenstruktur, die die Gefäßprothese bei Körpertemperatur an der Gefäßwand adaptiert.

Der Cook Zenith Stent besteht aus einem Polyestergewebe, das von rostfreiem Stahl eingeschlossen ist. Das proximale Ende des Stents ist verdeckt und trägt Haken aus rostfreiem Stahl, die aus dem Polyestergewebe herausragen, und den Stent direkt in der Aortenwand verankern. Dies schützt vor distaler Stentmigration während systolischem Blutfluß.

Abbildung 7 zeigt eine konventionelle Röntgen-Thorax Aufnahme mit einer Cook Prothese in der Aorta descendens.

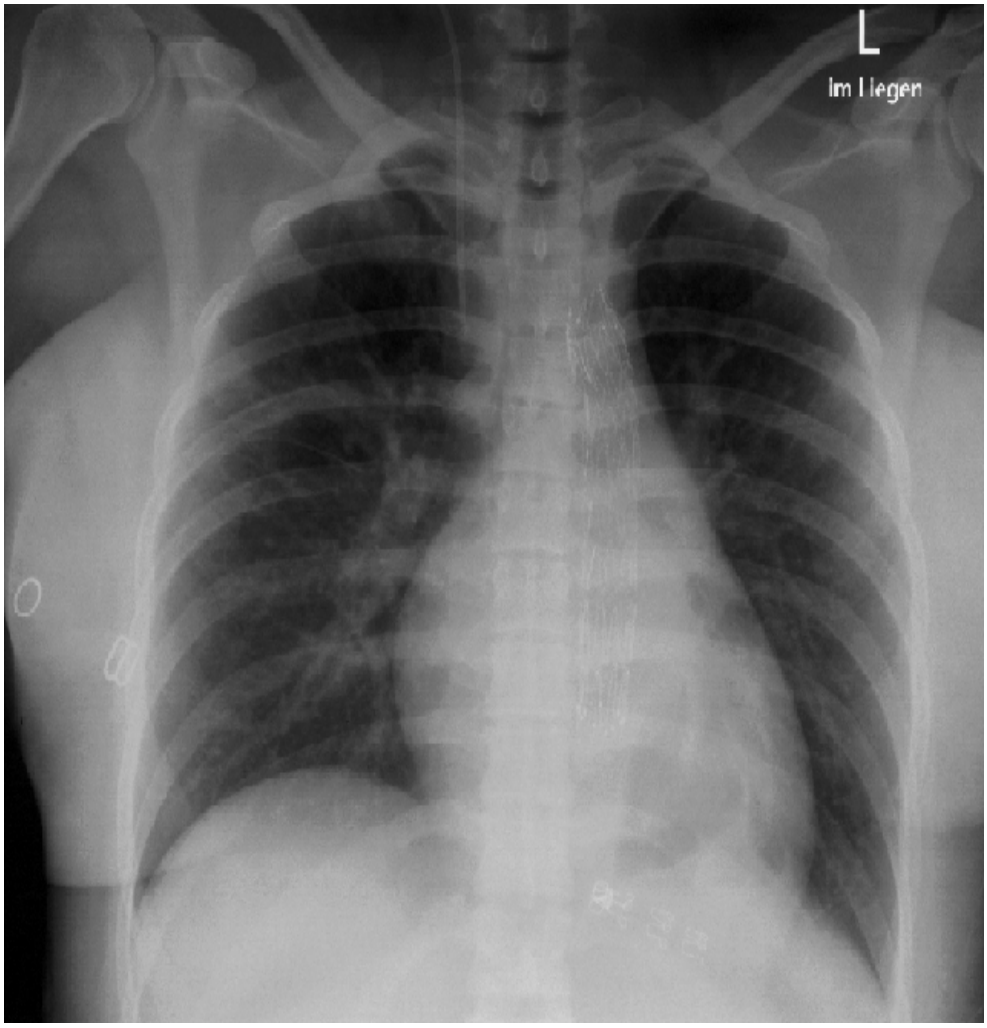


Abbildung 7: Cook Stent in der Aorta descendens, konventionelle Röntgen-Aufnahme

Der Optimed Stent ist ein selbstexpandierender Stent aus einer Nickel-Titan Legierung, ohne Filamentschweiß- bzw. Lötstellen und ist MR-fähig. An den Stentenden befinden sich röntgensichtbare Tantal-Marker (4 Marker distal, 3 Marker proximal), zur Lokalisierung bei Nachuntersuchungen.

Der Durchmesser der eingebrachten Stentgrafts variiert zwischen 16 und 36 mm, wobei ein Oversizing von 5-10% angestrebt wurde. Die Länge der Stentgrafts liegt zwischen 1,3 und 16,0 cm.

2.6 Follow-up

Die Nachuntersuchungen der Patienten erfolgten routinemäßig innerhalb der ersten Woche nach dem Eingriff, danach regelmäßig nach 3, 6 und 12 Monaten, anschließend jährlich.
Der mediane Beobachtungszeitraum beträgt 13 Monate (0 – 65 Monate).

Die Nachfolgeuntersuchungen beinhalteten eine Anamnese des Patienten, vor allem bezüglich aktueller Symptome und Einschränkungen im Alltag und der Lebensqualität.
Eine klinische Untersuchung mit besonderer Aufmerksamkeit auf neurologische Defizite, Ischämien des linken Armes und bestehende Blutdruckdifferenzen an beiden Armen. Eine Messung der arteriellen Doppler-Verschlussdrücke vergleichend an beiden Aa. dorsalis pedis, Aa. fibularis, Aa. tibialis post., Aa. brachialis, Aa. radialis und Aa. ulnaris.
Außerdem wurde bei allen Patienten ein Angio-CT der Aorta zur Kontrolle des Operationserfolges, insbesondere zur Erkennung möglicher Endoleaks, zur Beurteilung des Gefäßstatus, vor allem der linken A. subclavia und der korrekten Plazierung des Stentgrafts angefertigt.
Zusätzlich wurde eine native Röntgen-Thorax Aufnahme in 2 Ebenen a.p. und seitlich (Stent-Zielaufnahme) durchgeführt um eine Materialermüdung des Stentgrafts, wie z. B. Strebenbrüche des Metallskeletts oder Stentmigration erkennen zu können.
Bei 2 Patienten wurde zusätzlich eine Magnetresonanztomographie, bei 4 Patienten zusätzlich eine Magnetresonanzangiographie durchgeführt.

Die computertomographischen Untersuchungen wurden alle mit einem Multislice CT (Marconi, Cleveland, USA) durchgeführt.
Für das CT mit Kontrastmittel verwendete man folgende Parameter:
Schichtdicke 3,2 mm, increment –1,6 mm (caudo cranial), pitch 0,875.
Für das Nativ-CT wurden die Einstellungen Schichtdicke 6,5 mm, increment 6,5 mm, pitch 0,875 gewählt.
Ein Röntgenkontrastmittel (Iopamidol [Solutrast 300, Byk Gulden, Konstanz, Germany]) wurde mit einer Flussrate von 3,5 ml/s und einer Verzögerung von

25-30 s appliziert.
Weiter späte Phasen wurden nach 90 s gefahren mit folgenden Parametern: Schichtdicke 6,5 mm, increment 6,5 mm, pitch 0,875.

2.7 Statistische Methoden

Die Datenerfassung erfolgte mit EXCEL- Version 97. Kategorielle Variablen (z.B. neurologisches Defizit: ja/nein) wurden mit absoluten und relativen Häufigkeiten beschrieben, die Verteilung stetiger Variablen (z.B. Alter, etc.) wurde mit Mittelwert, Standardabweichung, Mittelwert und Median beschrieben. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde bei 0,05 festgelegt.

3. Ergebnisse

3.1 Alters- und Geschlechterverteilung des Patientenkollektivs

Unter den 27 Patienten mit traumatischer thorakaler Aortenruptur waren 21 männliche und 7 weibliche Patienten im Alter zwischen 17 und 83 Jahren, der Median beträgt 32, der Mittelwert 36,9 Jahre. Informationen über die Alters- und Geschlechterverteilung des Patientenguts liefert Abbildung 8.

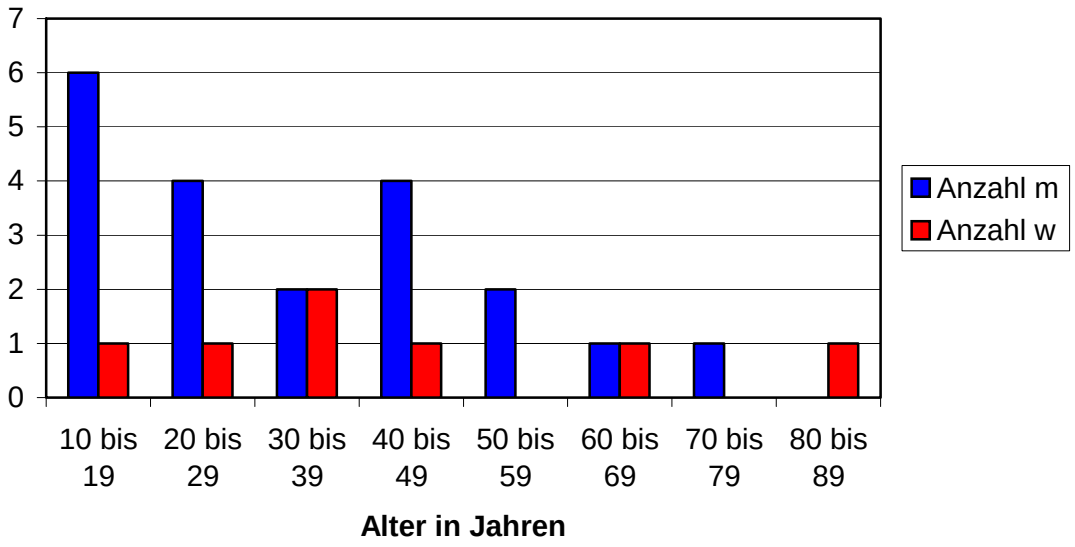


Abbildung 8: Altersverteilung in Jahren der Patienten zum Zeitpunkt der Operation, Anzahl der männlichen Patienten, (m), blaue Säulen, Anzahl der weiblichen Patientinnen, (w), rote Säulen.

3.2 Begleitverletzungen

Bei den untersuchten Patienten handelt es sich ausschließlich um polytraumatisierte Patienten.

Alle Patienten (n=27) hatten durch das Trauma Thoraxverletzungen erlitten.

Bei 59% der Patienten (n=16) lagen zusätzlich Verletzungen der Extremitäten vor.

Verletzungen des Abdomens bestanden bei 44%, (n=12), Kopf- und Gehirnverletzungen bestanden ebenfalls bei 44%, (n=12).

Bei 33,3% der Patienten, (n=9), fanden sich als Begleitverletzungen Verletzungen im Bereich des Beckens.

Eine Übersicht über die Begleitverletzungen kann nachstehender Abbildung 9 entnommen werden.

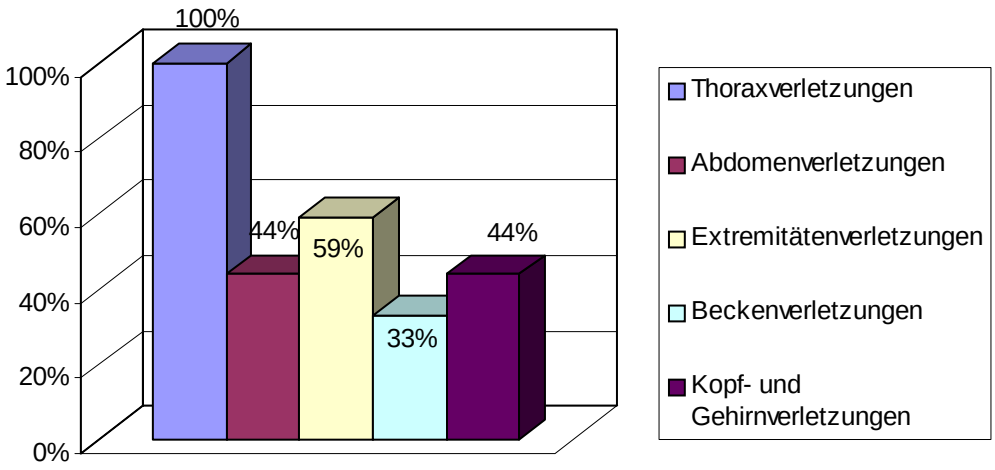


Abbildung 9: Begleitverletzungen des Patientenguts. Beim gesamten Patientenkollektiv, (100%), kam es aufgrund des Unfallmechanismuses zusätzlich zur Aortenruptur zu Thoraxverletzungen, bei 44% lagen zusätzlich Abdomenverletzungen, bei 59% Verletzungen der Extremitäten, bei 33% Beckenverletzungen und bei 44% zusätzlich Kopf-und Gehirnverletzungen vor.

