Universitätsklinik Ulm
Radiologische Klinik und Poliklinik
der Universitätsklinik Ulm
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. H.-J. Brambs

# Thromboembolische Komplikationen nach Implantation von endovaskulären Aortenprothesen

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

vorgelegt von
Christian Wisianowsky
aus Berlin
Ulm 2001

Amtierender Dekan: Prof. Dr. R. Marre
1. Berichterstatter: PD Dr. med. R. Tomczak
2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. F. Liewald
Tag der Promotion: 26.04.2002

*Joshua, Nataśa und meinen Eltern*

# Inhaltsverzeichnis

**1. Einleitung** **1**
1.1 Einführung 1
1.2 „ Klassische“ chirurgische Therapie 2
1.3 Endovaskuläre Aortenprothetik 3
1.4 Ziel der Studie 4
**2. Patientengut und Methodik** **5**
2.1 Patienten 5
2.2 Prothesenimplantation 6
2.2.1 Technik der Prothesenimplantation 6
2.2.2 Beschaffenheit der Endoprothesen 7
2.2.3 Auswahl der Prothese 8
2.3 Nachsorgeuntersuchungen 10
2.3.1 Drei-Phasen-Spiral-CT 11
2.3.2 Weitere nachsorgende Methoden 13
2.3.2.1 Farbkodierte Duplexsonographie 13
2.3.2.2 Digitale Substraktionsangiographie 14
2.3.2.3 Magnetresonanztomographie 16
2.4 Auswertung 18
**3. Ergebnisse** **19**
3.1. Häufigkeit von Infarkten 19
3.2 Die Erkenntnisse im Einzelnen 20
3.2.1 Infarkte bei thorakalen Prothesen 20
3.2.2 Niereninfarkte 22
3.2.2.1 Nierenfunktion bei Patienten mit Niereninfarkten 29
3.2.3 Mesenterialinfarzierung 30
3.2.4 Thrombembolien und Prothesentyp 32
3.2.5 Follow-up 32

**4. Diskussion** _____ **33**

**5. Zusammenfassung** _____ **36**

**6. Literatur** _____ **37**

**7. Danksagung** _____ **44**

# Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| **A.** | Arteria |
| Aa. | Arteriae |
| **Abb.** | Abbildung |
| BAA | Bauchaortenaneurysma |
| cm | Zentimeter |
| CT | Computertomographie |
| DSA | Diditale Subtraktionsangiographie |
| F | French (1 French= 0,3 Millimeter) |
| FATSAT | Fettabsättigung |
| FLASH | Fast low angle shot sequence |
| FISP | Fast imaging with steady precession |
| GD-DTPA | Gadolinium-Diäthylentriaminpentatacetat |
| GRE | Gradientenecho-Sequenz |
| I.E. | Internationale Einheit |
| inf. | inferior |
| i.v. | intravenös |
| med. | medialis |
| mes. | mesenterica |
| mg | Milligramm |
| ml | Milliliter |
| MR | Magnetresonanz |
| MRA | Magnetresonanzangiographie |
| MRT | Magnetresonanztomographie |
| ms | Millisekunde |
| n | Anzahl |
| rT-PA | Gewebeplasminogenaktivator |

| | |
|---|---|
| sek. | Sekunde |
| sacr. | sacralis |
| SD | Schichtdicke |
| Tab. | Tabelle |
| TE | Echozeit |
| TR | Repititionszeit |
| T1 | Spin-Gitter-Relaxationszeit (gewebespezifisch) |
| T2 | Spin-Spin-Relaxationszeit (gewebespezifisch) |
| 3D | Dreidimensional |

# 1. Einleitung

## 1.1 Einführung

Die zunehmende Lebenserwartung in der Bundesrepublik geht einher mit einem Ansteigen klassischer Altererkrankungen. Dazu gehören auch degenerative Gefäßerkrankungen wie das Aortenaneurysma. Nach sonographischen Untersuchungen existieren allein in Deutschland infrarenal Aortenaneurysmen mit einem Durchmesser von über 5 cm von ca. 85.000 (21). Die Prävalenz des asymptomatischen Bauchaortenaneurysmas wird in der Literatur mit 1 – 3% aller über 65-jährigen angegeben (13, 45). Diese Erweiterung der Hauptschlagader ist mit zwei Gefahren verbunden: zum einen kann es durch Thrombenbildung im Aneurysmasack zu peripheren Embolien kommen, zum anderen existiert ein größenabhängiges Rupturrisiko (20). Bei infrarenalen Aneurysmen mit einem Durchmesser von über 5 cm wird innerhalb von 5 Jahren nach Diagnosestellung eine Rupturgefahr von 25 – 41% angegeben (27, 31, 39, 51). Statistisch versterben ca. die Hälfte der Patienten mit asymptomatischem Aortenaneurysma letztendlich an der Ruptur (6, 15, 20, 45).

Bei Erkrankungen der thorakalen Aorta muß zwischen Dissektion, frischer Ruptur und arteriosklerotischem Aneurysma unterschieden werden. Als Grenzwert für ein therapiepflichtiges thorakales Aortenaneurysma wird eine Schwelle von 6 cm definiert (5, 8, 10, 11, 36). Frische Rupturen sind akut lebensbedrohend und werden übereinstimmend immer als Therapieindikation angesehen (8). Anders gelagert ist der Fall bei der Typ-B-Dissektion nach DeBakey (49), die

mittelfristig nach Überstehen der Akutphase ohne Komplikationen eine günstige Prognose hat, ist der Zeitpunkt der Therapie umstritten. Während einige Autoren nur ein Eingreifen bei eintretenden Problemen befürworten, vertreten andere Autoren (16,18) eine frühzeitige Intervention, um langfristigen Komplikationen wie aneurysmatische Erweiterung, vorzubeugen.

## 1.2 „ Klassische“ chirurgische Therapie

Standardtherapie von operativpflichtigen Aortenerkrankungen ist der Ersatz des erkrankten Gefäßsegments durch die chirurgische Implantation einer Kunststoffprothese über einen transabdominellen, retroperitonealen oder thorakalen Zugang (8, 9, 10, 49, 51). Nur in seltenen Fällen – z.B. bei der Ruptur der jugendlichen thorakalen Aorta ist eine Direktnaht möglich (49, 51).

Hauptproblem der klassischen Aneurysmachirurgie ist die Invasivität des Verfahrens der häufig älteren und gesundheitlich eingeschränkten Patienten mit einer in der Literatur (18, 28, 29, 38, 43, 44) angegebenen durchschnittlichen Mortalität von ca. 5%, während bei rupturierten Aortenaneurysmen die Mortalität zwischen 47%-54% liegt (6, 28, 29). Zum anderen sind im Langzeitverlauf aneurysmatische Erweiterungen der Anastomosen zu beobachten, so daß nach ca. 10 – 15 Jahren bei 15 – 25% der Patienten nach Angaben von Vollmar (49) operative Rezidiveingriffe erforderlich sind.

## 1.3 Endovaskuläre Aortenprothetik

Bei den Arbeiten von Volodos und Parodi (40, 41 , 42, 50) besteht die Möglichkeit, aneurysmatische Erweiterungen von Gefäßen auch endovaskulär minimal-invasiv mit Hilfe ummantelter Stent-Prothesen auszuschalten. Vorteil des Verfahrens ist die geringe Invasivität, da zu dem Eingriff lediglich ein kleiner Eingriff in den Leistenarterien erforderlich ist. Zum Teil werden die Prothesen auch rein perkutan ohne operativen Zugang zur Femoralarterie implantiert. Dazu kommt insbesondere bei thorakalen Eingriffen die fehlende Klemmzeit und die größtmögliche Schonung von Intercostalarterien, so daß sich das Querschnittsrisiko im Vergleich zum offenen konventionellen Vorgang erheblich reduzieren lässt (5, 9, 22, 24). Wegen der geringen Belastung ist dieses Verfahren insbesondere für den schwerkranken Patienten geeignet. Zudem lassen sich Krankenhausdauer und Aufenthalt auf Intensivstation auf ein Minimum reduzieren.

Nachteilig ist das Ausstehen von Langzeitergebnissen, so daß ein fairer Vergleich mit den konventionellen offenen Verfahren noch nicht durchgeführt werden kann. Zum anderen zeichnet sich ab, daß die endovaskuläre Aortenprothetik mit einer relativ hohen Rate an periprozedualen Komplikationen verbunden ist (1, 2, 7, 34, 37). Zum anderen ist aus verschiedenen Gründen eine häufige, patientenbelastende und auch teure Nachsorge mit bildgebenden Verfahren zum Ausschluß von langfristigen Komplikationen erforderlich.

## 1.4 Ziel der Studie

Die vorliegende Arbeit greift aus der Vielzahl an möglichen Komplikationen einen speziellen Schwerpunkt heraus: Sie beschäftigt sich mit der Häufigkeit, den Risikofaktoren, der Lokalisation von thromboembolischen Komplikationen nach Einbringung einer endovaskulären Aortenprothetik. Besonderer Schwerpunkt gilt den klinischen Folgen solcher thromboembolischen Komplikationen im Follow-up.

# 2. Patientengut und Methodik

## 2.1 Patienten

Zwischen Oktober 1995 und April 2000 wurden insgesamt 174 Patienten (21 Frauen, 153 Männer) im Alter zwischen 26 und 90 Jahren (Mittelwert 71,4 Jahre) aufgrund von Aortenerkrankungen in der Universitätsklinik Ulm endovaskulär therapiert. Die Indikationen umfaßten traumatische Pseudoaneurysmen (n=24), Typ B-Dissektionen der thorakalen Aorta (n=7) oder arteriosklerotische Aneurysmen (n=143). Die Lokalisation der Aneurysmen war thorakal (n=38) oder infrarenal (n=136).

