

Aus der Klinik für Gefäß- und Endovaskularchirurgie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.-Prof. Dr.med. Hubert Schelzig

**Untersuchungen zur renalen Protektion bei thorakoabdominellem
Gefäßersatz:**

**Anwendung der Bi-Subclavia-links-Iliaca-externa temporären Shunt- und
der internen temporären aortoortalen Shunt-Technik**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Amela Balicevac
2014

**Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf**

**gez.: Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf
Dekan**

Referent: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. h.c. Wilhelm Sandmann

Korreferent: Prof. Dr. med. Detlef Kindgen-Milles

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Anatomie der Aorta	2
1.2 Erkrankungen der Aorta	3
1.2.1 Definition und Klassifikation	3
1.2.2 Ätiologie und Risikofaktoren	5
1.2.3 Klinik.....	6
1.2.4 Diagnostik.....	7
1.2.5 NatürlicherVerlauf.....	9
1.2.6 Operationsindikationen.....	9
1.3 Historischer Überblick	11
1.4 Therapeutische Verfahren	13
1.4.1Standardverfahren	13
1.4.1.1 Internes Shuntverfahren – Typ 1	14
1.4.1.2Internes Shuntverfahren – Typ 2	18
1.4.1.3 Externes Shuntverfahren – Typ 3.....	19
1.4.2 Operative Therapie geordnet nach Aortensegmenten.. ..	22
1.4.3 Organprotektion.....	26
1.4.3.1 ZNS Protektion.....	27
1.4.3.2 Renale und intestinale Protektion	27
1.4.4 Postoperative Komplikationen.....	30
1.5 Fragestellungen	32

2	Material und Methoden	33
	2.1 Patientenselektion	33
	2.2 Datenerhebung: prä-, intra- und postoperative Daten.....	33
	2.3 Statistische Auswertung	34
3	Ergebnisse	35
	3.1 Präoperative Daten	35
	3.1.1 Alter und Geschlecht	35
	3.1.2 Aneurysmatypen	36
	3.1.3 Präoperative Befunderhebung.....	37
	3.1.4 Vorherige Operationen am Herzen, an der Aorta und an den Nieren	38
	3.2 Intraoperative Daten	39
	3.2.1 Operationsdauer, Abklemmzeit, Dauer der Organperfusion	39
	3.2.2 Blutgaben und Cell-Saver.....	42
	3.3 Postoperative Daten – renale Komplikationen.....	43
	3.3.1 Präoperative Cr-Werte und postoperative Dialyse- pflichtigkeit	43
	3.3.2 Mittlere Serum-Cr-Konzentration vor und nach der Operation.....	44
	3.3.3 Postoperative renale Funktionsstörungen nach dem Score von Kashyap et al	45
	3.3.4 Inzidenz und Grad renaler Funktionsstörungen in Abhängigkeit der chirurgischen Shunttechnik	46
	3.3.5 Auftreten akuter postoperativer Nierenfunktionsstörun- gen in Verbindung verschiedener Variablen.....	49

4 Diskussion der Ergebnisse und Literaturvergleich	56
5 Zusammenfassung	66
Literaturverzeichnis	68

Anhang

- Abkürzungen
- Danksagung
- Eidesstattliche Versicherung

1 Einleitung

Die Aorta ist ein grosses Blutgefäß, welches aus dem linken Herzen entspringt und nahezu alle Organe mit sauerstoffreichem Blut versorgt. Erkrankungen der Aorta stellen eine Beeinträchtigung der Gesundheit dar und können lebensbedrohliche Zustände hervorrufen, die sofortige chirurgische Interventionen erfordern.

Während der Operation an der Aorta sind lebenswichtige Organe langen Ischämiezeiten ausgesetzt. Um das Ausmass und die Zeitdauer der Ischämie zu begrenzen wurden Protektionsverfahren entwickelt, um die Ischämiezeit der Gewebe so geringwie möglich zu halten. Dabei steht der Schutz des zentralen Nervensystems sowie anderer Organsysteme, insbesondere von Niere und Darm, während der Operation im Vordergrund. Das Zieleiner solchen Operation ist es, dem Patienten bestmögliche Lebensqualität zu gewährleisten und vor plötzlichem Tod zu schützen.

In der folgenden, nicht-randomisierten, retrospektiven Studie werden Ergebnisse von 58 Patienten dargestellt, die mitthorakoabdominellen Aortenaneurysmen im Zeitraum von Januar 2005 bis August 2008 an der Universitätsklinik Düsseldorf rein elektiv und offen chirurgischoperiert wurden. Ausgewertet wurden rein degenerative, artherosklerotische Veränderungen, die zu Aneurysmen führten. Ausgeschlossen wurden chronische Dissektionen, eine Grunderkrankung basierend auf Morbus Marfan und Ehler-Danlos, sowie Notfalleingriffe basierend auf einer Aortenruptur. Mykotische und inflammatorische Aneurysmen wurden ebenfalls ausgeschlossen.

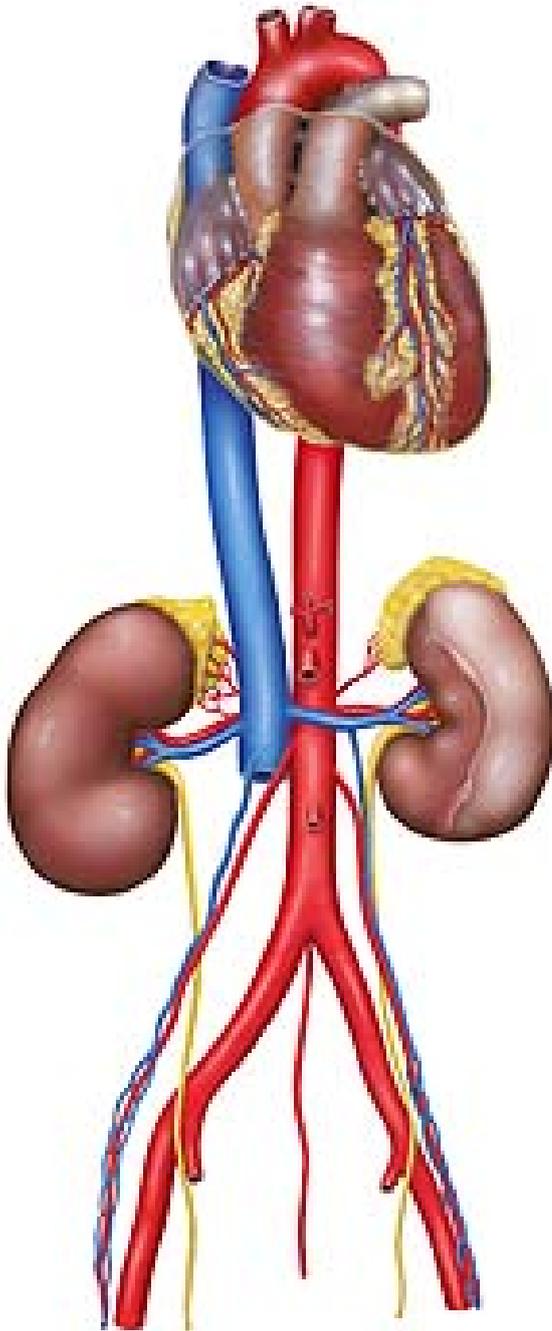
Es wurden zwei Operationsverfahren miteinander verglichen, zum einen die Anwendung der externen und zum anderen der internen Shunttechnik. Ausserdem wurden Daten erhoben hinsichtlich renaler und viszeraler Perfusionszeiten. Es wurden intra- und postoperative Verläufe dargestellt, wobei auf die renale Funktion nach der Operation näher eingegangen wird.

Im folgenden wird ein Überblick über die Ätiologie, Pathogenese, Klinik, Diagnostik und therapeutische Verfahren gegeben.

1.1 Anatomie der Aorta

Die Aorta wird in folgende Abschnitte unterteilt (Abb.: 1.1.1):

- Ao. ascendens: Von der Aortenklappe bis zum Truncus brachiocephalicus. Die Aortenbasis beinhaltet die Aortenklappe und die Koronargefäße. Dieser Bereich wird als Sinus Valsalvae bezeichnet. Zu unterscheiden ist die Aortenwurzel, welche als der Bereich über der Aortenklappe definiert ist.



- Aortenbogen: Vom Truncus brachiocephalicus bis zum Abgang der linken A. subclavia. Aus dem Aortenbogen entspringen von proximal nach distal folgende Gefäße: Truncus brachiocephalicus, A. carotis communis sinistra und A. subclavia sinistra.

- Ao. thoracica descendens: Vom Abgang der A. subclavia sinistra bis zum Zwerchfell. Ihre entspringenden Gefäße sind: Arteriae intercostales dextra und sinistra, aus denen die Arteriae radicales dorsales entspringen. Ausserdem hat hier die A. radicularis magna, sog. „Adamkiewitz Arterie“, meistens abgehend aus der neunten linken Intercostalarterie, ihren Ursprung.

- Ao. abdominalis: Beginnt unter dem Zwerchfell. Sie wird in zwei Abschnitte unterteilt: Ao. abdominalis suprarenalis und infrarenalis. Ihre abgehenden Gefäße sind: Truncus coeliacus, A. mesenterica superior, A. renalis dextra und sinistra, A. ovarica dextra und sinistra, A. mesenterica inferior und Aa. lumbales.

Abb.: 1.1.1 Anatomie der Aorta

Die thorakoabdominelle Aorta umfasst die Aorta thoracica descendens und die Aorta abdominalis (Ring 2000) (Arnold et al., 1997).

1.2 Erkrankungen der Aorta

Es werden Aortenaneurysmen von Aortendissektionen unterschieden.

Die in dieser Studie zugrunde liegende Erkrankung der Aorta ist das Aortenaneurysma, deren Definition und Einteilung im folgenden dargestellt wird.

1.2.1 Definition und Klassifikation

Das Aneurysma wird definiert als eine pathologische Ausweitung der Arterienwand. Diese kann sowohl in Längsrichtung (Elongation) als auch in quere Richtung oder kombiniert erfolgen. Veränderungen im Sinne eines Aneurysmas können in allen Bereichen der Aorta auftreten. Nicht selten sind mehrere Abschnitte gleichzeitig betroffen (Berchtold 2006, 5. Auflage).

Der Morphologie nach werden drei verschiedene Typen unterschieden (Abb.:1.2.1.1):

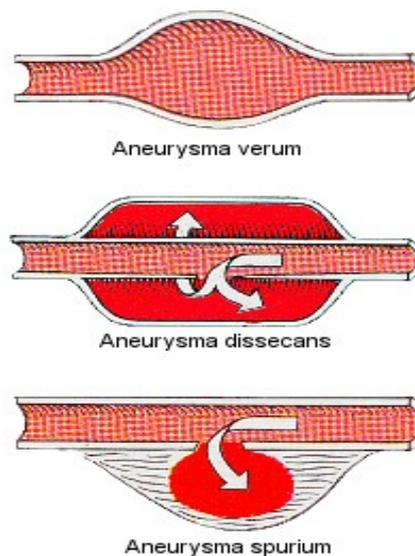


Abb.: 1.2.1.1 Aneurysmaformen

- Aneurysma verum: Erweiterung der gesamten Arterienwand.
- Aneurysma dissecans: Spaltbildung zwischen der äusseren und mittleren Gefäßschicht.
- Aneurysma spurium: Erweiterung betrifft die Restarterienwand „Adventitia“ und nicht alle Schichten der Gefäßwand (Berchtold 2006, 5. Auflage).

Insgesamt 80 % aller Aneurysmen entstehen in der Aorta. Davon sind ungefähr 2-3 % aller Menschen über 60 Jahre betroffen. Die Aortenaneurysmen teilen sich auf in Aneurysmen der Aorta ascendens und des Aortenbogens (22 %), in Aneurysmen der Aorta thoracica descendens (10 %) und Aneurysmen der Aorta abdominalis (68%)(Rieger 1994, 1. Auflage).

Thorakoabdominelle Aneurysmen (Inzidenz 5,9/100.000/Jahr(Sickard GA 1995, 1. Auflage)) werden nach Crawford(Crawford und Schuessler 1980) in fünf Kategorien eingeteilt. Dabei bezieht sich Crawford nicht auf das thorako-abdominelle Aortenaneurysma, sondern auf Aneurysmen der descendierenden Aorta, welche die Viszeral- und Nierenarterien erfassen (Abb.: 1.2.1.2).

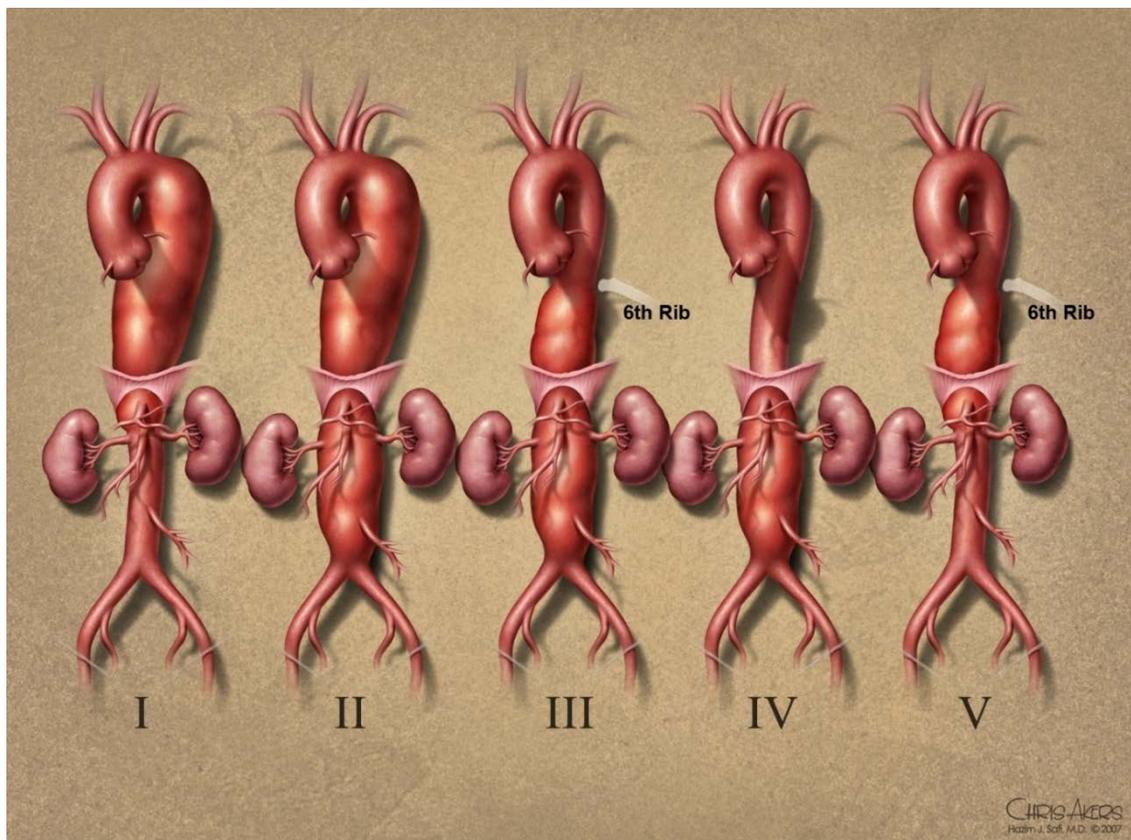


Abb.: 1.2.1.2 Aortenaneurysmen-Klassifikation nach Crawford, modifiziert nach Safi

- Typ I reicht von der linken A. subclavia stromabwärts und erfasst die Viszeralarterien
- Typ II reicht von der linken A. subclavia bis zur Aortenbifurkation
- Typ III reicht vom mittleren Abschnitt der descendierenden thorakalen Aorta bis zur Iliacalbifurkation

- Typ IV reicht vom Zwerchfell bis zur Aortenbifurkation
- Typ V ist tatsächlich nur ein suprarenales Aneurysma, welches jedoch eine Klemmischämie der Nieren, ggf. auch der Viszeralarterien verursacht.

Diese Klassifikation wurde von H. Safi kürzlich aktualisiert durch Wegnahme des Typ V und Ersatz desselben durch einen Aneurysmatyp, welcher die distale descendierende thorakale Aorta erfasst und die Viszeral- und Nierenarterien aber nicht die lumbale Aorta einschliesst (s. Abb. 1.2.1.2). Nicht von allen Typen geht die gleiche Gefahr einer Schädigung des Rückenmarks durch spinale Ischämie aus. Auch die Risiken der viszeralen und renalen Ischämiefolgen sind graduell unterschiedlich. Die Klassifikation von Safi bietet den Vorteil, die Operationsergebnisse sowohl der offenen als auch in Stenttechnik zu vergleichen.

1.2.2 Ätiologie und Risikofaktoren

Ein Aortenaneurysma kann verschiedene Ursachen haben. Bei Patienten im fortgeschrittenen Alter (Altersgipfel 50-70 Jahre) kommt es im Zuge einer generalisierten Artherosklerose gehäuft zu einer Aneurysmabildung. Dabeiführt eine subintimale lipide Plaquebildung zu einer Mangelversorgung der mittleren Aortenschicht „Tunica media“. Sklerotische Veränderungen der Aortenwand und der Verlust elastischer Fasern lassen die Gefäßwand starr werden. In der Folge verlängert sie sich und dünnt aus. Die Aortenwand kann den Scherkräften, die auf sie einwirken, nicht mehr standhalten. Es kommt zur Aneurysmabildung oder zu einer Ruptur. Die relative Häufigkeit artherosklerotisch bedingter Aneurysmen liegt zwischen 70-90 %. Dabei sind Männer zwei- bis vierfach häufiger betroffen als Frauen (Kortmann 2001, 1. Auflage ; Berchtold 2006, 5. Auflage).

Desweiteren kann eine idiopathische Mediadegeneration vom Typ „Erdheim-Gsell“ vorliegen (Burri, Dielbold-Berger et al. 2002). Zystisch nekrotische Veränderungen der Aortenmedia führen hierbei zu einem Verlust der Wandelastizität. Am häufigsten sind Aorta ascendens und der Aortenbogen betroffen. Ihre relative Häufigkeit liegt bei 8-10 %, der Altersgipfel zwischen dem 3. und 5. Lebensjahrzehnt (Kortmann 2001, 1. Auflage).

Aortenaneurysmen können eine infektiöse Ursache haben. Die Infektionswege dieser so genannten „mykotischen Aneurysmen“ sind folgende: hämatogen, per continuitatem und lymphogen. Die Haupterreger sind Streptokokken, Staphylokokken und Salmonellen. Die relative Häufigkeit beträgt 2 %. Auf dem Boden einer Syphilis kann ebenfalls ein Aortenaneurysma entstehen. Hierbei kommt es zu einer Zerstörung der Tunika media, gefolgt von bindegewebiger Narbenbildung. Typischerweise ist der Aortenbogen betroffen (Kortmann 2001a, 1. Auflage; Berchtold 2006, 5. Auflage).

Abakterielle Entzündungen im Bereich der Aorta können auch Aneurysmen hervorrufen, so genannte „inflammatorische Aneurysmen“. Ihre Häufigkeit liegt zwischen 3-15 % (Kortmann 2001a, 1. Auflage).

Desweiteren kann eine kongenitale Ursache vorliegen. Verschiedene Bindegewebserkrankungen gehen mit einer Gefäßwandschädigung einher (Marfan-Syndrom, Ehlers-Danlos-Syndrom, Morgagni-Turner-Albright-Syndrom) (Burri, Dielbold-Berger et al. 2002). Ihr Anteil an der Gesamtzahl der Aortenaneurysmen beträgt 2,7 %. Eine weitere Ursache ist eine Aortenstenose. Bei einer Aortenisthmusstenose ist der Druck proximal der Stenose erhöht. Durch die ständige Druckerhöhung kann es zu einer Vergrößerung des Querdurchmessers kommen „prästenotische Dilatation“ (Kortmann 2001a, 1. Auflage).

Risikofaktoren für die Entstehung eines Aortenaneurysmas sind eine chronisch arterielle Hypertonie, Hypercholesterinämie, Diabetes mellitus, eine positive Familienanamnese und langjähriger Nikotinabusus (Lee, Fowkes et al. 1997).

1.2.3 Klinik

Der Klinik nach werden asymptomatische von symptomatischen Aneurysmen unterschieden. Die meisten Patienten mit Aortenaneurysmen sind asymptomatisch. Die Symptome sind abhängig vom Durchmesser, der Ausdehnung und anatomischen Lage des Aneurysmas. Zerebrale oder periphere Ischämien können das erste klinische Zeichen eines thrombotischen Aorta ascendens oder Aortenbogenaneurysmas

sein. Große Aorta ascendens Aneurysmen gehen häufig mit einer Aortenklappeninsuffizienz einher.

Erreicht das Aneurysma eine bestimmte Grösse, treten mechanische Verdrängungs- und Kompressionssyndrome auf. Die Patienten beklagen unspezifische Symptome, wie Rücken-, Flanken- oder retrosternale Schmerzen bis hin zu ischialgieformen Beschwerden. Desweiteren können Atembeschwerden, Reizhusten, Heiserkeit sowie Schluckstörungen auftreten.

Aneurysmaperforationen in den Ösophagus bzw. in das Bronchialsystem können eine Hämatemesis oder Hämoptysen hervorrufen. Bei einer Kompression der Vena cava sup. kann es zum Hervortreten der Jugularvenen bis hin zu einem Gesichtssödem kommen (Crawford and Cohen 1982; Kortmann 2001a, 1. Auflage).

Akut einsetzende Schmerzen können auf eine Penetration (drohende Ruptur) oder eine schnelle Grössenzunahme des Aneurysmas hinweisen „symptomatisches Aneurysma“. Dieses stellt eine absolute Operationsindikation dar (Berchtold 2006, 5. Auflage).

1.2.4 Diagnostik

Thorakale Aneurysmen werden in 50 % der Fälle als Zufallsbefunde in Röntgen-Thoraxuntersuchungen entdeckt. Die Röntgenbilder geben nur unzureichende Informationen für eine definitive Diagnosestellung (Abb.: 1.2.4.1).



Abb.: 1.2.4.1 Aneurysma im Röntgen-Thorax

Der Ultraschall (Sonographie) stellt ein ideales, nicht belastendes und effektives Routine- und Nachsorgeuntersuchungsmittel dar, insbesondere bei Bauchortenaneurysmen.



Abb.: 1.2.4.2 Aneurysma in der Sonographie

Dennoch besteht aber bei der sonographischen Größenbestimmung eine Fehlerbreite von 0,5-0,8 cm. Dies relativiert die Festsetzung einer starren Größe von beispielsweise 50 mm als Indikation zur elektiven Operation im Bereich der Aorta abdominalis (Abb.: 1.2.4.2). Die farbkodierte Dupplexsonographie kann zusätzlich den Blutfluss farblich wiedergeben und Aussagen über Flusseigenschaften des Blutstroms machen (Abb.: 1.2.4.3). Des Weiteren ist eine thorakale Ausdehnung mit der Sonographie nicht objektivierbar.