3.3 Anzahl und Abmessungen der implantierten Stentprothesen

Bei 23 der 27 Patienten (85,2%) wurde die Rupturstelle durch nur eine Stentgraftimplantation suffizient abgedichtet.
Von diesen 23 Patienten wurde bei 16 Patienten ein Gore Excluder Stent, bei 3 Patienten ein Talent Stent und bei 4 Patienten ein Cook Stent verwendet.
Es wurde dabei ein Oversizing von 10-20% angestrebt, d.h. dass der Durchmesser der eingebrachte Stentprothese den Aortendurchmesser um ca. 10-20% überragt.

Bei 4 von insgesamt 27 Patienten (14,8%) wurden 2 Stentgraftimplantationen für eine adäquate Versorgung der Rupturstelle benötigt:

Ein 28 jähriger Patient erhielt noch in derselben Operation einen zweiten Stent, nachdem bei der intraoperativen Lagekontrolle festgestellt wurde, dass der erste Stentgraft (Gore Excluder, Durchmesser: 28mm, Länge: 100mm) 1cm distal des Abgangs der linken A. subclavia plaziert wurde und die Rupturstelle dadurch nicht suffizient abgedichtet war.

Man entschied sich deshalb einen zweiten Stent (Gore Excluder, Durchmesser: 28mm, Länge: 100mm) etwas weiter proximal zu plazieren, wodurch die Ruptur schließlich optimal versorgt war.

Bei einem zweiten Patienten erfolgte eine zweite Stentimplantation (Gore Excluder, Durchmesser: 31mm, Länge: 13mm) 3 Tage nach der ersten (Talent Stent, Durchmesser: 36mm, Länge: 98mm), weil sich im postoperativen Angio-CT zeigte dass der eingebrachte Stent die 2 cm messende Ruptur zwar um einen Zentimeter nach kranial überragt, das Pseudoaneurysma jedoch nicht ausschaltete, es kam zu einer Endoleak-Bildung.

Der zusätzlich eingebrachte Stent wurde weiter kranial plaziert und überstentet den Abgang der linken A. Subclavia. In der Kontroll-Angiographie zeigte sich kein Endoleak mehr.

Abbildung 10a zeigt die postoperativ durchgeführte CT-Aufnahmen des Patienten mit implantiertem Talent-Stent mit Endoleak. Abbildung 10b zeigt die CT-Aufnahmen des Patienten nach Overstenting mit Tag Excluder Stent.



Abbildung 10a: Angio-Computertomographie der Aorta, Talent-Stent mit Endoleakbildung

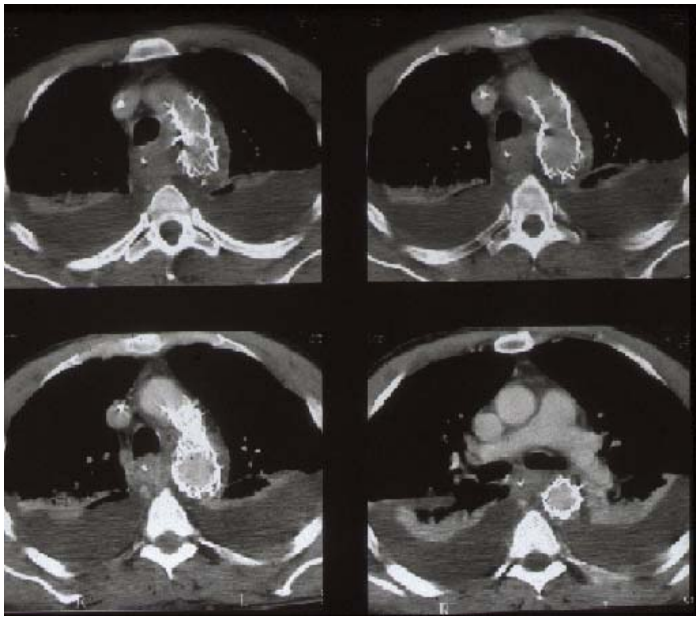


Abbildung 10b: Angio-Computertomographie der Aorta, Patient nach Overstenting

Bei einer 23 jährigen Patientin wurde im Angio-CT am 42. postoperativen Tag festgestellt, dass die kaudal gelegenen Stentstreben des proximalen Stentendes (Cook, Durchmesser: 26mm, Länge: 138mm) nach oben geschlagen sind, mit Speisung eines Typ1 Endoleaks. Die Aorta wurde nur noch dünnlumig perfundiert mit einem minimalen Aortendurchmesser von 5mm. Es fand sich eine zirkuläre Thrombosierung des Aortenlumens im Bereich des Aortenbogens und der Aorta descendens mit bis zu 70% Lumeneinengung, ebenfalls fand sich eine dünnlumige Aorta Abdominalis mit Hypoperfusion der Bauchorgane mit Darmatonie, sowie Kontrastmittel-Reflux in die V. cava inferior und einen dilatierten linken Ventrikel.
Daraufhin erfolgte noch am selben Tag die Einlage eines zweiten Stents (Optimed, Durchmesser 24mm, Länge: 50mm). Das anschließende Angio-CT zeigte eine freie Perfusion des thorakalen Stents und thrombotisches Material in der A. iliaca communis und der A. iliaca externa.

Ein vierter Patient erhielt nach einem im Angio-CT diagnostiziertem proximalem Stentkollaps (Gore Excluder, Durchmesser: 28mm, Länge: 150mm), am 10. Postoperativen Tag ein Overstenting (Gore Excluder, Durchmesser: 31mm, Länge: 100mm) nach erfolglosem Re-Dilatationsversuch (siehe Abbildung 11 auf der nächsten Seite). Die Überlappungszone der beiden Stents beträgt 75mm.



Abbildung 11: Patient mit proximalem Stentkollaps, der nach erfolglosem Re-Dilatationsversuch ein Overstenting erhielt, die Überlappungszone der beiden Stents beträgt 75mm.

Die Länge aller verwendeten thorakalen Aortenstents variiert zwischen 50 und 150mm, der Mittelwert beträgt 112,5 ±32,5mm, der Durchmesser liegt zwischen 16 und 34mm, der Mittelwert beträgt 29,0 ±4,5mm.

3.4 Stentimplantation

3.4.1 Operationszeitpunkt

Die Zeitspanne zwischen Unfall- und Operationszeitpunkt variiert zwischen 0 Tagen, d. h. die Operation fand unmittelbar am Unfalltag statt, und 31 Tagen. Die mittlere Zeitdauer zwischen Unfall und Operationszeitpunkt beträgt 2,3 Tage, der Median beträgt 1 Tag.

Von den 27 Patienten fand die operative Versorgung der Aortenruptur bei 13 Patienten noch am Unfalltag statt, 6 Patienten wurden am 1. Tag nach dem Unfall operiert, 3 Patienten am 2. Tag nach dem Unfall und bei 2 Patienten entschied man sich am 3. Tag nach dem Trauma zur endovaskulären Versorgung der Aortenruptur.
Bei diesen Patienten entschied man sich also zu einer notfallmäßigen Operation, weil ein nicht genau vorhersagbares Risiko einer, möglicherweise tödlichen, zweizeitigen Ruptur bestand.

Ein 73 jähriger Patient wurde erst am 5. Tag, nach dem Unfall operiert, da bei ihm zunächst keine notfallmäßige OP-Indikation gegeben war.
Bei einem 17 jährigen Patienten, wartete man mit der Versorgung der Aortenruptur bis zum 8 Tag nach dem Unfall bis sich der Patient kardiopulmonal etwas stabilisiert hatte.
Bei einem 19 jährigen Patienten erfolgte die endovaskuläre Stentgraftimplantation 31 Tage nach dem Unfall, da zunächst die Versorgung der schweren Begleitverletzungen, in erster Linie die Thoraxverletzungen und die kardiovaskuläre Stabilisierung des Patienten notwendig war. Dieser Patient hatte sich durch das erlittene Trauma einen kompletten Abriss des linken Hauptbronchus zugezogen, weshalb man sich bei Kreislaufinstabilität des Patienten zu einer Pneumektomie links entschieden hat. Wegen eines intraoperativ dabei aufgetretenen Kreislaufstillstandes musste sowohl medikamentös als auch mechanisch reanimiert werden.

3.4.2 Präoperative Kreislaufverhältnisse (ASA)

Die präoperativen Kreislaufverhältnisse waren bei 24 der 27 Patienten (n=24) mit Kreislauf stabil, intubiert und beatmet angegeben.
2 Patienten (n=2) waren präoperativ Kreislauf stabil wach, ansprechbar und spontanatmend, eine Patientin (n=1) kam mit instabilen Kreislaufverhältnissen hochdosis Katecholaminpflichtig, intubiert und beatmet in den Operationssaal.
17 der 27 Patienten wurden präoperativ mit ASA 3 eingestuft, 9 Patienten mit ASA 4, eine Patientin mit ASA 4-5.

3.4.3 Rupturstelle

Die Lokalisation der Aortenruptur war beim gesamten Patientenkollektiv distal des Abgangs der linken A. subclavia (loco typico). Dabei fand sich eine Variationsbreite von unmittelbar nach dem Abgang bis zu 5 cm distal des Abgangs der linksseitigen A. subclavia.
Es wurde kein Patient mit einem Stentgraft versorgt, bei dem die Rupturstelle proximal der linken A. subclavia (im Aortenbogen) lag.
In Abbildung 12 ist auf der nächsten Seite eine Ruptur loco typico dargestellt.

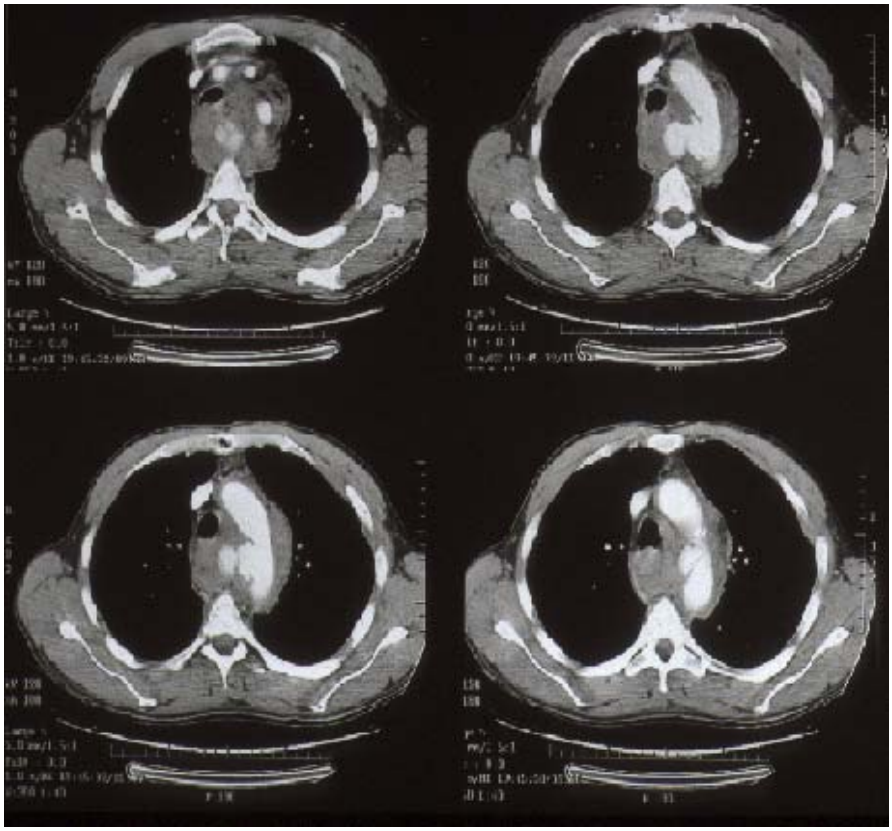


Abbildung 12: Angio-Computertomographie der Aorta mit traumatischer thorakaler Aortenruptur im Bereich des Aortenisthmus (loco typico)

3.4.4 Operationszeit, Kontrastmittelverbrauch und Durchleuchtungszeit

Die Operationszeit betrug zwischen 30 und 210 Minuten, der Mittelwert liegt bei 78,3 ±46,0 Minuten, bei einer intraoperativen Durchleuchtungszeit von im Mittel 6,7 ±4,4 Minuten und einem durchschnittlichen Kontrastmittelverbrauch von 102,1 ±47,7ml.