Es wurde ein Vielzahl unterschiedlicher Stenttypen verwendet: Vanguard-Grafts (Boston Scientific, Hilden, Deutschland) in 34 Patienten, Corvita-Grafts (Corvita Europe, Brüssel, Belgien) in 11 Patienten, Talent-Grafts (Hosmed, Oberhaching-München, Deutschland) in 63 Patienten, Gore-Grafts (W.L. Gore, Putzbrunn, Deutschland) in 53 Patienten, eine Cook-Endoprothese (Cook, Haan, Deutschland) in 6 Patienten, eine Baxter-Prothese (Baxter, Unterschleißheim, Deutschland) in 2 Patienten und AneuRX-Stentgrafts (Medtronic, Düsseldorf, Deutschland) in 4 Patienten.
Rohrprothesen wurden bei 42 Patienten verwendet (38 mit thorakalen Aneurysmen oder mit Typ B-Dissektionen sowie bei 4 infrarenalen Aneurysmata).

## 2.2 Prothesenimplantation

### 2.2.1 Technik der Prothesenimplantation

Der Eingriff wurde gemeinsam von Gefäßchirurgen und Radiologen im OP-Saal durchgeführt. Dabei wurde ein Siremobil 2000 (Siemens, Erlangen, Deutschland) zur radiologischen Durchleuchtungskontrolle verwendet.

Ungeachtet der unterschiedlichen Stentimplantationstechniken im Detail, ist das Verfahren im wesentlichen bei allen Prothesentypen identisch: Über einen chirurgisch freigelegten Zugang in der Leistenarterie wird der Prothesenhauptteil über einen steifen Führungsdraht in die Aorta vorgeschoben, wobei der Durchmesser des Einführungsbesteckes bis zu 26 French betragen kann. Nach Entfaltung des Prothesenhauptteils wird kontralateral im Falle einer Y-Prothese die Prothesenöffnung sondiert und der zweite dünnlumigere Prothesenschenkel ebenfalls über die Femoralarterie eingebracht. Anschließend erfolgt eine Nachdilatation um Leckagen zu vermeiden. Allen Patienten wird zur Thromboseprophylaxe nach Freilegung der Leistenarterie 5000 I.E. Heparin intravenös verabreicht. Prinzipiell besteht kein Unterschied zwischen der Implantation von Rohr- oder Y-Prothesen.

Nach der Implantation erfolgt eine Übersichtsaortographie zur Bestätigung der korrekten Lage, der Ausschaltung des Aneurysmas und der erhaltenen Perfusion der Nieren bzw. der thorakalen Gefäße. Danach werden Führungsdrähte, Schleusen etc. entfernt und die Femoralarterien chirurgisch verschlossen. Im Anschluß daran erfolgt je nach Verfassung des Patienten die Verlegung auf Normal- oder Intensivstation.

### 2.2.2 Beschaffenheit der Endoprothesen

Die Endoprothese besteht aus einem stützenden Metallgitter, das von einer Kunststoffmembran zum Abdichten umgeben ist. Dieser Mantel kann aus Polyesther (Dacron) oder Polytetrafluoroethylen (Goretex) bestehen. Die Membran kann sich an der Innen- oder Außenseite der Metallprothese befinden. Diese Endoprothesen sind als Rohr- bzw. Bifurkationsprothesen verfügbar, dabei wird die Bifurkationsprothese bei der Implantation aus 2 verschiedenen Modulen zusammengesetzt: dem aortoiliacalen Hauptteil und davon abgesetzten kontralateralen iliacalen Schenkel, beide Teile werden wie beschrieben im Körper des Patienten zusammengesetzt. Einige Systeme haben am cranialen oder distalen Anteil noch nicht ummantelte Maschen (z.B. Talent), die dem besseren Fixieren der Prothesenenden dienen. Diese nicht ummantelten Stentanteile können auch Abgänge wesentlicher Arterien wie z.B. der Nierenarterien überragen, ohne daß es zur Perfusionseinschränkung kommt. Weitere Prothesen haben an der Außenseite kleinere Metallhäkchen, die ebenfalls der besseren Verankerung der Endoprothese in der Hauptschlagader dienen.

### 2.2.3 Auswahl der Prothese

Alle Prothesentypen sind in bestimmten fest definierten Standardgrößen erhältlich, die den individuellen Gegebenheiten des Patienten angepaßt werden müssen. Dabei erfolgt die Darstellung der anatomischen Gegebenheiten des Aortenaneurysmas in der Regel mit dem Spiral-CT, das eine exakte Bestimmung der Länge des Aneurysmas, des Durchmessers, der Länge des proximalen distalen Aneurysmas, des Durchmessers der A. iliaca communis sowie Lokalisation und Abgang der Nierenarterie wiedergeben. Auch der Durchmesser der Femoralarterien ist von Bedeutung, da über diese die relativ dicklumigen Schleusensysteme eingebracht werden müssen. Die korrekte anatomische Messung ist eine wesentliche Voraussetzung für die Selektion von Patienten, die zur endovaskulären Therapie geeignet sind. Die anatomischen Meßpunkte sind in Abb. 1 schematisch wiedergegeben. Abb. 2 zeigt die computer-tomographische Umsetzung.

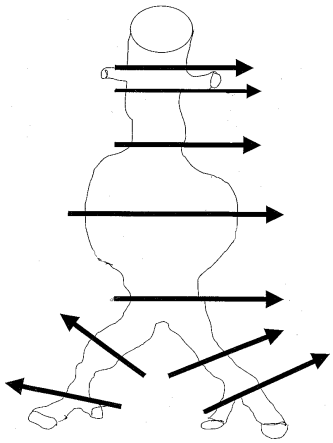


**Abb. 1**: Schemazeichnung eines 3-D-Modells mit Standardmesspunkten zur präoperativen Stentplanung.




**Abb 2**: Multiplanare Rekonstruktion einer präoperativen CT zur Prothesenausmessung.

Die exakte Ausmessung der Prothese erfolgt anhand eines präoperativen Spiral-CT, das in identischer Form bei der Nachsorge eingesetzt wird (siehe Kapitel 2.3.1.). Die anfängliche Größenausmessung anhand einer klassischen Angiographie hat sich aufgrund eines hohen Ungenauigkeitsfaktors nicht bewährt und wurde deshalb wieder verlassen.

Ein fehlender infrarenaler Hals, ein extremes Kinking des Aneurysmas, ein zu kleiner Durchmesser der Femoralarterien stellen eine Kontraindikation für das endovaskuläre Verfahren dar.

## 2.3 Nachsorgeuntersuchungen

Als Goldstandard zur Nachsorgeuntersuchung wurde die 3-phasige Spiral-CT-Untersuchung implementiert. Hauptziel der Nachuntersuchung ist die Belegung einer erfolgreichen endovaskulären Aneurysmaausschaltung, die nur dann vorliegt, wenn keinerlei Leckagen durch Seitäste oder Perigraft-Leaks zu erkennen sind. Zusätzlicher Vorteil des Verfahrens ist die Erkennung auch asymptomatisch ablaufender Komplikationen wie z.B. ablaufenden Thromboembolien.

### 2.3.1 Drei-Phasen-Spiral-CT

Es wurde ein 3-Phasen-Spiral-CT von Thorax und Abdomen prä-, postoperativ (innerhalb der ersten Woche) sowie später alle 3 – 6 Monate durchgeführt. Die Untersuchung erfolgte an einem CT Twin (Marconi, Cleveland, U.S.A.) oder bzw. an einem MX 8000 (Marconi, Cleveland, U.S.A.). Zuerst wurden Nativ-Sequenzen mit einer effektiven Schichtdicke von 8,8 mm, einem Pitch-Faktor von 1,5 und einem Schichtrekonstruktionsabstand (Increment) von 10 mm angefertigt. Anschließend erfolgte eine zweite Datenerfassung (Schichtdicke 5,5 mm, Pitch-Faktor 1, Increment 2,5 mm) unter intravenöser Applikation von Kontrastmittel. Mittels einer Druckspritze wurden 120 – 150 ml nicht-ionisches Kontrastmittel (Solutrast 300; Byk Gulden, Konstanz, Deutschland) mit einer konstanten Flußrate von 3 ml/sek. über eine Cubitalvene verabreicht. Die Startverzögerung zwischen Injektionsbeginn und Datenaquisition beträgt 45 Sekunden. Zusätzliche Spätaufnahmen (Schichtdicke 5,5 mm, Increment 2,5 mm, Pitch-Faktor 1,5) zur Identifikation sich nur spät manifestierender Leckagen wurden nach 100 sek. durchgeführt.

Die transversalen Schichtaufnahmen wurden z.T. durch verschiedene Rekonstruktionsverfahren in 2- oder 3-dimensionaler Darstellung sowie zu CT-Angiogrammen verwendet (maximum intensity projection, multiplanare Rekonstruktion und Oberflächendarstellung). Ein Beispiel einer 3D-Rekonstruktion zeigt Abb. 3a und b.

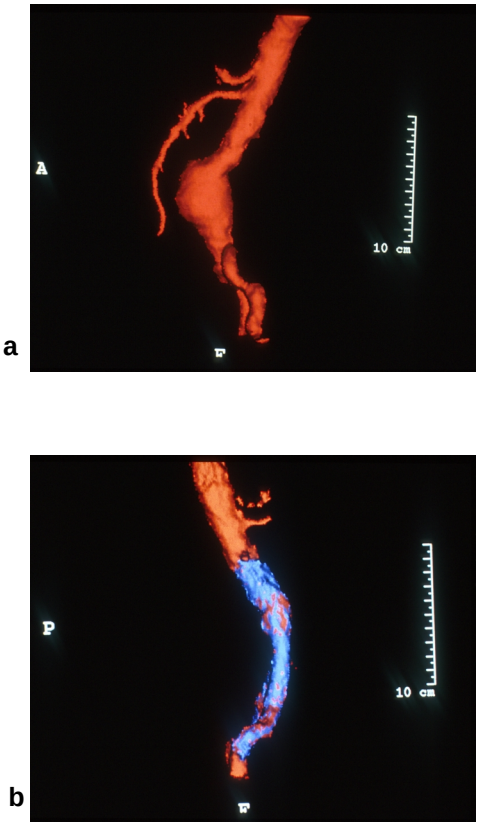



**Abb. 3a, b:** 3D-Darstellung eines infrarenalen BAA vor (a) und nach (b) Implantation einer Bifurkationsprothese

Diese Spiral-CT-Untersuchung war der Gold-Standard beim Nachweis von Thromboembolien, wobei im Vergleich zwischen prä- und erster postoperativer CT-Untersuchung Perfusionsausfälle in den Parenchymorganen als Beleg für ein thromboembolisches Ereignis gewertet wurden. Dabei wurden Perfusionsdefekte infolge von Überstenten von Nierenpolgefäßen aufgrund der unterschiedlichen Genese von vornherein ausgeschlossen. Zusätzlich wurde als Folge einer Thromboembolie gewertet, wenn operativ z.B. ein Mesenterialinfarkt gesichert wurde.