Die Computertomographie (CT) ist der nächste diagnostische Schritt (Abb.: 1.2.4.4). Sie ist weniger abhängig von Artefakten und subjektiver Interpretation des Untersuchers und ist deshalb als Methode der Wahl zur Aneurysma-Beurteilung anzusehen.



Abb.: 1.2.4.4 BAA im CT

Als Steigerung erlaubt die Spiral-CT-Untersuchung mit dreidimensionaler Rekonstruktion eine ausgezeichnete Beurteilung der Aneurysmaform und der abgehenden Gefäße. Sie ist besonders nützlich zur Beurteilung des sogenannten Aneurysmahalses unterhalb der Nierengefäßabgänge. Sie kann bei besonderer Fragestellung (z.B. inflammatorisches Aneurysma) durch die noch weit kostenträchtigeren Magnetresonanztomographie-Untersuchung (MRT) ergänzt werden.

Ein weiteres Verfahren zur Beurteilung von Aneurysmen ist die Angiographie (Gefäßdarstellung). Dies ist ein invasives Verfahren mit den damit verbundenen Risiken und ist deshalb zum Aneurysmanachweis primär nicht geeignet, zumal die wandständige Thrombosierung das wahre Ausmaß des Aneurysmas mittels Angiographie nicht beurteilen läßt. Eine vollständige angiographische Beurteilung des Gefäßbettes bis in die unteren Extremitäten ist bei gleichzeitigem Vorliegen von peripheren Gefäßveränderungen indiziert bzw. wenn ein Aortenaneurysma durch ein endovaskuläres Operationsverfahren, sogenanntes „Endograft“ ausgeschaltet werden soll. Eine Angiographie sollte nur bei speziellen Fragestellungen angewendet werden (Nieren- und Viszeralarterien; anteriore spinale Versorgung) (Kouchoukos 1995, 1.

Auflage; Brambs 2001, 1. Auflage). Nachteil ist, dass lediglich das perfundierte Lumen gezeigt wird, der tatsächliche Durchmesser des Aneurysmas bleibt meist unerkannt.

1.2.5 Natürlicher Verlauf

Die Grösse des Aortendurchmessers ist ein starker Prädiktor für Ruptur, Dissektion und Mortalität. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die jährliche Wachstumsrate von TAAA mit steigendem Durchmesser kontinuierlich zunimmt. Ein schnelleres Wachstum (bis 0,28 cm/Jahr) kann nach bei stattgehabter Dissektion der Aorta thoracica descendens (chronische Typ B-Dissektion), bei Vorliegen von thorakoabdominellen Aneurysmen wie auch bei hereditären Bindegewebserkrankungen (z.B. Marfan-Syndrom) beobachtet werden. Bei Patienten mit thorakalen Aneurysmen, bei denen der Durchmesser mehr als 6 cm betrug, war das Quotenverhältnis (odds ratio) für eine Ruptur um das 27-fache gesteigert (Davies RR, Goldstein LJ, Coady MA et al. 2002).

Die häufigste Todesursache eines thorakalen oder thorakoabdominellen Aortenaneurysmas ist die Ruptur (Berchtold 2006, 5. Auflage). Zwei Drittel der infrarenalen Aneurysmen rupturieren in das so genannte Retroperitoneum (hinteres Bauchfell) und etwa ein Drittel in die freie Bauchhöhle. Nur bei einer Ruptur ins Retroperitoneum, bei der es mit gleichzeitig abfallendem Blutdruck zu einer Tamponade kommt, besteht eine echte Überlebenschance. Eine Ruptur geht mit einer Letalität von 80 – 90 % einher. Die Sterblichkeit für die notfallmässige Operation von rupturierten Aortenaneurysmen wird in der Literatur mit 50 % angegeben, zehnmal höher als die elektive Operation mit ca. 5 % (Berchtold 2006, 5. Auflage).

1.2.6 Operationsindikationen

Die Indikation zur Ausschaltung von TAAA besteht ab einem Durchmesser von 5,5-6 cm bei degenerativen Aneurysmen und ab 5 cm für Patienten mit Marfan-Syndrom oder anderen hereditären Bindegewebserkrankungen (Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA et

al. 2010). Eine rasche Größenprogression ($>0,5$ cm/Jahr) kann eine Operation rechtfertigen, auch wenn die oben genannten Durchmesser noch nicht erreicht wurden. Wenn Hinweise für ein symptomatisches Aneurysma vorliegen (z.B. zunehmende Rückenschmerzen, Heiserkeit, Dysphagie) sollte ein Eingriff zur Aneurysmaausschaltung in Betracht gezogen werden, da das Auftreten von Symptomen ein Hinweis für eine bevorstehende Ruptur sein kann. Aufgrund der grösseren Invasivität, die für eine TAAA-Ausschaltung erforderlich ist, muss hier das Operationsrisiko noch sorgfältiger gegen das Rupturrisiko abgewogen werden. Dies betrifft insbesondere Patienten mit ausgeprägter Komorbidität (Hochrisikopatienten). Hierzu ist eine umfangreiche präoperative Risikostratifizierung (internistisch, anästhesiologisch) erforderlich (Jacobs MJ, Mommertz G, Koepfel TA et al. 2007).

1.3 Historischer Überblick

Über die erste erfolgreiche thorakoabdominelle Aortenoperation berichtete Etheredge (Etheredge, Yee et al. 1955). Von ersten chirurgischen Erfolgen im Bereich der Ao. asc. berichteten Cooley und DeBakey im Jahr darauf (Cooley and De Bakey 1956). Ein Jahr später gelang DeBakey (De Bakey, Crawford et al. 1957) der erste Ersatz im Bereich des Aortenbogens. Kurze Zeit darauf entwickelten DeBakey, Cooley und Crawford die erste Dacron-Prothese (De Bakey, Cooley et al. 1958). War mit der herkömmlichen Homograft-Implantation ein Aortenersatz nur begrenzt möglich gewesen, so waren nun neue Möglichkeiten geschaffen worden. Starr et al. (1963) berichteten über einen suprakoronaren Ao. asc. Ersatz in Kombination mit einem Aortenklappenersatz. Einen Ersatz der gesamten Aortenwurzel durch eine Aortenprothese in Kombination mit einer Aortenklappe (Conduit) beschrieben Bentall und DeBono im Jahr 1968 (Bentall and De Bono 1968). Die moderne Ära der herznahen Aorten Chirurgie begann mit der Einführung des hypothermen Kreislaufstillstandes durch Griepp (Griepp, Stinson et al. 1975). Im Bereich der Ao. asc. entwickelten Yacoub et al. (1983) und David (David and Feindel 1992) Methoden zum infrakoronaren Aortenersatz unter Schonung der Aortenklappe. Im Bereich des Aortenbogens und der Ao. desc. entwickelten Borst et al. (Borst, Walterbusch et al. 1983) die Elephant-Trunk-Technik. In den folgenden Jahren entstanden eine Vielzahl weiterer Operationsverfahren und Variationen.

Eine weitere Möglichkeit der Behandlung thorakaler Aortenerkrankungen stellt die transluminale Stent-Implantation über die A. femoralis dar. Diese konnte ihre ersten Erfolge erst Ende des 20. Jahrhunderts verzeichnen. Mehr als 20 Jahre nachdem Dotter erstmalig von der endoluminalen Implantation eines Stents berichtete (Dotter 1969), platzierten Parodi et al. (Parodi, Palmaz et al. 1991) erstmalig einen Stent im Bereich der abdominalen Aorta. Der erste thorakale Aortenstent wurde im darauffolgendem Jahr von Dake et al. implantiert (Dake, Miller et al. 1994).

Die meisten rekonstruktiven Eingriffe an der Aorta und ihren grossen Ästen haben eine vorübergehende vollständige Blutstromunterbrechung zur Konsequenz. Je weiter

herzwärts die Abklemmung der arteriellen Strombahn erfolgen muss, desto grösser sind einerseits die kreislaufmechanischen Rückwirkungen auf das Herz, wie akute Linksbelastung, Dilatation des linken Herzens, abnormer Druckanstieg im Anfangsteil der Aorta und der oberen Körperhälfte, als auch ischämische Folgen für die Peripherie (Clampingsyndrom). Es sind daher besondere Maßnahmen zu treffen, um beide Gefahren möglich weitgehendst zu bannen. Protektive Maßnahmen gegen ischämische Organschädigung bei Abklemmung der Aorta und ihrer grossen Äste wurden deshalb bereits Anfang der 50-er Jahre diskutiert und ausprobiert. Folgende künstliche Blutumleitungen wurden bereits getestet und durchgeführt:

1. Intraluminaler Shunt, endovasale Prothese (Lam und Aram 1951; De Bakey und Mitarbeiter 1959)
2. Extraluminaler Shunt
 - a) Vollständiger kardiopulmonaler Bypass, sog. „extrakorporaler Kreislauf, Herz-Lungenmaschine“ mit Rezirkulation in Aorta bzw. in ihre grosse Äste (A. femoralis, A. carotis, Aa. renales) (De Bakey und Mitarbeiter 1958).
 - b) Einfacher temporärer Bypass mit Pumpe mit oder ohne Oxygenator (Leeds und Coliener 1952). Vom linken Vorhof zur A. femoralis oder zu den Aa. carotides oder Aa. renales, Aorta zentral auf Aorta peripher, li. A. subclavia auf Aorta caudal.
 - c) Primäres permanentes Bypasstransplantat mit nachfolgender Kontinuitätsresektion (De Bakey und Mitarbeiter 1958).

Die Optimierung sowohl der Operationstechniken als auch des Materials sowie der Medikation und Protektionsverfahren sind auch heute Arbeitsbereiche der Aorten Chirurgie.

1.4 Therapeutische Verfahren

Zur konservativen Therapie des Aortenaneurysmas gehören unter anderem die Optimierung der Blutdruckeinstellung, des Blutzuckers und der Blutfette sowie die Vermeidung des Zigarettenrauchens. Durch dieses Vorgehen kann ein bestehendes Aortenaneurysma nicht zu einer Remission gebracht werden. Lediglich das Fortschreiten der Erkrankung kann verlangsamt werden. Hat das Aneurysma eine bestimmte Grösse erreicht, ist die Indikation zur operativen Therapie gegeben (Kortmann 2001a, 1. Auflage).

Die operativen Therapiemöglichkeiten bei thorakalen und thorakoabdominellen Aortenaneurysmen sind komplex. Diese Arbeit kann daher im folgenden nur einen kurzen Überblick über die verschiedenen Methoden geben.

1.4.1 Standardverfahren

Zur Verfügung stehen prinzipiell die offene und die endovaskuläre (minimal-invasive) Methode. Goldstandard ist bis heute die offene Operation, welche sich auf den Ersatz der aneurysmatisch gewordenen Aorta beschränkt und die aus der Aorta entspringenden Segmentarterien einerseits sowie Viszeral- und Nierenarterien andererseits intakt lässt.

Die heutigen operativen Verfahren benutzen entweder einen modifizierten Linksherz-Bypass mit Hilfe der Herz-Lungen-Maschine oder den Einsatz der Biomedicus-Pumpe. In der am häufigsten angewendeten Form wird ein atriofemorale Bypass verwendet, indem eine grosslumige Kanüle über die untere linke Pulmonalvene eingeführt wird. Hierüber wird Blut aus dem linken Atrium abgeführt und über eine kanülierte Femoralarterie zurückgeführt. Obwohl diese Technik des „Linksherzbypasses“ eine gewisse Sicherheit während der notwendigen Aortenklemmperiode bietet, ist eine

moderate Antikoagulation unabdingbar. Die häufig vorkommende Thrombozytendysfunktion (auch mit Zentrifugalpumpen) limitiert die Anwendung des Linksherz-Bypasses (Kawahito, Mohara et al. 1997; Belcher, Muriithi et al. 2000; Wahba, Rothe et al. 2001).

Mit der Zielsetzung die perioperativen ischämischen Komplikationen, ohne die Anwendung einer extrakorporalen Zirkulation, zu senken, wurden von W. Sandmann Shunt-Techniken entwickelt, die proximal der thorakoabdominellen Aneurysmen ansetzen. Sie werden verwendet um die distale ischämische Periode zu limitieren bis zumindest die proximale Anastomose sicher angefertigt werden kann. Diese Technik ermöglicht dem Operateur die notwendige Zeit, relevante Intercostalarterien zu revaskularisieren, während die retrograde aortale Perfusion via Shunt die Viszera, Nieren und untere Extremitäten versorgt. Desweiteren wird die kardiale Nachlast während der gesamten Aneurysmauschaltung minimiert, hämodynamische Wechsel werden ebenfalls nach der Aortenfreigabe abgeschwächt (Sagban 2008).

Es wird zwischen einem internen und einem externen Shunt unterschieden, die im folgenden näher erläutert werden. Welcher Shunttyp eingesetzt wird, hängt von der Aneurysmaentfernung von der linken A. subclavia ab.

1.4.1.1 Internes Shuntverfahren – Typ 1 : „Overpass“

Eine Indikation für dieses Verfahren besteht, wenn sich das Aneurysma etwa drei bis fünf cm distal des Abgangs der linken A. subclavia befindet. Es handelt sich hierbei um eine aorto-aortale Verbindung, ähnlich dem Verfahren von M. De Bakey.

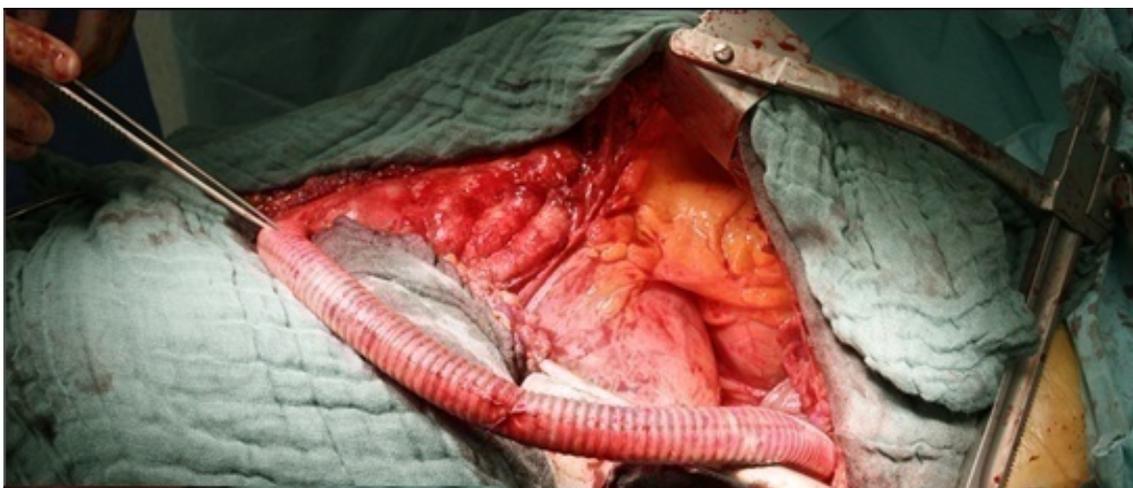


Abb.: 1.4.1.1.1 „Internes Shuntverfahren 1. Generation“

Die erste Generation der internen Shunts bestand in unserer Klinik aus Darcon. Dieses ist zum einen weich und kann zu Knickbildungen führen. Desweiteren ist es undurchsichtig, so dass eine korrekte Entlüftung nicht erkennbar wird (Abb.: 1.4.1.1.1).

Die zweite Generation ist ähnlich der externen Shunts und besteht ebenfalls aus einem Tygonmittelstück mit e-PTFE- Anschlüssen (Abb.: 1.4.1.1.2).

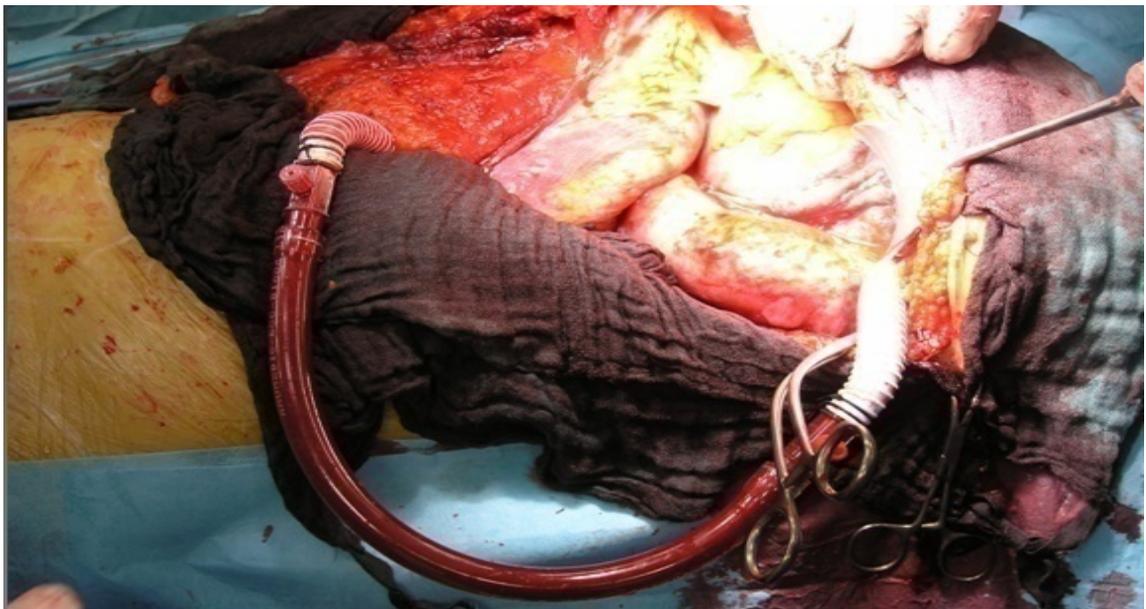


Abb.: 1.4.1.1.2 „Internes Shuntverfahren 2. Generation“

Die Prozedur erfolgt zunächst in der üblichen Art und Weise der traditionellen thorakoabdominellen Aortenaneurysmaausschaltung. Der Patient wird in einer Rechtsseitenlage auf einer Vakuummatratze in einem ca. 70°-Winkel gelagert. Der linke Arm wird mit Hilfe einer speziellen Armschiene über Kopf geführt und das Becken so flach gekippt, dass beide Leisten erreichbar bleiben. Die Aorta wird durch einen thorakoextraperitonealen Zugang dargestellt. Die Inzision wird über dem sechsten Intercostalraum links in der hinteren Axillarlinie begonnen und wird in einer geschwungenen Linie nach medial geführt, indem der Schnitt links unterhalb des Nabels endet. Manchmal ist bei Typ I und II TAAA's (Klassifikation nach Crawford) notwendig, eine zusätzliche intercostale Inzision im dritten oder vierten ICR durchzuführen, gegebenenfalls mit Resektion der vierten Rippe. Dadurch wird eine

adäquate proximale Aortenexposition erreicht. Diese weit proximale Inzision ermöglicht die Exposition des distalen Aortenbogens, des Ursprungs der linken A. subclavia und der proximalen Aorta descendens. Das Peritoneum wird erreicht durch die Durchtrennung des M. obliquus der Flanke und der anterioren Faszie des M. rectus abdominis. Die Faszie des M. rectus posterior wird solange intakt belassen, solange die Muskelfasern des M. rectus abdominis nach lateral vorsichtig abgeschoben werden. Erst dann erfolgt die Eröffnung des retroperitonealen Raumes, indem der peritoneale Sack stumpf nach medial abgeschoben wird, nachdem die Faszie ohne Eröffnung des Peritoneums durchtrennt wird. Digital wird der Peritonealsack vom Diaphragma anschliessend separiert. Oft muss hier scharf disseziert werden, da die Muskelfasern des Diaphragmas am Faszien sack adhären. Nun erfolgt der Einstieg in den Brustkorb über den sechsten oder siebten Intercostalraum soweit ventral als möglich mit Durchtrennung des Rippenbogens an dessen Konfluenz. Zuletzt erfolgt die zirkumferente Inzision des Diaphragmas, indem ein ca. zwei cm langer Saum belassen wird, um später eine suffiziente Reparatur zu gewährleisten. Am Crus diaphragmaticum endet die Teilung, hier spreizen sich die Muskelfasern über das Aneurysma. Die Aorta proximal des Aneurysmahalses wird dargestellt und für die spätere Ausklemmung präpariert. Die Präparation des Aneurysmas beginnt auf Höhe der ascendierenden lumbalen Vene, welche geteilt werden muss, um die linke Nierenvene nach ventromedial zu schwenken. Der Ursprung der linken Nierenarterie wird als nächstes dargestellt. Truncus coeliacus und A. mesenterica superior werden an ihrem Ursprung ventral der Aorta anschliessend ebenfalls dargestellt. Die distale Aorta wird vom umgebenden Gewebe ventral und links lateral an den vermeintlichen Anastomosenregionen befreit. Zuletzt erfolgt die Präparation der linken A. iliaca communis bzw. externa, weit genug um die distale Bypassanastomose durchführen zu können. Nun erfolgt die systemische Heparinisierung mit unfraktioniertem Heparin, limitiert auf 30 mg/kg Körpergewicht (entspricht etwa 2500 U) unter ACT-Kontrolle (>200 Sekunden). Das linksiliacale Gefäß wird nun ausgeklemmt und die Bypassprothese (ePTFE Gore Impra Flex FEP Ringed Gore-Tex Vascular Graft 16-20mm x 35cm) wird fortlaufend End-zu-Seit mit einem monofilem, nicht-resorbierbaren Faden in einem gesunden Gefäßabschnitt eingenäht.

Wir benutzen als Bypass ein System, das an den Bypassanastomosen aus ringverstärktem PTFE und im Mittelteil aus durchsichtigem, heparinbeschichtetem Tygonschlauch (Medos Medizintechnik AG Verbindungslinie Rheoparin beschichtet 1/2x3/32 200cm) besteht. Die Ringverstärkung verhindert ein Abknicken der Prothese und gewährleistet somit einen ungestörten Blutfluss. Der durchsichtige Mittelteil spart durch seine Beschichtung zum einen Antikoagulanzen ein und zum anderen lässt sich eine korrekte Entlüftung des Bypasses besser überprüfen.

Als nächstes erfolgt die partielle Ausklemmung der Aorta jenseits der linken A. subclavia mit einer Satinsky Klemme. Entsprechend des Bypassdurchmessers erfolgt nun hier die längs-ovaläre Aortenwandresektion und die Einnäherung der Bypassprothese proximal mit einem monofilem nicht-resorbierbaren Faden. Falls nötig, sollte die Naht mit Filzstreifen gesichert werden. Die Prothese wird vor Beendigung der proximalen Anastomose mit einer Heparin-Kochsalzlösung gefüllt, am Schluss der Naht von distal her geflücht und luftleer gemacht und die Anastomose fertiggestellt. Die Satinsky-Klemme wird nun, nachdem die iliacalen Klemmen gelöst werden, ebenfalls entfernt.