Bei der längsten Operation (210 min) wurden in einer Sitzung eine Stentimplantation zur Versorgung der traumatischen thorakalen Aortenruptur, eine Rekonstruktion der rechten A. poplitea mit Interposition eines Vena saphena magna-Interponats bei einer Dissektion der rechten A. poplitea, sowie eine Spaltung der Unterschenkelfaszien rechts durchgeführt.

3.5 Der peri- und postoperative Verlauf

3.5.1 Perioperative Komplikationen

Der intraoperative Verlauf gestaltete sich bei 81,5% der Patienten (n=22) ohne Komplikationen.
Bei 18,5 des Patientenkollektivs (n=5) traten intraoperative Schwierigkeiten auf.
Bei einem Patienten (28 Jahre) musste noch in derselben Sitzung ein Restenting vorgenommen werden, nachdem man intraoperativ feststellte, dass der eingebrachte Stent die Rupturstelle nicht suffizient abdichtete.
Bei einem 19 jährigen Patienten hatte das Einführungsbesteck ein identisches Lumen wie die A. iliaca externa, weshalb es bei dem jungen Patienten bei der Entfernung der Schleuse intraoperativ zu einer Verletzung des Gefäßes kam. Es wurde ein iliaco-femoraler Bypass angelegt.
Einen Defekt an der eingebrachten Schleuse stellte man bei einem 36 jährigen Patienten fest. Die Verschlußkappe hatte sich selbständig gelöst. Dieses Problem konnte aber ohne Schwierigkeiten und ohne weitere Konsequenzen behoben werden.
Im gesamten Patientenkollektiv musste einmal bei einem 19 jährigen Patienten der Aortenstent, bei schmalkalibriger A. femoralis, über die distale Aorta eingebracht werden mit nachfolgender aorto-iliacaler Rekonstruktion (Patchplastik). Der Patient erlitt bei diesem Eingriff zudem eine Läsion des N. femoralis rechts.
Eine 47 jährige Patientin entwickelte intraoperativ ein Spannungspneumothorax. Es erfolgte im Anschluss an die Stentimplantation eine Thorakotomie links mit Hämatomausräumung, Rippenfragmentresektion, sowie Parenchymübernähung und eine Perikardfensterung, die Patientin musste Massentransfundiert werden.

3.5.2 Überstenten der A. subclavia

Bei allen Patienten (n=27) lag die Rupturstelle distal des Abgangs der linken A. subclavia, welche bei 17 Patienten (n=17) vollständig und bei 3 Patienten (n=3) teilweise bei der transfemoralen Stentimplantation überstentet wurde, siehe Abbildung 13.

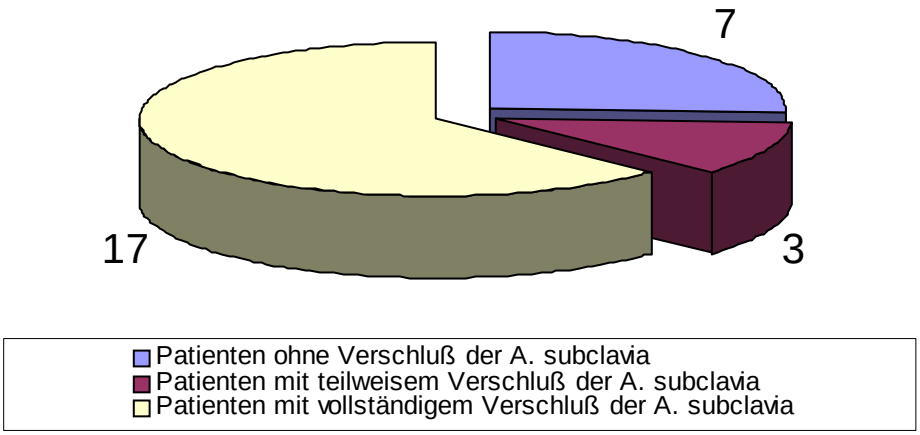


Abbildung 13: Verschluß der Arteria subclavia bei Patienten nach endovaskulärer Versorgung traumatischer thorakaler Aortenrupturen.

3.5.3 Postoperative Komplikationen während des Krankenhausaufenthaltes

Eine Übersicht über die postoperative Komplikationen, die während des Krankenhausaufenthaltes der Patienten auftraten gibt Tabelle 3.
Bei 7 Patienten (25,9%) kam es zu Komplikationen die unmittelbar in Zusammenhang mit dem implantierten Stent stehen (blau hinterlegt).

Tabelle 3: Dargestellt sind die beim Patientenkollektiv postoperativ aufgetretenen Komplikationen. Blau hinterlegt sind stentassoziierte Komplikationen.

Patient	m/w	Alter	Postoperative Komplikationen
1	m	59	rückläufige beinbetonte Tetraparese, tiefe Beinvenenthrombose re.
2	m	28	Typ I Endoleak
3	m	43	Typ II Endoleak
4	m	73	Multiorganversagen
5	m	18	keine
6	m	17	rechtsbetonte Tetraparese, Lungenembolie
7	w	32	keine
8	m	17	Parese N. medianus, N. ulnaris, N.peroneus links
9	m	42	Myokardinfarkt
10	m	32	keine
11	w	12	postraumatisches Angstsyndrom
12	m	17	Hirntod
13	m	24	rückläufige re. und distal betonte Tetrasymptomatik
14	m	36	Sensomotorische Defizit im Bereich des N. axillaris li.
15	m	49	keine
16	m	19	arterielle Durchblutungseinschränkung des li. Armes, Depression
17	m	83	keine
18	w	28	Wundinfektion linker Unterschenkel
19	m	19	keine
20	w	46	Multiorganversagen
21	w	64	Subclavian Steal Syndrom mit Kribbelparästhesien der linken Hand
22	w	33	keine
23	w	23	Typ I Endoleak mit Aortenverschluss und Multiorganversagen
24	m	61	Subclavian Steal Syndrom li. Arm
25	m	25	keine
26	m	41	Lungenarterienembolie nach tiefer Beinvenenthrombose
27	m	56	Typ I Endoleak (proximaler Stentkollaps mit ischämischer Kolitis)

Patienten mit stentassoziierten Komplikationen:

Bei 3 der 27 Patienten (11,1%) kam es zu einem sogenannten Typ I Endoleak, d.h. es kam zu einem Leck an der proximalen Verankerungsstelle des eingebrachten Stents.
In allen drei Fällen wurde die Diagnose eines Endoleaks durch ein Angio-CT der Aorta gestellt und durch einen zweiten Stent versorgt.
Eine 23 jährige Patientin erlitt einen Stentkollaps mit Speisung eines Typ I Endoleaks, mit Verschluß der Aorta und nachfolgender Minderperfusion der distalen Stromgebiete und konsekutivem inkomplettem Querschnitt. Es erfolgte umgehend eine operative Versorgung des Endoleaks im OP. Der Zustand der Patientin verschlechterte sich im weiteren Verlauf zunehmends, so daß die Patientin nach weiteren 6 Tagen verstarb.

Ein Typ II Endoleak wurde im gesamten Kollektiv bei nur einem Patienten festgestellt. Die Diagnose erfolgte durch ein Angio-CT. Das Typ II Endoleak wurde ebenfalls durch ein Overstenting suffizient ausgeschaltet.

Bei einem weiteren Patienten (19 Jahre) fand sich als Folge der traumatischen thorakalen Aortenruptur typico loco mit stentgestützter Versorgung und Überstenten der A. subclavia eine arterielle Durchblutungseinschränkung im Bereich des linken Armes, welche der Patient als Kraftminderung beschreibt. Neben des klinischen Befundes lassen sich deutlich reduzierte Druckwerte über der A. brachialis, A. radialis und A. ulnaris links mit Werten über der A. brachialis von 70 mmHg, über der A. radialis 60 mmHg und über der A. ulnaris 60 mmHg gegenüber der rechten Seite, die Druckwerte von 110 mmHg über allen Arterien aufweisen, nachweisen.

Eine 65 jährige Patientin klagte im Verlauf ihres stationären Aufenthaltes über Kribbelparästhesien in der linken Hand. Bei der klinischen Untersuchung zeigte sich eine Temperaturdifferenz im Vergleich zur Gegenseite. Die Angio-CT Untersuchung zeigte eine regelrechte Stentlage mit Verschluß der proximalen A. subclavia links nach Überstentung der A. subclavia und eine retrograde Perfusion über die A. vertebralis im Sinne eines Subclavian-Steal-Syndroms mit Verdacht

auf segmentalem kollateralisiertem Verschluß im Bereich der A. axillaris. Man entschied sich, dass, im Bezug auf die Stenose, im Moment keine weitere operative Intervention nötig war.

Durch die Überstentung der A. subclavia gab ein Patient (62 Jahre) ein deutliches Kältegefühl im gesamten linken Arm an. Eine Angiographie der Armgefäße ergab einen proximalen Verschluß der A. subclavia links durch den Stent mit Subclavian-Steal-Phänomen. Bei jedoch guter Kollateralisierung zeigte sich eine ausreichende Versorgung der distalen A. subclavia sowie der weiter peripher gelegenen Gefäße.
Das Kältemissempfinden im Bereich des linken Armes bildete sich im Verlauf des stationären Aufenthaltes deutlich zurück.

Tabelle 4: Stentassoziierte Komplikationen

Geschlecht/Alter: [m/w/a]	**Stentgraft**	**Durchmesser/ Länge: [mm]**	**Komplikationen**
m/28	2×Excluder	28/100 + 28/100	Typ I Endoleak
m/43	Talent + Excluder	36/98 + 31/13	Typ II Endoleak
m/19	Excluder	26/100	art.Durchblutungseinschränkung li.Arm
w/64	Cook	34/131	Subclavian Steal Syndrom
w/23	Cook + Optimed	26/138 + 24/50	Typ I Endoleak mit Multiorganversagen
m/61	Talent	32/100	Subclavian Steal Syndrom
m/56	2×Excluder	28/150 + 31/100	Typ I Endoleak

3.6 Postoperative Letalität und Todesursachen

Die postoperative Letalität betrug für das untersuchte Patientengut 14,8% (4 von 27 Patienten).
Innerhalb der ersten 30 Tage verstarben 3 Patienten, 1 Patient verstarb am 50. Postoperativen Tag.

Ein 73 jähriger Patient (Nr. 4, siehe Tabelle 1 und 3) verstarb am 13. postoperativen Tag auf der Intensivstation.
Der Patient wurde unmittelbar nach seinem Autounfall zunächst in ein peripheres Krankenhaus eingeliefert, wo eine primäre Versorgung der Verletzungen und Stabilisierung des Patienten erfolgt ist. Dort diagnostizierte man auch eine Dissektion der thorakalen Aorta und beschloß aufgrund einer zunehmenden Mediastinalverbreiterung den Patienten zur endovaskulären Stentimplantation am Tag nach dem Unfall ins Universitätsklinikum Ulm zu verlegen. In Ulm sah man noch keine notfallmäßige Indikation zur Sofortkorrektur, der Patient erhielt dann am 5. Tag nach dem Unfall eine endovaskuläre Stentimplantation. Präoperativ war der Patient Kreislauf stabil und beatmet, ASA III.
Der Patient war unmittelbar nach der Übernahme aus dem OP auf die Intensivstation kreislaufinstabil mit hohem Volumenbedarf und katecholaminpflichtig. Im weiteren Verlauf entwickelte sich eine zunehmende respiratorische Insuffizienz aufgrund der schweren Lungenkontusion die der Patient bei seinem Unfall erlitten hatte. Es zeigten sich im Röntgenthorax konfluierende fleckförmige Verschattungen im Sinne eines ARDS. Aufgrund der schweren Begleitverletzungen (SHT mit Einblutung frontal und Seitenventrikel rechts, HWK 5 und 6 Fraktur, Weber A Fraktur links mit Kompartment, Beckenfraktur, Leber- und Lungenkontusion) zeigte sich bald ein Multiorganversagen, der Patient wurde hämofiltrationspflichtig.
Wegen Verdacht auf eine Minderperfusion wurde am 7. postoperativen Tag eine Angiographie der Aorta durchgeführt. Die Aorta stellt sich unauffällig dar, die Rupturstelle ist suffizient versorgt, kein Nachweis auf Endoleakbildung, der eingebrachte Stent beginnt unmittelbar nach dem Abgang der linken A. subclavia.
Am 10. Postoperativen Tag wurde der Patient kardiopulmonal so instabil, dass er selbst bei kleinen Manipulationen reanimationspflichtig wurde, worauf der Patient

am 14. Postoperativen Tag an Multiorganversagen im Alter von 73 Jahren auf der Intensivstation verstarb.
Abbildung 14 zeigt den Autopsiebefund des Patienten. Deutlich zu erkennen sind die Rupturstelle sowie die Stentprothese in der proximalen Aorta.