### 2.3.2 Weitere nachsorgende Methoden

#### 2.3.2.1 Farbkodierte Duplexsonographie

Protokollgemäß wurden bei allen Patienten mit infrarenaler Ausschaltung eines Aortenaneurysmas farbcodierte Duplexsonographien mit dem Lodgik 500 Ultraschallgerät (Kranzbühler, Solingen, Deutschland) angeschlossen, durchgeführt durch den zuständigen Gefäßchirurgen (Abb. 4).

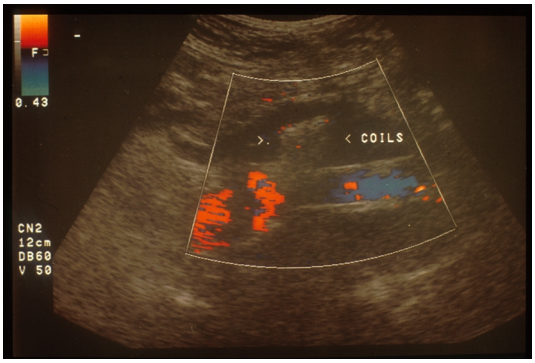
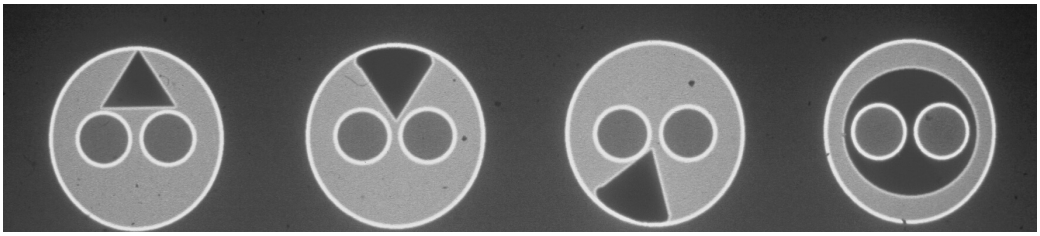



**Abb. 4:** Farbkodiertes Dopplersonogramm bei Zustand nach Coilembolisation ohne Nachweis eines Endoleaks.

### 2.3.2.2 Digitale Subtraktionsangiographie

Die ersten 40 endovaskulär therapierten Patienten erhielten zusätzlich zur CT eine klassische intraarterielle Angiographie der Abdomen- und Beckenregion mittels DSA-Technik in unterschiedlichen Projektionen gemäß des Ursprungsprotokolls. Dabei wurde eine 2-phasige abdominelle Übersichtsaortographie mit einem 5-F-Pigtail-Katheter in Höhe der Nierenarterien angefertigt. Die applizierte Kontrastmittelmenge betrug 30 ml bei einer Injektionsgeschwindigkeit von 15 ml/sek.. Langphasenaufnahmen sollten dabei Spätleckagen ausschließen. Ggf. wurde eine selektive Angiographie mit einem 5-F-Kobra- oder –Sidewinder-Katheter (Boston Scientific, Hilden, Deutschland) angeschlossen, um Leckagen an den Prothesenenden oder Seitastleckagen aus der A. mesenterica inferior oder aus beiden inneren Beckengefäßen auszuschließen (Abb. 5). Die Darstellung z.B. der A. iliaca interna erfolgte durch manuelle Injektion von 10 ml Kontrastmittel, bei der Darstellung der A. mesenterica superior wurden 25 ml Kontrastmittel mit einer Flußrate von 5 – 6 ml/sek. mit Hilfe der Injektionspumpe appliziert. Falls die selektive Katheterdarstellung der kontralateralen A. iliaca interna durch ein Cross-over-Manöver nicht möglich war, wurden die Patienten am Folgetag einer zweiten Angiographie von der kontralateralen Seite aus unterzogen.



**1** **2** **3** **4**

**Abb. 5**: CT-Klassikation von Leckagen :**1** Perigraft-Leak; **2** Endoleak II, A. mes. inf.; **3** Endoleak III, A. sacr. med., Aa. lumbales; **4** Stentruptur, kombinierter Typ

Aufgrund des Strahlenschutzes und der geringen diagnostischen Ausbeute bei unauffälligem Kontroll-CT wurde im weiteren Verlauf auf die routinemäßige DSA verzichtet.

### 2.3.2.3 Magnetresonanztomographie

Desweiteren wurde insbesondere bei thorakalen Aortenprothesen eine MRT-Nachsorge angeschlossen. Die Untersuchung erfolgte dabei orientierend mit TRUE-FISP-Sequenzen in transversaler und coronarer Schnittführung. Zudem wurden T1-gewichtete Nativ- und Gd-DTPA-gestützte Sequenzen zum Ausschluß von Leckagen durchgeführt (Abb. 6a). Eine doppelphasige kontrastmittelgestützte MR-Angiographie (Abb. 6b) erfolgte in üblicher Technik, um einen optimalen angiographischen Eindruck zu vermitteln, verwendete Parameter siehe Tabelle 1.

**Tab.1:** Parameter der kernspintomographischen Sequenzen bei Aortenuntersuchung.

| Sequenz | TR (ms) | TE (ms) | Ebene | Besonderheit |
|---|---|---|---|---|
| TRUE-FISP GRE-T2 | 3,8 | 1,9 | coronar transversal | Flip-Winkel 55° |
| GRE-T1 Nativ | 140,6 | 4,0 | transversal | FATSAT Flip-Winkel 70° |
| GRE-T1 GD-DTPA | 140,6 | 4,0 | transversal | FATSAT Flip-Winkel 70° |
| FLASH-3D-MRA | 3,64 | 1,32 | coronarer 3D-Block | effektive SD 1,5 mm |

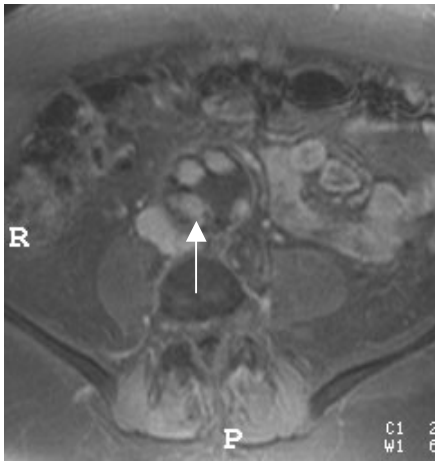



**Abb. 6a:** Transversale T1-gewichtete Sequenz nach i.v. Gd-DTPA-Applikation. Nachweis eines Endoleaks dorsal im Aneurysmasack (weißer Pfeil).




**Abb. 6b:** MR-Angiographie der Bauchaorta nach Implantation einer Talentprothese.

Ungeachtet der ergänzenden bildgebenden Diagnostik wurde die CT-Untersuchung als Gold-Standard angesehen.

## 2.4 Auswertung

Die Auswertung des ersten postoperativen CTs erfolgte im Rahmen dieser retrospektiven Studie zum Ausschluß von Infarkten, wobei im Vergleich zum prä-operativen CT neu aufgetretene Defektzonen in den parenchymatösen Organen als Hinweise für verfahrensbedingte Infarzierungen gewertet wurden. Patienten mit Nierenpolarterien im CT und/oder Angiographie, die zur Ausschaltung des Aneurysmas bewußt überstentet wurden, fanden in der Studie keine Berücksichtigung.
Da es sich bei der vorliegenden Studie um eine Kasuistik handelt wurde bei der geringeren Zahl der untersuchten Fälle auf eine Auswertung mit statistischen Tests verzichtet. Die angegebenen Prozentzahlen der Teilkollektive im Ergebnisteil beziehen sich alle auf das Gesamtkollektiv der untersuchten Patienten, n=174 entspricht 100%.

# 3. Ergebnisse

## 3.1. Häufigkeit von Infarkten

Von 174 Patienten hatten 14 Patienten (8,0 %) Organinfarkte sowie ein Patient eine transitorische mesenteriale Ischämie (0,7%)
Die Häufigkeit und die Lokalisation der Infarkte war unterschiedlich in Abhängigkeit von dem Ort, an dem die Prothese implantiert werden sollte.
Bei den 38 thorakalen Prothesen traten lediglich 2 Infarkte in der Milz auf (5,3%), siehe Abb. 7a bis c.
Bei den infrarenalen Aortenprothesen (n=136) waren 12 Niereninfarkte (8,8%), siehe Abb. 8a bis h, Abb. 10a und b, 1 Mesenterialinfarkt (0,7%) sowie eine transitorische mesenteriale Ischämie (0,7%), siehe Abb. 11a und b, nachzuweisen.

## 3.2 Die Erkenntnisse im Einzelnen

### 3.2.1 Infarkte bei thorakalen Prothesen

Es fällt auf, daß bei der Implantation thorakaler Aortenprothesen lediglich 2 Milzinfarkte (5,3 %) zu beobachten waren (Abb. 7a bis c). Im Gegensatz zu den infrarenalen Aortenprothesen waren hier weder Niereninfarkte noch Mesenterialinfarkte nachzuweisen. Ebenfalls klinisch auszuschließen waren Infarkte im Stromgebiet der Aa. carotes bzw. Vertebralarterien, die beim Vorschieben des rigiden Einführungsbesteckes und beim Entfalten der Aortenprothese in Höhe des Aortenbogens theoretisch ebenfalls hätten auftreten können. Ein Apoplex als Folge einer prozedural induzierten Embolie war in keinem Fall in unserem Patientengut nachzuweisen.