Ist der interne Shunt nun etabliert, kann die thorakale Aorta ausgeklemmt werden, meist wird eine zweite Aortenklemme proximal der coeliacalen Achse positioniert, um eine retrograde Durchblutung der Aorta in die Nieren- und Viszeralgefäße während der Reimplantation der Intercoastalgefäße zu erlauben. Es erfolgt nun die Eröffnung der thorakalen Aorta mit Desobliteration des Thrombussaumes und einer eventuell vorhandenen Atherosklerose. Retrograd blutende Intercoastalarterien werden mit passenden kleinen Blockadekathetern vorsichtig kanüliert und geblockt (Edwards Lifesciences EMB 42 Fogarty 2-4 French). Unmittelbar unterhalb der proximalen Aortenklemme wird nun die eigentliche Aortenprothese (Boston Scientific Hemashield Platinum Woven Double Velour Vascular Graft 25-35mm x 30cm) proximal anastomosiert. Intercoastalarterien werden nun, falls nur einzeln vorhanden, als „Button“ in die Prothese implantiert. Sind mehrere präsent, erfolgt die Implantation in Form eines „Patches“. Die Prothese wird nun in Inlay-Technik durch das Diaphragma geführt. Nun wird der viscerale Teil der Aorta ausgeklemmt und eröffnet. Der viszerale Patch wird nun zurecht geschnitten, üblicherweise beinhaltet dieser den Truncus coeliacus, A. mesenterica superior und das Ostium der rechten Nierenarterie. Der

Patch wird nun an die Aortenprothese anastomosiert, nachdem ein elliptischer Knopf aus der Prothese passend zum Patch ausgeschnitten wird.

Die linke Nierenarterie wird aus der Aneurysmawand knopfartig ausgeschnitten und anschließend in die Prothesenwand inferolateral zum Viszeralpatch anastomosiert. Sollte aus anatomischen Gründen eine solche Anastomosierung nicht möglich sein, kann ein kleinkalibriges Interponat zwischen Nierenarterie und Aortenprothese eingesetzt werden, welche distal des Viszeralpatches eingenäht wird. Sind die Nieren- und Viszeralarterien anastomosiert, erfolgt final die distale Aorten Anastomose mit der Aortenprothese. Der interne Shunt wird entfernt, Anastomosen proximal und distal der Aortenprothese werden aufgehoben (Sagban 2008).

1.4.1.2 Internes Shuntverfahren – Typ 2 : „Innerpass“

Beginnt das Aneurysma unmittelbar am Abgang der linken A. subclavia oder bezieht diese noch mit ein, so kommt in den meisten Fällen hier ein externer Shunt „Typ 3“ in Betracht, sofern man nicht auf einen Linksherzbypass ausweichen will.

Patienten mit einer noch ausreichenden Herzfunktion (EF >40 %) und einer noch normalen Nierenfunktion (Creatinin <1,3 mg/dl) tolerieren eine Aortenabklemmung von einigen Minuten. In solchen Fällen wird ein Innerpass angewendet.

Die Lagerung und Freilegung erfolgt analog zum Typ 1 Shunt. Vorbereitend wird jedoch der Bypass bereits an die endgültig zu implantierende Dacronprothese End-zu-Seit anastomosiert. Der distale Bypassschenkel wird ebenfalls analog zum Typ 1 Shunt in der Beckenachse etabliert. Anschliessend wird das Aneurysma proximal ausgeklemmt und an die Dacronprothese End-zu-Seit in Clamp-and-Sew Technik angeschlossen.

Diese kurze Klemmperiode wird in der Regel gut von den Patienten toleriert. Nach Fertigstellung der proximalen Aorten Anastomose wird distal des oberen Bypassanschlusses die Dacronprothese geklemmt und die proximale Aorten Anastomose freigegeben.

Der Innerpass wird nun, nach Entlüftung, an die Zirkulation übergeben (ein Quadropus kann analog zum Typ 1 angeschlossen werden).

Nach Beendigung der Anastomosen der Intercostal-, Visceral- und Nierenarterien und der distalen Aorten Anastomose (analog wie bei Typ 1 beschrieben), wird der Innerpass

entfernt, indem man proximal den Innerpass tangential an die Dacronprothese ausklemmt und dicht vernäht. Der distale Anschluss des Innerpasses wird analog zum Typ 1 Shunt entfernt.

Ein prinzipiell ähnlicher Shunt wurde später von K. Ouriel aus Ohio/USA 2003 beschrieben. Der aortoiliakale Seitenarm hier besteht aus Dacron und ist nicht mit Heparin beschichtet. Desweiteren ist ein Anschluss für eine selektive Organperfusion via Quadropus nicht vorgesehen (Sagban 2008).

1.4.1.3 Externes Shuntverfahren – Typ 3

Die Indikation für dieses Shuntverfahren ist gegeben, wenn der Aneurysmaanfang zu nah an der linken A. subclavia liegt und nicht mehr genügend gesunde Aorta existiert, die eine partielle Ausklemmung erlaubt, um einen internen Shunt zu etablieren. Die erste Generation der externen Shunts stellte eine Verbindung zwischen einer A. subclavia und A. iliaca dextra dar, der so genannte „monoiliakale Shunt“ (Abb.: 1.4.1.3.1) (Brücke, Gross, Hartl et. al. 1985).

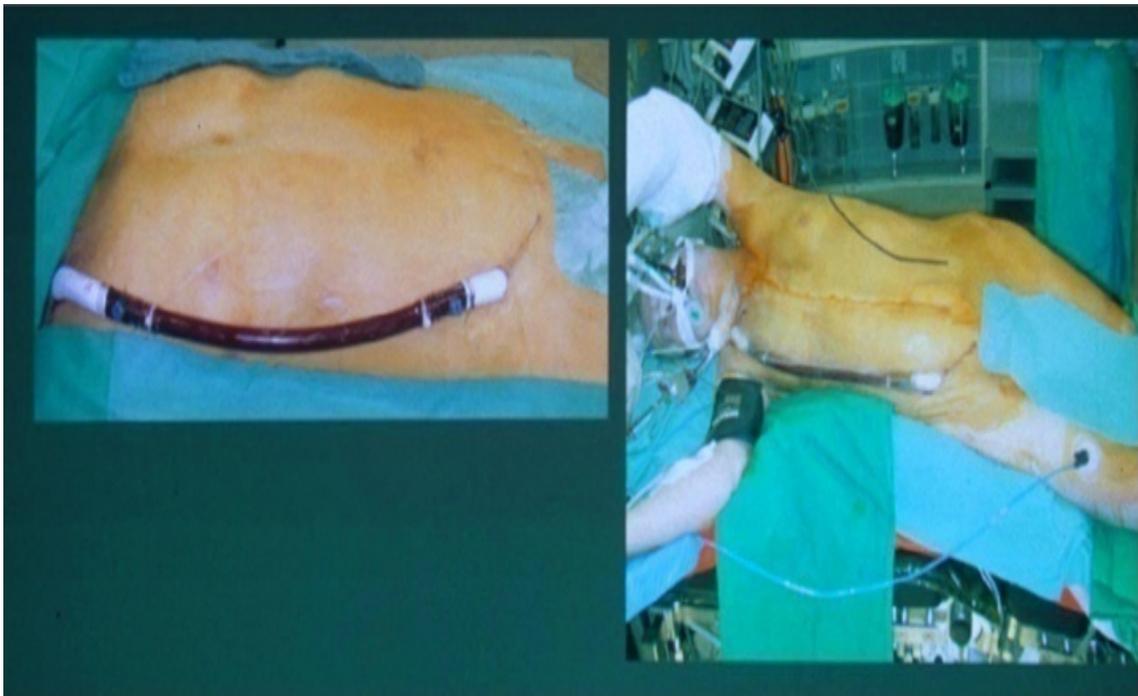


Abb.: 1.4.1.3.1 „Externes Shuntverfahren 1. Generation“

Es zeigte sich jedoch, dass das Shuntvolumen bei einem monosubclavioiliacalen Shunt zu niedrig war. Eine effektive Herzentlastung konnte so nicht erreicht werden und der aortale Perfusionsdruck war zu gering.

Von diesem Hintergrund wurde von W. Sandmann anschliessend die zweite Generation der externen Shunts entworfen, die heute noch in Verwendung ist. Es handelt sich um eine Verbindung zwischen den beiden Aa. subclaviae mit der A. iliaca sinistra externa, der so genannten „Bi-Subclavia-links-Illiaca-externa Shunt“ (Abb.: 1.4.1.3.2).

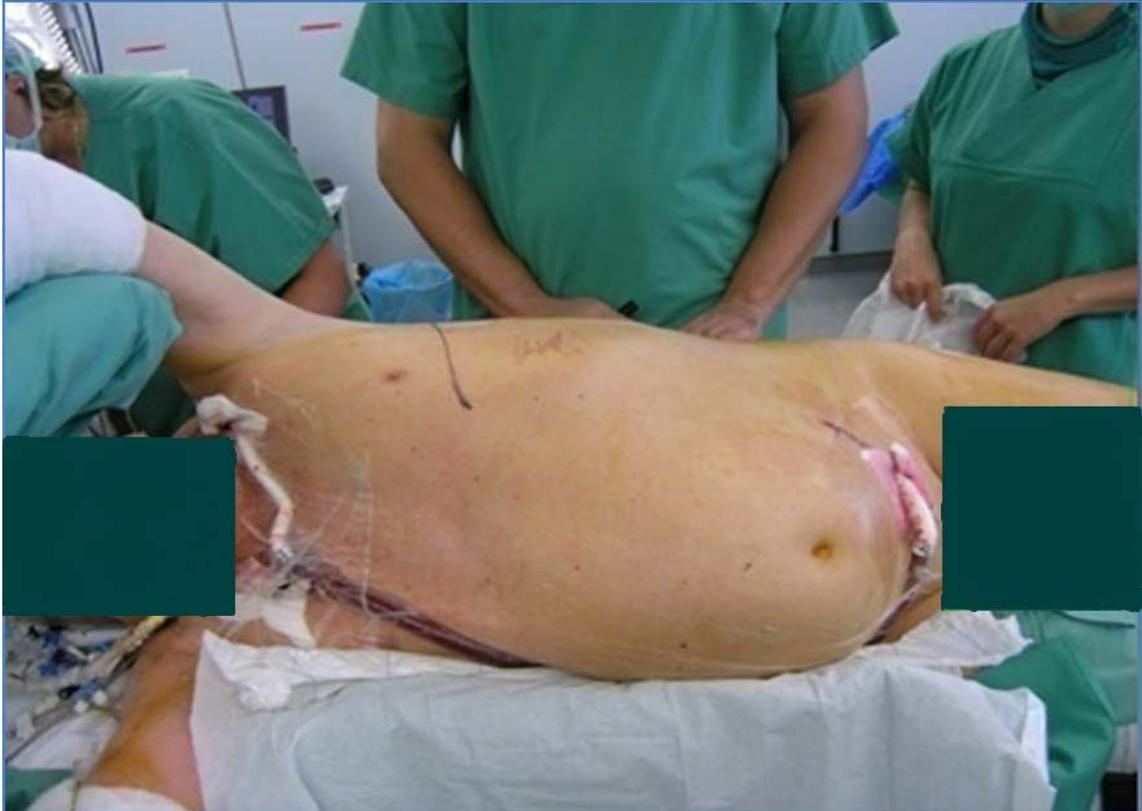


Abb.: 1.4.1.3.2 „Externes Shuntverfahren 2. Generation

Der Patient wird zunächst, nachdem alle Adjuvanzen, wie Ableitkatheter für das Neuromonitoring und Liquordrainage, angelegt worden sind, in Rückenlagerung positioniert. Beide Aa. subclaviae werden subclaviculär dargestellt und freipräpariert. Über einen retroperitonealen Zugang im linken Unterbauch wird die A. iliaca communis bzw. externa freipräpariert und dargestellt. Alle drei Gefäße werden nach und nach ausgeklemmt und eine ringverstärkte PTFE-Prothese (ePTFE Gore Impra Flex FEP Ringed Gore-Tex Vascular Graft 12mm x 30cm) mit mindestens 12mm Durchmesser End-zu-Seit mittels monofilem, nicht resorbierbaren Faden fortlaufend anastomosiert. Die subclavialen Prothesen werden mit einem Y-förmigen Konnektor (Cormed Medizintechnik GmbH&Co. KG. Konnektor 1/2x3/8x1/2 inch. Intersept) verbunden. Ein gerader Konnektor (Cormed Medizintechnik GmbH&Co. KG. Konnektor 1/2x1/2

inch. LL) wird an die iliace PTFE-Prothese angeschlossen. Die freien Enden der Konnektoren werden nun mit einem Heparin-beschichteten durchsichtigen Tygon-Schlauch (Medos Medizintechnik AG Verbindungslinie Rheoparin beschichtet 1/2x3/32 200cm) verbunden.

Dieser Schlauch schmiegt sich rechts lateral der Bauchwand an und läuft im rechten Unterbauch nach links iliacal. Der externe Shunt wird mit einer OP-Inzisionsfolie (Smith&Nephew Opsite 45cm x 55cm) vor einem Verrutschen gesichert. Der Y-Konnektor besitzt an seiner Teilungsstelle einen Luerlock-Anschluss, der zur Heparinabgabe und invasiver Blutdruckmessung im Shunt genutzt wird. Im Laufe der Zeit hat sich gezeigt, dass der Prothesendurchmesser bei diesem Shunttyp nicht kleiner sein sollte, da ansonsten die kardiale Nachlast nicht effektiv gesenkt werden kann und die retrograde Aortenperfusion unzureichend ist. Dies ist auch der Grund, weshalb frühzeitig von einem monosubclavio-linksiliacalem Bypass Abstand genommen wurde. Ist der externe Shunt etabliert, kann der Patient in Rechtsseitenlagerung positioniert werden. Es erfolgt nun ein erneutes steriles Abwaschen und Abdecken des OP-Feldes. Die Aneurysmaausschaltung erfolgt analog wie beim internen Shunt.

Wenn benötigt, kann ein Quadropus installiert werden, indem anstatt eines geraden Konnektors iliacal ein Y-Konnektor eingesetzt wird, an dessen freies Ende die selektiven Viszeralperfusionskatheter angebracht werden. Eine Antikoagulation erfolgt analog wie beim internen Shunt ACT-gesteuert.

Zuguterletzt wird der Aneurysmasack um die Aortenprothese gelegt und verschlossen. Eine Instillation von β -Isodona-Lösung erfolgt als Protheseninfektprophylaxe in den Aneurysmasack. Die Wunde wird in Schichten verschlossen, nachdem das Diaphragma rekonstruiert und ein oder zwei Thoraxdrainagen mit Sog eingebracht werden. Das Retroperitoneum wird mit ein bis zwei Redondrainagen versorgt (Sagban 2008).

Primärer Vorteil in der originaltechnischen Anwendung der Maschinen-gestützten Methoden ist die Möglichkeit der Blutperfusion der Nieren- und Viszeralarterien. Allerdings ist durch Weiterentwicklung der Shunt-Methoden auch durchaus die Möglichkeit gegeben, aus dem aorto-aortalen bzw. aorto-iliacalen, bzw. bisubclavia-links-iliacalen extrakorporalen Shunt Blut abzuleiten und dieses über ein Quadropus -

System in die Nieren- und Viszeralarterien zu bringen. Eine Perfusion der Spinalarterien wurde diesbzüglich bis heute nicht beschrieben.

1.4.2 Operative Therapie geordnet nach Aortensegmenten

Die Aorta lässt sich nach anatomischen Gesichtspunkten in fünf Segmente einteilen (Heberer et al. 1957). Jeder Aortenabschnitt weist für seine Rekonstruktion besondere Probleme auf. Entsprechend sind die zu erwähnenden protektiven Massnahmen verschieden und bedürfen einer Besprechung in Abhängigkeit von dem Ort des geplanten Eingriffes.

Aortensegment I und II

Die Abklemmung des Aortenabschnittes ist ohne protektive Maßnahmen praktisch nicht vertretbar (Toleranzzeit zwei bis drei Minuten). Für rekonstruktive Eingriffe mit vollständiger Blutstromunterbrechung muss hier von einem extrakorporalem Kreislauf (Herz-Lungen-Maschine) Gebrauch gemacht werden. Das Blut des Patienten wird aus der Hohlvene entnommen und unter extrakorporaler Oxygenierung in das arterielle System via A. femoralis bzw. A. iliaca externa rezirkuliert. Für das II. Aortensegment kommt eine zusätzliche Perfusion des Truncus brachiocephalicus und der li. A. carotis communis in Frage. Am häufigsten geben spindelförmige oder dissezierende Aneurysmen der Aorta ascendens bzw. des Bogens die Indikation für derartige Eingriffe. Eine zusätzliche Hypotermie kann von Nutzen sein, wenn es darum geht, den gesamten Aortenbogen zu ersetzen. Es blieb unversucht andere Wege zu finden, um diese Eingriffe technisch einfacher zu gestalten und ihr Risiko zu reduzieren. Für die Kontinuitätsresektion des II. Aortensegments haben De Bakey und Kremer (1959) ein kombiniertes Bypassresektionverfahren angegeben. Hierbei wird vor der Kontinuitätsresektion des Aortenbogens im Nebenfluss ein aorto-aortales Dacron Umgehungstransplantat End-zu-Seit eingesetzt. Dieser Ersatzbogen kann seinerseits über Seitenarme mit den supraaortischen Ästen verbunden werden. Dieses Bypass-System kann für die Dauer der Aortenbogenresektion als temporärer Shunt Anwendung finden oder aber unter Blindverschluss der Aortenstümpfe unter

proximalen Enden der Bogenäste wieder in einen permanenten Bypass überführt werden (De Bakey et al. 1959). Die Vorteile dieses Vorgehens liegen auf der Hand. Ein extrakorporaler Kreislauf ist nicht erforderlich. Für den Anschluss der als Bypass dienenden Kunststoffprothesen kommt man mit der tangentialen Abklemmung der Aorta und ihrer grossen Äste aus. Eine vollständige Blutstromunterbrechung dieser Gefäße wird damit vermieden. Für die Inversion des Bypasses in die Carotiden bzw. die grossen Aortenbogenäste kann bei endoluminalen Gefäßen von einem temporären intraluminalen Shunt Gebrauch gemacht werden. Nachteilig sind auf der anderen Seite die wesentlich längeren Operationszeiten (viele Anastomosen) und im Falle eines Aneurysmas dessen erschwerte Exposition hinter den kreuzenden Bypassstrassen.

Aortensegment III

Die Unterbrechung des Blutstromes vermindert hier nicht mehr die Gehirndurchblutung. Ohne protektive Maßnahmen liegen die erlaubten Abklemmzeiten zwischen 20-45 Minuten. Sie reichen für rekonstruktive Eingriffe meistens nicht aus. Einzelfälle, bei denen die Abklemmzeiten bis zu einer Stunde ohne Spätschäden toleriert wurden (Cooley und De Bakey 1956; Kremer 1959), können nicht verallgemeinert werden. In besonderem Masse sind ischämische Schädigungen des Rückenmarks und der Nieren zu befürchten. Von den meisten Autoren wird heute der atrio-femorale Bypass als protektive Massnahme bevorzugt, d.h. Überleitung des oxygenierten Blutes aus dem linken Vorhof in die caudale Aorta via A. femoralis (Leeds und Coliener; Cooley und Mitarbeiter 1957; Kremer 1959; Rob und Vollmar 1959). Falls die technischen Voraussetzungen für einen temporären extraluminalen Bypass fehlen, kann unter kontrollierter Hypothermie nur von einem intraluminalen Shunt Gebrauch gemacht werden. Eine Hypothermie von 28 Grad Celsius erlaubt eine Blutstromunterbrechung in diesem Aortensegment für die Zeitdauer von etwa 90-110 Minuten. Die von Lam und Aram 1951 angewandte Gefäßinnenprothese ermöglicht eine Abkürzung der Blutstromunterbrechung auf über die Hälfte der Zeit. Die zentrale Anastomose und die Hälfte der distalen Anastomose erfolgen bei liegender Innenprothese, die in dieser Zeit die Blutüberleitung in den caudalen Aortenabschnitt übernimmt. Vor der Beendigung der distalen Anastomose muss die Innenprothese

unter kurzfristiger vollständiger Blutstromunterbrechung entfernt werden. Die Methode hat sich nicht durchgesetzt. Bei der Isolierung der Aorta desc. sollten die untersten Intercostalarterien nach Möglichkeit erhalten und geschont werden, da sie häufig als segmentäre Hauptarterien des Rückenmarks fungieren. Die Operationssterblichkeit für die Kontinuitätsresektion betrug in den 50ziger Jahren bereits 10-15%. Die Operation der Coarctata aortae nimmt Dank ihres präformierten Kollateralkreislaufs eine Sonderstellung ein.

Aortensegment IV (suprarenaler Abschnitt der Aorta abdominalis)

Die Abklemmzeit hat in diesem Aortensegment keinen Zuwachs erfahren und liegt zwischen 30-40 Minuten. Rückenmarksschädigungen sind im Bereich der Bauchaorta kaum mehr zu befürchten, da von ihr nur wenige unbedeutende Segmentarterien zum Rückenmark ziehen. Die Hauptgefahr besteht in der Entwicklung eines ischämischen Nierenschadens. Am häufigsten gibt das suprarenal gelegene Aortenaneurysma die Anzeige zur Operation. Die Gründe für das relativ grosse Operationsrisiko sind:

1. Die Freilegung des cranialen Abschnittes der Bauchaorta setzt einen Zweihöhleneingriff voraus (lange thoraco-abdominelle Inzision mit retroperitonealer Ablösung der linksliegenden oberen Organe).
2. Die hier abgehenden grossen Viszeralarterien (Truncus coeliacus, A. mesenterica superior, A. renalis) müssen unter Benutzung von Transplantaten bzw. Prothesen oder selektiver viszeraler Perfusion mit entsprechenden Astabgängen rekonstruiert werden.
3. Zur Vermeidung einer ischämischen Schädigung der inneren Organe (Niere, Leber, Nebenniere, Magen-Darm-Kanal) muss häufig von protektiven Maßnahmen Gebrauch gemacht werden. Das empfindlichste Organ ist mit Abstand die Niere. Ihre ischämische Toleranzgrenze liegt zwischen 30-45 Minuten, falls keine Nierenarterienstenose vorbestand. Alle operativ technischen Maßnahmen sind daher so auszurichten, dass die Blutstromunterbrechung der Nieren auf die kürzeste mögliche Zeit bemessen werden kann (De Bakey und Mitarbeiter 1956). Als protektive Maßnahme kam früher für diesen Aortenabschnitt in erster Linie ein Linksherzbypass in Frage. Die Reihenfolge der Gefäßanastomose ist so zu treffen, dass die Nierenorgane als erste wieder

Durchblutungsanschluss erhalten (Prinzip der kletternden Klemme). Als Alternativverfahren findet für diesen Aortenabschnitt mit zunehmendem Masse die Bypassresektion Anwendung. Handelt es sich um eine Coarctatio aortae abdominalis mit Lokalisation der kritischen Gefäßzone (Strecke zwischen Abgangsstelle des Truncus coeliacus und den Aa. renales) kann auf eine Kontinuitätsresektion verzichtet werden. Die Korrektur erfolgt hier zweckmässigerweise durch einen Bypass oder eine dorsale Erweiterungsplastik. Besondere protektive Massnahmen sind hierfür nicht erforderlich.