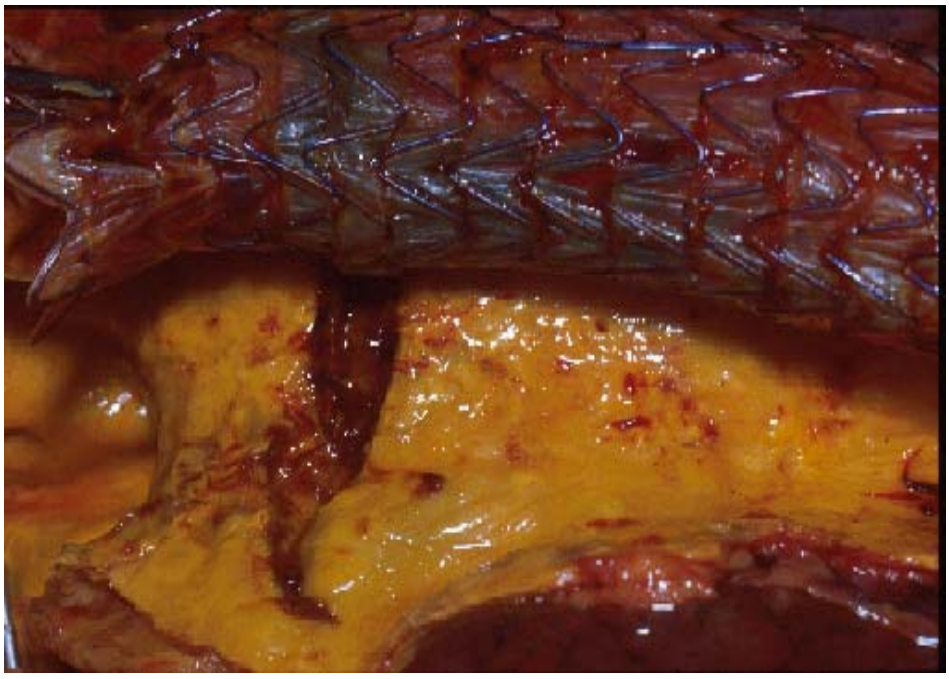


Abbildung 14: Autopsiebefund bei einem Patienten mit endovaskulär versorgter Aortenruptur. Zu erkennen sind die Rupturstelle und die Stentprothese in der thorakalen Aorta.

Patient Nr.12 (siehe Tabelle1 und 3) war als 17 jähriger Fahrer eines Motorrollers mit einem PKW kollidiert. Initial bestand eine GCS von 3, der Patient wurde dann intubiert und beatmet mit dem Rettungshubschrauber in die Universitätsklinik Ulm gebracht. Der Patient erlitt bei seinem Unfall zahlreiche Begleitverletzungen, ein schweres SHT mit epiduralem Hämatom, Parenchymblutungen im Stammganglienbereich, Kompression des 3. Ventrikels und generalisiertem Hirnödem, offene Oberschenkelschaftfraktur links, Unterschenkeltrümmerfraktur mit Kompartment links, Mittelgesichtsfrakturen, Lungenkontusion mit Hämatopneumothorax links.
Unmittelbar nach der Diagnostik erfolgte die operative Versorgung der Begleitverletzungen, bei einem intraoperativen Blutverlust von ca. 5-6l mußten 24 EKs, 33 FFPs und 11 TKs transfundiert werden.

Wegen der Gefahr einer möglicherweise tödlichen zweizeitigen Ruptur des Aortenaneurysmas wurde trotz des schweren SHTs am 3. Tag nach dem Unfall die Indikation zur endovaskulären Stentgraftimplantation gestellt. Der Patient war präoperativ Kreislauf stabil, intubiert und beatmet, ASA IV.
Postoperativ wurde der Patient kreislaufstabil und beatmet wieder auf die Intensivstation verlegt.
Am 1. Postoperativen Tag zeigt der Patient eine deutliche Verschlechterung seines Zustandes. Es wurde ein Angio-CT der Aorta durchgeführt, welches zeigt, dass das proximale Stentende in den Abgang der A. carotis communis hineinragt mit regelrechter Perfusion der A. carotis communis, die Linke A. subclavia ist überstentet. Am zweiten postoperativen Tag zeigt der Patient zunehmende klinische Zeichen einer Hirnstammeinklemmung mit Tachykardie und Hypertensionen infolge des Hirnödems.
Der Patienten verstirbt am Abend des fünften postoperativen Tages an den Folgen seiner schweren Schädel-Hirn Verletzungen.

Eine 24 jährige Patientin (Nr. 20, siehe Tabelle 1 und 3) war als Beifahrerin in einen Verkehrsunfall verwickelt, wobei sie folgende Verletzungen erlitten hat: traumatische Aortenruptur, traumatische Milzruptur, Rippenserienfraktur links, Lungenkontusion mit Hämatothorax links, SHT, traumatisches Leberhämatom, traumatische Pankreasverletzung, LWK 3 Fraktur, traumatischer Perikarderguss, Serosadefekt des Colon, (initial GCS 7).
Zunächst erfolgte eine Notfalllaparatomie mit Splenektomie. Während des operativen Verlaufs kam es jedoch zu einer massiven hämodynamischenn Verschlechterung bei massiver Blutung auf dem Boden der traumatischen Aortenruptur und zunehmender Verschlechterung der pulmonalen Situation bei Hämatothorax. Die Patientin mußte Massentransfundiert werden, sie bekam 30 EKs, wurde hochdosiert katecholaminpflichtig bei gleichzeitig extremem Beatmungsmuster. Es folgte eine Versorgung der Aortenruptur mittels eines Stent mit nachfolgender Thorakotomie links und Hämatomausräumung, Rippenfragmentresektion sowie Parenchymübernähung und eine Perikardfensterung. Die Patientin brauchte während dieser Operation 10 EKs, 14 FFPs, sowie 3 TKs.

Anschließend kam die Patientin unter Kreislauf instabilen Verhältnissen und aggressiver Beatmung auf die Intensivstation. Auf der Intensivstation verschlechterte der Zustand der Patientin zunehmend.
Am 1. postoperativen Tag wurden im CCT multiple raumfordernde Einblutungen, ein massives Hirnödem mit Mittellinienverlagerung und Blut im 3. Und 4. Ventrikel diagnostiziert.
Aufgrund der infausten Prognose der Patientin wurde seitens der Neurochirurgie keine OP-Indikation gesehen. Das CT-Thorax zeigte eine regelrechte Stentlage, die li. A. subclavia ist überstentet.
Am 2. Postoperativen Tag wurde der Hirntod der Patientin festgestellt.

Eine 23 jährige Patientin (Nr. 23), die bei einen Motorradunfall zahlreiche Verletzungen (Aortenruptur, Beckenringfraktur und mehrere Frakturen der Extremitäten) erlitten hat verstarb am 50. postoperativen Tag.
Die operative Versorgung der Aortenruptur erfolgte bei dieser Patientin 2 Tage nach dem Unfall. Die Patientin war präoperativ Kreislaufinstabil und beatmet, ASA IV.
Anschließend erfolgte die Verlegung der Patientin auf die Intensivstation, von wo sie am 10. Postoperativen Tag auf eine periphere Station verlegt werden konnte.
Am 44. Postoperativen Tag wurde die Patientin akut symptomatisch. Die Patientin klagte über Schmerzen und eine Hypästhesie der Beine mit inkomplettem Querschnitt. Bei zunehmender Verschlechterung der Symptomatik wurde eine CT Diagnostik veranlaßt. Das Angio-CT der Aorta zeigte, dass die kaudal gelegenen Stentstreben des proximalen Stentendes nach oben geschlagen sind mit Speisung eines Typ I Endoleaks. Die Aorta zeigte einen minimalen Aortendurchmesser von 5mm, zirkuläre Thrombosierung des Aortenlumens im Bereich des Aortenbogens und der Aorta descendens mit bis zu 70% Volumeneinengung, eine dünnlumige Aorta abdominalis mit Hypoperfusion der Bauchorgane, sowie Kontrastmittel-Reflux in die Vena cava inferior und einen dilatierten linken Ventrikel. Es erfolgte eine sofortige Versorgung des Endoleaks. Durch ein Nachstentungsmanöver konnte die aortale Strombahn wiedereröffnet werden. Das postoperative Angio-CT zeigte eine freie Perfusion des thorakalen Stents, thrombotisches Material in der A. iliaca communis und externa mit Stenosierung des perfundierten Lumens, eine regelrechte Perfusion des Truncus coeliacus, der A. mesenterica superior und der

beiden Nierenarterien, sowie einen Milzinfarkt und eine Atonie des Magen-Darm-Traktes.

Nach der Operation wurde die Patientin katecholaminpflichtig und beatmet auf die Intensivstation verlegt. Dort zeigte sich eine völlig zusammengebrochene Gerinnung mit Nachblutung aus den Operationswunden und manifester GI-Blutung. Es erfolgte ein Substituionstherapie mit EKs und FFPs, wodurch allerdings kaum eine suffiziente Gerinnung hergestellt werden konnte. Metabolisch zeigte die Patientin eine Laktatazidose (Laktat >20mmol/l), was den Verdacht auf eine Darmischämie verhärtete. Zusätzlich lieferte das Labor Hinweise auf ein ischämisches Leberversagen (Transaminasen↑, Glucosesyntheseleistung↓).

Das am darauffolgenden Tag durchgeführten Angio-CT zeigte einen regelrecht entfalteten Stent mit frei perfundiertem Stentlumen und eine regelrecht perfundierte Aorta abdominalis.

Es wurde aufgrund der Colonischämie eine Hemikolektomie rechts durchgeführt. Die Patientin war postoperativ weiterhin mit hohen Dosen Katecholaminen im hyperdynamen Kreislaufversagen.

Der Zustand der Patientin verschlechterte sich zunehmends, so dass die Patientin nach weiteren 5 Tagen auf der Intensivstation verstarb.

Die Abbildung 15 auf der folgenden Seite dokumentiert die nach oben geschlagenen kaudal gelegenen Stentstreben des proximalen Stentendes mit Speisung eines Typ I Endoleaks.



Abbildung 15: *Nach oben geschlagene kaudal gelegene Stentstreben des proximalen Stentendes mit Speisung eines Typ I Endoleaks.*

3.7 Dauer des Krankenhausaufenthalts

Die Patienten des untersuchten Patientenguts hatten eine durchschnittliche Krankenhaus- Aufenthaltsdauer von 32,3±23,4 Tagen, der Median beträgt 22 Tage.
Davon verbrachten die Patienten im Mittel 11,1±9,8 Tage auf der Intensivstation.
Bei 13 der 27 Patienten erfolgte die Primärversorgung in einem peripheren Krankenhaus, von wo aus die Patienten dann zur Versorgung der Aortenruptur ins Universitätsklinikum Ulm verlegt wurden.

Der kürzeste Krankenhausaufenthalt beträgt 2 Tage, die Patientin (Nr. 20) verstarb am 2. Postoperativen Tag an den Folgen ihrer schweren Begleitverletzungen auf der Intensivstation.
Der längste Krankenhausaufenthalt beträgt 96 Tage. Bei diesem Patienten stellte sich vor allem die Versorgung der Frakturen der Extremitäten als problematisch dar (distale suprakondyläre Femurfraktur rechts, Pilon tibiale Fraktur rechts, sowie eine 3° offene Calcaneus-Trümmerfraktur rechts und eine 3° offene Unterschenkelmehrfragmentfraktur und Innenknöchelfraktur links, sowie einer Unterarmfraktur links). Die Verletzungen konnten in mehreren Operationen versorgt werden, so dass sich bei der Entlassung des Patienten ein zufriedenstellendes Ergebnis bot.
Detaillierte Information über die Dauer des Krankenhausaufenthalts liefert Abbildung Nr. 16 auf der folgenden Seite.