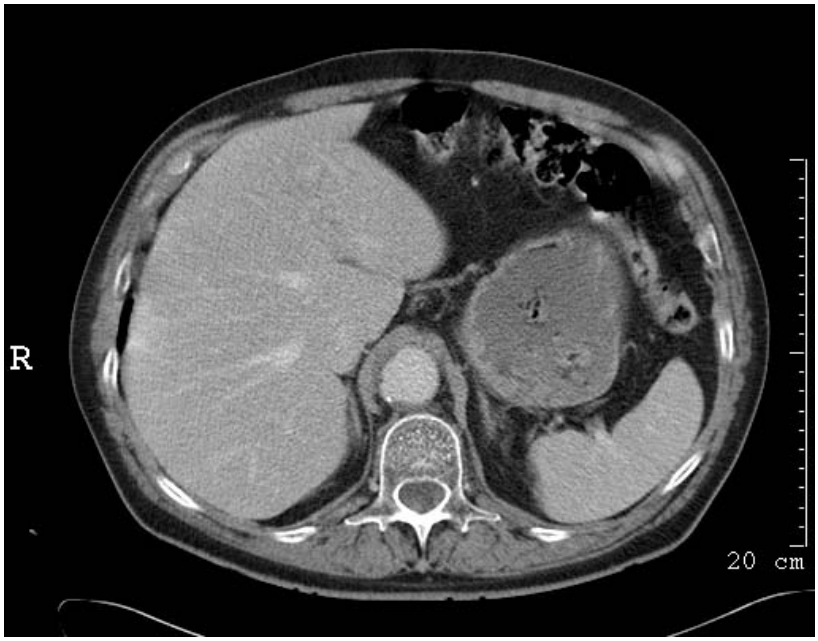



Abb. 7a Präoperatives CT vor Implantation einer thorakalen Endoprothese bei TAA (nicht mit abgebildet).

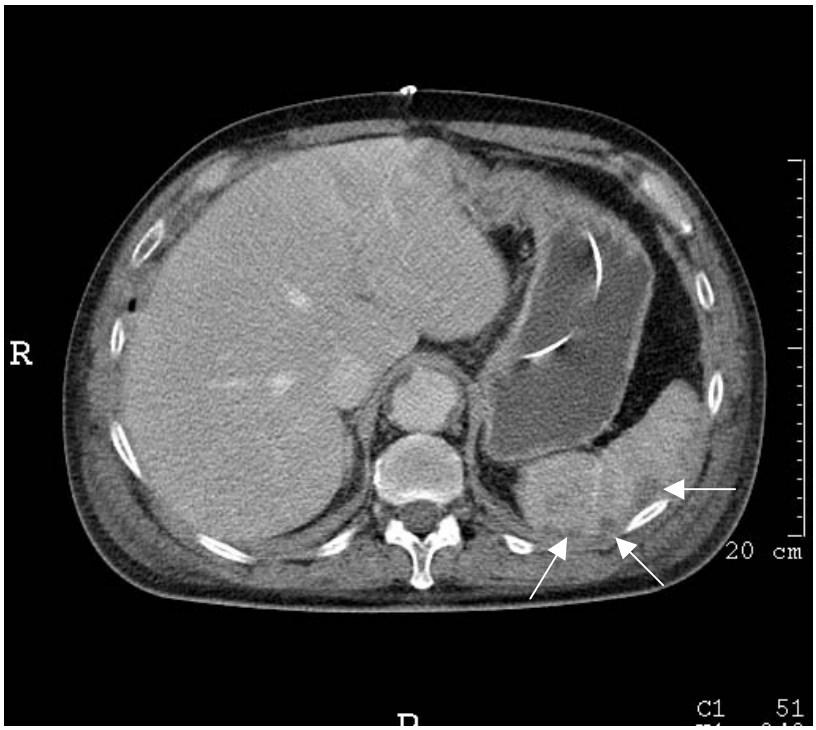



**Abb. 7b:** Derselbe Patient wie in Abb. 8a in der ersten postoperativen CT-Kontrolle. Nachweis multipler Milzinfarkte (weiße Pfeile).

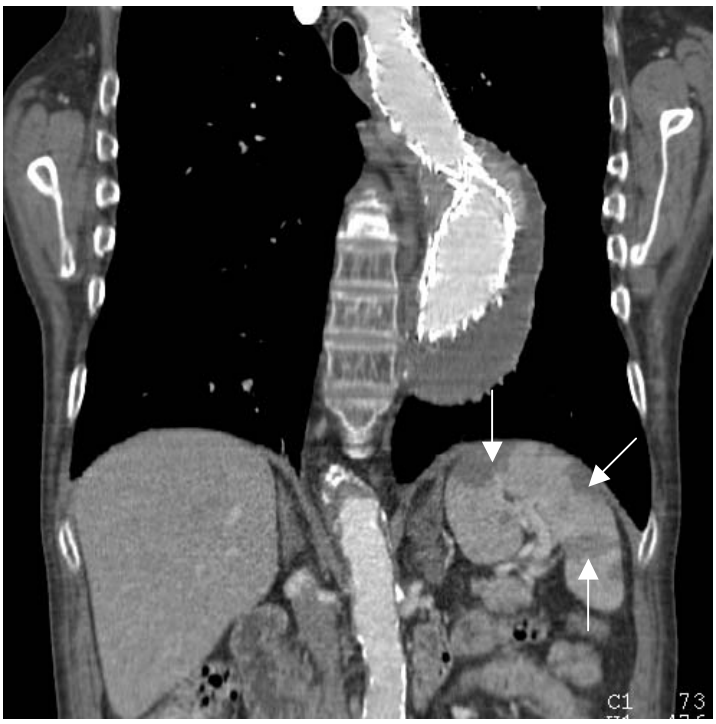



**Abb. 7c:** MPR desselben Patienten nach thorakaler Prothesenimplantation. Milzinfarkte markiert durch weiße Pfeile.

### 3.2.2 Niereninfarkte

Die Häufigkeit an Niereninfarkten bei den infrarenalen Aortenprothesen lag bei 8,8 %. Milzinfarkte waren in keinem Fall zu beobachten, obwohl das dicke Schleusensystem durchaus oberhalb des Truncus coeliacus primär vorgeschoben wird. Trotzdem waren hier computertomographisch keine Embolien auffällig.

Mit Ausnahme eines Verschlusses der Nierenhauptarterie ließen sich alle anderen Niereninfarkte nur als kleine Perfusionsdefekte als Folge einer Thromboembolie im Vergleich zum präoperativen CT als Infarktzonen ausmachen. Die verschlossene Nierenhauptarterie konnte durch die sofortige lokoregionäre Katheterlyse mit 20 mg rT-PA innerhalb 1 Stunde wiedereröffnet werden. Das Kontroll-CT 1 Woche später ergab einen ca. 50 %igen Niereninfarkt. Mittlerweile wurde eine erneute CT-Kontrolle 1 Jahr nach dem Angriff angeschlossen, die eine vollständig normale Reperfusion der rechten Nierenarterie und des Nierenparenchyms belegt (Abb. 8a bis h).

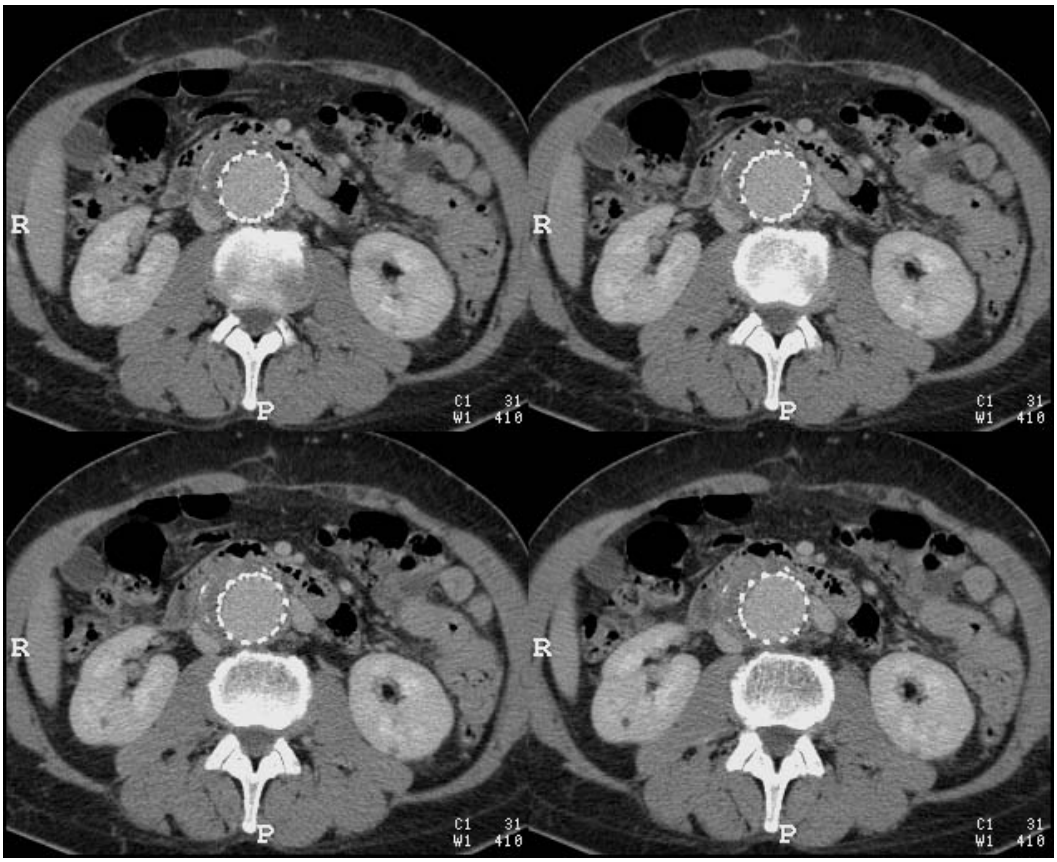



**Abb. 8a:** Patient mit infrarenal implantierter Talent-Prothese. Leichte Perfusionsdekte des rechten Nierenparenchyms.

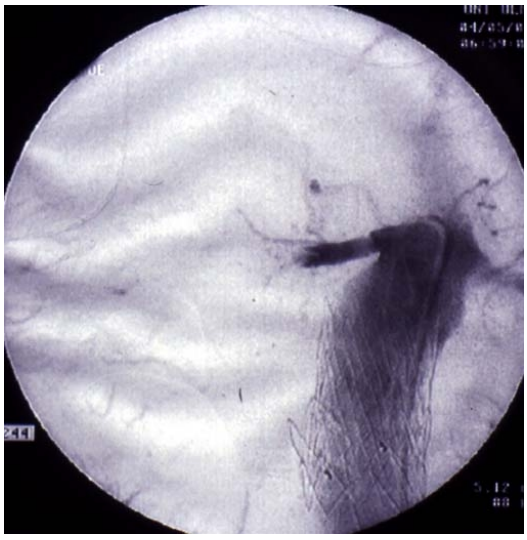


**Abb. 8b:** Thromboembolischer Verschluß der rechten Nierenarterie. DSA wurde unmittelbar im Anschluß an obiges CT durchgeführt.