Aortensegment V (infrarenaler Abschnitt der Aorta abdominalis)

Die ischämische Toleranzgrenze liegt in diesem Bereich bis zu vier Stunden. Viele liegen damit in einem Bereich der auch bei schwierigen Verhältnissen kaum überschritten zu werden braucht. Protektive Massnahmen erübrigen sich deshalb. Rückenmarksschädigungen sind bei interner Abklemmung der menschlichen Aorta seither nicht beobachtet worden. Die im Tierversuch nachweisbare reflektorisch vasospastische Funktionsminderung der Niere bei infrarenaler Abklemmung der Aorta hat für den Menschen keine Gültigkeit. Die A. mesenterica inferior kann bei Rekonstruktionsoperationen im caudalen Abschnitt der Bauchaorta im allgemeinen unbestraft unterbunden werden. Bei den meisten Aneurysmaoperationen erweist sich die Unterbindung dieser Arterie als notwendig. Für alle Eingriffe an der Aorta, die unter länger dauernder Abklemmung dieses Gefäßes und ohne Überleitung des Blutes im caudalen Aortenabschnitt (temporärer Bypass) vorgenommen werden, sind bei Freigabe des Blutstromes besondere Vorkehrungen zu treffen, um einen plötzlichen Blutdruckabfall zu vermeiden (Declamping-Syndrom). Andernfalls laufen besonders kranke Patienten mit einer generalisierten Arterienerkrankung Gefahr, einen koronaren oder cerebralen Insult zu erleiden. Besondere Vorsicht ist bei Verwendung grosser, gestrickter Prothesen geboten, weil ein grösserer initialer Blutverlust herrscht. Bei vorbestehenden koronaren Durchblutungsstörungen bevorzugt daher mancher Operateur engporige, gewebe Prothesen. Die Aufrechterhaltung der Kreislaufhomöostase beim Clamping setzt eine enge Zusammenarbeit zwischen Anästhesist und Chirurgen voraus. Störende Blutdruckspitzen sind bei infrarenaler Aortenabklemmung kaum jemals zu befürchten. Der zentrale Aortendruck zeigt meist

nur eine vorübergehende Druckerhöhung um 20-30 mmHg. Durch Reduktion der Infusionsrate, Schräglagerung des Operierten, Senkung der Füße, lassen sich derartige Clampingeffekte leicht unter Kontrolle halten. Blutdrucksenkende Pharmaka sind nur in geringen Mengen notwendig. Weitaus grössere Bedeutung kommt dem Druckabfall nach Freigabe des Blutstroms zu. Folgende Gegenmaßnahmen kommen in Frage: Beschleunigung der Transfusionsrate, Volumenvorschuss, Eröffnung der Klemme, exakte Vorgerinnung der Prothese (Preclotting, etappenweise Freigabe des Blutstroms, Tamponade des Wundgebietes). Canyon und Cooper 1956 nehmen eine temporäre Blockade der arteriellen Ausflussbahn durch Anlegen von Blutdruckmanschetten an Oberschenkeln vor. Verwendung pressorischer Pharmaka sollte nach Möglichkeit vermieden werden. Zu achten ist auf die Ausschaltung des Heparin-/Protamineffektes zum Zeitpunkt der Blutstromfreigabe. Im übrigen sind gute Operationstechniken, schnelles und zügiges Operieren und die Wahl eines geeigneten Operationsverfahrens, z.B. Bevorzugung der End-zu-Seit-Anastomose bei Aortenbifurkationsbypass, entscheidende Momente dafür, die Aortenklemmzeit der Aorta kurz zu halten und damit die Clampingeffekte auf ein Minimum zu reduzieren.

1.4.3 Organprotektion

Operationen an der thorakalen oder thorakoabdominellen Aorta stellen ein Risiko für alle Organe dar. Da die Abklemmung und Reimplantation verschiedener Gefäße notwendig ist, sind die Organe unterschiedlichen Ischämiezeiten ausgesetzt. Aufgrund der verschiedenen Ischämietoleranz müssen für einzelne Organe und Organsysteme spezielle Protektionsverfahren angewendet werden. Diese sind vielfältig und Gegenstand der aktuellen Forschung. Im folgenden wird ein Überblick über die verschiedenen Protektionsverfahren für das zentrale Nervensystem, die Nieren und das Intestinum gegeben.

1.4.3.1ZNS-Protektion

Durch die Einbeziehung des neurophysiologischen Monitoring, dazu gehört die Ableitung von somatosensorisch und motorisch evozierten Potentialen (SEP, MEP), kann indirekt auf eine Ischämie des Rückenmarks geschlossen werden. Somit kann durch therapeutische Interventionen das Paraplegierisiko gesenkt werden (Jacobs, Meylaerts et al. 1999).

Zusätzlich kann eine Liquordruckmessung über einen im Spinalkanal liegenden Katheter eingesetzt werden. Der angestrebte Liquordruck liegt bei zehn mmHg und soll 15 mmHg nicht überschreiten. Höhere Druckwerte verringern den Blutfluss zum Rückenmark. Um diesem entgegenzuwirken, wird durch Drainage des Liquors über den liegenden Katheter der Druck herabgesetzt(Sickard GA 1995, 1. Auflage).

Durch Modulation des distalen Aortenperfusionsdrucks kann das Paraplegierisiko ebenfalls verringert werden. Wichtiger Faktor in der Rückenmarksprotektion ist die Reimplantation der Intercostalarterien. Ist kein SEP mehr abzuleiten, sollen die Intercostalarterien zwischen Th8-L2 in die Prothese reimplantiert werden. Sind SEPs abzuleiten genügt die Reimplantation einzelner Intercostalarterienpaare am Ende des Eingriffs. Eine besondere Stellung nimmt in diesem Zusammenhang die Adamkiewiczarterie ein (Takase, Sawamura et al. 2002). Ihre präoperative Lokalisation soll und Reimplantation kann zu einer Verringerung neurologischer Komplikationen beitragen(Williams, Perler et al. 1991).

Weitere Verfahren, die zur Protektion des Rückenmarks beitragen, sind die Rückenmarkshypothermie, die segmentale Aortenabklemmung, Shuntverfahren und eine pharmakologische Ischämieprophylaxe durch Methylprednisolon, Barbiturate, Mannitol und Hydrocortisonphosphat (Sickard GA 1995, 1. Auflage; Kortmann 2001b, 1. Auflage).

1.4.3.2Renale und intestinale Protektion

Im Rahmen der geschilderten Operation kann es im Bereich der Nieren oder der intestinalen Organe zu Ischämien kommen. Dies kann Folge einer Abklemmung der suprarenalen Ao. abd. oder der einzelnen Gefäßabgänge sein.

Um Gewebnekrosen und Organinsuffizienzen vorzubeugen, werden verschiedene Protektionsverfahren angewendet. Neben dem Links-Herz-Bypass, dem kardiopulmonalen Bypass via HLM, sogenannter „retrograder Aortenfluss“, und der Hypothermie, stehen die Anwendung verschiedener Shuntverfahren zur Verfügung(Kortmann 2001b, 1. Auflage).

Durch die Weiterentwicklung der Shunttechniken, ist die Möglichkeit gegeben, eine selektive Organperfusion zu gewährleisten. Insbesondere für längere Ischämiezeiten kann sowohl aus dem externen als auch aus dem internen Shunt Blut in ein spezielles Schlauchsystem, ein sogenanntes Quadropus-System abgeleitet werden(Abb.: 1.4.3.2.1).

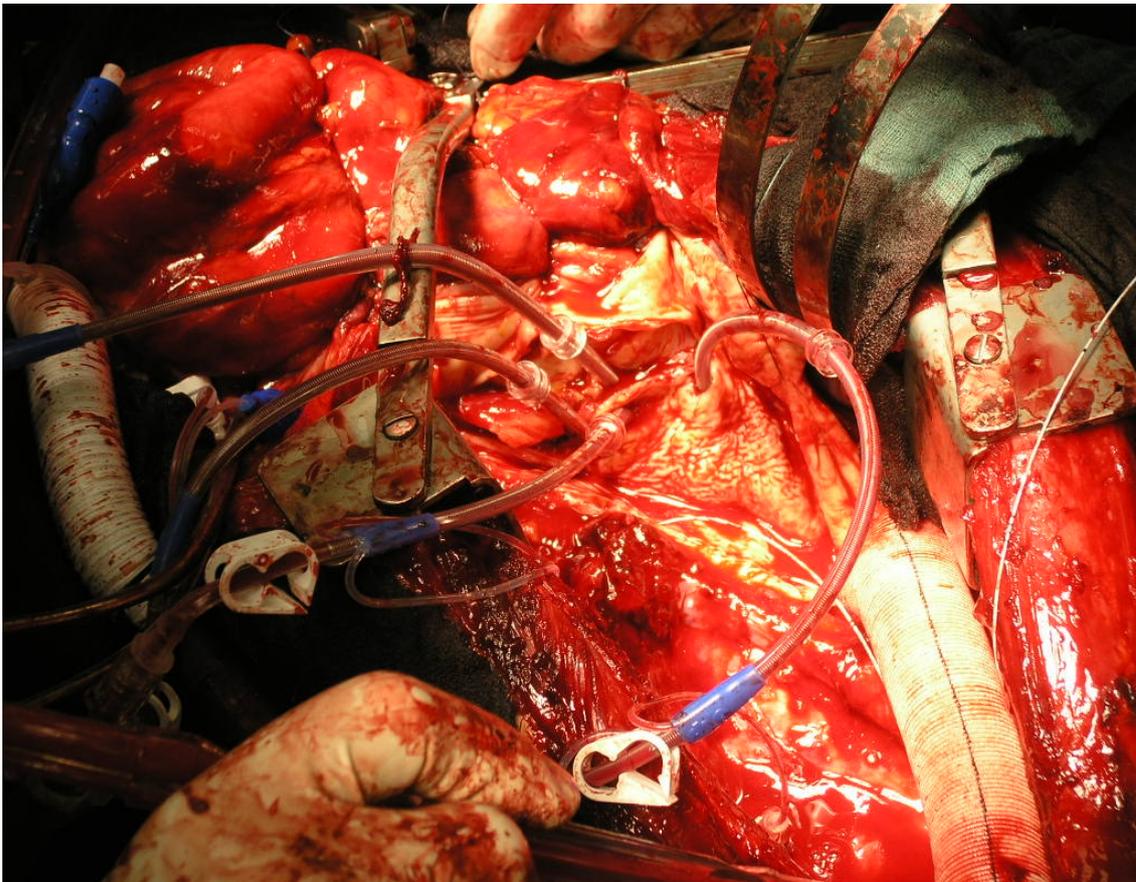


Abb.: 1.4.3.2.1 Quadropusystem

Es handelt sich hierbei um ein Kathetersystem (Medtronic CB Gefäßchirurgisches Perfusionsset 5/B) mit vier Abzweigungen, die es ermöglichen die Nieren- und

Viszeralarterien selektiv zu kanülieren (Medtronic Gundry retrograde coronare Sinus Perfusionskanüle mit Ballo-Cuff 13-15 French) und über den Bypass selektiv zu perfundieren. Ein arterieller Mitteldruck von 60 mmHg ist obligat um eine ausreichende Endorganperfusion zu gewährleisten (Laschinger, Cunningham et al. 1987).

Als eine weitere Methode zur Begrenzung der renalen und viszeralen Ischämie bei Aneurysmen, wurde die sequentielle Abklemmung der Aorta empfohlen. Gelegentlich weist die aneurysmatische Aorta eine Taille in Höhe des Zwerchfelles auf, so dass hier abgeklemmt werden kann. Ebenfalls kann im distalen Abschnitt der Aorta thoracica descendens abgeklemmt werden, so dass während der proximalen Anastomose eine Perfusion der unteren Extremitäten, der iliacalen und kaudal aortalen Strombahn einschliesslich der Viszeral- und Nierenarterien möglich ist.

Ein weiteres Protektionsverfahren stellt eine Organkühlung mit 4 °C kalter Ringerlactatlösung unter Zusatz von 40 µg PGE1 und 1000 IE Heparin pro 500 ml. Ob eine Perfusion der Nierenarterien mit Blut der Kälte-Lösung vorzuziehen ist, und inwieweit auch eine viszerale Perfusion während der viszeralen und renalen Ischämiezeit erforderlich ist, bleibt momentan noch Gegenstand der praktisch klinischen Analyse.

Weitere protektive Wirkungen werden dem atrialen natriuretischen Faktor, Mannit, Furosemid, Dopamin, Calcium-Kanal-Blockern und Antioxidantien zugeschrieben (Torsello et al. 1990).

1.4.4 Postoperative Komplikationen

Renale ischämische Komplikationen im Sinne einer vorübergehenden Dialysepflichtigkeit sind insbesondere bei Patienten mit bereits eingeschränkter Nierenfunktion, was aufgrund begleitender Nierenarterienstenosen nicht gerade selten in diesem Krankengut ist, zu erwarten. Trotz der Verbesserung der anästhesiologischen und chirurgischen Techniken sowie der postoperativen Überwachung stellt die Funktionsstörung der Nieren eine signifikante und potentiell letale Komplikation nach TAA-Operationen dar (Miller, Safi et al. 2010). Mehrere Studien berichten über die Inzidenz des akuten Nierenversagens (ANV), reichend von 7-40 % bei Patienten, die sich einem thorakoabdominellen Aortenersatz unterzogen. Die Bedeutung des renalen Schadens nach solchen Aortenoperationen zeigt die damit assoziierte Zunahme der postoperativen Mortalität. Um die renale Komplikationsrate und die Mortalität zu senken, wurden verschiedene Protektionsverfahren getestet. Eine randomisierte Studie verglich zwei Methoden der selektiven renalen Perfusion während der Aortenablenkung: Die Perfusion mit der kalten kristalloiden Lösung versus die normotherme Blutperfusion. Beide Ergebnisse zeigten eine Reduktion der renalen Komplikationsrate. Bei der normothermen Blutperfusion betrug die Inzidenz des ANV 8-29 %, deutlich höher als bei der Perfusion mit der kalten kristalloiden Lösung mit 3-11 % (Köksoy, LeMaire et al. 2002).

Bei den viszeralischämischen Komplikationen muss mit einer Dickdarmschämie eher als mit einer Mesenterialschämie gerechnet werden, da insbesondere die A. mesenterica inferior häufiger nicht replantiert werden kann, während die A. mesenterica superior regelmäßig zu implantieren ist. In Einzelfällen liegt auch die Versorgung mit nur einer Darmarterie vor, da ein chronischer Verschluss der ein oder anderen grossen Oberbaucharterie bereits besteht. Üblicherweise wird allerdings simultan reanastomosiert.

Viszeralischämische Komplikationen dürften bei den Aneurysmen der Typen I – IV in etwa fünf % der Fälle zu beobachten sein. Im Gegensatz zu den spinal ischämischen

Komplikationen ist jedoch bei rechtzeitiger Diagnostik sowohl eine nachträgliche Revaskularisation des betroffenen Darmabschnitts wie auch eine Resektion des ischämisch nekrotischen Darmabschnitts mit danach weitgehend ungestörtem Heilungsverlauf zu erreichen.

Einen nicht gerade unwesentlichen Teil nehmen pulmonale Komplikationen beim offenen konventionellen Vorgehen ein. Mit einer über zwei bis drei Tage hinausgehenden Beatmungspflichtigkeit ist nach eigenen Erfahrungen bei den Aneurysmen des Typs II und III in 20 % der Fälle zu rechnen, wenn Patienten mit vorbestehenden obstruktiv-restriktiven Ventilationsstörungen nicht von vorneherein vom Eingriff ausgeschlossen werden sollen. Kardiale Komplikationen, welche im Sinne myokardialer Ischämie bei koronarer Herzerkrankung (KHK) in den früheren Jahren sehr im Vordergrund standen, sind heute eher selten. In Vorbereitung der Aneurysmaoperation erfolgtezunächst eine kardiale Abklärung bei therapiebedürftiger koronarer Herzerkrankung mit Ballondilatation und Stenteinbringung oder aorto-koronarer Bypassoperation.

Postoperative Blutungskomplikationen bzw. Nachblutungen sind nicht gerade seltene Komplikationen im Zusammenhang mit der offenen Operation, insbesondere, wenn der Eingriff unter Vollheparinisierung durchgeführt wurde. Mit einer therapiebedürftigen Nachblutungsrate, (Hämatothorax, retroperitonealen Hämatom, Anastomoseninsuffizienz), ist in einer Häufigkeit von 5-10 % je nach Aneurysmatyp und Ätiologie zu rechnen(Sandmann Leitlinie).

1.5 Fragestellungen

Diese nicht-randomisierte, retrospektive Studie soll die neuen blutdruckgesteuerten Shunttechniken zur Vermeidung ischämischer Schäden an den Nieren und den Bauchorganen, bei Patienten mit einem thorakoabdominellen Aortenaneurysma, überprüfbar machen.

Hierzu wurden folgende Fragestellungen beantwortet:

- Welche Vorerkrankungen, Voroperationen und Risikofaktoren lagen bei den Patienten vor?
- Wie war die Verteilung der verschiedenen Aneurysmatypen?
- Wie waren die Operationszeiten, Abklemmzeiten der Aorta und Dauer der Organperfusion?
- Wie war der durchschnittliche Fremdblutbedarf intra- und postoperativ?
- Wie waren die Retentionswerte prä- und postoperativ?
- Gab es einen Zusammenhang zwischen den präoperativen Creatininwerten und der postoperativen Dialysepflichtigkeit?
- Wie war die Inzidenz postoperativer renaler Funktionsstörungen nach dem Score von Kashyap et al. in Abhängigkeit der chirurgischen Shunttechnik und in Verbindung verschiedener Variablen?
- Zeigt sich ein Unterschied in den Komplikationsraten zwischen Patienten die unter Anwendung des internen Shuntverfahrens operiert wurden und Patienten, die einen externen Shunt erhalten haben?

Zum Vergleich stehen Messwerte aus historischen Untersuchungen mit Operationen in der Clamp-and-Repair-Technik aus unserer Klinik sowie Messwerte und Analysen aus der Fachliteratur zur Verfügung.

2 Material und Methoden

Die vorliegende Untersuchung ist eine Studie unter Verwendung nicht-randomisierter und retrospektiver Daten. Es wurde jeder Patient informiert und aufgeklärt sowie dessen schriftliches Einverständnis eingeholt.

2.1 Patientenselektion

Im Zeitraum von Januar 2005 bis August 2008 wurden 144 Patienten mit einem thorakoabdominellen Aortenaneurysma an der Heinrich-Heine Universität operiert. Davon wurden bei 58 Patienten rein elektive und offene Operationen unter Anwendung der Shunttechniken durchgeführt. Es handelt sich um asymptomatische Patienten, ohne Ruptur, ohne Dissektion und ohne inflammatorische oder entzündliche Komponente. Wir haben uns bewusst auf die degenerativ-arteriosklerotische Pathologie beschränkt, um eine bessere Vergleichbarkeit der ansonsten sehr inhomogenen Gruppe der TAAA-Patienten zu erreichen.

2.2 Datenerhebung: prä-, intra- und postoperative Daten

Die präoperativen Daten konnten anhand von Befunden aus den Krankenblättern der Patienten erhoben werden. Diese umfassen unter anderem:

- Alter und Geschlecht des Patienten
- Vorerkrankungen und / oder Voroperationen
- Kardiovaskuläre Risikofaktoren
- Laborwerte, insbesondere die Renalwerte: Creatinin und Harnstoff
- Organfunktionsdiagnostik: Lungenfunktion, Ejektionsfraktion (EF)

Die Erhebung der intraoperativen Daten erfolgte durch die Auswertung der archivierten Operations- und Anästhesieprotokolle. Dazu gehören folgende Daten:

- Operationsdauer, Dauer der Aortenklammzeit
- Angewendetes Shuntverfahren
- Aneurysmatyp und Durchmesser
- Renale und viszerale Perfusion und Dauer der Perfusion
- Blutverlust und Transfusionsbedarf

Aus den intensivmedizinischen und stationären Überwachungsblättern wurden die postoperativen Daten vervollständigt. Diese umfassen:

- Laborwerte, insbesondere die Retentionswerte: Creatinin und Harnstoff
- Inzidenz renaler Komplikationen postoperativ nach dem Score von Kashyap et al. in Abhängigkeit der chirurgischen Shunttechnik und in Verbindung verschiedener Variablen
- Transfusion von Blutprodukten (eine transfundierte Einheit entspricht ca. 300 ml)

2.3 Statistische Auswertung

Die Datenerhebung folgte einem standardisierten Protokoll. Die Speicherung der Daten erfolgte mit Hilfe einer Datenbank in Microsoft ACCESS 2007. Diese Datenbank enthält mehrere Formulare, welche die Möglichkeit bieten, die Patientendaten direkt in ein übersichtliches und statistisch auswertbares Protokoll einzugeben.

Die statistische Auswertung und Verarbeitung der Daten sowie das Erstellen von Grafiken wurde mit Microsoft EXCEL 07 und SSPS 16,0 durchgeführt. Als statistische Tests wurde angewendet: Ein $p < 0,05$ wurde als statistisch signifikant gewertet.

Diese Arbeit wurde mit dem Textverarbeitungsprogramm Microsoft WORD 07 verfasst.

3 Ergebnisse

Im folgenden werden Ergebnisse von 58 Operationen dargestellt bei denen ein thorakoabdominelles Aortenaneurysma zugrunde lag. Diese wurden unter Anwendung der Shunttechniken durchgeführt. 13 Patienten wurden unter Einsatz der internen Shunttechnik und 45 Patienten unter Anwendung der externen Shuntmethode operiert.

3.1 Präoperative Daten

3.1.1 Alter und Geschlecht

Das Durchschnittsalter der Patienten in dieser Studie beträgt bei beiden Shuntverfahren 66 Jahre.

Die Geschlechtsverteilung war unterschiedlich. Insgesamt wurden 58 Patienten untersucht, darunter waren 39 Männer und 19 Frauen. Dreizehn Patienten wurden unter der Anwendung der internen Shunttechnik operiert, wobei sieben Patienten (54 %) männlichen und sechs Patienten (46 %) weiblichen Geschlechtes waren. Unter dem externen Shuntverfahren wurden insgesamt 45 Patienten operiert, davon waren 32 Patienten (71%) männlich und 13 Patienten (29%) weiblich (Tabelle 3.1.1.1).