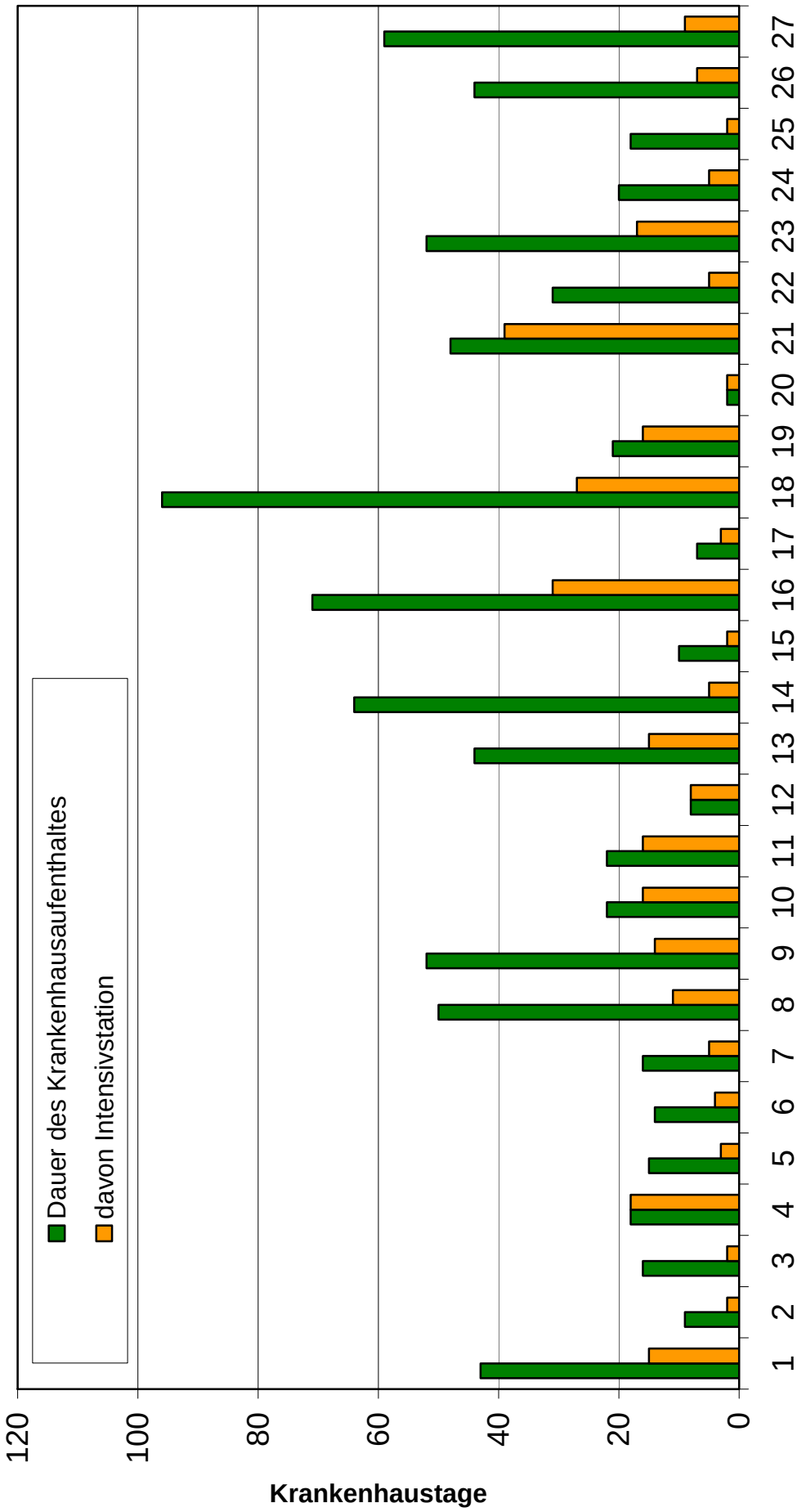


Abbildung 16: Dargestellt ist die Dauer des Krankenhausaufenthaltes des Patientenkollektivs (grün) und die Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation (gelb) in Tagen

3.8 Follow up

Bei den 27 Patienten, die in die Studie aufgenommen wurden, konnten die postoperativen Daten über die klinische Anamnese, die Befunde der durchgeführten Kontroll-Angio-CT-Aufnahmen, die bei 16 Patienten durchgeführten Röntgen-Thorax Aufnahmen in 4 Ebenen (Stent-Zielaufnahme), und die bei 15 Patienten gemessenen Dopplerverschlussdrücke ausgewertet werden.
Der mittlere Nachbeobachtungszeitraum betrug 17,5 Monate (1-69 Monate).
Für den Zeitraum der ersten postoperativen Woche lagen von allen 27 Patienten Daten über die durchgeführten Nachsorgeuntersuchungen vor, für den Zeitraum bis 6 Monate nach der Stentgraftimplantation lagen von 15 Patienten Daten vor, für den Zeitraum bis 12 Monate lagen von 12 Patienten Daten vor.

3.8.1 Ergebnisse der Nachsorgeuntersuchungen

Die Angio-CT Aufnahmen der Aorta zeigten bei 19 Patienten eine regelrechte Stentlage ohne Hinweise auf sekundäre Endoleakbildung. Bei 3 Patienten fand man ein Typ I Endoleak, bei einem Patienten ein Typ II Endoleak. Nach Korrektur des Endoleaks durch das Einbringen eines zweiten Aortenstents, zeigte das Angio-CT bei diesen Patienten ebenfalls eine suffiziente Ausschaltung der Rupturstelle.
Die Ergebnisse der Stent-Zielaufnahmen zeigten bei 10 Patienten keinen Hinweis auf Materialbruch, Knickbildung oder Dislokation des Aortenstents.
Bei 12 Patienten gab es keine Daten über eine Stent-Zielaufnahme.

Im folgenden Abschnitt werden Patienten mit auffälligem klinischen oder radiologischen Befund der Nachsorgeuntersuchungen (nach ihrem Krankenhausaufenthalt) aufgeführt.

Patient Nr.5 stellte sich 7 Monate postoperativ mit links thorakalen Schmerzen vor. Das durchgeführte Angio-CT zeigt im Bereich des distalen Stentdrittels eine Knickbildung mit Lumeneinengung der Aorta auf 1,8 cm, die Stent-Zielaufnahme ergibt keinen Anhalt für Maschenbruch.

Bei Patient Nr.7 zeigt das nach 27 Monaten durchgeführte Kontroll-CT eine regelrechte Stentlage mit kurzstreckiger Erweiterung des Stentlumens im Bereich der Rupturstelle auf maximal 34x32 mm, die Stent-Zielaufnahme zeigt keine Hinweise auf Materialbruch oder Materiallockerung. Ein Kontroll-CT nach 12 Monaten zeigt keine Größenzunahme der Erweiterung des Stentlumens. Der Patient ist klinisch unauffällig.
Bei Patient Nr.8 zeigt die Stent-Zielaufnahme 15 Monate nach der Operation einen Stent mit nicht-signifikant stenosierender Knickbildung, ohne Hinweise für Dislokation, bei gleichzeitig unauffälligem Angio-CT.

Patient Nr.11 stellt sich nach Sturz beim Skifahren mit Schmerzen im Bereich des Sternums vor. Die Untersuchungen ergaben eine regelrechte Stentlage und keinerlei Hinweise auf Materialbruch oder Dislokation des Stents.

Die Stent-Zielaufnahme zeigt bei einem Patienten (Nr.14), 24 Monate postoperativ, am Oberrand des Stents eine kurzstreckige Einknickung der Vorderseite ohne Anzeichen eines Materialbruchs. Das Angio-CT ist unauffällig.

Bei Patient Nr.16 resultierte als Folge der traumatischen Aortenruptur, bzw. stentgestützter Versorgung der Aortenruptur eine arterielle Durchblutungseinschränkung im Bereich des linken Armes, welche der Patient durch eine Kraftminderung beschreibt: objektivierbar ist diese Unfallfolge durch deutlich reduzierte Druckwerte über der A. brachialis, A. radialis, und A. ulnaris links mit Werten über der A. brachialis von 70 mmHg, über der A. radialis 60 mmHg und über der A. ulnaris 60 mmHg gegenüber der rechten Seite, die Druckwerte von 110 mmHg über allen Arterien aufweisen. Die Angio-CT Aufnahmen und Stent-Zielaufnahmen zeigen eine regelrechte Stentlage ohne Hinweise auf Materialbruch.

Bei Patient Nr. 21 wurde schon während des stationären Aufenthaltes ein Subclavian Steal Syndrom diagnostiziert. Die Dopplerverschlußdrücke wurden im Abstand von 4 Wochen kontrolliert und wiesen auf der rechten Seite Werte von 80 mmHg über der A. brachialis, 60 mmHg über der A. radialis und 70 mmHg über der A. ulnaris auf, im Gegensatz zu Werten von 180 mmHg über der A. brachialis,

170 mmHg über der A. radialis und 170 mmHg über der A. ulnaris der rechten Seite. Angio-CT und Stent-Zielaufnahme gaben keinen Hinweis auf Dislokation, Materialbruch oder Knickbildung.

Bei einem weiteren Patienten (Nr.22), zeigt das Angio-CT 5 Monate postoperativ eine regelrechte Stentlage, allerdings ragt der Stent am inneren Aortenbogen gering ins Lumen vor, an der inneren Kurvatur zeigt sich eine Knickbildung mit einem maximalen Lumen von 18-20 mm, die darunterliegende Ektasie weist eine maximalen Durchmesser von 32-33 mm auf. Die Stent-Zielaufnahme zeigt eine gering gradige Knickbildung im Bereich des Aortenbogens mit im Anschluß gering gradiger Weitstellung des Stents, keine Hinweise auf Materialbruch. Die Kontrolle der Stent-Zielaufnahme nach 10 Monaten zeigt eine unveränderten Befund, ohne Zeichen von Materialbruch oder Stentmigration.
Patient Nr.24 gibt im Laufe seines Krankenhausaufenthaltes ein Kältegefühl des linken Armes an, die durchgeführte Angiographie der linken Armgefäße zeigt ein Subclavian Steal Syndrom: Umkehrfluß in der A. vertebralis, über diese Füllung der A. subclavia. Die 3 Monate nach der Operation durchgeführte Dopplerverschlußdruckmessung ergab folgende Werte: rechter Arm A. brachialis 160 mmHg, A. radialis 180 mmHg, A. ulnaris 180 mmHg, linker Arm A. brachialis 100 mmHg, A. radialis 150 mmHg, A. ulnaris 120 mmHg. Die Symptomatik verbesserte sich beim Patienten im weiteren Verlauf.

3.9 Zusammenfassung der Ergebnisse

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse (n=27) zeigt Tabelle 5.

Tabelle 5: Zusammenfassung der Ergebnisse

mittleres Alter	36,9 Jahre (17-83)
Mortalität	4/27 (14,8%)
Verschluß der A. subclavia	20/27 (74%)
Subclavian Steal Syndrom	2/27 (7,4%)
Typ I Endoleak	3/27 (11,1%)
Typ II Endoleak	1/27 (3,7%)
Typ III Endoleak	n=0
Typ IV Endoleak	n=0
neurologisches Defizit	n=0
durchschnittliche OP-Dauer	78,3 min
durchschnittlicher Kontrastmittel-Verbrauch	102,1 ml
mittlere Durchleuchtungszeit	6,7 min
Follow up	17,5 Monate (1-69)

4. Diskussion

Die traumatische thorakale Aortenruptur im Isthmusabschnitt als Folge eines Dezelerationstraumas, z.B. bei Verkehrsunfällen, oder durch direkte stumpfe Gewalteinwirkung mit sagittaler Kompression, ist am Unfallort mit einer Sterblichkeit von 80-90% gekennzeichnet.[5,35,31,12]
Über 40% aller Verkehrsunfallopfer mit stumpfem Thoraxtrauma versterben an einer Aortenruptur.[23]
5% aller traumatischen Aortenrupturen werden nicht diagnostiziert und entwickeln ein sogenanntes falsches Aneurysma. [3]
Von denjenigen Unfallopfern mit traumatischer Aortenruptur, die das Krankenhaus lebend erreichen sterben 30-50% innerhalb der ersten 6 Stunden. [2]

Eine Metaanalyse von 1742 Patienten, [33], zeigte, dass die Gesamtletalität der Patienten, die lebend zur Klinikaufnahme kamen 32% betrug; ein Drittel dieser Patienten verstarb vor einer definitiven chirurgischen Versorgung; bei 2,6% war bereits präoperativ eine Paraplegie vorhanden; nach konventioneller, offener chirurgischer Versorgung entwickelten 9,9%, bei insgesamt 1492 Patienten, postoperativ eine Paraplegie.