**Abb. 8c:** Kontroll-DSA nach einer Stunde nach rT-PA-Lyse der rechten Nierenarterie.

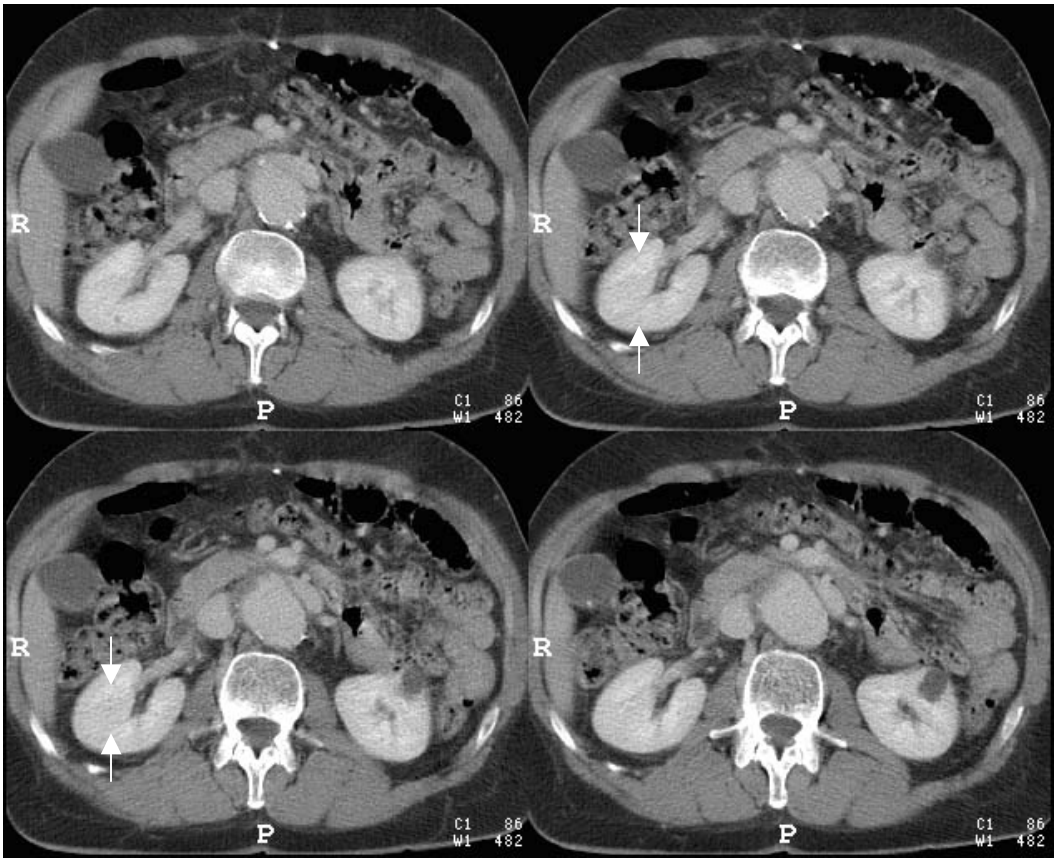



**Abb. 8d:** KontrollCT einen Tag nach Lyse der rechten Nierenerterie. Im Parenchym der rechten Niere demarkiert sich ein Infarkt (weiße Pfeile).