Variable	Interner Shunt (n = 13)	Externer Shunt (n = 45)
Alter (Jahre)	66 ± 9,8	66 ± 11,2
Geschlecht Männlich	7 (54%)	32 (71%)
Weiblich	6 (46%)	13 (29%)

Tabelle 3.1.1.1 Alters- und Geschlechtsverteilung

3.1.2 Aneurysmatypen

Die folgende Tabelle 3.1.2.1 gibt Auskunft über die Verteilung der verschiedenen Aneurysmatypen bei den beiden Shuntverfahren. Am häufigsten ist TAAA Typ III vertreten mit insgesamt 22 von 58 Patienten. Davon wurden 16 Patienten unter dem externen und sechs Patienten unter dem internen Shuntverfahren operiert. An zweiter Stelle ist das TAAA Typ II zu nennen mit insgesamt 17 Patienten, wovon 15 Patienten unter dem externen und zwei Patienten unter dem internen Shunt operiert wurden. Als nächstes folgt das TAAA Typ I mit 11 Patienten. Hier wurde bei neun Patienten die externe Shunttechnik angewendet, wohingegen zwei Patienten unter dem internen Shuntverfahren operiert wurden. Das TAAA Typ V war mit insgesamt fünf Patienten vertreten, wovon bei drei Patienten der interne und bei zwei Patienten der externe Shunt angewendet wurde. Am seltensten kam TAAA Typ IV vor mit insgesamt drei Patienten, die alle unter der externen Shuntmethode operiert wurden.

Variable	Interner Shunt (n = 13)	Externer Shunt (n = 45)
TAAA I	2	9
TAAA II	2	15
TAAA III	6	16
TAAA IV	0	3
TAAA V	3	2
Maximaler Aortendurchmesser (cm)	6,45 ± 1,39	7,47 ± 2,08

Tabelle 3.1.2.1 Aneurysmatypen nach Safi und max. Aortendurchmesser

Aus der Tabelle 3.1.2.1 lässt sich ebenfalls der maximale Aortendurchmesser entnehmen. Dieser beträgt bei dem internen Shuntverfahren im Mittel 6,45 cm (±1,39 cm). Bei der externen Shuntmethode liegt der mittlere Aortendurchmesser bei 7,47 cm (± 2,08 cm).

3.1.3 Präoperative Befunderhebung

Um Risikopatienten zu eruieren, wurde bei jedem Patienten eine sorgfältige Anamnese erhoben und Diagnostik durchgeführt. An Vorerkrankungen war die KHK am häufigsten vertreten, mit insgesamt 12 (37 %) von 58 Patienten. Davon wurden zehn Patienten (22 %) unter dem externen Shunt und zwei Patienten (15 %) unter dem internen Shunt operiert. Als nächstes ist der Diabetes mellitus zu nennen, mit insgesamt acht Patienten (23 %), wovon bei sieben Patienten das externe Shuntverfahren (15%) und bei einem Patienten (8 %) die interne Shunttechnik angewendet wurde.

Zusätzlich wurden präoperativ die cardiale und die pulmonale Funktionsfähigkeit ermittelt. Die cardiale Funktion wurde anhand der Ejektionsfraktion (EF) gemessen. Diese befand sich bei allen Patienten im Normbereich. Während die EF bei Patienten, bei denen das interne Shuntverfahren angewendet wurde, 67 % betrug ($\pm 12,3$ %), lag die EF bei Patienten, die mit dem externen Shuntverfahren operiert wurden, bei 68,8 % ($\pm 8,5$ %).

Variable	Interner Shunt (n = 13)	Externer Shunt (n = 45)
Diabetes mellitus	1 (8%)	7 (15%)
KHK	2 (15%)	10 (22%)
FEV (%)	100,7 \pm 18,4	83,9 \pm 18,2
EF (%)	67 \pm 12,3	68,8 \pm 8,5
Präoperative Creatinin-Konzentration (mg/dl)	1,02 \pm 0,38	1,18 \pm 0,58
Präoperative Creatinin-Konzentration > 1,4 mg/dl	2 (15%)	7 (15%)
Präoperative Harnstoff-Konzentration (mg/dl)	36,6 \pm 10,4	44,1 \pm 23,3

Tabelle 3.1.3.1 Präoperative Befunde

Anhand der Einsekundenkapazität (FEV) konnten Rückschlüsse auf die Lungenfunktion gezogen werden. Die Patienten, die unter dem internen Shunt operiert wurden, hatten

eine FEV von 100,7 %($\pm 18,4$ %). Dagegen hatten Patienten, bei denen die externe Shuntmethode angewendet wurde, eine FEV von 83,9 %($\pm 18,2$ %)(Tabelle 3.1.3.1).

Desweiteren wurden Laborparameter, wie Creatinin und Harnstoff, ermittelt, die Aussagen über die renale Funktion geben. Bei Patienten, die unter Anwendung der externen Shunttechnik operiert wurden, betrug die präoperativ ermittelte mittlere Creatininkonzentration (Cr)1,18 mg/dl ($\pm 0,58$ mg/dl). Bei Patienten, bei denen die interne Shuntmethode angewendet wurde lag die mittlere Cr-Konzentration präoperativ bei 1,02mg/dl ($\pm 0,38$ mg/dl).

Desweiteren zeigt sich, dass insgesamt neun von 58 Patienten präoperativ erhöhte Cr-Konzentrationen aufwiesen und zwar von mehr als 1,4 mg/dl. Davon war die Anzahl der Patienten, die unter der externen vs. internen Shunttechnik operiert wurde, gleich mit jeweils 15 % vertreten.

Neben der Cr-Konzentration wurde präoperativ auch die Harnstoff-Konzentration ermittelt. Die mittlere Harnstoffkonzentration betrug 44,1 mg/dl ($\pm 23,3$ mg) bei Patienten, die unter dem externen Shuntverfahren operiert wurden und 36,6 mg/dl ($\pm 10,4$ mg) bei Patienten, bei denen der interne Shunt angewendet wurde.

3.1.4 Vorherige Operationen am Herzen, an der Aorta und an den Nieren

In der Vorgeschichte weisen viele der Patienten, insgesamt 19 von 58, Voroperationen an der Aorta auf. Zwölf Patienten(37 %)haben sich bereits einer oder mehreren Operationen an der Aorta abdominalis unterzogen. Davon wurden zehn Patienten (22%) später unter der externen Shunttechnik, zwei Patienten (15%) unter dem internen Shunt operiert. Als nächstes folgen Voroperationen an der Aorta asc., mit insgesamt sechs Patienten (24 %). Hier dagegen wurde bei zwei Patienten (15%) die interne und bei vier Patienten (9%) die externe Shuntmethode angewendet. Nur ein Patient (8%), der unter dem internen Shuntverfahren operiert wurde, weist Voroperationen am Aortenbogen auf.

Insgesamt fünf Patienten (11%) weisen Herzbypass-Operationen in ihrer Vorgeschichte auf, davon wurden alle später unter der externen Shunttechnik operiert.

Am seltensten waren Voroperationen an den Nieren mit insgesamt nur drei Patienten(7%), die ebenfalls alle unter dem externen Shuntverfahren operiert wurden (Tabelle 3.1.4.1).

Variable	Interner Shunt (n = 13)	Externer Shunt (n = 45)
Vorherige Operation an der Aorta abdominalis	2 (15%)	10 (22%)
Vorherige Operation an der Aorta ascendens	2 (15%)	4 (9%)
Vorherige Operation am Aortenbogen	1 (8%)	0 (0%)
Vorherige Herzbybypass-Operation	0 (0%)	5 (11%)
Vorherige Nephrektomie oder atrophische Niere	0 (0%)	3 (7%)

Tabelle 3.1.4.1 Voroperationen

3.2 Intraoperative Daten

3.2.1 Operationsdauer, Abklemmzeit der Aorta und Dauer der Organperfusion

Die mittlere Operationsdauer eines thorakoabdominellen Aortenaneurysmas betrug 437 Minuten. Die durchschnittliche Zeit bis zur Freigabe in die Beckenarteriendauerte bei dem internen Shunt 79,8 min. ($\pm 32,7$ min.) und bei der externen Shunttechnik 75,1 min. ($\pm 41,1$ min.) (Tabelle 3.2.1.1a).

Um die Ischämiezeit der Organsysteme zu senken wurde während der Abklemmzeit der Aorta die Organperfusion des Rückenmarks, des Darms sowie der beiden Nieren durchgeführt. In Abhängigkeit von dem jeweiligen Organ waren die Perfusionszeiten unterschiedlich (Tabelle 3.2.1.1a).

Im Vergleich zum Darm wurden die Nieren zeitlich länger perfundiert. Dabei zeigten beide Nieren unterschiedliche Perfusionszeiten auf, wohingegen die Perfusionszeit der jeweiligen Niere unter den beiden Shuntverfahren annähernd gleich war. Während die rechte Niere ca. 24,4 min. ($\pm 5,4$ min.) unter dem internen Shunt perfundiert wurde,

betrug die Perfusionszeit unter dem externen Shunt 25,0 min. ($\pm 5,8$ min.). Im Vergleich dazu lag die Perfusionszeit der linken Niere unter der internen Shunttechnik bei 25,8 min. ($\pm 4,7$ min.) und bei dem externen Shunt bei 25,4 min. ($\pm 6,0$ min.).

Die ungeschützte Ischämiezeit war ebenfalls bei beiden Nieren kaum unterschiedlich. Auch hier zeigten sich bei der jeweiligen Niere kaum Differenzen hinsichtlich des Shuntverfahrens. Während die ungeschützte Ischämiezeit der rechten Niere unter dem internen Shunt 19,2 min. ($\pm 10,1$ min.) und unter dem externen Shunt 19,4 min. ($\pm 9,8$ min.) betrug, lag die ungeschützte Ischämiezeit der linken Niere unter interner Shunttechnik bei 20,3 min. ($\pm 11,0$ min.) und unter der externen Shuntmethode bei 20,0 min. ($\pm 11,3$ min.).

Variable	Interner Shunt (n = 13)	Externer Shunt (n = 45)	p-Signifikanz
Totale Aortenklemmzeit (min.)	79,8 \pm 32,7	75,1 \pm 41,1	0,4
Rechte Niere Selektive Perfusionszeit	24,4 \pm 5,4	25,0 \pm 5,8	0,5
Ungeschützte Ischämiezeit	19,2 \pm 10,1	19,4 \pm 9,8	0,3
Totale Ischämiezeit	64,3 \pm 16,4	59,9 \pm 18,6	0,3
Linke Niere Selektive Perfusionszeit	25,8 \pm 4,7	25,4 \pm 6,0	0,5
Ungeschützte Ischämiezeit	20,3 \pm 11,0	20,0 \pm 11,3	0,5
Totale Ischämiezeit	63,8 \pm 18,4	59,8 \pm 19,4	0,3

Tabelle 3.2.1.1 a) Intraoperative Werte

Verglichen wir die totale Ischämiezeit beider Nieren, so zeigten sich geringe Unterschiede zwischen den beiden Shunts, die jedoch keine Signifikanz aufwiesen. Bei der rechten Niere war die totale Ischämiezeit unter dem internen Shunt 64,3 min.

($\pm 16,4$ min.) und unter dem externen Shunt 59,9 min. ($\pm 18,6$ min.). Die totale Ischämiezeit der linken Niere dagegen lag bei 63,8 min. ($\pm 18,4$ min.) unter dem internen Shunt und bei 59,8 min. ($\pm 19,4$ min.) unter dem externen Shunt (Tabelle 3.2.1.1a).

Bei der Darmperfusion zeigten sich ebenfalls Unterschiede zwischen den beiden Shuntverfahren, die jedoch nicht signifikant waren.

Variable	Interner Shunt (n = 13)	Externer Shunt (n = 45)	p-Signifikanz
Trunkus coeliacus Selective Perfusionszeit	23,8 \pm 6,9	20,9 \pm 6,4	0,5
Ungeschützte Ischämiezeit	22,1 \pm 8,8	17,4 \pm 7,0	0,4
Totale Ischämiezeit	65,8 \pm 15,3	58,4 \pm 10,8	0,1
A. mesenterica sup. Selektive Perfusionszeit	21,8 \pm 8,0	21,6 \pm 6,0	0,5
Ungeschützte Ischämiezeit	20,4 \pm 10,2	19,2 \pm 8,6	0,4
Totale Ischämiezeit	64,6 \pm 14,3	57,9 \pm 11,0	0,3
Niedrigste Körpertemperatur (°C)	34,5 \pm 0,8	34,4 \pm 0,9	0,9
Rechtes Bein Ungeschützte Ischämiezeit	0	0	1
Totale Ischämiezeit	0	0	1
Linkes Bein Ungeschützte Ischämiezeit	0	0	1
Totale Ischämiezeit	0	0	1

Tabelle 3.2.1.1b Intraoperative Werte

Während die selektive Perfusion des Truncus coeliacus unter dem internen Shunt 23,8 min. ($\pm 6,9$ min.) und unter dem externen Shunt 20,9 min. ($\pm 6,4$ min.) betrug, lag die ungeschützte Ischämiezeit des Truncus coeliacus unter dem internen Shunt bei 22,1 min. ($\pm 8,8$ min.) und unter dem externen Shunt bei 17,4 min. ($\pm 7,0$ min.) (Tabelle 3.2.1.1b). Die totale Ischämiezeit war unter der internen Shunttechnik 65,8 min. ($\pm 15,3$ min.), unter der externen Shuntmethode 58,4 min. ($\pm 10,4$ min.). Bei der Perfusion der A. mesenterica sup. zeigten sich annähernd gleiche Perfusionszeiten unter den beiden Shuntverfahren. Diese lagen unter dem externen Shunt bei 21,6 min. ($\pm 6,0$ min.) und 21,8 min. ($\pm 8,0$ min.) bei dem internen Shunt.

Die ungeschützte Ischämiezeit war dagegen unter dem internen Shunt 20,4 min. ($\pm 10,2$ min.), unter der externen Shuntmethode 19,2 min. ($\pm 8,6$ min.). Die Differenz zwischen den beiden Shunts bei der totalen Ischämiezeit der A. mesenterica sup. war ohne Signifikanz. Während diese unter dem internen Shuntverfahren 64,6 min. ($\pm 14,3$ min.) betrug, lag sie bei dem externen Shunt bei 57,9 min. ($\pm 11,0$ min.).

Eine Minderdurchblutung der Beine, gemessen über die ungeschützte (= 0 min.) und totale Ischämiezeit (= 0 min.), wurde nicht beobachtet (Tabelle 3.2.1.1b).

Diemoderate Hypothermie ist bei allen Patienten angewendet worden. Dabei war die mittlere Körpertemperatur bei beiden Shuntverfahren annähernd gleich und betrug zwischen 34,4 °C (externer Shunt; $\pm 0,9$ °C) und 34,5 °C (interner Shunt; $\pm 0,8$ °C) (Tabelle 3.2.1.1b).

3.2.2 Blutgaben und Cell-Saver

Bei nahezu jedem Eingriff war die Substitution von Fremdblutprodukten erforderlich (Tabelle 3.2.2.1). Im Durchschnitt wurden bei dem externen Shunt 16 EKs (± 11 EKs), 6 TKs (± 4 TKs), 36 FFPs (± 23 FFPs) und 7,4 l Cell-Saver ($\pm 5,4$ l) transfundiert. Die Patienten, die unter dem internen Shunt operiert wurden, erhielten dagegen im Mittel 11 EKs (± 4 EKs), 4 TKs (± 2 TKs), 33 FFPs (± 13 FFPs) und 7,3 l Cell-Saver ($\pm 4,7$ l). Die geringen Unterschiede in der Substitution von Fremdblutprodukten zwischen den beiden Shuntverfahren sind ohne Signifikanz.

Variable	Interner Shunt (n = 13)	Externer Shunt (n = 45)	p-Signifikanz
EK (Einheiten)	11±4	16±11	0,2
TK(Einheiten)	4± 2	6±4	0,2
FFP(Einheiten)	33±13	36±23	0,9
Cell-Saver(l)	7,3± 4,7	7,4± 5,4	0,8

Tabelle 3.2.2.1 Intraoperative Bluttransfusionen

3.3 Postoperative Daten- Renale Komplikationen

3.3.1 Präoperative Creatininwerte und postoperative Dialysepflichtigkeit

Die folgende Tabelle 3.3.1.1 beschreibt die Anzahl der Patienten, die postoperativ temporär dialysiert werden mussten, verglichen mit den präoperativ ermittelten Cr-Konzentrationen.

Präoperative Serum-Cr-konzentration (mg/dl)	Anzahl der Patienten	Postoperative vorübergehende Dialyse
< 1,4	44 (75,9 %)	8 (18%)
1,4-2,0	11 (18,9 %)	4 (36 %)
2,0-2,5	2 (3,5 %)	1 (50 %)
2,5-3,0	0 (0 %)	0 (0 %)
> 3,0	1 (1,7 %)	0 (0 %)
Total	58 (100 %)	13 (22,4 %)

Tabelle 3.3.1.1 : Präoperative renale Funktion und Anzahl der Patienten, die postoperativ eine renale Schädigung entwickelten bzw. temporär dialysiert werden mussten

Insgesamt 44 (75,9%) von 58 Patienten hatten präoperativ Cr-Konzentrationen von <1,4 mg/dl. Davon mussten acht Patienten (18%) postoperativ vorübergehend dialysiert

werden. Von den 11 Patienten (18,9%), die präoperativ Cr-Werte zwischen 1,4 und 2,0 mg/dl aufwiesen, mussten sich vier Patienten (36%) postoperativ der Dialyse unterziehen. Einer von insgesamt zwei Patienten mit präoperativer Cr-Konzentration von 2,0 bis 2,5 mg/dl war ebenfalls vorübergehend dialysepflichtig geworden. Erhöhte präoperative Cr-Werte von >3,0 mg/dl zeigte nur ein Patient.

Insgesamt traten bei 13 (22,4%) von 58 Patienten postoperativ renale Komplikationen auf mit der Folge der temporären Dialyse (Tabelle 3.3.1.1).

3.3.2 Mittlere Serum-Creatininkonzentration vor und nach der Operation

Die präoperative Cr-Konzentration befand sich im Mittel bei 1,15 mg/dl ($\pm 0,54$ mg/dl). Postoperativ zeigten sich geringe Anstiege der Cr-Konzentration, gemessen in den ersten drei Tagen nach der Operation. Während am ersten postoperativen Tag die mittlere Cr-Konzentration 1,35 mg/dl ($\pm 0,45$ mg/dl) betrug, stieg die Cr-Konzentration am zweiten postoperativen Tag weiter auf 1,40 mg/dl ($\pm 0,51$ mg/dl) an. Dagegen zeigte sich schon am dritten Tag nach der Operation ein Rückgang der Cr-Werte auf 1,38 mg/dl ($\pm 0,63$ mg/dl).

Präoperativ	1,15 \pm 0,54
Tag 1	1,35 \pm 0,45
Tag 2	1,40 \pm 0,51
Tag 3	1,38 \pm 0,63
Höchster Cr.-Wert	2,01 \pm 1,07
Werte bei Entlassung	1,29 \pm 0,74

Tabelle 3.3.2.1 Mittlere Serum-Cr-Konzentration (mg/dl) für das gesamte Patientenkollektiv vor und nach der Operation (n=58)

Diese Rückläufigkeit wurde bis zur Entlassung der Patienten verfolgt. Zu diesem Zeitpunkt betrug die durchschnittliche Cr-Konzentrationen 1,29 mg/dl ($\pm 0,74$

mg/dl)(Tabelle 3.3.2.1). Die höchsten Cr-Werte wurden bei 2,01 mg/dl (\pm 1,07 mg/dl) gemessen.

3.3.3 Postoperative renale Funktionsstörung nach dem Score von Kashyap et al.

Die folgende Tabelle 3.3.3.1 beschreibt die Häufigkeit des Auftretens renaler Funktionsstörungen postoperativ bei Patienten, die sich einer Aneurysmaoperation unterzogen, bewertet nach dem Score von Kashyap et al., der die Entwicklung und den Verlauf der Niereninsuffizienz aufzeigt.

Die Patienten (n=58) wurden in fünf verschiedene Gruppeneingeteilt. Bei jeder Gruppe wurde die Anzahl der Patienten mit der höchsten Cr-Konzentration während des Klinikaufenthaltes und bei Entlassung ermittelt.

Die erste Gruppe beschreibt den Anstieg der Cr-Konzentration, der kleiner 50 % des Ausgangswertes ist. Dieses wies die grösste Anzahl der Patienten auf. So zeigten 23 Patienten (ca. 40 %) während des Aufenthaltes und 48 Patienten (ca. 83 %) bei Entlassung erhöhte Cr-Konzentrationen, die jedoch 50 % des Ausgangscreatinins nicht überschritten.

In der zweiten Gruppe wurden Patienten erhoben, die einen Creatininanstieg zwischen 50 % bis 100 % des Ausgangswertes hatten. Solche Creatininwerte zeigten 14 Patienten (24,1 %) während des Klinikaufenthaltes auf, jedoch nur zwei Patienten (5,2 %) bei der Entlassung.

Eine Verdopplung der Cr-Konzentration, die jedoch 3 mg/dl nicht überschritt, definierte die dritte Gruppe. Dieses war bei sieben Patienten (12,1 %) während ihres Aufenthaltes und bei fünf Patienten (8,6 %) bei ihrer Entlassung zu sehen. In der vierten Gruppe mit akutem Nierenversagen und Verdopplung der Cr-Konzentration von mehr als 3 mg/dl ist ein Patient (1,7 %) zu nennen, der dies während seines Aufenthaltes in der Klinik zeigte. Die fünfte Gruppe beschreibt Patienten, die ein akutes Nierenversagen hatten und vorübergehend dialysepflichtig geworden sind. Zu dieser Gruppe wurden insgesamt 15 Patienten eingestuft, die während ihres Aufenthaltes ein akutes Nierenversagen hatten. Davon mussten 13 Patienten (22,4 %)

während ihres Aufenthaltes vorübergehend dialysiert werden. Zwei Patienten (3,4 %) dahingegen blieben lebenslang dialysepflichtig.

	Patienten mit der höchsten Cr-Konzentration während des Aufenthaltes	Patienten mit der höchsten Cr-Konzentration bei Entlassung
1. Creatininanstieg < 50 % des Ausgangswertes	23 (39,7 %)	48 (82,8 %)
2. Creatininanstieg 50 % - 100 % des Ausgangswertes	14 (24,1 %)	2 (5,2 %)
3. Verdopplung der Creatininkonzentration < 3,0 mg/dl	7 (12,1 %)	5 (8,6 %)
4. Akutes Nierenversagen: Verdopplung der Creatininkonzentration > 3,0 mg/dl	1 (1,7 %)	0 (0 %)
5. Akutes Nierenversagen: vorübergehende Dialysepflichtigkeit	13 (22,4 %)	2 (3,4 %)
Gesamt	58 (100%)	58 (100%)

Tabelle 3.3.3.1 Postoperative renale Funktionsstörung bewertet nach dem Score von Kashyap et al.: Anzahl der Patienten der Kategorie mit der höchsten Cr-Konzentration während des Aufenthaltes und bei Entlassung aus der ganzen Gruppe

3.3.4 Inzidenz und Grad renaler Funktionsstörungen in Abhängigkeit der chirurgischen Shunttechnik

Die Inzidenz und Grad der renalen Funktionsstörungen in Abhängigkeit der chirurgischen Shunttechnik sind in Tabelle 3.3.4.1 dargestellt. Von den insgesamt 58 untersuchten Patienten wurden 13 Patienten unter Anwendung der internen Shunttechnik, dahingegen 45 Patienten unter dem externen Shuntverfahren operiert.