Während die Indikation zur operativen Versorgung einer zirkulären oder semizirkulären traumatischen Aortenruptur allgemein akzeptiert wird, besteht nach wie vor eine kontroverse Diskussion über den Operationszeitpunkt bzw. über das Operationsverfahren.
Zahlreiche Autoren befürworten die chirurgische Versorgung der Aortenruptur mit aufgeschobener Dringlichkeit [34,19,20,36,43], d.h. erst nach Stabilisierung der Herz- und Kreislaufverhältnisse und der Versorgung anderer Blutungsherde wie Leber- oder Milzruptur oder eines Schädel-Hirn-Traumas. Mit dieser Vorgehensweise konnte die Hospitalisationsletalität auf ca. 15% gesenkt werden.
Als Operationstechnik konkurriert das Clamp-Repair-Prinzip mit dem Shuntverfahren bzw. mit der Versorgung der Ruptur unter Zuhilfenahme der extrakorporalen Zirkulation.
Auch hier zeigten die Ergebnisse der Metaanalyse, [33], dass alle 3 Techniken mit einer hohen Komplikationsrate begleitet waren. Nach Clamp-Repair (n=443)

resultierten eine Letalität von 16% und eine Paraplegierate von 19,2%, beim Shuntverfahren (n=424) betrugen die Sterblichkeit 12,3% und die Paraplegierate 11,1%. Die niedrigste Paraplegierate mit 2,3% wurde erreicht, wenn der Eingriff mit Hilfe der extrakorporalen Zirkulation durchgeführt wurde, als Folge der Vollheparinisierung musste allerdings eine Sterblichkeit von 18,2% registriert werden (n=561).

Lebl et al. untersuchten zwischen 1997 und 2003 25 Patienten mit traumatischer thorakaler Aortenruptur, davon wurden 10 Patienten offen chirurgisch versorgt, 8 erhielten ausschließlich eine medikamentöse Therapie und 7 der 25 Patienten erhielten eine endovaskuläre Stentimplantation. Die durchschnittliche Überlebensrate betrug in allen 3 Gruppen 80% ohne Unterschiede in Mortalität und Morbidität. Die Stent-Gruppe hatte allerdings eine kürzere Hospitalisationsdauer im Vergleich zur offen chirurgisch versorgten Gruppe. [28]

4.1 Komplikation Endoleak

Eine spezifische methodenbezogene Komplikation der endovaskulären Versorgung stellt das Endoleak dar. Im thorakalen Aortenbereich besitzen diese Endoleackagen aufgrund ihrer niedrigen Inzidenz und einfachen Korrekturmöglichkeiten einen deutlich niedrigeren Stellenwert [29] als nach stentgestützter Ausschaltung von Aneurysmen, z.B. im Abschnitt V der Aorta.
Im thorakalen Aortensegment kommt es lediglich aufgrund der anatomischen Gegebenheiten zu Undichtigkeiten an den Kontaktstellen der Stentgrafts mit der inneren konvexen Seite des Aortenbogens. Daher ist es v. a. in der thorakalen Aorta bei der Verankerung eines Stentgrafts außerordentlich wichtig eine verlängerte Landezone zu erzielen.
Mit der zum heutigen Zeitpunkt auf dem Markt befindlichen Generation von Stentgrafts für den Einsatz in der thorakalen Aorta, kann die Verankerung der Prothese entscheidend verbessert werden, wenn die Prothese weiter proximal im Aortensegment plaziert wird.
Mit einem Überstenten des Abgangs der linken A. subclavia und einer Plazierung des Stentgrafts direkt bis an den Abgang der linken A. carotis communis verlängert sich die Landezone um mindestens 20mm. Die relativ starre Prothese

kann sich dadurch besser der Anatomie der thorakalen Aorta anpassen, was ein Hervorstehen des Stentgrafts in das Gefäßlumen, welches mit der Gefahr des Auftretens von Strömungsturbulenzen und der Thrombenbildung sowie mit der Entstehung von Perigraft-Leaks verbunden ist, weniger wahrscheinlich macht. Das Problem der mangelnden Anhaftung der Stentprothese an der inneren Kurvatur des Aortenbogens tritt hauptsächlich bei jüngeren Patienten mit einem stark gebogenen inneren Aortenbogen auf.
Durch eine verlängerte Landezone reduziert sich außerdem das Auftreten einer Stent-Migration oder Dislokation.
Tritt ein solches Endoleak nach einer endovaskulären Versorgung einer Aortenruptur auf, dann führt dies zu einer unzureichender Abdichtung der Rupturstelle, mit nachfolgender mediastinaler Einblutung und evtl. zu einer Minderperfusion der abdominellen Organe.
Durch die Diagnosesicherung des Endoleaks durch ein Angio-CT, und der unmittelbaren Versorgung des Endoleaks durch ein Overstenting läßt sich diese Komplikation sicher ausschalten.

Görich et al. berichten dass das Angio-CT bei der Detektion von Endoleaks eine höhere Sensitivität gegenüber einer Angiographie der Aorta hat. Mit einer konventionellen Angiographie wurden in ihren Patientengut nur 65% der Endoleaks als solche identifiziert. [14]

Die Therapie des Endoleaks ist abhängig vom Endoleak-Typ.
Typ I, III und IV müssen operativ durch eine Überstentung des Endoleaks korrigiert werden.
Endoleaks vom Typ II verschließen sich in der Regel von selbst durch Thrombosierung, können aber auch operativ durch coils verschlossen werden.

Heijmen et al. beobachteten in ihrem Patientenkollektiv ein auftreten eines Endoleaks von 29%, (in 8 von 27 Fällen). Bei 7 von diesen 8 Patienten handelte es sich um ein primäres Endoleak. Ein Patient entwickelte ein sogenanntes sekundäres Endoleak, das nach 12 Monaten im Angio-CT diagnostiziert wurde. Dieses Endoleak wurde unter engmaschiger Beobachtung konservativ behandelt. Bei den primären Endoleaks kam es in 5 Fällen zu einem spontanen Verschluß,

bei 2 Patienten wurde durch eine distale Dilatation der Stentprothese eine Ausschaltung des Endoleaks erzielt, es handelte sich hierbei um Typ I Endoleaks. [15]

Rousseau et al. berichteten, dass in ihrer Patientengruppe mit endovaskulärer Stentimplantation nach traumatischer thorakaler Aortenruptur, bei nur einem, von insgesamt 29 Patienten, ein Endoleak aufgetreten sei, das sich innerhalb eines Monats spontan verschlossen hat. [42]

Iannelli et al. hatten in ihrem untersuchten Patientengut bei einem Patienten mit traumatischer thorakaler Aortenruptur ein Typ I Endoleak, das 3 Monate nach dem Eingriff aufgetreten ist. [18]

Bei *Neuhauser et al.* traten bei insgesamt 3 Patienten Endoleaks auf. Bei einem Patienten trat unmittelbar nach dem Eingriff ein proximales primäres Typ I Endoleak auf, das erfolgreich durch Overstenting versorgt werden konnte. Bei 2 weiteren Patienten zeigte sich nach 18 bzw. 28 Monaten ein sogenanntes sekundäres Typ I Endoleak, welche ebenfalls durch Overstenting beseitigt werden konnten. [32]

Hoornweg et al. berichteten bei insgesamt 28 untersuchten Patienten von einem Patienten mit asymptomatischem Stentkollaps, welcher in der Nachkontrolle nach 3 Monaten in der Röntgen-Thorax-Aufnahme in 4 Ebenen festgestellt wurde. Im Angio-CT konnte man ein Pseudoaneurysma an der ehemaligen Rupturstelle erkennen. Der Patient erhielt ein Overstenting. Es traten keine weiteren Komplikationen auf. [17]

In unserer untersuchten Patientengruppe traten bei 4 Patienten (15%) ein sogenanntes primäres Endoleak auf, das bei allen 4 Patienten durch ein Overstenting sicher verschlossen werden konnte. Bei 3 dieser 4 Patienten kam es zu einem sogenannten Typ I Endoleak, bei einem Patienten kam es zu einem Typ II Endoleak.
Ein sekundäres Endoleak, sowie ein Endoleak vom Typ III oder Typ IV, konnte im gesamten Beobachtungszeitraum bei keinem Patienten festgestellt werden.

Bei einer Patientin konnte das Typ I Endoleak durch ein Overstenting suffizient abgedichtet werden, die Patientin verstarb allerdings wenige Tage nach dieser Operation an den Folgen der daraus resultierten Darmischämie.
Bei keinem der untersuchten Patienten musste zu einer offenen thorakalen Operation konvertiert werden (n=0); in allen Fällen wurde eine sichere Versorgung der Rupturstelle durch ein Overstenting erzielt.

4.2 Komplikation Subclavian Steal Syndrom

Die endovaskuläre Rekonstruktion läßt sich bei Rupturen im Isthmusbereich durchführen, da bis zur linksseitigen A. carotis communis ein ausreichender proximaler Aortenhals zur Positionierung der Stentprothese vorhanden ist.
Eine Verlängerung der Landezone des Stentgrafts kann durch ein gezieltes Überdecken der linken A. subclavia erzielt werden.
Durch ein Überstenten der A. subclavia erhofft man sich eine sichere Fixierung des Stentgrafts im thorakalen Segment der Aorta mit einer Reduktion von Komplikationen wie Endoleaks, Stent-Migration oder Dislokation, welches weitere Eingriffe zur Revision weniger häufig notwendig macht, wovon letztendlich der Patient eindeutig profitiert.
Wenn die linke A. subclavia bei der endovaskulären Stentgraftimplantation überstentet werden muß, kann dies durch eine anschließende Transposition korrigiert werden.

Verschiedene Autoren sehen das Überstenten der linken A. subclavia jedoch sehr kritisch, weil im Falle einer benötigten Transposition der linken A. subclavia in die linke A. carotis communis der Nutzen der minimalinvasiven Technik wieder zunichte gemacht würde, [12], und weil es durch den Verschluß der linken A. subclavia zu einer Ischämie der linken oberen Extremität führen kann.
Zusätzlich kann ein Verschluß der linken A. subclavia durch einen Umkehrfluß in der ipsilateralen Vertebralarterie, zu einer zerebralen vaskulären Insuffizienz führen.
Außerdem kann es ebenso zu einem Umkehrfluß in der A. spinalis anterior kommen, wodurch es durchaus denkbar ist, dass dies zu einem erhöhtem Ischämie-Risiko des Rückenmarks führen kann.

Überdies kann ein dauernder Blutfluß in der linken A. subclavia zu einem retrograden Endoleak (Typ II Endoleak) führen. [15,22,48]

In unserem eigenen Krankengut wurde die linke A. subclavia bei 17 von 27 Patienten vollständig und bei 3 Patienten teilweise überstentet.
Bei 2 der insgesamt 27 Patienten entwickelte sich ein Subclavian Steal Syndrom, ein Patient erlitt Durchblutungsstörungen des linken Armes.
Bei keinem (n=0) Patienten mit thorakalem Stentgraft, nach traumatischer thorakaler Aortenruptur, waren die körperlichen Beeinträchtigungen jedoch so groß, dass eine Transposition der A. subclavia durchgeführt werden musste.

4.3 Komplikation neurologisches Defizit

Das Auftreten eines neurologischen Defizits nach offener chirurgischer Versorgung einer traumatischen Aortenruptur wird in der Literatur mit 5-10% beschrieben, [30,37], und es scheint als ob das Paraplegierisiko in enger Beziehung mit der Dauer der aortalen Abklemmphase und der daraus resultierenden distalen Hypoperfusion steht.
In Hinsicht auf die endovaskuläre Stentimplantation haben kritische Stimmen das höhere Paraplegierisiko wegen der Ausschaltung der Intercostalarterien betont. [8] Allerdings scheint das Gegenteil der Fall zu sein. Durch die endovaskuläre Versorgung der traumatischen Aortenruptur ist es im Vergleich zur offenen chirurgischen Versorgung zu keinem Anstieg des Paraplegierisikos gekommen. [22]
Ein Grund dafür könnte die fehlende aortale Abklemmphase sein.

Semba et al. berichteten als eine der Ersten über die endovaskuläre Versorgung der traumatischer Aortenruptur mit vielversprechenden Ergebnissen. Unter ihren 11 Patienten zeigte keiner eine Paraplegie. [42]
Alric et al. kamen bei ihren untersuchten Patienten zu ähnlichen Ergebnissen. [1]

Pratesi et al. behandelten zwischen Mai 2001 und Mai 2005 59 Patienten mit traumatischer thorakaler Aortenruptur mit endovaskulärer Stentimplantation. In allen Fällen handelte es sich um eine Ruptur das Aortenisthmus. Die

Stentimplantation war in allen Fällen erfolgreich, es gab keine intraoperativen Komplikationen und kein Patient entwickelte ein neurologisches Defizit. [38]

In unserem untersuchten Patientengut konnten bei keinem der 27 Patienten ein durch den implantierten Stent verursachtes neurologisches Defizit festgestellt werden. Es kam lediglich bei einem (n=1) der 27 Patienten zu einer passageren Paraplegie, die allerdings in erster Linie durch die Schwere der Begleitverletzungen verursacht wurde, und die sich im weiteren Verlauf deutlich zurückbildete.