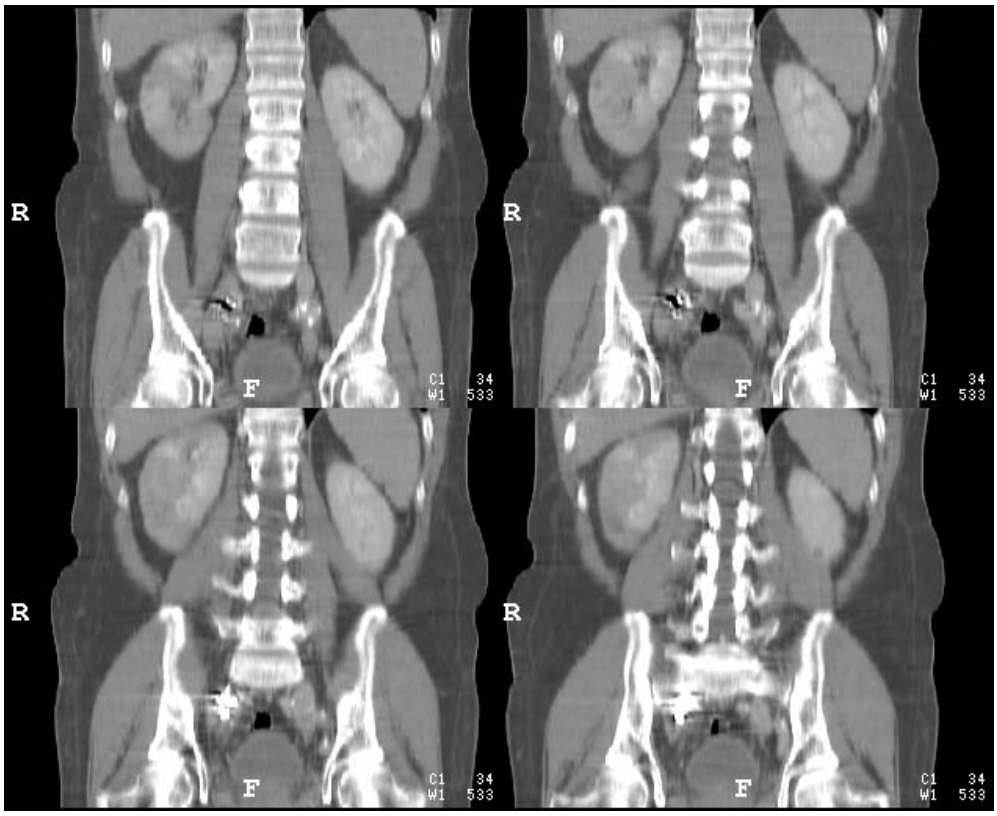



**Abb. 8e:** MPR des CT wie in Abb. 9d mit ausgedehntem Infarkt der rechten Niere.

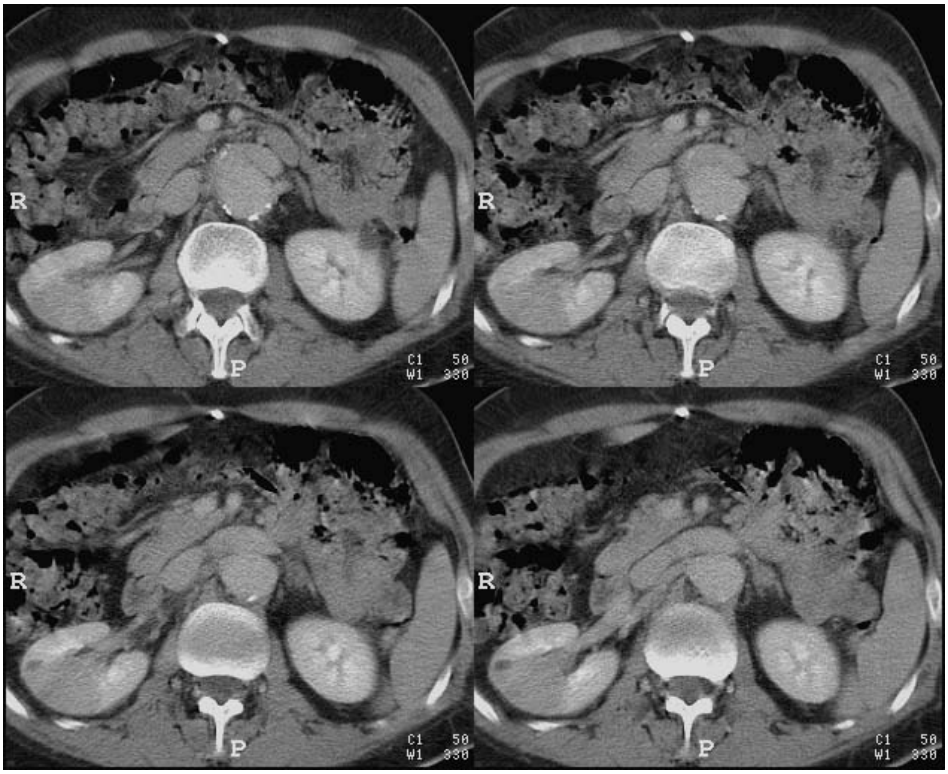



**Abb. 8f:** CT-Kontrolle nach drei Monaten mit unveränderter Infarktausdehnung.



**Abb. 8g:** 3D-MIP des in Abb. 9f gezeigten CT. Deutlicher Perfusionsausfall der rechten Niere (weiße Pfeile).

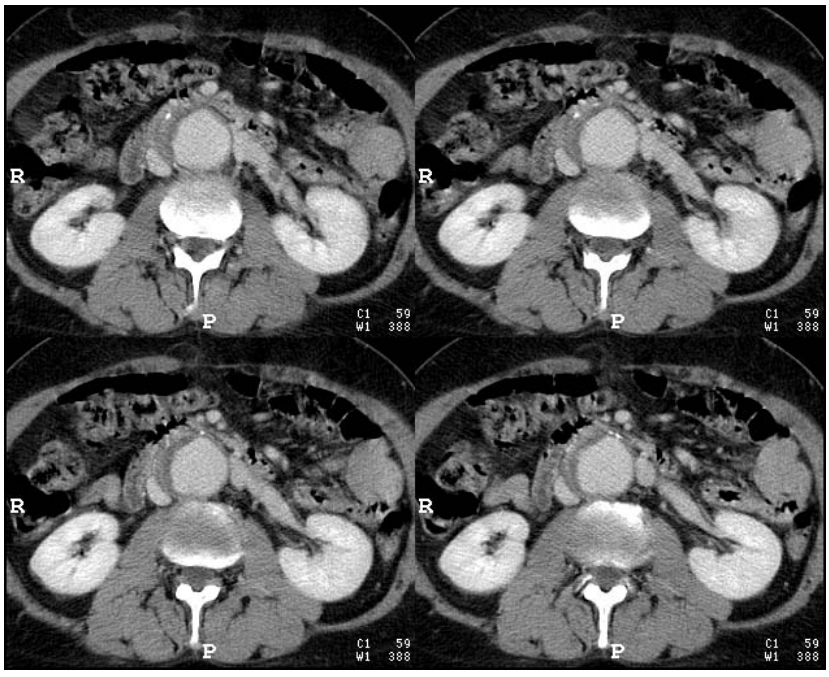



**Abb. 8h:** CT-Kontrolle ein Jahr nach Lysetherapie mit nahezu vollständig wiederhergestellter Perfusion der ehemaligen infarzierten Areale.

Morphologisch zeigte 1 Patient multiple Defekte im Nierenparenchym als Folge mehrerer Mikroembolien (Abb. 10a und b). Auch die anderen Infarkte machen morphologisch ein embolisches Geschehen wahrscheinlich.

Von den 12 nachweisbaren Defekten fand sich in 6 Fällen eine vollständige oder teilweise Überstentung der Nierenarterien mit den nicht-ummantelten Drahtenden der Prothese, den sogenannten „bare-springs“ (Abb. 9). Die verbleibenden 6 Fälle zeigten keinerlei Abdeckung der Nierenarterien durch das Stentmaterial. Zwar läßt sich anhand dieser Daten eine Häufung von Niereninfarkten bei Häkchenüberlagerung der arteriellen Gefäße im Verhältnis von 8,8% im Vergleich zu 5,2% finden. Dieses Ergebnis ist statistisch jedoch nicht signifikant.

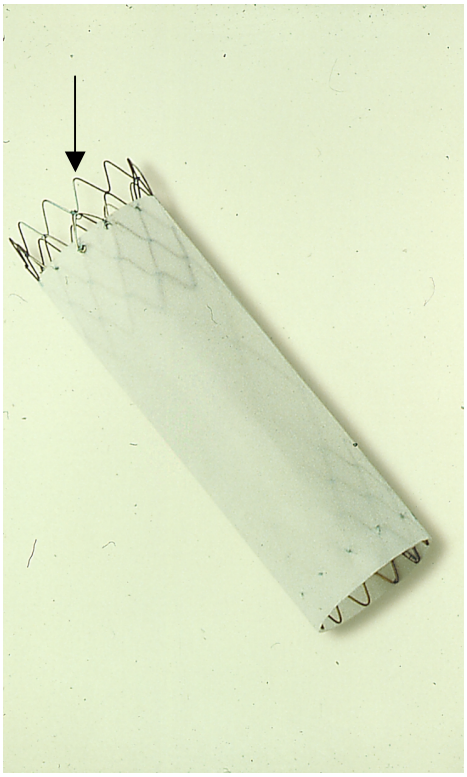


**Abb. 9:** Gore-Rohrprothese mit kleinen nicht -ummantelten Prothesenanteilen, den sogenannten „bare-springs“ (Pfeil).




**Abb. 10a:** Präoperatives CT einer Patientin mit infrarenalem BAA vor Stentimplantation. Unauffälliges KM-Enhancement des Nierenparenchyms rechts.




**Abb. 10b:** Postoperatives CT derselben Patientin mit jetzt neu aufgetretenen multiplen kleineren Perfusionsdefekten des rechten Nierenparenchyms im Sinne von Mikroembolien.

#### 3.2.2.1 Nierenfunktion bei Patienten mit Niereninfarkten

Bei allen Patienten mit Niereninfarkten zeigten sich die Laborwerte Kreatinin und Harnstoff als Parameter der Ausscheidungsfunktion postoperativ komplett unverändert und innerhalb der Norm. Eine einzige Patientin war bereits präoperativ kompensiert niereninsuffizient bekannt. Auch in diesem Fall waren die Retentionswerte postoperativ konstant und kein Ansteig zu verzeichnen.

Theoretisch hätte ein angestiegener Nierenfunktionswert auch Folge der Kontrastmittelapplikation sein können, da Kontrastmittel bekanntermaßen zu einem Streß und zur Verschlechterung der Funktionsparameter führen kann. Da dies ungeachtet der Nierenteilinfarkte nicht der Fall war, ist die Kompensationsreserve der Niere immer noch als intakt zu werten.

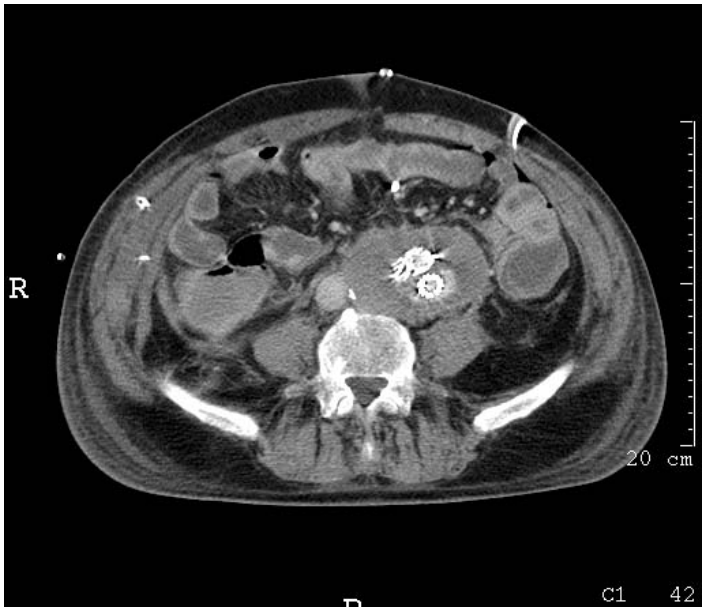
### 3.2.3 Mesenterialinfarzierung

In zwei Fällen zeigten sich mesenteriale Ischämien. Ein Patient wurde klinisch apparent mit Bauchschmerzen 2 Tage nach der Implantation. Der Mesenterialinfarkt wurde innerhalb der ersten 2 Tage post operationem klinisch auffällig, so daß die Laparotomie allein aufgrund des klinischen Bildes und des erhöhten Laktatspielgels erfolgte. In diesem Falle wurde zwischen Prothesenimplantation und Second look-Operation keine Computertomographie durchgeführt. Der Patient erhielt eine linksseitige Hemicolektomie mit Anus praeter, der mittlerweile (Follow-up 1,5 Jahre) längst zurückverlagert ist. Der Patient ist klinisch in einem guten Zustand.

Der zweite Patient zeigte bei der ersten klinischen Kontrolle in der CT Zeichen einer mesenterialen Ischämie mit entzündlicher Darmwandwandverdickung bei nur diffuser Beschwerdesymptomatik (Abb. 11a und b). Eine angiographische Kontrolle wurde unmittelbar angefügt, in der sich ein Mesenterialinfarkt nicht nachwiesen ließ. Unter weiterer Antikoagulationstherapie wurden die abdominellen Beschwerden, so dass in diesem Fall nur eine transitorische Form einer Mesenterialischämie vorlag. Nach einigen Tagen war der Patient beschwerdefrei.

Obwohl beide A. iliaca interna bei der Stentimplantation offen gelassen wurden, muß aufgrund der kurzen zeitlichen Beziehung zur Prothesenimplantation trotzdem eine verfahrensbedingte Embolie als Ursache des Mesenterialinfarktes im ersten oben geschilderten Fall angenommen werden.

a




b




**Abb. 11a, b:** Patient mit diffuser abdomineller Schmerzsymptomatik nach Implantation einer infrarenalen Aortenprothese. Deutliche Verdickungen der bevorzugt jejunalen Darmschlingen als Ausdruck einer transitorischen mesenterialen Ischämie.

### 3.2.4 Thrombembolien und Prothesentyp

Im Falle der postoperativen Milzinfarkte wurden 2 mal Gore-Prothesen verwendet.
Bei dem Patienten mit Mesenterialinfarkt kam ein Talent-Typ zum Einsatz, während bei dem Patienten, der lediglich eine transitorische Ischämie des Dünndarms aufwies, eine Talent-Prothese verwendet wurde.
Niereninfarkte waren bei Talent- (n=9) und Vanguard- (n=3) Prothesen zu beobachten.
Signifikante Korrelation zur Verwendung unterschiedlichen Prothesenmaterials konnte anhand der oben genannten Verteilung nicht erarbeitet werden.

### 3.2.5 Follow-up

Bei einem Follow-up von durchschnittlich 11 Monaten (Beobachtungszeitraum von 2 zu 29 Monaten) sind alle Patienten noch am Leben. Der Patient mit Mesenterialinfarkt ist ebenfalls in guter Allgemeinverfassung und seit Rückverlegung des Anus praeters komplett beschwerdefrei. In keinem Fall hat eine funktionelle Verschlechterung, insbesondere der Retentionswerte, stattgefunden.