Die Gesamtinzidenz renaler Funktionsstörungen (Renal Dysfunktions Score >2) im Vergleich interne vs. externe Shunttechnik zeigte keine relevante Signifikanz ($p=0,6$). So traten bei sieben Patienten, die unter dem internen Shunt operiert wurden und bei 28 Patienten, bei denen der externe Shunt angewendet wurde, Funktionsdefizite der Nieren auf.

Die Funktionsstörungen der Nieren wurden durch definierte Anstiege der Cr-Konzentrationen, bezogen auf den Ausgangswert, sowie durch die Häufigkeit des Auftretens des akuten Nierenversagens und der Dialysepflichtigkeit, beschrieben. Hiernach wurden die Patienten in fünf verschiedene Gruppen eingeteilt. Die oben genannten Werte wurden, in den ersten drei Tagen während des Klinikaufenthaltes sowie bei der Entlassung bei beiden Shuntverfahren ermittelt und verglichen.

Während der ersten drei Tage des Krankenhausaufenthaltes zeigten sich folgende Ergebnisse: Bei der ersten Patientengruppe, die auch die Mehrheit bildete, waren Cr-Konzentrationen zu beobachten, die jedoch 50 % des Ausgangscreatinins nicht überschritten. So wiesen sechs Patienten (46 %), bei denen der interne Shunt angewendet wurde, und 17 Patienten (38 %), die unter dem externen Shunt operiert wurden, solche Werte auf. Bei der zweiten Gruppe zeigten vier Patienten (31 %) unter der Anwendung der internen Shunttechnik und zehn Patienten (22 %) unter dem externen Shuntverfahren Creatininanstiege, die sich im Bereich von 50% bis 100% des Ausgangswertes befanden (siehe Tabelle 3.3.4.1). Eine Verdopplung der Cr-Konzentration, die 3 mg/dl nicht überschritt, definierte die dritte Gruppe. Dieses zeigte sich bei insgesamt sieben Patienten, darunter war ein Patient (8 %) der unter dem internen Shuntverfahren, dahingegen sechs Patienten (13 %), die unter dem externem Shunt operiert wurden. Zu der vierten Gruppe wurden Patienten eingeteilt, die ein akutes Nierenversagen entwickelten und eine Verdopplung der Cr-Konzentration von mehr als 3 mg/dl aufwiesen. Dies zeigte nur ein Patient (8 %), der unter Anwendung der internen Shunttechnik operiert wurde. Die fünfte Gruppe beschreibt Patienten, die ein akutes Nierenversagen entwickelten und vorübergehend dialysiert werden mussten. Hierzu zählen insgesamt 13 Patienten, wovon ein Patient (8 %) unter dem internen Shunt und 12 Patienten (27 %) unter dem externen Shunt operiert wurden (Tabelle 3.3.4.1).

Ergebnisse renaler Funktionsstörungen (renal dysfunction Score - RDS)	Interner Shunt(n= 13)	Externer Shunt(n=45)	p-Signifikanz
Gesamtinzidenz renaler Funktionsstörungen (RDS >2)	7 (54%)	28 (62%)	0,6
<u>Ergebnisse während der ersten drei Tage</u>			
1. Creatininanstieg < 50 % des Ausgangswertes	6 (46%)	17 (38%)	0,6
2. Creatininanstieg 50% - 100% des Ausgangswertes	4 (31%)	10 (22%)	0,5
3. Verdopplung der Creatininkonzentration < 3,0 mg/dl	1 (8%)	6 (13%)	0,6
4. Akutes Nierenversagen: Verdopplung der Creatininkonzentration > 3,0 mg/dl	1 (8%)	0 (0%)	0,06
5. Akutes Nierenversagen: vorübergehende Dialysepflichtigkeit	1 (8%)	12 (27%)	0,1
<u>Ergebnisse bei Entlassung</u>			
1. Creatininanstieg < 50 % des Ausgangswertes	12 (92%)	36 (80%)	0,3
2. Creatininanstieg 50% - 100% des Ausgangswertes	0 (0%)	3 (7%)	0,3
3. Verdopplung der Creatininkonzentration < 3,0 mg/dl	1 (8%)	4 (9%)	0,9
4. Akutes Nierenversagen: Verdopplung der Creatininkonzentration > 3,0 mg/dl	0 (0%)	0 (0%)	1,0
5. Akutes Nierenversagen: Dialysepflichtigkeit	0 (0%)	2 (4%)	0,4

Tabelle 3.3.4.1 Inzidenz und Grad der renalen Funktionsstörungen in Abhängigkeit der chirurgischen Shunttechnik; Anzahl der Patienten der Kategorie mit der höchsten Cr-Konzentration während der ersten drei Tage des Aufenthaltes und bei Entlassung aus der ganzen Gruppe

Die Ergebnisse, die bei der Entlassung der Patienten aus der Klinik erhoben wurden, werden im folgenden beschrieben: Die Mehrheit der Patienten gehörte hier auch der

ersten Gruppe an. Diese ist durch Anstiege der Cr-Konzentration definiert, die < 50% des Ausgangswertes betragen. In dieser Gruppe wurden insgesamt 48 Patienten zugeordnet, von denen sind 12 Patienten (92%) unter dem internen Shunt und 36 Patienten (80%) unter dem externen Shunt operiert worden. Der zweiten Gruppe gehörten Patienten an, die eine erhöhte Cr-Konzentration von 50 % - 100% des Ausgangswertes aufwiesen. Dieses zeigten drei Patienten (7%), die unter Anwendung der externen Shunttechnik operiert wurden. Patienten mit einer Verdopplung des Creatinins, die 3 mg/dl nicht überschritt, definierte die dritte Gruppe. Das zeigte ein Patient (8%), der unter dem internen Shunt und vier Patienten (9%), die unter dem externen Shunt operiert wurden. In die vierte Gruppe wurden Patienten eingestuft, die ein akutes Nierenversagen entwickelten und einen Anstieg der Cr-Konzentration von mehr als 3 mg/dl aufwiesen. Dieses zeigte sich bei keinem Patienten bei der Entlassung. Die fünfte Gruppe beschreibt Patienten, die ein akutes Nierenversagen während ihres Klinikaufenthaltes entwickelten und bei Entlassung weiter dialysiert werden müssen (Tabelle 3.3.4.1).

3.3.5 Auftreten akuter postoperativer Nierenfunktionsstörungen in Verbindung verschiedener Variablen

Die nachfolgenden Tabellenstellen das Auftreten renaler Funktionsstörungen dar, untersucht in Verbindung verschiedener Variablen. Die Patienten wurden in zwei Gruppen eingeteilt, mit und ohne Nierenfunktionsstörungen.

Von den insgesamt 58 operierten Patienten, entwickelten 33 Patienten Nierenfunktionsstörungen, dagegen traten bei 25 Patienten keine renalen Defizite auf. Die Gruppe von Patienten, bei denen renale Funktionsstörungen auftraten, waren im Durchschnitt ca. vier Jahre älter als die Patienten ohne Nierendysfunktion. Somit betrug das durchschnittliche Alter der Patienten mit renalen Funktionsstörungen 68 Jahre, dahingegen lag bei der Patientengruppe, wo keine Nierenfunktionsstörungen auftraten, das durchschnittliche Alter bei 64 Jahren.

Die Geschlechtsverteilung zeigte sich ebenfalls bei beiden Patientengruppen unterschiedlich. Insgesamt war bei beiden Gruppen das männliche Geschlecht häufiger vertreten als das weibliche. Bei der Patientengruppe ohne renale Funktionsdefizite waren 18 Patienten männlich und sieben Patienten weiblich. In der Patientengruppe, bei der renale Funktionsstörungen auftraten, waren 20 Männer und 13 Frauen betroffen (Tabelle 3.3.5.1a).

Neben dem Alter und dem Geschlecht, wurden häufige Krankheitsbilder, wie Diabetes mellitus, koronare Herzerkrankung (KHK), vorherige Operationen an den Nieren, sowie verschiedene physiologische Parameter erhoben um Risikopatienten zu eruieren. Die Tabelle 3.3.5.1 zeigt, dass vor allem bei den Patienten mit bereits vorhandenen Risikofaktoren, häufiger renale Funktionsstörungen auftraten, als bei den Patienten, die wenig oder keine Risikofaktoren hatten. So waren unter den Patienten, die postoperativ Nierendefizite entwickelten insgesamt fünf Patienten, die einen Diabetes mellitus und 14 Patienten (42%), die eine KHK hatten. Die Patientengruppe, bei der postoperativ keine renalen Funktionsstörungen auftraten, hatten drei Patienten einen Diabetes mellitus und ebenfalls drei Patienten (12%) eine KHK. Der Unterschied KHK ist signifikant. Zusätzlich wurden weitere Parameter erhoben, um Aussagen über die kardiale und pulmonale Funktionsfähigkeit treffen zu können. Anhand der Ejektionsfraktion (EF), gemessen in %, wurde die kardiale Funktion ermittelt. Diese war bei beiden Patientengruppen im Normbereich und betrug im Mittel 68,3 % ($\pm 8,8\%$) bei der Patientengruppe mit renalen Defiziten. Die Patientengruppe ohne renale Dysfunktionen zeigte nur geringe Unterschiede, so lag hier die EF bei 68,4% ($\pm 10,3\%$).

Anhand der Einsekundenkapazität (FEV1) konnten Rückschlüsse auf die Lungenfunktion gezogen werden. Diese lag bei beiden Patientengruppen im Normbereich. Somit betrug die FEV1 94 % ($\pm 23,3\%$) bei der Gruppe ohne renale Funktionsstörungen und 86 % ($\pm 16,3\%$) bei der Gruppe, bei der Nierenfunktionsstörungen auftraten.

<u>Variable</u>	<u>Ohne renale Funktionsstörung</u> <u>(n =25)</u>	<u>Mit renaler Funktionsstörung</u> <u>(n =33)</u>	<u>p-Signifikanz</u>
-----------------	--	---	----------------------

Alter (Jahre)	64 ± 12,5	68 ± 8,5	0,2
Geschlecht (männlich : weiblich)	18:7	20:13	0,3
Diabetes mellitus (Anzahl der Patienten)	3	5	0,7
KHK (Anzahl der Patienten)	3(12%)	14(42%)	0,04
Linksventrikuläre Ejektionsfraktion (%)	68,4 ± 10,3	68,3 ± 8,8	0,7
Forcierte Einsekundenkapazität (% der Voraussagen)	94 ± 23,3	86 ± 16,3	0,7
Vorherige Nephrektomie oder atrophische Niere (Anzahl der Patienten)	2(8%)	1(3%)	0,4
Nierenarterien- Endarterektomie (Anzahl der Patienten)	2(8%)	2(6%)	0,7
Cr-Konzentration (mg/dl)	1,15 ± 0,7	1,13 ± 0,38	0,4
Cr-Konzentration > 1,4 mg/dl (Anzahl der Patienten)	3(12%)	6(18%)	0,7
Harnstoffkonzentration (mg/dl)	42,6 ± 23,4	40,9 ± 20,7	0,8

Tabelle 3.3.5.1a) Eindimensionale Analyse der Variablen untersucht in Verbindung mit akuter postoperativer Nierenfunktionsstörung (> 50% Anstieg der Cr-Konzentration in den ersten 10 Tagen)

Neben den bisher beschriebenen Parametern wurden anamnestisch auch renale Voroperationen und bereits präoperativ ermittelte Funktionsstörungen der Nieren anhand der Retentionsparameter erfasst. Die Tabelle 3.3.5.1a zeigt, dass insgesamt drei Patienten, von den 58 operierten, zuvor nephrektomiert waren oder eine atrophische Niere hatten, davon entwickelte nur ein Patient (3%) postoperativ eine renale Funktionsstörung. Insgesamt vier Patienten wurden anamnestisch an einer

Nierenarterienendarterektomie im Vorfeld operiert, von denen postoperativ zwei Patienten (6%) ebenfalls renale Funktionsdefizite zeigten.

Desweiteren wurden Retentionsparameter (Creatinin und Harnstoff) ermittelt, die Aussagen über die Nierenfunktion geben sollten. Die mittlere Cr-Konzentration ist bei beiden Patientengruppen annähernd gleich. So liegt die Cr-Konzentration bei der Patientengruppe ohne renale Defizite bei 1,15 mg/dl ($\pm 0,7$ mg/dl) und bei der Gruppe von Patienten, die postoperativ renale Funktionsstörungen entwickelten bei 1,13 mg/dl ($\pm 0,38$ mg/dl). Insgesamt neun Patienten von 58 operierten Patienten, hatten bereits präoperativ erhöhte Cr-Konzentrationen von mehr als 1,4 mg/dl. Davon entwickelten sechs Patienten (18%), postoperativ Nierenfunktionsstörungen. Drei Patienten (12%) blieben trotz der präoperativ erhöhten Cr-Werte ohne renale Defizite. Die mittlere Harnstoffkonzentration, die in mg/dl gemessen wurde, zeigte bei beiden Patientengruppen nur geringe Unterschiede. Während die Harnstoffkonzentration bei der Gruppe ohne Nierenfunktionsstörungen bei 42,6 mg/dl ($\pm 23,4$ mg/dl) lag, war diese bei der anderen Gruppe mit den renalen Funktionseinschränkungen bei 40,9 mg/dl ($\pm 20,7$ mg/dl).

Neben den bisher beschriebenen Parametern, wurden u.a. die verschiedenen Aneurysmatypen, -durchmesser, totale Aortenklemmzeit und Shuntverfahren in Verbindung mit dem Auftreten renaler Funktionsstörungen untersucht (Tabelle 3.3.5.1b). Die TAAA's sind nach Safi in fünf verschiedene Typen eingeteilt. Bei allen TAAA-Typen traten in unterschiedlichem Maße Nierenfunktionsstörungen auf. Diese werden im folgenden der Häufigkeit nach vorgestellt. Von den 58 untersuchten Patienten war am häufigsten das TAAA-Typ III mit insgesamt 22 Patienten vertreten. Davon hatten 15 Patienten (68%) postoperativ Nierenfunktionsstörungen, wohingegen sieben Patienten (32%) keine renalen Komplikationen zeigten. An zweiter Stelle ist das TAAA-Typ II zu nennen, mit insgesamt 17 Patienten. Hiervon hatten neun Patienten (53%) renale Funktionsdefizite, acht Patienten (47%) blieben ohne Nierenfunktionsstörungen. Als drittes folgt das TAAA-Typ I mit 11 Patienten, wovon sechs Patienten (54%) renale Dysfunktionen und fünf Patienten (46%) keine renalen Komplikationen zeigten. Als nächstes ist TAAA-Typ V zu verzeichnen. Diesen

Aneurysmatyp hatten insgesamt fünf Patienten, von denen nur ein Patient (20%) eine Nierenfunktionsstörung entwickelte. An letzter Stelle ist der TAAA-Typ IV mit drei Patienten vertreten. Hiervon bekamen zwei Patienten (66%) postoperativ renale Funktionsstörungen.

<u>Variable</u>	<u>Ohne renale Funktionsstörung</u> (n =25)	<u>Mit renaler Funktionsstörung</u> (n =33)	<u>p-Signifikanz</u>
TAAA I	5(46%)	6(54%)	0,8
TAAA II	8(47%)	9(53%)	0,9
TAAA III	7(32%)	15(68%)	0,2
TAAA IV	1(33%)	2(66%)	0,8
TAAA V	4(80%)	1(20%)	0,08
Maximaler Durchmesser der Aneurysmen (cm)	6,67 ± 2,52	7,49 ± 1,88	0,1
Totale Aortenklemmzeit (min.)	59,9 ± 25,5	86,9 ± 45,1	0,02
Externer Shunt	17 (38%)	28 (62%)	0,9
Interner Shunt	6 (46%)	7 (54%)	0,9

Tabelle 3.3.5.1b) Eindimensionale Analyse der Variablen untersucht in Verbindung mit akuter postoperativer Nierenfunktionsstörung

Der maximale Durchmesser des Aneurysmas, gemessen in cm, steht ebenfalls im Zusammenhang mit dem Auftreten von Nierenfunktionsstörungen. So hatten Patienten mit renalen Funktionsdefiziten einen grösseren Aneurysmadurchmesser, der bei 7,49 cm(±1,88 cm) lag. Bei der anderen Patientengruppe, wo keine renalen Komplikationen auftraten, war der Durchmesser der Aneurysmen im Durchschnitt 6,67

cm ($\pm 2,52$ cm). Die totale Aortenabklemmzeit war deutlich bei beiden Patientengruppen unterschiedlich. Aus der Tabelle 3.3.5.1 lässt sich entnehmen, dass bei der Patientengruppe, die postoperativ renale Funktionsdefizite aufwies, die Aortenklemmzeit im Durchschnitt länger war. Diese betrug im Mittel 86,9 min. ($\pm 45,1$ min.). Bei der anderen Patientengruppe, die postoperativ ohne renale Defizite blieb, lag die Aortenklemmzeit bei 59,9 min. ($\pm 25,5$ min.). Der Unterschied ist signifikant mit $p=0,02$.

Desweiteren wurde das Auftreten von Nierenfunktionsstörungen in Abhängigkeit der chirurgischen Shunttechnik untersucht. Von 58 operierten Patienten wurde bei 13 Patienten das interne Shuntverfahren angewendet, während 45 Patienten unter Anwendung der externen Shunttechnik operiert wurden. Bei beiden Shunttechniken waren Unterschiede zu sehen hinsichtlich des Auftretens von renalen Funktionsdefiziten. Von den insgesamt 45 unter dem externen Shunt operierten Patienten entwickelten 28 Patienten (62%) postoperativ renale Defizite, wohingegen bei 17 Patienten (38%) die Operation ohne renale Komplikationen verlief. Unter der Anwendung des internen Shunts dagegen zeigten von insgesamt 13 Patienten, sieben Patienten (54%) Nierenfunktionsstörungen. Bei sechs Patienten (46%) traten keine Funktionsdefizite der Nieren auf.

Die nächste Tabelle 3.3.5.1 stellt das Auftreten renaler Funktionsstörungen in Abhängigkeit der Substitution von Fremdblut dar. Hierzu wurde die Anzahl an transfundierten Erythrozyten- (EKs), Thrombozytenkonzentraten (TKs), Fresh Frozen Plasma (FFPs) und Cell-Saver ermittelt. Anhand der Ergebnisse lässt sich sehen, dass Patienten, die durchschnittlich mehr Transfusionen erhalten hatten, postoperativ häufiger Nierenfunktionsstörungen entwickelten. So bekamen Patienten, die postoperativ renale Defizite bekamen, im Durchschnitt 11 (± 8) Erythrozytenkonzentrate. Bei der Patientengruppe, die keine renalen Komplikationen entwickelte, lag die Menge an transfundierten EKs bei 8 Einheiten (± 5 Einheiten). Auch die Konzentration der transfundierten FFPs war bei der Patientengruppe mit Nierenfunktionsstörungen höher und lag im Mittel bei 27 Einheiten (± 16 Einheiten), als wie bei den Patienten ohne renale Komplikationen, die im Durchschnitt 19 FFPs (± 10

FFPs) bekamen. Der Unterschied hier ist signifikant $p=0,02$. Die Cell-Saver-Transfusionsmenge war ebenfalls höher bei der Gruppe mit Nierenfunktionsstörungen. Diese lag bei $8,1 \text{ l } (\pm 5,4 \text{ l})$, anders als bei der Patientengruppe ohne renale Defizite, die im Mittel $6,4 \text{ l } (\pm 4,9 \text{ l})$ Blut vom Cell-Saver erhielt. Insgesamt wurden Thrombozytenkonzentrate am wenigsten transfundiert. So lag die durchschnittliche Menge an TKs bei Patienten ohne Nierenfunktionsstörungen bei 4 Einheiten (± 3 Einheiten). Bei den Patienten, die postoperativ Nierenfunktionsstörungen entwickelten, lag die mittlere Konzentration der transfundierten TKs bei 3 Einheiten (± 2 Einheiten).

<u>Variable</u>	<u>Ohne renale Funktionsstörung</u> (n =25)	<u>Mit renaler Funktionsstörung</u> (n =33)	<u>p- Signifikanz</u>
Erythrozytenkonzentrate (Einheiten)	8 ± 5	11 ± 8	0,2
Thrombozytenkonzentrate (Einheiten)	4 ± 3	3 ± 2	0,8
Fresh Frozen Plasma (Einheiten)	19 ± 10	27 ± 16	0,02
Cell - Saver (l)	$6,4 \pm 4,9$	$8,1 \pm 5,4$	0,1
Niedrigste Körpertemperatur (°C)	$34,6 \pm 0,9$	$34,4 \pm 0,8$	0,6

Tabelle 3.3.5.1c) Eindimensionale Analyse der Variablen untersucht in Verbindung mit akuter postoperativer Nierenfunktionsstörung

Als weiteren Parameter wurde die niedrigste Körpertemperatur in Grad Celsius intraoperativ gemessen. Hierzu zeigten beide Patientengruppen keine signifikanten Unterschiede. Die Patienten, die postoperativ renale Defizite aufwiesen, hatten intraoperativ eine Körpertemperatur von $34,4^\circ\text{C } (\pm 0,8^\circ\text{C})$. Dagegen lag die Körpertemperatur der anderen Patientengruppe ohne renale Komplikationen bei $34,6^\circ\text{C } (\pm 0,9^\circ\text{C})$.

4 Diskussion der Ergebnisse und Literaturvergleich

Der thorakale bzw. thorakoabdominelle Aortenersatz durch eine Dacron- oder PTFE-Prothese stellt bis heute den Standard der operativen Therapie des thorakalen / thorakoabdominellen Aortenaneurysmas dar. Durch technische Verbesserungen im operativen Vorgehen, Fortschritte in der Diagnostik sowie in der Anästhesie- und Intensivmedizin, konnte die perioperative Letalität und Morbidität in den letzten fünfzig Jahren deutlich verringert werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Aussagen über postoperative renale Defizite nach Eingriffen an der thorakoabdominellen Aorta unter Verwendung verschiedener Shuntverfahren zu treffen.