4.4 Komplikation Stentmigration und Materialbruch

In Einzelfällen wird von verschiedenen Autoren über Defekte in der Gewebestruktur der Stentgrafts von Patienten berichtet, die anläßlich eines thorakalen Aortenaneurysmas behandelt wurden. Die Strukturdefekte wurden computertomographisch als Endoleaks detektiert. [4,26]

Heijmen et al. berichteten über eine Stentgraft-Dislokation in ein Aneurysmalumen, was eine offene chirurgische Revision zur Folge hatte. [15]

Bei den Langzeitresultaten werden Hinweise auf Materialermüdung und v.a. das Auftreten von Strebenbrüchen von entscheidender Wichtigkeit sein. Die konventionelle Röntgen-Thorax-Aufnahme in verschiedenen Ebenen scheint hierbei sensitiver als eine Angiographie oder eine Angio-CT Aufnahme zu sein. [13,14]

Bei unseren Patienten wurden in den Nachuntersuchungen zusätzlich zu einer Angio-CT Aufnahme der Aorta eine Stent-Zielaufnahme speziell um, evtl. entstandene Materialermüdungen, erkennen zu können durchgeführt. Es wurde im gesamten Nachbeobachtungszeitraum bei keinem Patienten (n=0) eine Stentmigration oder Anzeichen eines Materialbruchs festgestellt.

4.5 Begrenzte Anwendungsmöglichkeiten

Die endovaskuläre Stentimplantation kann, aufgrund der Gefäßanatomie, nur bei Patienten mit traumatischer thorakaler Aortenruptur angewendet werden, bei denen sich die Rupturstelle distal, oder direkt unmittelbar am Abgang, der linken A. subclavia befindet.
Bei Patienten bei denen die Rupturstelle proximal des Abgangs der linken A. subclavia lokalisiert ist muß auf die konventionelle offene chirurgische Operation zurückgegriffen werden.
In unserem untersuchten Patientengut wurden ausschließlich Patienten mit einer Ruptur distal des Abgangs der linken A. subclavia mit einer Stentprothese versorgt.
Eine sichere Plazierung der Stentprothese erfordert neben den morphologische Gegebenheiten der thorakalen Aorta auch eine distale arterielle Zugangsmöglichkeit (in der Regel wird die A. femolaris gewählt) mit einem ausreichend großem Durchmesser.

Heijmen et al. berichteten bei 4 Patienten (14%, 3 davon weiblich) über Schwierigkeiten bei der Einführing des Kathetersystems über die Leiste und mussten deshalb einen alternativen Zugang für das Kathetersystem wählen, in einem Fall war sogar eine transabdominelle Rekonstruktion der A. iliaca notwendig. [15]

White et al. mussten bei 7 von 26 Patienten (27 %, 5 davon weiblich) eine Rekonstruktion der Femoralarterie oder eine Reparatur der Leistenarterie durchführen, weil diese durch das Einbringen des Einführungsbestecks verletzt wurden. [49]

In unserem untersuchten Patientengut kam es bei 2 Patienten (7%) zu einer ähnlichen Komplikation.
Bei einem 19 jährigen Patienten hatte das Einführungsbesteck ein identisches Lumen wie die A. iliaca externa, weshalb es bei diesem jungen Patienten bei der Entfernung der Schleuse intraoperativ zu einer Verletzung des Gefäßes kam. Weshalb anschließend ein iliaco-femoraler Bypass angelegt wurde.

Bei einem weiteren 19 Jahre alten Patienten musste der Aortenstent, bei schmalkalibriger A. femoralis über die distale Aorta eingebracht werden mit nachfolgender aorto-iliacaler Rekonstruktion (Patchplastik).

Verschieden Arbeitsgruppen , [24,47], empfehlen als Hilfsmittel für den Zeitraum der Prothesenfreisetzung im distalen Aortenbogen einen pharmakologisch induzierten temporären Herzstillstand zur sicheren und exakten Plazierung der Endoprothese. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt in der Verringerung der antegraden Pulswelle durch den Windkesseleffekt an dieser Stelle.
Bei Verwendung des TAG Excluder Systems (Gore) ist diese Vorgehensweise nicht erforderlich, da der Zeitraum für die Freisetzung dieser Endoprothese nur Bruchteile von Sekunden in Anspruch nimmt und dadurch keine aortale Strombahnokklusion erfolgt.

4.6 Follow up

Die Implantation der Stentgrafts im untersuchten Patientengut erstreckte sich über einen Zeitraum von 6 Jahren. Deshalb liegen für die Patienten mit länger zurückliegender Operation mehr Daten vor als bei den Patienten mit kürzerem postoperativen Beobachtungszeitraum.
Außerdem konnten die empfohlenen Untersuchungsintervalle (eine Woche postoperativ, dann nach 3 und 6 Monaten, und dann jährlich) nicht immer eingehalten werden.
Bei Patienten mit postoperativen Komplikationen, wie z.B. Kribbelparästhesien der linken Hand, kam es zu häufigeren Kontrolluntersuchungen als bei Patienten die beschwerdefrei waren.
Zudem kann angenommen werden, dass Patienten bei denen sich der postoperative Verlauf komplikationslos gestaltete, eher dazu neigen den einen oder anderen Termin zur Nachsorgeuntersuchung nicht wahrzunehmen.

4.7 Schlussfolgerung

Der große Vorteil der Versorgung einer traumatischen Aortenruptur mittels endovaskulärer Stentimplantation liegt nun darin, dass dieses Verfahren aufgrund der minimal invasiven Technik stets unter hämodynamisch stabilen Bedingungen und ohne aortale Abklemmphase durchführbar ist; somit entfallen bei diesem Vorgehen mindestens zwei für das neurologische Defizit potentiell verantwortlichen Risikofaktoren vollständig.

Außerdem stellt sich das Stentverfahren als ein vielversprechendes Verfahren bei der Versorgung der traumatischen Aortenruptur dar, weil es für die in aller Regel polytraumatisierten Unfallopfer ein recht geringes operatives Trauma darstellt.
Die endovaskuläre Versorgung der traumatischen Aortenruptur kann deshalb bei sicherer Diagnosestellung ohne zeitliche Verzögerung allein, oder im Rahmen eines Simultaneingriffes, z.B. bei gleichzeitiger operativer Versorgung von Frakturen, die sich die Patienten im Rahmen des Unfalls zugezogen hatten, durchgeführt werden. [1]
Bei dieser Vorgehensweise reduziert sich dadurch zusätzlich das Risiko einer zweizeitigen tödlichen Ruptur, das vor definitiver chirurgischer Versorgung in der Literatur mit mindestens 5% beziffert wird. [33]

Der Stellenwert und die Akzeptanz der endovaskulären Stentimplantation bei Patienten mit traumatischer Aortenruptur wird v.a. dadurch bestimmt, ob mit dieser Technik auf Dauer eine sichere Versorgung der Rupturstelle erreicht werden kann.
Entscheidende Parameter an der sich der Stent messen lassen muß sind die Letalitäts-, die Paraplegie- und die Konversionsrate.
Bei noch geringer Fallzahl ermutigen unsere Ergebnisse, da wir in keinem Fall zu einer offenen transthorakalen Operation konvertieren mussten. In allen Fällen wurde eine sichere Versorgung der Rupturstelle erzielt. Eine zweizeitige Ruptur im Nachbeobachtungszeitraum wurde ebenfalls nicht festgestellt.

5. Zusammenfassung

Fragestellung: Die endovaskuläre Versorgung traumatischer thorakaler Aortenrupturen hat sich in den letzten Jahren zu einer echten Alternative zur offenen chirurgischen Versorgung entwickelt. In der vorliegenden Studie wurde überprüft zu welchen Ergebnissen die stentgestützte Versorgung der traumatischen thorakalen Aortenruptur vor allem bezüglich der Sicherheit der Ausschaltung der Rupturstelle und der Komplikationsrate führt.

Methoden: Zwischen März 1999 und Mai 2005 wurde die endovaskuläre Versorgung der traumatischen thorakalen Aortenruptur bei insgesamt 27 Patienten (20 Männer und 7 Frauen) im Alter zwischen 17 und 83 (mittleres Alter: 36,9 +/– 19,1 Jahre) durchgeführt. Es wurden dabei 4 verschiedene Stentprothesen eingesetzt, der Gore TAG Excluder Stent (n=21), der Talent Stent (n=4), der Cook Stent (n=5) und der Optimed Stent (n=1). Der mediane Beobachtungszeitraum beträgt 13 Monate (0-65 Monate).

Ergebnisse: Die endovaskuläre Versorgung der traumatischen thorakalen Aortenruptur war in allen Fällen erfolgreich, es musste in keinem Fall zur offenen chirurgischen Versorgung übergegangen werden. Bei 5 der 27 Patienten traten intraoperative Schwierigkeiten auf. Bei einem 28 Jahre alten Patienten musste noch in derselben Operation ein Restenting vorgenommen werden, da der eingebrachte Stent die Rupturstelle noch nicht suffizient abdichtete. Bei einem 19 jährigen Patienten kam es beim Entfernen der Schleuse zu einer Gefäßverletzung, weshalb ein iliaco-femoraler Bypass angelegt wurde. Einen Defekt an der Verschlußkappe der eingebrachten Schleuse gab es bei einem 36 jährigen Patienten, dieses Problem konnte allerdings sofort, ohne Schwierigkeiten, behoben werden. Der Aortenstent musste einmal bei einem 19 jährigen Patienten bei schmalkalibriger A. femoralis über die distale Aorta eingebracht werden mit nachfolgender aorto-iliacaler Rekonstruktion (Patchplastik). Eine 47 jährige Patientin entwickelte intraoperativ einen Spannungspneumothorax, es musste im Anschluss an die Stentimplantation eine Thorakotomie durchgeführt werden. Zu den frühen postoperativen Komplikationen zählten 4 primäre Endoleaks (3 Typ I Endoleaks und 1 Typ II Endoleak), eine vorübergehende Tetraparese bei 3 Patienten, bei 2 Patienten eine tiefe Beinvenenthrombose, arterielle

Durchblutungsstörung des linken Armes bei einem Patienten, sowie ein Subclavian Steal Syndrom bei 2 Patienten. Alle primären Endoleaks konnten durch ein Restenting behoben werden. Es verstarb eine Patientin, da es bei ihr zu einem Stentkollaps mit Speisung eines Typ I Endoleaks gekommen war, was zu einer Minderperfusion der distalen Stromgebiete führte. 3 Patienten verstarben aufgrund ihrer schweren Begleitverletzungen. Im weiteren Verlauf der Nachsorgeuntersuchungen ergaben sich bei keinem Patienten Hinweise auf Materialermüdung oder Stentmigration.

Diskussion: Die größten Vorteile der endovaskulären Versorgung traumatischer thorakaler Aortenrupturen sind kürzere Operationszeiten, Senkung der Sterblichkeit und Paraplegierate im Vergleich zum offenen Verfahren und dass im Gegensatz zur bisherigen chirurgischen Versorgung auf eine Thorakotomie, eine aortale Abklemmphase und auf die Zuhilfenahme der extrakorporalen Zirkulation verzichtet werden kann. Ein weiterer entscheidender Vorteil dieses Verfahrens stellt die Möglichkeit dar, dass es gleichzeitig mit anderen Eingriffen, z.B. einer Laparotomie, oder der operativen Versorgung von Frakturen, eingesetzt werden kann, und dass somit der Operationszeitpunkt bei Diagnosestellung, und nicht wie bei der offenen OP mit aufgeschobener Dringlichkeit, erfolgen kann.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass die endoluminale stentgestützte Versorgung von traumatischen thorakalen Aortenrupturen im Isthmusbereich eine sichere und effektive Methode ist und eine echte Alternative zur offenen Operation darstellt. Aufgrund der fehlenden Langzeitergebnisse muss allerdings gefordert werden, dass alle stentgestützt versorgten Patienten engmaschig nachuntersucht werden, um potentiell mögliche Materialermüdungen und Konformitätsänderungen sowie Stentmigrationen frühzeitig zu erkennen.