# 4. Diskussion

Ungeachtet der hohen Attraktivität der endovaskulären Stenttherapie von Aortenaneurysmen als minimal-invasiver Eingriff ist dieses Verfahren mit einer bemerkenswerten Zahl an posttherapeutischen Komplikationen verbunden. Neben Leckagen, Wundinfektionen, Schenkelverschlüssen werden auch Einzelfälle von Thromboembolien beschrieben. Eine Arbeitsgruppe aus Dortmund (26) berichtet über eine fatal verlaufende Cholesterinembolisation nach Prothesenimplantation. Weitere Arbeitsgruppen (3, 4, 12, 33, 35) berichten über Niereninfarkte, Mesenterialinfarkte etc. Da die relativ dicklumige Prothese über die häufig gewundene Beckenarterie nur mit einem relativ großen Krauftaufwand vorzuschieben ist, kann dies mit einer Mobilisierung von thrombotischem Material aus dem Aneurysmasack oder des proximalen Gefäßhalses verbunden sein (30). Da bei unserer Technik beide Femoralarterien operativ freigelegt und abgeklemmt werde, ist eine Embolisation nach caudal nur in die A. iliaca interna möglich. Was jedoch an unserem Kollektiv auffällt ist, daß die meisten Thromboembolien sich in Gefäßarealen zeigen, die sich unmittelbar oberhalb der Schleuse befinden, so daß davon auszugehen ist, daß thrombotisches Material mobilisiert und in unmittelbar daran angrenzende Gefäße abgeschwemmt wird. Nur so ist zu erklären, daß relativ häufig kleinere Niereninfarkte, aber nur in 2 Fällen ein erkennbarer Mesenterialinfarkt bzw. eine transitorische mesenteriale Ischämie stattgefunden haben.

In einem Fall führte die Thromboembolie zu einem kompletten Verschluß der rechten Nierenarterie. Da der Befund bei der Kontrollangiographie nach Prothesenimplantation während des Verfahrens auffiel, konnte eine sofortige Lysebehandlung mit 20 mg rT-PA zu einer weitgehenden Rekanalisation der rechten Niere mit begrenztem Parenchymverlust erfolgen. Die eigenen Erfahrungen zeigen, daß im frischen Stadium eine intraarterielle Fibrinolyse berechtigte Aussicht auf eine erfolgreiche Rekanalisation besitzt. Ungünstiger ist der Fall, wenn arteriosklerotische Plaques oder eine Cholesterinembolisation vorliegt. In diesem Fall kann eine intraarterielle Fibrinolyse naturgemäß keine Verbesserung erzielen.

In den Prothesentypen mit und ohne bare-springs waren keine wesentlichen Unterschiede bezüglich der Infarkthäufigkeit in den Nieren nachzuweisen. In beiden Fällen kann man am ehesten davon ausgehen, daß die Nierenteilinfarkte embolischer Genese waren. Wie die Arbeit von Duda et al. (14) ergeben hat, hat das Überdecken des Nierenarterienabgangs mit bare-springs keinen ungünstigen Einfluß auf die Nierendurchblutung. Auch Erfahrungen aus der interventionellen Kardiologie haben gezeigt, daß eine Überstentung koronarer Seitäste keine relevante Beeinträchtigung des Blutflusses in diesen hevorgerufen haben (17, 25).

Auswirkungen der nachgewiesenen Niereninfarkte auf die Nierenfunktion waren weder in unserem Kollektiv noch in der Literatur zu erkennen (14, 32, 33).

Die Arbeiten von Thompson (47, 48) und anderen Autoren (35, 40) haben ergeben, daß Mikroembolisationen sowohl beim offenen wie

beim endovaskulären Vorgehen ein relativ häufiges Ereignis sind. Da bei unserer Technik die A. femoralis communis freigelegt und unmittelbar in Höhe der Femoralisgabel abgeklemmt wird, ist die Verschleppung von Embolien in die Gefäßperipherie nicht möglich. Es ist wahrscheinlich, daß solche Embolien in das offene, reichlich vaskularisierte Stromgebiet der A. iliaca interna verschleppt werden, die klinisch meist inapparent verlaufen. Diese Region wurde von uns nicht systematisch untersucht, so daß die tatsächliche Embolierate wahrscheinlich deutlich über der von uns herausgefundenen Zahl liegen dürfte. Wenn rein perkutan implantierbare Prothesentypen zur Verfügung stehen sollten (von der Fa. Cordis werden 12-F-Systeme seit einigen Monaten angekündigt) sind die Femoralarterien jedoch nicht abgeklemmt und eine Verschleppung nach peripher kann eine relevante Komplikation darstellen.

Anders ist die Situation bei den thorakalen Aortenprothesen. Auch hier traten die Komplikationen in Höhe des relativ dicklumigen Schleusenendes auf. Beide Milzinfarkte wurden nach Gore-Implantaten beobachtet. Vermutlich wurden mit der verwendeteten 24-French-Schleuse Thromben oder Plaques an der Gefäßwand abgehebelt, die in die Milzarterie embolisierten.

In unserem Kollektiv traten keine cerebrovaskulären Komplikationen auf. Da das zum Teil rigide Prothesenbesteck bei der Versorgung der häufig unmittelbar der A. subclavia anfangenden thorakalen Aortenaneurysmata bis in die Krümmung des Aortenbogens vorgeschoben werden muß, ist eine thromboembolische Komplikation mit konsekutivem neurologischen Defizit eine zumindest theoretisch denkbare Komplikation (12, 23, 46).

# 5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden mögliche thromboembolische Komplikationen nach endovaskulärer Prothetik aortaler Aneurysmen retrospektiv eruiert.

Bei 174 untersuchten Patienten zeigten sich 15 Patienten mit Infarkten, davon 12 Niereninfarkte, 2 Milzinfarkte, 1 Mesenterialinfarkt und eine transitorische mesenteriale Ischämie.

Die Thromboembolie nach endovaskulärer Prothetik von Aortenaneurysmen ist somit eine auf das Gesamtkollektiv bezogene seltene, aber zum Teil relevante Komplikation des Verfahrens mit potentiell letalem Ausgang z.B. in Fällen nicht oder zu spät erkannter Mesenterialinfarkte. Im Einzelfall mag eine sofortige Lysebehandlung zu einer kompletten Restitutio ad integrum führen. Klinische Zeichen auf eine Mesenterialischämie, insbesondere ein erhöhter Laktatspiegel, erfordern den sofortigen chirurgischen Eingriff.

Schlussfolgernd sind trotz der insgesamt auf das Gesamtkollektiv bezogenen geringen Zahl der thrombembolischen Komplikationen diese in die präoperativen Überlegungen zur Entscheidung über eine endovaskuläre Therapie von Aortenaneurysmen einzubeziehen und nicht zu vernachlässigen, da diese wie im Beispiel des Mesenterialinfarkts eine vitale Bedrohung der behandelten Patienten hervorrufen können. Auch in der präoperativen Aufklärung des Patienten müssen diese möglichen Komplikationen berücksichtigt und dem Patienten ausführlich erklärt werden.

# 6. Literatur

1. Blum U, Voshage G, Beyersdorf F, Tollner D, Spillner G, Morgenroth Nagel G, Schlensack C, Langer M: Two center German experience with aortic endografting. J.Endovasc.Surg. 4: 137-46 (1997 a)
2. Blum U, Voshage G, Lammer J, Beyersdorf F, Töllner D, Kretschmer G, Spillner G, Polterauer P, Nagel G, Hölzbein T, Thurnher S, Langer M: Endoluminal stent-grafts for infrarenal abdominal aortic aneurysms. N.Engl.J.Med. 336: 13-20 (1997 b)
3. Blum U, Langer M, Spillner G, Mialhe C, Beyersdorf F, Buitrago TC, Voshage G, Duber C, Schlosser V, Cragg AH: Abdominal aortic aneurysms: preliminary technical and clinical results with transfemoral placement of endovascular self-expanding stent-grafts. Radiology 198: 25-31 (1996 a)
4. Blum U, Langer M, Spillner G, Beyersdorf F, Buitrago TC, Voshage G, Weinbeck M, Schlosser V, Ehmer M, Cragg A: Die endoluminale Therapie des infrarenalen Bauchaortenaneurysmas - ein neues interventionelles Verfahren. Rofo.Fortschr.Geb.Rontgenstr.Neuen.Bildgeb.Verfahr. 164: 47-54 (1996 b)
5. CartesZumelzu F, Lammer J, Kretschmer G, Grabenwoger M, Thurnher S: Endovascular repair of thoracic aortic aneurysms. Semin.Interv.Cardiol. 5: 53-7 (2000)
6. Choksy SA, Wilmink AB, Quick CR: Ruptured abdominal aortic aneurysm in the Huntingdon district: a 10-year experience. Ann.R.Coll.Surg.Engl. 81: 27-31 (1999)
7. Chuter TA, Wendt G, Hopkinson BR, Scott RA, Risberg B, Walker

PJ, White G: Transfemoral insertion of a bifurcated endovascular graft for aortic aneurysm repair: the first 22 patients. Cardiovasc.Surg. 3: 121-8 (1995)

8. Coady MA, Rizzo JA, Elefteriades JA: Developing surgical intervention criteria for thoracic aortic aneurysms. Cardiol.Clin. 17: 827-39 (1999 a)
9. Coady MA, Rizzo JA, Hammond GL, Kopf GS, Elefteriades JA: Surgical intervention criteria for thoracic aortic aneurysms: a study of growth rates and complications. Ann.Thorac.Surg. 67:1922-6 (1999 b)
10. Coady MA, Rizzo, JA, Hammond GL, Mandapati D, Darr U, Kopf GS, Elefteriades JA: What is the appropiate size criterion for resection of thoracic aortic aneuryms? J.Thorac.Cardiovasc.Surg. 113: 476-91 (1997)
11. Cooley DA: The history of surgery of the thoracic aorta. Cardiol.Clin. 17: 609-13 (1999)
12. Dake MD, Miller DC, Semba CP, Mitchell RS, Walker PJ, Liddell RP: Transluminal placement of endovascular stent-grafts for the treatment of discending thoracic aortic aneurysms. N.Engl.J.Med. 331: 1729-34 (1994)
13. Dock W, Turkof E, Maier A, Metz V, Puig S, Mittelbock M, Eibenberger K, Lechner G, Polterauer P: Prävalenz des abdominellen Aortenaneurysmas: Eine sonographische Screeningstudie. Rofo.Fortschr.Geb.Rontgenstr.Neuen.Bildgeb.Verfahr. 168: 356-60 (1998)
14. Duda SH, Raygrotzki S, Wiskirchen J, Khalighi K, Schott U, Bares R, Ziemer G, Claussen CD: Abdominal aortic aneurysms :