Die Durchführung von TAAA-Operationen unter Anwendung der Shunttechniken hat einige Vorteile im Vergleich zu den bisher eingesetzten Methoden gezeigt. Unser hier beschriebener externer Shunt ist eine Modifikation des axillofemorale Bypasses, der aufgrund seines temporären Einsatzes, bisubclavialen Zuflusses und durch die Verwendung von heparinbeschichteten Schläuchen bisher nie Verschlussprobleme zeigte. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit einen Quadropus zur selektiven Organperfusion anzuschließen. Der interne Shunt ist eine Modifikation und eher an den Gott-Shunt angelehnt. Diese Konfiguration erlaubt ebenfalls die distale retrograde Perfusion während der Aortenklammung. Damit wird eine Perfusion des Beckens und der Beine und auch in die Nieren- und Viszeralarterien gewährleistet. Der antegrade Blutfluss in die hypogastrischen Arterien scheint über Kolaterale ebenfalls vor einer spinalen Ischämie während der Aortenausklammung zu schützen. Die distale Extremitätenperfusion verhindert eine Beinischämie und ermöglicht somit schon während der Operation die Untersuchung von motorisch evozierten Potentialen, die diagnostisch zur Beurteilung der Perfusion des Rückenmarks eingesetzt werden können. So können bereits intraoperativ spinale Ischämien identifiziert und Korrekturen vorgenommen werden, um diese zu verhindern.

Im folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst, interpretiert und mit der Literatur verglichen.

Im Hinblick auf die spinalen Komplikationen zeigen die Ergebnisse unserer aktuellen Studie eine deutliche Besserung der Paraplegie- und Parapareserate durch die Einführung der Shuntverfahren. Ein spinaler Schaden trat nur in sieben Prozent (n=4/50) der untersuchten Fälle auf. Dies entspricht einer Abnahme von Paraplegie und Paraparese um fünfzig Prozent, verglichen mit den früheren Ergebnissen (verweise auf andere wissenschaftliche Arbeiten).

Das durchschnittliche Alter des hier untersuchten Patientenkollektivs (58 Patienten) betrug 66 Jahre. In allen grösseren Kollektiven von Patienten mit einem thorakalen oder thorakoabdominalen Aneurysma lag das mediane Alter zwischen 63,5 und 67 Jahren (Svensson, Hess et al. 1991; Safi and Miller 1999). In unserer Arbeit waren 39 Männer und 19 Frauen vertreten. Die Geschlechtsverteilung mit einer Prädominanz des männlichen Geschlechts entspricht weitgehend der anderer Kollektive (Svensson, Crawford et al. 1993; Safi, Harlin et al. 1996).

Die Verteilung der thorakoabdominellen Aortenaneurysmen in die fünf TAAA-Gruppen ergab folgende Ergebnisse: 22 Patienten hatten TAAA Typ III, 17 Patienten hatten den Typ II, 11 Patienten hatten den Typ I, fünf Patienten hatten den Typ V und drei Patienten hatten den Typ IV. Die Verteilung lässt sich mit denen in grossen Untersuchungen vergleichen (Crawford, Snyder et al. 1978; Safi, Harlin et al. 1996; Kashyap, Cambria et al. 1997).

Das typische Muster an Begleiterkrankungen und Voroperationen der Patienten mit einem thorakalen bzw. thorakoabdominellen Aortenaneurysma fand sich auch bei den hier untersuchten Patienten. Eine koronare Herzerkrankung hatten insgesamt 12 Patienten.

Dagegen litten acht Patienten an einem Diabetes mellitus. Erhöhte Cr-Werte > 1,4 mg/dl wiesen neun Patienten auf. Die Mehrheit der Patienten hatten Voroperationen an der Aorta in ihrer Anamnese. Darunter waren 12 Patienten, die an der Aorta abd.,

sechs Patienten, die an der Aorta asc. und ein Patient, der am Aortenbogen voroperiert war. Fünf Patienten dagegen hatten bereits eine Herzbybypass-Operation hinter sich und drei Patienten wiesen eine Nephrektomie oder eine atrophische Niere in ihrer Anamnese auf. Dies gleicht den Angaben in anderen Untersuchungen (Kashyap, Cambria et al. 1997; Black, Wolfe et al. 2006).

Die Operationszeit für den thorakoabdominellen Aortenersatz betrug im Mittel 437 Minuten (Spannweite 164-537 Minuten) (Cambria, Brewster et al. 2002). Im vorliegenden Kollektiv muss der Eingriff des offenen thorakoabdominellen Aortenersatzes unter Einsatz des internen und des externen Shuntverfahrens getrennt bewertet werden.

Es fand sich keine Signifikanz in der Abklemmzeit zwischen den beiden Shunttechniken. Die mittlere Abklemmzeit der Aorta betrug bei allen mit internen Shunt, versorgten Patienten $79,8 \pm 32,7$ Minuten und bei Patienten, die unter dem externen Shunt operiert wurden $75,1 \pm 41,1$ Minuten. Crawford gab 1986 eine Messbreite von dieser Länge 12 – 134 min. bei thorakoabdominalem Aortenersatz an und verzeichnete mit längerer aortaler Abklemmzeit eine höhere 30-Tage-Letalität und ein häufigeres Auftreten neuromuskulärer Defizite (Crawford, Crawford et al. 1986). Schwartz fand 1996 ein besseres Gesamtüberleben der Patienten mit kürzerer Viszeralischämie (Schwartz, Belkin et al. 1996). Eine mediane aortale Abklemmzeit von 43 Minuten bei einer Messbreite zwischen 11 und 197 Minuten errechnete 1993 Svensson (Svensson, Crawford et al. 1993). Auch in aktuelleren Arbeiten betrug die Abklemmzeiten noch im Mittel 60 Minuten (Coselli, LeMaire et al. 2000).

Während der Abklemmzeit der Aorta wurde über beide Shuntverfahren mittels Quadropus eine selektive Perfusion des Darms und der Nieren durchgeführt. Die Ergebnisse interne vs. externe Shunttechnik zeigten keine signifikanten Unterschiede. Die durchschnittliche selektive Perfusionszeit des Trunkus coeliacus unter dem internen Shunt betrug $23,8 \pm 6,9$ Minuten, $20,9 \pm 6,4$ Minuten unter dem externen Shunt. Die selektive Perfusionszeit der A. mesenterica sup. lag unter Einsatz der internen Shuntmethode bei $21,8 \pm 8,0$ Minuten und unter dem externen Shuntverfahren bei $21,6 \pm 6,0$ Minuten. Während die rechte Niere unter dem internen

Shunt $24,4 \pm 5,4$ Minuten und unter dem externen Shunt $25,0 \pm 5,8$ Minuten selektiv perfundiert wurde, betrug die selektive Perfusionszeit der linken Niere $25,8 \pm 4,7$ Minuten unter dem internen und $25,4 \pm 6,0$ Minuten unter dem externen Shuntverfahren. Dies ähnelt Ergebnissen anderer Untersuchungen (Kuniyoshi, Koja et al. 2004). Jacobs führte 1998 bei 33 von 73 Patienten eine selektive Perfusion des Darms und der Nieren durch und konnte zeigen, dass dadurch die renale und viszerale Ischämie signifikant reduziert werden konnte (Jacobs, Eijnsman et al. 1998). Köksoy beschäftigte sich auch mit selektiver Perfusion der Nieren während TAAA-Operationen. Er verglich in seiner Untersuchung die renale Perfusion einer $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ kalten kristaloiden Lösung mit normothermem Blut. Dabei stellte er fest, dass die kalte kristaloide Perfusionslösung einen grösseren Effekt auf die renale Protektion hatte als die warme Blutlösung (Koksoy, LeMaire et al. 2002). Hassoun befasste sich 2004 ebenfalls mit dieser Thematik. Er führte bei 359 von 657 Patienten eine selektive Perfusion der Nieren mittels kalter vs. warmer Perfusionslösung durch und beschrieb eine signifikante Reduktion der hospitalen Mortalität unter Anwendung der kalten Perfusionslösung (Hassoun, Miller et al. 2004).

Für Fremdblutbestandteile gibt es bis heute keinen gleichwertigen synthetischen Ersatz. Daher ist die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten (EK), Thrombozytenkonzentraten (TK) und Fresh Frozen Plasma (FFP) immernoch eine unverzichtbare Therapieoption in kreislauf- und gerinnungsrelevanter Blutungssituation. Trotz hochentwickelter Operationstechnik, kürzerer Operationszeit und Einsatz von Cell-Savern zur intraoperativen Retransfusion lassen sich auch unter modernem perioperativen Management bei grossen gefäßchirurgischen Eingriffen Transfusionen nicht vermeiden (Schwartz, Belkin et al. 1996). Grosse Studien zeigten eine Korrelation des intraoperativen Blutverlustes bzw. der Gabe von Fremdbluttransfusionen mit einer höheren Operationsletalität (Crawford, Crawford et al. 1986; Cox, O'Hara et al. 1992; Schwartz, Belkin et al. 1996). Die Spannweite ist relativ breit, da bei langwierigen Verläufen mit Revisionseingriffen, septischen Verläufen oder anderen Komplikationen nicht nur der intraoperative Blutverlust, sondern auch der postoperative Blutbedarf hoch sein kann.

Bei den 58 Patienten, die offen am thorakoabdominellen Aortenersatz operiert wurden, wurden intraoperativ durchschnittlich 11 ± 4 EKs, 4 ± 2 TKs, 33 ± 13 FFPs und $7,3 \pm 4,7$ l Cell-Saver beim internen, dagegen 16 ± 11 EKs, 6 ± 4 TKs, 36 ± 23 FFPs und $7,4 \pm 5,4$ l Cell-Saver beim externen Shunt transfundiert.

Svensson gab in seiner Studie aus 1993 mit 1509 Patienten einen durchschnittlichen Bedarf von 7 EKs an, höher war jedoch der Bedarf für FFPs und TKs, die dort getrennt erfasst wurden: Durchschnittlich wurden 16 bzw. 20 Einheiten transfundiert, die Spannweite lag zwischen 0–132 Einheiten, bzw. 0 und 110 Einheiten (Svensson, Crawford et al. 1993). Kouchoukos verzeichnete einen Bedarf von neun EKs. Dabei registrierte er separat den intra- und postoperativen Blutbedarf und gab jeweils eine Messbreite von 0–13 bzw. 0–26 Einheiten an. Dies entspricht den Resultaten anderer grosser operativer Zentren (Svensson, Crawford et al. 1993; Coselli 1994; Schepens, Defauw et al. 1994; Kouchoukos, Daily et al. 1995). Schwartz zeigte bei 58 Patienten, die an einem thorakoabdominellen Aortenaneurysma operiert wurden einen EK-Bedarf von durchschnittlich 11 Einheiten (Spannweite 2–47 Einheiten). In der univariaten Analyse korrelierte ein geringerer Bluttransfusionsbedarf mit einem besseren Gesamtüberleben (Schwartz, Belkin et al. 1996).

Im vorliegenden Kollektiv fand sich kein signifikanter Unterschied im intraoperativen Transfusionsbedarf zwischen dem internen und dem externen Shuntverfahren.

Die Operationen an der thorakalen und der thorakoabdominellen Aorta bergen ein hohes Risiko für schwere Komplikationen. Insbesondere renale Funktionsstörungen bilden eine grosse Gruppe postoperativer Komplikationen vor allem beim thorakoabdominellen Aortenersatz.

Der Aortenabschnitt, aus dem die Nierenarterien entspringen, ist beim thorakoabdominellen Aortenaneurysma Crawford II, III und IV in das Aneurysma miteinbezogen. Die Gefäßwandveränderungen gehen daher fast immer auf die Renalarterien über und führen meist zu einer Einschränkung der Nierenfunktion. Die damit notwendige Rekonstruktion der Nierenarterienabgänge ist mit einer längeren Organischämie verbunden, auf die die Nieren besonders empfindlich reagieren. In fast allen Studien ist die präoperativ eingeschränkte Nierenfunktion der wichtigste unabhängige, prädiktive Faktor für postoperative Niereninsuffizienz (Svensson,

Crawford et al. 1993; Safi, Harlin et al. 1996; Kashyap, Cambria et al. 1997; Miller, Grimm, Safi et al. 2010).

In der vorliegenden Untersuchung hatten 44 von 58 Patienten (75,9%) eine annähernd normale Nierenfunktion mit präoperativen Cr-Werten $< 1,4$ mg/dl. Eine Niereninsuffizienz, definiert als erhöhte Cr-Konzentrationen von $1,4 - 2,0$ mg/dl, wiesen 11 Patienten (18,9%) auf. Nierenfunktionsstörungen mit Cr-Werten im Bereich von $2,0 - 2,5$ mg/dl hatten zwei Patienten (3,5%). Nur ein Patient zeigte eine präoperative Cr-Konzentration von $>3,0$ mg/dl. Insgesamt mussten 13 Patienten während ihres Klinikaufenthaltes dialysiert werden.

In anderen grossen Serien über thorakoabdominellen Aortenersatz werden bei unterschiedlichen Definitionen für Niereninsuffizienz Raten für renale Komplikationen zwischen 6,5% und 57% beschrieben. Dialysepflichtige Komplikationen traten zwischen 3 und 27% auf (Crawford, Crawford et al. 1986; Cox, O'Hara et al. 1992; Svensson, Crawford et al. 1993; Schepens, Defauw et al. 1994; Safi, Harlin et al. 1996; Kashyap, Cambria et al. 1997; Coselli, LeMaire et al. 2000).

In Anwendung strikter Kriterien aus dem renalen Dysfunktionsscore fanden wir heraus, dass die Hälfte der Patienten stabile Cr-Konzentrationen postoperativ aufwies, unabhängig von der Ausdehnung/Grösse des Aneurysmas oder der Aortenklemmzeit. Während des Klinikaufenthaltes hatten insgesamt 14 Patienten einen Cr-Anstieg von 50 % - 100 % des Ausgangswertes und sieben Patienten wiesen eine Verdopplung der Cr-Konzentration auf. Ein akutes Nierenversagen dagegen entwickelten insgesamt 14 Patienten, von denen 13 Patienten vorübergehend dialysiert werden mussten. Zwei Patienten mussten lebenslänglich dialysiert werden, drei Patienten, die eine Cr-Erhöhung von 50 % - 100 % des Ausgangswertes hatten und fünf Patienten, die eine Verdopplung der Cr-Konzentration hatten. Eine Cr-Konzentration von $3,0$ mg/dl wurde nicht überschritten. Es muss betont werden, dass moderate und ernste renale Defizite bei 30 % der Patienten präoperativ existierten und dass die fünf Patienten mit erhöhten Cr-Werten bei der Entlassung eine Niereninsuffizienz schon vor der Verfahrensanwendung hatten.

Vergleichen wir die Gesamtinzidenz postoperativ aufgetretener renaler Funktionsstörungen in Abhängigkeit der chirurgischen Shunttechnik, stellen wir fest, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Shunts besteht. Unter Einsatz des internen Shuntverfahrens traten bei 54 % der Patienten postoperativ renale Defizite auf. Davon hatten, während des Klinikaufenthaltes, vier Patienten Cr-Erhöhungen von 50 % - 100 % des Ausgangswertes. Ein Patient wies eine Verdopplung der Cr-Konzentration auf und insgesamt entwickelten zwei Patienten ein akutes Nierenversagen (ANV), von denen einer dialysiert werden musste. Bei der Entlassung zeigte unter der internen Shunttechnik nur ein Patient eine Verdopplung der Cr-Konzentration auf, keiner der Patienten blieb dauerhaft dialysepflichtig.

Unter Einsatz des externen Shuntverfahrens lag die Inzidenz renaler Funktionsstörungen bei 62 % insgesamt. Davon wiesen zehn Patienten Cr-Anstiege von 50 % - 100 % des Ausgangswertes, sechs Patienten zeigten eine Verdopplung der Cr-Konzentration und 12 Patienten entwickelten ein ANV, von denen alle während des Klinikaufenthaltes dialysiert werden mussten. Bei der Entlassung hatten unter dieser Shunttechnik drei Patienten erhöhte Cr-Werte von 50 % - 100 % des Ausgangswertes, vier Patienten wiesen eine Verdopplung der Cr-Konzentration auf und bei zwei Patienten, war die Notwendigkeit der Dialyse dauerhaft gegeben.

Diese Ergebnisse zeigen, dass eine selektive Perfusion der Nieren während TAAA-Operationen nicht nur einen protektiven Effekt auf die Nierenfunktion haben, sondern meistens eine dauerhafte Dialysepflichtigkeit auch bei präoperativer Nierenfunktionsstörung verhindern kann.

Die renale Protektion während TAAA-Operationen ist seit Jahrzehnten Gegenstand klinischer Forschung. Die Verbesserungen und Fortschritte dieser Technik konnten die Inzidenz postoperativer renaler Funktionsstörungen reduzieren. Im wesentlichen haben sich zwei Maßnahmen in der klinischen Nutzung bewährt, die kalte kristaloide und die warme Blutperfusion. Köksoy et al. verglichen prospektiv zwei Methoden zur selektiven renalen Perfusion, kalte kristaloide Perfusion vs. normotherme Blutperfusion. Sie konnten zeigen, dass die Inzidenz akuter renaler Funktionsstörungen in der Gruppe mit Blutperfusion signifikant höher war als in der

Vergleichsgruppe mit kalter kristalloider Perfusionslösung (Koksoy, LeMaire et al. 2002). Hassoun zeigte eine signifikante Reduktion der hospitalen Mortalität unter Anwendung der kalten Perfusionslösung (Hassoun, Miller et al. 2004). Jacobs beschäftigte sich ebenfalls mit dieser Thematik. Er führte nach Eröffnen der distalen Aorta auch eine Perfusion der Viszeral- und Nierenarterien bei 33 Patienten durch. Dabei verzeichnete er, dass die renale und viszerale Ischämiezeit, bei der Anwendung kontinuierlicher Perfusion während der Aortenklammerzeit, signifikant reduziert werden konnte. Zusätzlich beschrieb er, dass nicht nur ein suffizienter Volumenfluss, sondern auch ein adäquater Blutdruck essentiell in der Aufrechterhaltung der renalen Funktion ist (Jacobs, Eijman et al. 1998).

Nun stellt sich die Frage, wie kann die Nierenprotektion in Zukunft verbessert werden? Eine Lösung könnte eine Kühlung des perfundierten Blutes über die selektiven Katheter sein, wie von Köksoy et al. vorgeschlagen (Koksoy, LeMaire et al. 2002). Dies würde eine adäquate Gewebsoxygenierung und eine kalte Protektion verbinden (Idu MM, 2004). Zweite Möglichkeit wären Lösungen wie jene, die für die HTX verwendet werden, diese dürfen aber nicht in den Körperkreislauf gelangen. Als dritte Möglichkeit steht die präischämische Konditionierung und als vierte Möglichkeit irgendwie oxygeniertes Blut selektiv zu perfundieren.

Beim Auftreten akuter postoperativer Nierenfunktionsstörungen spielen verschiedene Einflussgrößen eine Rolle. Eine dieser Einflussgrößen ist das höhere Alter (Svensson, Crawford et al. 1993; Schepens, Defauw et al. 1994). Unsere Ergebnisse zeigen, dass insgesamt 33 Patienten postoperativ renale Funktionsstörungen aufwiesen. All diese Patienten waren älter als in der Vergleichsgruppe, in der keine renalen Defizite zu verzeichnen waren. Während das durchschnittliche Alter des Patientenkollektivs mit aufgetretenen renalen Funktionsdefiziten 68 Jahre betrug, war das durchschnittliche Alter der Patienten ohne renale Komplikationen 64 Jahre.

Das männliche Geschlecht war in beiden Patientengruppen häufiger vertreten wie das weibliche Geschlecht. Dies zeigten auch andere Untersuchungen (Svensson, Crawford et al. 1993; Safi, Harlin et al. 1996).

Ausserdem stellten wir fest, dass Patienten, die Begleiterkrankungen und erhöhte Retentionsparameter präoperativ aufwiesen, ebenfalls mehr renale Komplikationen postoperativ entwickelten als die Vergleichsgruppe. Unter den Patienten, die renale Funktionsstörungen aufwiesen, hatten fünf Patienten einen Diabetes mellitus, 14 Patienten eine KHK und sechs Patienten wiesen präoperativ erhöhte Cr-Konzentrationen von $>1,4$ mg/dl auf. Dieses zeigten auch andere Arbeiten (Svensson, Crawford et al. 1993; Safi, Harlin et al. 1996; Kashyap, Cambria et al. 1997). Offensichtlich sind KHK mit erhöhter renaler Insuffizienz im Outcome verknüpft, als Zeichen der generalisierten Arteriosklerose.

Die Anzahl der Patienten, die Eingriffe an den Nieren in der Anamnese und postoperativ renale Defizite aufwiesen, ist mit der anderen Gruppe vergleichbar. So hatten in beiden Gruppen jeweils zwei Patienten eine Nierenarterienendarterektomie. Eine bereits präoperativ vorhandene atrophische Niere bzw. eine vorherige Nephrektomie zeigten insgesamt drei Patienten, davon entwickelte einer postoperativ renale Komplikationen.

Vergleichen wir die Inzidenz renaler Funktionsstörungen zwischen den beiden Shunttechniken, so stellten wir fest, dass diese unter der externen Shunttechnik deutlich höher war. Insgesamt 28 von 45 unter dem Einsatz der externen Shuntmethode operierten Patienten entwickelten postoperativ Nierenfunktionsstörungen. Dies lässt sich dadurch erklären, dass der externe Shunt häufiger bei längerstreckigen Aortenersatz angewendet wird, als Zeichen der längeren Ausklemmdauer. Dagegen wiesen sieben von 13 Patienten, die unter dem internen Shunt operiert wurden, renale Komplikationen auf.

Verglichen mit der Einteilung nach Safi wiesen insbesondere die Patienten, die ein Aortenaneurysma-Typ II, III und IV hatten, postoperativ mehr Nierendefizite auf. Eine Erklärung dafür ist, dass bei diesen Aneurysmentypen die Nierenarterien in das Aneurysma miteinbezogen sind. Es besteht die Gefahr, dass dadurch die Perfusion der Nieren eingeschränkt wird.

Ebenso zeigten Patienten mit einer längeren totalen Aortenklemmzeit mehr renale Komplikationen auf. Die durchschnittliche Aortenklemmzeit betrug $86,9 \pm 45,1$ Minuten bei dem Patientenkollektiv, welches Nierenfunktionsstörungen aufwies. Dagegen war die Aortenklemmzeit bei der Vergleichsgruppe ohne renale Defizite deutlich kleiner und lag bei $59,9 \pm 25,5$ Minuten. Der Unterschied ist signifikant mit $p=0,02$. Crawford gab 1986 eine Messbreite von 12–134 Minuten bei thorakoabdominalem Aortenersatz an und konnte mit längerer aortaler Abklemmzeit eine höhere 30-Tage-Letalität und ein häufigeres Auftreten renaler Defizite verzeichnen (Crawford, Crawford et al. 1986).