6. Literaturverzeichnis

1. Alric P, Berthet JP, Brancherau P, Veerapen R, Marty-Ane CH
Endovascular repair for acute rupture of the descending aorta
J Endovasc Ther 9: 51-59 (2002)

2. Avery JE, Hall DP, Adams JE, Headrick JR, Nipp RE
Traumatic rupture of the thoracic aorta
South Med J 72:1238-1245 (1979)

3. Becker HM, Ramirez J, Echave V, Heberer G
Traumatic aneurysms of the descending thoracic aorta
Ann Vasc Surg 1: 196-200 (1986)

4. Becquemin JP, Poussier B, Allaire E, Kobeiter H, Desgranges P
Endograft fabric disintegration simulation a type II endoleak
J Endovasc Ther 9:203-207 (2002)

5. Butler KL, Moore EE, Harken AH
Traumatic rupture of the descending Aorta
AORN J 63: 917-925 (1996)

6. CK Ho, K.T. Yip, J.B. Eng, L. Rajan, B.H. Tan
Traumatic transection of Aorta
Med J Malaysia 56: 374-377 (2001)

7. Cowley RA, Turney SZ, Hankins JR, Rodriguez A, Attar S, Shanskar BS
Rupture of the thoracic aorta caused by blunt trauma
J Thorac Cardiovasc Surg 100: 652-661 (1990)

8. Dake MD, Miller DC, Semba CP, Mitchell S, Walker P, Lidell R
Transluminal Placement of endovascular stent-grafts for the treatment of descending thoracic aortic aneurysms
N Engl J Med 331:1729-1734 (1994)

9. Duhylongsod FG, Glower DD, Wolfe WG
Acute traumatic aortic aneurysm: the Duke experience from 1970 to 1990
J Vasc Surg 15: 331-343 (1992)

10. Jason T. Lee, MD, Rodney A. White, MD
Current status of thoracic aortic endograft repair
Surg Clin N Am 84: 1295-1318 (2004)

11. Fabian TC, Richardson JD, Croce MA, et al
Prospective study of blunt aortic injury: multicenter trial of American Association for the Surgery of Trauma
J Trauma 42: 374-383 (1997)

12. Fattori R, Napoli G, Lovato L, Russo V, Pacini D, Pierangeli A, Gavelli G
Indications for, Timing of, and Results of Catheter-Based Treatment of Traumatic Injury to the Aorta
Am J Roentgenol 179: 603-609 (2002)

13. Görich J, Rillinger N, Sokiranski R, et al.
Leakages after endovascular repair of aortic aneurysms: classification based on findings at CT, angiography, and radiography
Radiology 213: 767-772 (1999)

14. Görich J, Rilinger N, Sokiranski R, Krämer SC, Ermis C, Schütz A, Brambs HJ, SöldnerJ, Kaiser W, Sunder-Plassmann L, Pamler R
Treatment of Leaks after Endovascular repair of Aortic Aneurysms
Radiology 215: 414-420 (2000)

15. Heijmen RH, Deblier IG, Moll FL, Dossche KM, van den Berg JC, Overtoom TT, Ernst SM, Schepens
Endovasculer stent-grafting for descending thoracic aortic aneurysms
Eur J Cardiothorac Surg 21: 5-8 (2002)

16. Henne-Bruns, Düring, Kremer:
Chirurgie, 2. korr. Auflage, MLP duale Reihe, S. 957 (2003)

17. Hoornweg LL, Dinkelman MK, Goslings JC, Reeckers JA, Verhagen HJM, Verhoeven EL, Schurink GWH, Balm R
Endovascular management of traumatic ruptures of the thoracic aorta
J Vasc Surg 43: 1096-1102 (2006)

18. Iannelli G, Piscione F, Di Tommaso L, Monaco M, Chiariello M, Spampinato N
Thoracic aortic emergencies: impact of endovascular surgery
Ann Thorac Surg 77: 591-596 (2004)

19. Kalmar P, Otto C, Steinkraus V
Blunt aortic injury/choosing appropriate time for surgery
Langenbecks Arch Chir (Suppl Kongressbd): 563-570 (1991)

20. Kalmar P, Puschel K, Stubbe HM, Gultekin E
Delayed surgical therapy of acute aortic rupture
Zentralbl Chir 121:750-755 (1996)

21. Karmy-Jones R., Hoffer E., Meissner M., Nicholls S., Mattos M.
Endovascular stent grafts and aortic rupture: a case series
J Trauma 55: 805-810 (2003)

22. Kato N, Dake MD, Miller DC, Semba CP, Mitchell RS, Razavi MK, Kee ST
Traumatic thoracic aortic aneurysm; Treatment with endovascular stent-grafts
Radiology 205:657-662 (1997)

23. Lachat M, Pfammater T, Witzke H, Bernard E, Wolfensberger U, Kunzli A, Turina M
Acute traumatic aortic rupture: early stent-graft repair
Eur J Cardiothorac Surg 21: 959-963 (2002)

24. Lachat M, Pfammatter T, Turina M
Transfemoral endografting of thoracic aortic aneurysm under local anesthesia: a simple, safe and fast track procedure
Vasa 28: 204-206 (1999)

25. Lagattolla N, Matsou M, Self G, Smith K, Taylor P, Reidy J
Traumatic rupture of the aortic arch treated by stent grafting
Eur J Endovasc Surg 17: 84-86 (1999)

26. Lange C, Odegard A, Lundbom J, Haltinghus S.
Type III endoleak from a thoracic aortic stent graft
J Endovasc Ther 9: 535-538 (2002)

27. Lauterjung KL
Traumatic rupture of the descending thoracic aorta, S. 49 - 55 (1994)

28. Lebl DR, Dicker RA, Spain DA, Brundage SI
Dramatic Shift in the Primary Management of Traumatic Thoracic Aortic rupture
Arch Surg 141:177-180 (2006)

29. Madea, Brinkmann
Handbuch der gerichtlichen Medizin,1. Auflage, Band 1, Springer Verlag S. 834 (2004)

30. Mauney MC, Blackbourne LH, Langenburg SE, Buchanan SA, Kron IL, Tribble CG
Prevention of spinal cord injury after repair of the thoracic or thoracoabdominal aorta
Ann Thorac Surg 59:245-252 (1995)

31. Mitchel RS, Miller DC, Dake MD, Semba CP, Morre KA, Sakai T
Thoracic aortic aneurysm repair with an endovascular stent graft
Ann Thorac Surg 57: 1971-1974 (1999)

32. Neuhauser B, Czermak B, Jaschke W, Waldenberger P, Fraedrich G, Perkmann R
Stent-graft repair for acute traumatic thoracic aortic rupture
Am Surg 70:1039-1044 (2004)

33. Oppell VO von, Dunne TT, De Groot MK, Zilla P
Traumatic aortic rupture: twenty-year metaanalysis of mortality and risk of paraplegia
Ann Thorac Surg 58: 585-593 (1994)

34. Orend K-H, Kotsis T, Scharrer-Palmer R, Kapfer X, Liewald F, Görich J, Sunder-Plassmann L
Endovascular Repair of Aortic Rupture due to Trauma and Aneurysm
Chirurg 73: 595-600 (2002)

35. Orend KH, Kirchdorfer B, Sunder-Plassmann L
Traumatic rupture of the descending thoracic aorta
Ann Ital Chir 67: 21-23 (1996)

36. Palmley L.E., Mattingly T.W., Manian W.C., Jahnke E.I. JR.
Non-penetrating traumatic injury of the aorta
Circulation 17: 1086-1101 (1958)

37. Pierangeli A, Turinetto B, Galli R, Caldarera J, Fattori R, Garelli G
Delayes treatment of isthmic aortic rupture
Cardiovasc Surg 8: 280-283 (2000)

38. Pratesi C, Dorigo W, Troisi N, Pratesi G, Santoro G, Stefano P, Innocenti AA, Pulli R
Acute traumatic rupture of the descending thoracic aorta:endovascular treatment
Am J of Surg 192:291-295 (2006)

39. Pretre R., Chilcott M
Blunt trauma to heart and great vessels
N Engl J Med 336:626-632 (1997)

40. Regel G., Lobenhoffer P., Lehmann U., Pape HC, Pohlemann T., Tscherne H.
Results of treatment of polytraumatized patients. A comparative analysis of 3406 cases between 1972 and 1991
Unfallchirurg 96: 350-396 (1993)

41. Ronald Mattison, MD, Ian N. Hamilton, Jr., MD, David L. Ciraulo, DO, MPH, Charles M. Richart, MD
Stent-Graft Repair of Acute Traumatic Thoracic Aortic Transection with Intentional Occlusion of the left Subclavian Artery: Case report
Journal of Trauma 51: 326-328 (2001)

42. Rousseau H, Soula P, Perreault P, Bui B, d'Othee BJ, Massabuan P, Meites G, Coucina P, Mazerolles M, Joffre F, Otal P
Delayed treatment of traumatic rupture of the thoracic aorta with endoluminal covered stent
Circulation 99: 498-504 (1999)

43. Rousseau H, Dambrin C, Marcheix B, Richeux L, Mazerolles M, Cron C, Watkinson A, Mugniot A, Soula P, Chabbert V, Canevet G, Roux D, Massabuau P, Meites G, Tran Van T, Otal P
Acute traumatic aortic rupture: A comparison of surgical and stent-graft repair
J Thorac Cardiovasc Surg 129: 1050-1055 (2005)

44. Semba CP, Kato N, Kee ST, Lee GK, Mitchell RS, Miller DC, Dake MD
Acute rupture of the descending thoracic aorta: repair with use of endovascular stent-grafts
J Vasc Interv Radiol 8:342-377 (1997)

45. Smith RS, Chang FC
Traumatic rupture of the aorta: still a lethal injury
Am J Surg 152: 660 (1986)

46. Turney SZ, Attar S, Ayella R, Cowley RA, McLaughlin J
Traumatic rupture of the aorta: a five year experience
J Thorac Cardiovasc Surg 72: 727-732 (1976)

47. Victoria PO, Atkinson NR, Thomson K, Milne PY, Campbell WA, Roberts A, Goldblatt J, Tatoulis J
Blunt Traumatic Aortic Transection: The Endovascular Experience
Ann Thorac Surg 75: 106-112 (2003)

48. Weigand MA, Schumacher H, Allenberg J, Bardenheuer HJ
Adenosin-induzierter Herzstillstand zur endovaskulären Rekonstruktion von thorakalen Aortenaneurysmen
Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 34: 372-375 (1999)

49. White G, Yu W, May J, Chaufour X, Stephen MS,
Endoleak as a comlication of endoluminal grafting of abdominal aortic aneurysms classification, incidence, diagnosis and managment
J Endovasc Surg 4:152-168 (1997)

50. White R, Donayre C, Walot I, Lippmann M, Woody J, Lee J,
Kim N, Kopchok G, FogartyT
Endovascular exclusion of descending thoracic aortic aneurysm and chronic dissections: initial clinical results with the AneuRx device
J Vasc Surg 33: 927-934 (2001)

51. William DM, Andrews JC, Che SS, Marx MV, Abrams GD,
Canine model of acute aortic rupture : treatment with percutaneous delivery of a covered Z stent-work in progress
J Vasc Interv Radiol; 5: 797-803 (1994)

7. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. K.-H. Orend für die Überlassung des Themas und die intensive fachliche Betreuung bedanken.

Ebenso gilt mein Dank den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung Gefäß- und Thoraxchirurgie der Universität Ulm, insbesondere Frau Schubert und Herrn Fetscher, für die Unterstützung in administrativen und technischen Angelegenheiten.

Mein weiterer Dank gilt meiner Familie für die Unterstützung bei dieser Arbeit.

8. Lebenslauf

8.1 Angaben zur Person

Name:	Claudia Neuberger
Geburtsdatum:	12.06.1979
Familienstand:	ledig

8.2 Schulischer Werdegang

09/1984 – 06/1989:	Heinrich-Prescher-Schule in Gschwend
09/1989 – 06/1998:	Hans-Baldung-Gymnasium in Schwäbisch Gmünd, Abschluß Abitur

8.3 Berufsausbildung

10/1998 – 09/2001:	Ausbildung als Krankenschwester im Kreiskrankenhaus Waiblingen

8.4 Studentischer Werdegang

10/2001:	Beginn des Medizinstudiums an der Universität Ulm
08/2003:	Physikum
08/2006 – 07/2007:	Praktisches Jahr
04/2008:	Zweite Ärztliche Prüfung
07/2008:	Assistenzärztin am Institut für Pathologie im Kreisklinikum Reutlingen