Treatment with juxtarenal placement of covered stent-grafts. Radiology 206: 195-98 (1998)

15. Ernst CB: Abdominal aortic aneurysms. N.Engl.J.Med. 328: 1167-72 (1993)
16. Fann J, Miller DC: Endovascular treatment of descending aortic aneurysms and dissections. Surg.Clin.North.Am. 79: 551-74 (1999)
17. Fischman DL, Savage MP, Leon MB, Schatz RA, Ellis S, Cleman MW, Hirshfeld JW, Teirstein P, Bailey S, Walker CM: Fate of lesion-related side branches after coronary artery stenting. J.Am.Coll.Cardiol. 22: 1641-6 (1993)
18. Galland RB, Wolfe JH: Mortality after elective abdominal aortic aneurysm repair: not where ... but how many and by whom. Ann.R.Coll.Surg.Engl. 80: 339-40 (1998)
19. Giradi LN, Bush HL: Type B aortic dissection and thoracoabdominal aneurysms formation after endoluminal stent repair of abdominal aortic aneurysms. J.Vasc.Surg. 29: 936-8 (1999)
20. Golledge J, Abrokwah J, Shenoy KN, Armour RH: Morphology of ruptured abdominal aortic aneurysms. Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg. 18: 96-104 (1999)
21. Görich J, Rilinger N, Söldner J, Krämer S, Orend KH, Schütz A, Sokiranski R, Bartel M, Sunder-Plassmann L, Scharrer-Pamler R: Endovascular repair of aortic aneurysms: Treatment of complications. J Endovasc Surg, 6: 136-46 (1999)
22. Grabenwoger M, Hutschala D, Ehrlich MP, Cartes-Zumelzu F, Thurnher S, Lammer J, Wolner E, Havel M: Thoracic aortic aneurysms: treatment with endovascular self expandable stent

grafts. Ann.Thorac.Surg. 69: 441-5 (2000)

23. Greenberg R, Resch T, Nyman U, Lindh M, Brunkwall J, Brunkwall P, Malina M, Koul B, Lindblad B, Ivabcev K: Endovascular repair of descending thoracic aortic aneurysms: an Early experience with intermediate-term follow-up. J.Vasc.Surg. 31: 147-56 (2000)
24. Ince H, Nienaber CA: Endovaskuläre Stentgraft-Prothesen beim Aortenaneurysma. Z.Kardiol. 90: 67-72 (2001)
25. Iniguez A, Macaya C, Alfonso F, Goicolea J, Hernandez R, Zarco P: Early angiographic changes of side branches arising from a Palmaz-Schatz stented coronary segment: results and clinical implications. J.Am.Coll.Cardiol. 23: 911-5 (1994)
26. Jaeger HJ, Mathias KD, Gissler HM, Neumann G, Walther LD: Rectum and sigmoid colon necrosis due to cholesterol embolization after implantation of an aortic stent-graft. J.Vasc.Interv.Radiol. 10: 751-55 (1999)
27. Johansson G, Nydahl S, Olofsson P, Swedenborg J: Survival in patients with abdominal aortic aneurysms. Comparison between operative and nonoperative management. Eur.J.Vasc.Surg. 4: 497-502 (1990)
28. Katz DJ, Stanley JC, Zelenock GB: Operative mortality rates for intact and ruptured abdominal aortic aneurysms in Michigan: an eleven-year statewide experience. J.Vasc.Surg. 19: 804-15 (1994)
29. Kazmers A, Jacobs L, Perkins A, Lindenauer SM, Bates E: Abdominal aortic aneurysm repair in Veterans Affairs medical centers. J.Vasc.Surg. 23: 191-200 (1996)

30. Krauss M, Ritter W, Bar I, Heilberger P, Schunn C, Raithel D: Bildgebung von Aortenprothesen und deren Komplikationen. RoFo.Fortschr.Geb.Rontgenstr.Neuen.Bildgeb.Verfahr. 169: 388-96 (1998)
31. Limet R, Sakalihassan N, Albert: A Determination of the expansion rate and incidence of rupture of abdominal aortic aneurysms. J.Vasc.Surg. 14: 540-8 (1991)
32. Lobato AC, Quick RC, Vaughn PL, Rodriguez-Lopez J, Douglas M, Diethrich EB: Transrenal fixation of aortic endografts: intermediate follow-up of a single-center experience. J.Endovasc.Ther. 7: 273-8 (2000)
33. Marin ML, Parsons RE, Hollier LH, Mitty HA, Ahn J, Temudom T, D'Ayala M, McLaughlin M, DePalo L, Kahn R: Impact of transrenal aortic endograft placement on endovascular graft repair of abdominal aortic aneurysms. J.Vasc.Surg. 28: 638-46 (1998)
34. May J, White GH, Waugh R, Stephen MS, Chaufour X, Yu W, Harris JP: Adverse events after endoluminal repair of abdominal aortic aneurysms: a comparison during two successive periods of time. J.Vasc.Surg. 29: 32-7 (1999)
35. May J, White GH, Yu W, Ly CN, Waugh R, Stephen MS, Arulchelvam M: Concurrent comparison of endoluminal versus open repair in the treatment of abdominal aortic aneurysms: Analysis of 303 patients by life table method. J.Vasc.Surg. 27: 213-20 (1998)
36. Morissey N, Hollier LH: Anatomic exposures in thoracoabdominal aortic surgery. Semin.Vasc.Surg. 13: 283-9 (2000)
37. Nasim A, Thompson MM, Sayers RD, Bolia A, Bell PR Endovascular repair of abdominal aortic aneurysm: an initial

experience. Br.J.Surg. 83: 516-9 (1996)

38. Nicholls SC, Gardner JB, Meissner MH, Johansen K: Rupture in small abdominal aortic aneurysms. J.Vasc.Surg. 28: 884-8 (1998)
39. Ouriel K, Green RM, Donayre C, Shortell CK, Elliott J, DeWeese JA: An evaluation of new methods of expressing aortic aneurysm size: relationship to rupture. J.Vasc.Surg. 15: 12-8 (1992)
40. Parodi JC: Endovascular repair of abdominal aortic aneurysms and other arterial lesions. J.Vasc.Surg. 21: 549-55 (1995)
41. Parodi JC, Barone A, Piraino R, Schonholz C: Endovascular treatment of abdominal aortic aneurysms: lessons learned. J.Endovasc.Surg. 4: 102-10 (1997)
42. Parodi JC, Palmaz JC, Barone HD: Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysms. Ann.Vasc.Surg. 5: 491-9 (1991)
43. Rutledge R, Oller DW, Meyer AA, Johnson-GJ: A statewide, population-based time-series analysis of the outcome of ruptured abdominal aortic aneurysm. Ann.Surg. 223: 492-502 (1996)
44. Sayers RD, Thompson MM, Nasim A, Healey P, Taub N, Bell PR: Surgical management of 671 abdominal aortic aneurysms: a 13 year review from a single centre. Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg. 13: 322-7 (1997)
45. Scott RA, Ashton HA, Kay DN: Abdominal aortic aneurysm in 4237 screened patients: prevalence, development and management over 6 years. Br.J.Surg. 78: 1122-5 (1991)
46. Sueda T, Watari M, Okada K, Orhashi K, Matsuura Y: Endovascular stent-grafting through the aortic arch; an alternative approach for distal arch aortic aneurysms. Ann.Thorac.Surg. 70: 1251-4 (2000)

47. Thompson MM, Smith J, Naylor AR, Nasim A, Sayers RD, Boyle JR, Thompson J, Tinkler K, Evans D, Smith G, Bell PRF: Microembolization during endovascular and conventional aneurysm repair. J.Vasc.Surg 25: 179-86 (1997 a)
48. Thompson MM, Smith J, Nylor AR, Nasim A, Sayers RD, Boyle JR, Tinkler K, Goodall S, Evans D, Bell PRF: Ultrasound-based quantification of emboli during conventional and endovascular aneurysm repair. J.Endovasc.Surg. 4: 33-38 (1997 b)
49. Vollmar J: Arterielle Aneurysmen. Rekonstruktive Chirurgie der Arterien. 4. Auflage ed. Stuttgart-New York: Thieme Verlag: 96-153 (1996)
50. Volodos NL, Karpovich IP, Troyan VI, Kalashnikova YV, Shekhanin VE, Ternyuk NE, Neoneta AS, Ustinov NI, Yakovenko
LF Clinical experience of the use of self-fixing synthetic prostheses for remote endoprosthetics of the thoracic and the abdominal aorta and iliac arteries through the femoral artery and as intraoperative endoprosthesis for aorta reconstruction. Vasa.Suppl. 33: 93-5 (1991)
51. Zarins CK, Harris-EJ: Operative repair for aortic aneurysms: the gold standard. J.Endovasc.Surg. 4: 232-41(1997)

# 7. Danksagung

Mein erster Dank gilt natürlich meinem Doktorvater und klinischen wie wissenschaftlichen Lehrmeister Herrn Prof. Dr. med. Görich , der mir dieses Thema zur Verfügung gestellt und mir immer den richtigen Weg in allen Belangen gezeigt hat. Seine Kompetenz und Menschlichkeit werde ich schmerzlich vermissen.
Weiterhin danke ich meinem Chef Herrn Prof. Dr. med. Brambs, der es mir überhaupt ermöglicht hat, in dieser Klinik wissenschaftlich und klinisch tätig sein zu dürfen.
Auch allen Kolleginnen und Kollegen aus unserer Abteilung möchte ich für die stets gute Zusammenarbeit danken.
Zu guter Letzt gilt mein nahezu größter Dank meiner Frau Nataśa und meinem Söhnchen Joshua für Ihre Nachsicht und Ihre Geduld, wenn der Mann bzw. der Papa mal wieder nicht anwesend oder nicht ansprechbar war, da er dringend irgendwelche Untersuchungen auswerten musste.