Eine weitere Einflussgrösse für das Auftreten renaler Funktionsstörungen ist der Transfusionsbedarf. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Patienten die mehr Fremdblut bekamen (11 ± 8 EKs, 27 ± 16 FFPs, 3 ± 2 TKs und $8,1 \pm 5,4$ l Cell-Saver), postoperativ mehr renale Defizite aufwiesen. Vor allem der Transfusionsbedarf mit FFPs korreliert signifikant mit renalem Defizit ($p=0,02$). Dieses beschreiben auch andere Untersuchungen. Schwartz publizierte bei 58 am thorakoabdominalen Aortenaneurysma operierten Patienten einen EK-Bedarf von durchschnittlich 11 Einheiten (Spannweite 2–47 Einheiten) und errechnete in der univariaten Analyse eine Korrelation von geringerem Bluttransfusionsbedarf mit einem besseren Gesamtüberleben (Schwartz, Belkin et al. 1996).

Zusammenfassend ermöglichen die beiden Shunttechniken zeitweise die Perfusion von Viszeral-, Nieren-, Becken- und Beinarterien während der operativen Ausschaltung von weit proximalen thorakoabdominellen Aortenaneurysmen. Die zusätzliche selektive Perfusion mit Blut ist mit der Maschinentchnik (HLM, Linksherzbypass) gelöst, mit der Shunttechnik noch nicht. Diese Methoden sollten vor allem bei Typ II, III und IV thorakoabdominellen Aortenaneurysmen angewendet werden. Bei ihnen besteht das höchste Komplikationsrisiko einer Endorganischämie. Dennoch sind objektive vergleichende Studien notwendig, um die Vorteile dieser Methoden aufzuzeigen.

5 Zusammenfassung

Operationen an der thorakoabdominellen Aorta sind mit einer hohen Letalität und gehäuftem Auftreten renaler, kardiopulmonaler und neurologischer Defizite verbunden. Die Risiken der Operation sind weiterhin nicht nur durch den operativen Eingriff an sich, sondern auch durch die aus der Grunderkrankung resultierenden Komorbiditäten und Risikofaktoren bedingt. In der vorliegenden Studie wurden renale Protektionsverfahren bei Patienten (n=58) untersucht, die elektiv und offen an einem thorakoabdominellen Aortenaneurysma operiert wurden, unter Anwendung der Bi-Subclavia-links-Iliaca-externa temporären Shunt- und der internen temporären aorto-aortalen Shunt-Technik. Von den 58 durchgeführten Operationen wurden 13 Patienten unter Einsatz der internen Shuntmethode und 45 Patienten unter dem externen Shuntverfahren operiert. Intraoperativ wurde über beide Shunttechniken eine selektive Perfusion der beiden Nieren und des Darms durchgeführt. Postoperativ zeigten insgesamt 15 von 58 Patienten ein akutes Nierenversagen. Davon mussten 13 Patienten (22,4%) während ihres Klinikaufenthaltes temporär dialysiert werden, zwei Patienten (3,4%) dagegen blieben auch nach Entlassung dialysepflichtig. Beim Vergleich der Inzidenz renaler Funktionsstörungen zwischen den beiden Shunttechniken, zeigten sich folgende Unterschiede: Von den 13 Patienten, die unter dem internen Shuntverfahren operiert wurden, wiesen sieben Patienten postoperativ renale Funktionsstörungen auf. Davon entwickelten zwei Patienten ein ANV, wovon ein Patient (8%) temporär dialysiert werden musste. Dagegen hatten 28 von 45 Patienten (62%), bei denen die externe Shuntmethode angewendet wurde, renale Defizite postoperativ. Darunter waren 12 Patienten (27%), die ein ANV erlitten und dialysiert werden mussten. Zwei Patienten (4%) dagegen müssen sich nach der Entlassung weiterhin einer Dialyse unterziehen. Wird das Auftreten akuter postoperativer Nierenfunktionsstörungen in Verbindung mit verschiedenen Variablen verglichen, so fällt auf, dass von 58 Patienten 33 Nierenfunktionsstörungen entwickelten. Diese Patienten waren alle im Durchschnitt älter, hatten mehr Komorbiditäten (Diabetes mellitus, KHK), einen grösseren Aneurysmadurchmesser, präoperativ höhere Cr-Werte, längere Aortenklammzeiten sowie auch einen grösseren Transfusionsbedarf.

Fazit: Die angewendete Shunttechnik zur retroaortalen Perfusion in Kombination mit der selektiven Organperfusion ist eine gleichwertige Alternative zur maschinellen retrograden Aortenperfusion und selektiven Organperfusion (z.B. Biomedicuspumpe, Linksherzypass) im Bezug auf die renale Protektion.

Literaturverzeichnis

- Belcher, P. R., E. W. Muriithi, et al. (2000).** "Heparin, platelet aggregation, neutrophils, and cardiopulmonary bypass." Thromb Res **98**(4): 249-56.
- Bentall, H. and A. De Bono (1968).** "A technique for complete replacement of the ascending aorta." Thorax **23**(4): 338-9.
- Berchtold, R. (2006, 5.Auflage).** Chirurgie. S. 694-697.
- Black, S. A., J. H. Wolfe, et al. (2006).** "Complex thoracoabdominal aortic aneurysms: endovascular exclusion with visceral revascularization." J Vasc Surg **43**(6): 1081-9; discussion 1089.
- Borst, H. G., G. Walterbusch, et al. (1983).** "Extensive aortic replacement using "elephant trunk" prosthesis." Thorac Cardiovasc Surg **31**(1): 37-40.
- Brambs, H. (2001; 1. Auflage).** Interventionelle Kardiologie, Angiologie und Kardiovascularchirurgie. S. 61-72.
- Brücke, P., Gross, C., Hartl, P., et al (1985).** "Temporary extraanatomic subclavian-to-femoral bypass. An auxiliary method in the treatment of aneurysms of the descending thoracic aorta" Thorac Cardiovasc Surg **33**(4): 259-60.
- Burri, H., S. Dielbold-Berger, et al. (2002).** "Erdheim-Gsell cystic medial necrosis as a cause of giant aneurysm of the ascending aorta." Heart **87**(1): 22.
- Cambria, R. P., D. C. Brewster, et al. (2002).** "Evolving experience with thoracic aortic stent graft repair." J Vasc Surg **35**(6): 1129-36.
- Cooley, D. A. and M. E. De Bakey (1956).** "Resection of entire ascending aorta in fusiform aneurysm using cardiac bypass." J Am Med Assoc **162**(12): 1158-9.
- Cooley, D.A., Castro, B. E., Sisteron, A. (1957).** "Temporary substitute for cardiopulmonary function in heart and aortic surgery." Arch Inst Cardiol Mex **27**(6): 734-44.
- Coselli, J. S. (1994).** "Thoracoabdominal aortic aneurysms: experience with 372 patients." J Card Surg **9**(6): 638-47.
- Coselli, J. S., S. A. LeMaire, et al. (2000).** "Mortality and paraplegia after thoracoabdominal aortic aneurysm repair: a risk factor analysis." Ann Thorac Surg **69**(2): 409-14.
- Cox, G. S., P. J. O'Hara, et al. (1992).** "Thoracoabdominal aneurysm repair: a representative experience." J Vasc Surg **15**(5): 780-7; discussion 787-8.

- Crawford, E. S. and E. S. Cohen (1982).** "Aortic aneurysm: a multifocal disease. Presidential address." Arch Surg**117**(11): 1393-400.
- Crawford, E. S., J. L. Crawford, et al. (1986).** "Thoracoabdominal aortic aneurysms: preoperative and intraoperative factors determining immediate and long-term results of operations in 605 patients." J Vasc Surg **3**(3): 389-404.
- Crawford, E. S. and J. S. Schuessler (1980).** "Thoracoabdominal and abdominal aortic aneurysms involving celiac, superior mesenteric, and renal arteries." World J Surg**4**(6): 643-51.
- Crawford, E. S., D. M. Snyder, et al. (1978).** "Progress in treatment of thoracoabdominal and abdominal aortic aneurysms involving celiac, superior mesenteric, and renal arteries." Ann Surg**188**(3): 404-22.
- Dake, M. D., D. C. Miller, et al. (1994).** "Transluminal placement of endovascular stent-grafts for the treatment of descending thoracic aortic aneurysms." N Engl J Med**331**(26): 1729-34.
- David, T. E. and C. M. Feindel (1992).** "An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta." J Thorac Cardiovasc Surg**103**(4): 617-21; discussion 622.
- Davies RR, Goldstein LJ, Coady MA et al.(2002).** „Yearly rupture or dissection rates for Thoracic aortic aneurysms: simple prediction based on size”. Ann Thorac Surg**73**:17-27.
- De Bakey, M. E. and D. A. Cooley (1953).** "Successful resection of aneurysm of thoracic aorta and replacement by graft." J Am Med Assoc**152**(8): 673-6.
- De Bakey, M. E., D. A. Cooley, et al. (1958).** "Clinical application of a new flexible knitted dacron arterial substitute." Am Surg**24**(12): 862-9.
- De Bakey, M. E., E. S. Crawford, et al. (1957).** "Successful resection of fusiform aneurysm of aortic arch with replacement by homograft." Surg Gynecol Obstet**105**(6): 657-64.
- De Bakey, M.E., E. S. Crawford, et al. (1959).** "Surgical considerations of acquired diseases of the aorta and major peripheral arteries. I. Aortic aneurysms." Mod Concepts Cardiovasc Dis **28**: 557-61.
- De Bakey, M.E., E. S. Crawford, et al. (1959).** "Surgical considerations of acquired diseases of the aorta and major peripheral arteries. II. Dissecting aneurysms of the aorta." Mod Concepts Cardiovasc Dis **28**: 563-4.
- Dotter, C. T. (1969).** "Transluminally-placed coil spring endarterial tube grafts. Long-term patency in canine popliteal artery." Invest Radiol**4**(5): 329-32.

- Etheredge, S. N., J. Yee, et al. (1955).** "Successful resection of a large aneurysm of the upper abdominal aorta and replacement with homograft." Surgery **38**(6): 1071-81.
- Gibbon, J. H., Jr. (1954).** "Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery." Minn Med **37**(3): 171-85; passim.
- Griep, R. B., E. B. Stinson, et al. (1975).** "Prosthetic replacement of the aortic arch." J Thorac Cardiovasc Surg **70**(6): 1051-63.
- Hassoun, H. T., C. C. Miller, 3rd, et al. (2004).** "Cold visceral perfusion improves early survival in patients with acute renal failure after thoracoabdominal aortic aneurysm repair." J Vasc Surg **39**(3): 506-12.
- Herberer, G., Schlitter, JG., (1957).** "Regulation of blood pressure and blood vessels in surgery of aortic isthmus stenosis" J Thorac Cardiovasc Surg **5**(3): 225-231.
- Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA et al. (2010).**
ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM Guidelines for the diagnosis and management of patients with thoracic aortic disease. A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. J Am Coll Cardiol.; **55**:e27-e129.
- Jacobs, M. J., L. Eijsman, et al. (1998).** "Reduced renal failure following thoracoabdominal aortic aneurysm repair by selective perfusion." Eur J Cardiothorac Surg **14**(2): 201-5.
- Jacobs, M. J., S. A. Meylaerts, et al. (1999).** "Strategies to prevent neurologic deficit based on motor-evoked potentials in type I and II thoracoabdominal aortic aneurysm repair." J Vasc Surg **29**(1): 48-57; discussion 57-9.
- Jacobs MJ, Mommertz G, Koepfel TA et al. (2007).** "Surgical repair of thoracoabdominal aortic aneurysms." J Cardiovasc Surg Torino **48**:49-58.
- Kashyap, V. S., R. P. Cambria, et al. (1997).** "Renal failure after thoracoabdominal aortic surgery." J Vasc Surg **26**(6): 949-55; discussion 955-7.
- Kawahito, K., J. Mohara, et al. (1997).** "Platelet damage caused by the centrifugal pump: in vitro evaluation by measuring the release of alpha-granule packing proteins." Artif Organs **21**(10): 1105-9.
- Kenyon, J.R., Cooper, K. E. (1956).** "Control of hypotension following removal of aortic clamps." Lancet **270**(6922): 543-5.

- Koksoy, C., S. A. LeMaire, et al. (2002).** "Renal perfusion during thoracoabdominal aortic operations: cold crystalloid is superior to normothermic blood." Ann Thorac Surg**73**(3): 730-8.
- Kortmann, H. (2001a; 1. Auflage).**Pathologische Ursachen arterieller Aneurysmen. S. 215-223.
- Kortmann, H. (2001b; 1. Auflage).** Aneurysmen der thorakoabdominellen Aorta. S. 245-256.
- Kouchoukos, N. T. (1995; 1.Auflage).**Vascular surgery: Theory and practice. S. 577-604.
- Kouchoukos, N. T., B. B. Daily, et al. (1995).**"Hypothermic bypass and circulatory arrest for operations on the descending thoracic and thoracoabdominal aorta." Ann Thorac Surg**60**(1): 67-76; discussion 76-7.
- Kremer, K.et al. (1959).** „Surgical treatment of thoracic aneurysms.“ Zentralbl Chir. **84**: 1845-71.
- Kuniyoshi, Y., K. Koja, et al. (2004).** "Selective visceral perfusion during thoracoabdominal aortic aneurysm repair." Ann Thorac Cardiovasc Surg**10**(6): 367-72.
- Laschinger, J. C., Cunningham, J. N. Jr., Cooper, M. M., Baumann, F. G., Spencer, F. C. (1987).**"Monitoring of somatosensory evoked potentials during surgical procedures on the thoracoabdominal aorta. II. Use of somatosensory evoked potentials to assess adequacy of distal aortic bypass and perfusion after thoracic aortic cross-clamping." J Thorac Cardiovasc Surg **94**(2): 266-70.
- Lee, A. J., F. G. Fowkes, et al. (1997).** "Smoking, atherosclerosis and risk of abdominal aortic aneurysm." Eur Heart J**18**(4): 671-6.
- Leeds et al. (1957).**" The surgical pathology and treatment of saccular aneurysm of the thoracic aorta: report of an illustrative case." Surgery **41**(4): 654-68.
- Lemaire, S.A., Jones, M. M., Conklin, L. D., Carter, S. A., Criddell, M. D., Wang, X. L., Raskin, S. A., Coselli, J. S. (2009).**"Randomized comparison of cold blood and cold crystalloid renal perfusion for renal protecting during thoracoabdominal aortic aneurysm repair." J Vasc Surg **49**(1): 11-9; discussion 19.
- Miller, C.C. 3rd, Grimm, J. S., Estrera, A. L., Azizzadeh, A., Coogan., S. M., Walkes, J. S., Safi, H. J. (2010).**"Postoperative renal function preservation with nonischemic femoral arterial cannulation for thoracoabdominal aortic repair." J Vasc Surg **51**(1): 38-42.
- Parodi, J. C., J. C. Palmaz, et al. (1991).** "Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysms." Ann Vasc Surg**5**(6): 491-9.

- Rieger, H. (1994; 1. Auflage).** Pathophysiologie des arteriellen Aneurysmas. S. 92-96.
- Ring, W. S. (2000).** "Congenital Heart Surgery Nomenclature and Database Project: aortic aneurysm, sinus of Valsalva aneurysm, and aortic dissection." Ann Thorac Surg **69**(4 Suppl): S147-63.
- Rob, C.G., Vollmar, J. F. (1959).** „Surgery of the abdominal aorta.“ Ergeb Chir Orthop **42**: 269-654.
- Safi, H. J., S. A. Harlin, et al. (1996).** "Predictive factors for acute renal failure in thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm surgery." J Vasc Surg **24**(3): 338-44; discussion 344-5.
- Safi, H. J. and C. C. Miller, 3rd (1999).** "Spinal cord protection in descending thoracic and thoracoabdominal aortic repair." Ann Thorac Surg **67**(6): 1937-9; discussion 1953-8.
- Sagban, A., Grabitz, K, Balzer, K., Sandmann, W. (2008).** "Techniken der Shunt-unterstützten Operation bei thorako-abdominellen Aortenaneurysmen." Gefäßchirurgie 2009 DOI10.1007/s00772-009-0740-y
- Sandmann, W., Grabitz, K 1, Sagban, A. 1, Balzer, K. 1, Weis-Müller, Barbara T. 1, Kunze, Regina 2, Ohle, Barbara 2, Fürst, G 3 (Leitlinie).** "Leitlinie thorakoabdominelle Aortenaneurysmen." DGG in Revision 2011
- Schepens, M. A., J. J. Defauw, et al. (1994).** "Surgical treatment of thoracoabdominal aortic aneurysms by simple crossclamping. Risk factors and late results." J Thorac Cardiovasc Surg **107**(1): 134-42.
- Schwartz, L. B., M. Belkin, et al. (1996).** "Improvement in results of repair of type IV thoracoabdominal aortic aneurysms." J Vasc Surg **24**(1): 74-81.
- Sickard GA, J. R. (1995; 1. Auflage).** Thoracoabdominal aortic aneurysm. S. 873-886.
- Svensson, L. G., E. S. Crawford, et al. (1993).** "Experience with 1509 patients undergoing thoracoabdominal aortic operations." J Vasc Surg **17**(2): 357-68; discussion 368-70.
- Svensson, L. G., K. R. Hess, et al. (1991).** "A prospective study of respiratory failure after high-risk surgery on the thoracoabdominal aorta." J Vasc Surg **14**(3): 271-82.
- Takase, K., Y. Sawamura, et al. (2002).** "Demonstration of the artery of Adamkiewicz at multi-detector row helical CT." Radiology **223**(1): 39-45.
- Torsello, G., Sachs, M., Kniemeyer, H., Grabitz, K., Godehardt, E., Sandmann, W. (1990).** "Results of surgical treatment for atherosclerotic renovascular occlusive disease." Eur J Vasc Surg **4**(5): 477-82.

Wahba, A., G. Rothe, et al. (2001). "The influence of the duration of cardiopulmonary bypass on coagulation, fibrinolysis and platelet function." Thorac Cardiovasc Surg**49**(3): 153-6.

Williams, G. M., B. A. Perler, et al. (1991)."Angiographic localization of spinal cord blood supply and its relationship to postoperative paraplegia." J Vasc Surg**13**(1): 23-33; discussion 33-5.

Abb.: 1.1.1 Anatomie der Aorta:

http://www.google.de/imgres?start=419&sa=X&biw=1280&bih=671&tbm=isch&tbnid=AYZLYHFFMDIKkM%3A&imgrefurl=http%3A%2F%2Fpictures.doccheck.com%2Fde%2Fphotos%2F54911%2F10056%2Fblutversorgung-der-nieren%2F&docid=d-AUAbtHCZDQNM&imgurl=http%3A%2F%2Fdcdn.de%2Fpictures.doccheck.com%2Fphotos%2F%2F0%2Fe2faa175a7c2fb4_m.jpg&w=175&h=416&ei=RrzuUvvzHsHHtQbEvYHACA&zoom=1&iact=rc&dur=2551&page=16&ndsp=28&ved=0CD4QrQMwEziQAw
(Zugriffsdatum 02.02.2009).

Abb.: 1.2.1.1 Aneurysmaformen:

<http://www.onmeda.de/krankheiten/aneurysma-definition-1681-2.html>
(Zugriffsdatum 02.02.2009).

Abb.: 1.2.4.1 Aneurysma im R -Thorax:

<https://www.google.de/search?q=aneurysma+r%C3%B6ntgen&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=asz0UqjeGfnygO804LgDA&sqi=2&ved=0CDgQsAQ&biw=1028&bih=570>
(Zugriffsdatum 07.02.2009).

Abb.: 1.2.4.2 Aneurysma in der Sonographie:

<https://www.google.de/search?q=aneurysma+r%C3%B6ntgen&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=asz0UqjeGfnygO804LgDA&sqi=2&ved=0CDgQsAQ&biw=1028&bih=570>
(Zugriffsdatum 07.02.2009).

Abb.: 1.2.4.4 BAA im CT:

https://www.google.de/search?q=aortenaneurysma+bilder+ct&client=firefox-a&hs=OMQ&rls=org.mozilla:de:official&channel=sb&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=5b_0UuqaFYeCzAOx4oDoBw&ved=0CC4QsAQ&biw=1280&bih=671
(Zugriffsdatum 07.02.2009).

Anhang

Abkürzungen

Die im Text verwendeten Abkürzungen sind im folgenden alphabetisch aufgelistet:

- A.	Arteria
- Aa.	Arteriae
- Abb.	Abbildung
- abd.	abdominell
- ANV	akutes Nierenversagen
- Ao.	Aorta
- asc.	ascendens
- BAA	Bauchaortenaneurysma
- bzw.	beziehungsweise
- ca.	cirka
- cm	Zentimeter
- Cr	Creatinin
- CT	Computertomographie
- desc.	descendens
- dex.	dextra
- dl	Deziliter
- EEG	Elektroenzephalographie
- EF	Ejektionsfraktion
- EK	Erythrozytenkonzentrat
- EKZ	extrakorporale Zirkulation
- et al.	und andere
- FEV	Einsekundenkapazität
- FFP	Fresh Frozen Plasma
- ggf.	gegebenenfalls
- h	Stunde
- HLM	Herz-Lungen-Maschine
- inf.	Inferior
- KHK	koronare Herzkrankheit
- MEP	motorisch evotiierte Potentiale
- mg	Milligramm
- min.	Minute/-n
- mm	Millimeter
- MRT	Kernspintomographie
- n. Chr.	nach Christus
- o.g.	oben genannt
- prox.	proximal
- RDS	renaler Dysfunktionsscore
- Rö.	Röntgen
- SEP	somatosensorisch evotiierte Potentiale
- sin.	sinistra
- s.o.	siehe oben
- sup.	superior
- TAAA	thorakoabdominelles Aortenaneurysma

- Tab. Tabelle
- Th. thorakaler Wirbel
- thorakoabd. thorakoabdominell
- TK Thrombozytenkonzentrat
- ZNS zentrales Nervensystem
- vs versus

- °C Grad Celsius
- % Prozent
- () Literaturangaben

Danksagung

Diese Arbeit wurde in der Abteilung für Gefäßchirurgie und Nierentransplantation des Universitätsklinikums Düsseldorf im Zeitraum von Januar 2005 bis August 2008 erstellt.

Danken möchte ich in erster Linie Herrn Prof. Dr. Med. Dr. hc. W. Sandmann, Ärztlicher Direktor der Abteilung für Gefäßchirurgie und Nierentransplantation, für die Bereitstellung des Themas und die Begutachtung dieser Arbeit.

Weiterhin gilt mein Dank Herrn Dr. med. T.A. Sagban, Oberarzt in der Abteilung Gefäßchirurgie und Nierentransplantation, für die konkrete und sehrpräzise Unterstützung bei der Ausarbeitung der Daten. Ausserdem möchte ich mich für die Hilfe bei der Interpretation und Diskussion der Arbeit bedanken, für die die Erfahrung der Operateure unentbehrlich ist.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung Gefäßchirurgie und Nierentransplantation danke ich für ihre Unterstützung während der vergangenen drei Jahre.

Desweiteren danke ich den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung Anästhesie für die gute Zusammenarbeit.

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbstständig und ohne unzulässig fremde Hilfe erstellt worden ist und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.

Düsseldorf, den 23.05.2014

Amela Balicevac