

Aus dem Fachbereich Medizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

Klinik für Gefäß- und Endovascularchirurgie
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Thomas Schmitz-Rixen

**Die Behandlung des Dialyse-assoziierten Steal-Syndroms
mit der DRIL- Prozedur**

**Mittel- und langfristige Ergebnisse einer
retrospektiven Bi-Centerstudie**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
des Fachbereichs Medizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

vorgelegt von

Anandaraju Esapathi
aus Gummersbach

Frankfurt am Main 2010

Dekan:	Prof. Dr. J. M. Pfeilschifter
Referent:	Prof. Dr. T. Schmitz-Rixen
Korreferent:	Prof. Dr. H. W. Geiger
Tag der mündlichen Prüfung:	20.01.2011

Die Behandlung des
Dialyse-assoziierten Steal-Syndroms
mit der

DRIL-Prozedur

Mittel- und langfristige Ergebnisse einer
retrospektiven Bi-Centerstudie

Meiner lieben Familie,
Uta, Joel, Nikolas
und Johanna Raissa

Inhaltsverzeichnis

1.Verzeichnis der Abkürzungen.....	3
2.Einleitung.....	5
3.Niereninsuffizienz und Hämodialyse.....	7
4.Der Gefäßzugang zur Hämodialyse	11
4.1 Historische Entwicklung	13
4.2 Die Auswahl des Gefäßzugangs.....	17
4.3 Komplikationen von arteriovenösen Fisteln	23
5.Hämodynamik der arteriovenösen Fistel.....	25
5.1 Veränderungen in der Hämodynamik bei chronischer Stealischämie.....	35
5.2 Anatomisch und pathophysiologische Einflüsse auf die Hämodynamik.....	39
6.Das Dialyseshunt assoziierte Steal Syndrom (DASS).....	41
6.1 Apparative Untersuchungsmethoden.....	45
6.2 Therapieoptionen.....	47
6.2.1 Erhöhung des Fistelwiderstandes.....	49
6.2.2 Reduktion des Widerstandes in der zuführenden Arterie.....	51
6.2.3 Reduktion des Widerstandes im peripheren Gefäßbett	51
6.2.4 Erhöhung des Widerstandes der arteriellen Kollateralen.....	52
6.2.5 Ligatur der Arterie distal der Fistel.....	53
6.3 Die DRIL- Prozedur.....	55
6.3.1 Hämodynamik der DRIL-Prozedur.....	57
6.3.2 Praktisches Vorgehen bei der DRIL-Prozedur.....	63
6.3.2.1 Präoperative apparative Diagnostik.....	63
6.3.2.2 Operatives Vorgehen.....	65
7.Fragestellung.....	67
8.Material und Methode.....	69
9.Ergebnisse.....	73
9.1 Demographie und Co- Morbidität.....	75
9.2 Klinische Symptomatik.....	83
9.3 DRIL-Prozedur	89
9.4 Outcome.....	91
9.5 Langzeitergebnisse.....	99

9.6 Outcome in Abhängigkeit vom präoperativen Stadium nach Tordoir.....	107
10.Zusammenfassung der Ergebnisse.....	109
11.Diskussion.....	111
11.1 Präoperative apparative Diagnostik.....	115
11.2 Stenose / Verschluss der Zuflussarterie.....	117
11.3 Großvolumenshunt.....	119
11.4 DRIL- Prozedur.....	123
11.5 Literaturvergleich.....	125
11.6 Mittel- und langfristige Ergebnisse.....	131
11.7 Ligatur der Arterie.....	135
11.8 Die Proximalisierung der AV- Anastomose.....	137
11.9 Risikofaktoren/ diagnostischer und therapeutischer Algorithmus.....	139
11.10 Prädiktion des Operationserfolgs und Zeitpunkt der DRIL-Prozedur...	145
11.11 Schlussfolgerung.....	147
12.Zusammenfassung.....	149
13.Summary.....	151
14.Studiendaten der 74 Patienten dieser Studie.....	153
15.Literaturverzeichnis.....	157
16.Abbildungsverzeichnis.....	167
17.Tabellenverzeichnis.....	173
18.Danksagung.....	175
19.Lebenslauf.....	177
20.Ehrenwörtliche Erklärung.....	179

1. Verzeichnis der Abkürzungen

A	: Arterie
av	: arterio-venös
AVF	: arterio-venöse Fistel
DASS	: Dialyseshunt assoziiertes Steal- Syndrom
DRIL	: Distal Revascularization- Interval Ligation
ePTFE	: extruded Polytetrafluorethylen (Teflon)
pAVK	: periphere arterielle Verschlusskrankheit
PTA	: Perkutane transluminale Angioplastie
R	: Resistenz; elektrischer Widerstand
V	: Vene

2. Einleitung

Zur Behandlung der terminalen Niereninsuffizienz hat sich die extrakorporale Hämodialyse als effektives Verfahren etabliert. Dabei wird dem Patienten Blut entnommen, im Dialysator gewaschen und anschließend in den Patientenkreislauf zurückgegeben. Da die zur Gewährleistung einer ausreichenden Blutreingung benötigten Blutmengen mit mindestens 400- 600 ml/min (Langkau, 1997, Van Tricht et al., 2005) nicht unerheblich sind, setzt dieses Verfahren einen sicheren und möglichst langlebigen Gefäßzugang voraus, über den die erforderlichen Blutmengen entnommen und zurückgegeben werden können.

Dies wird überwiegend durch die Anlage einer arteriovenösen Verbindung (Shunt), entweder als native av-Fistel oder mit einer Prothese, vorzugsweise an den oberen Extremitäten, realisiert.

Während ihrer Lebensdauer sind solche Gefäßzugänge von mannigfaltigen Komplikationen bedroht. Eine dieser Komplikationen ist das Dialyseshunt assoziierte Steal- Syndrom (DASS).

Ursächlich ist ein überwiegender Blutfluss durch die arteriovenöse Verbindung zu Lasten des distal davon befindlichen Extremitätenabschnittes.

Gleichwohl diese Komplikation selten ist, stellt sie dennoch ein ernsthaftes, die abhängige Extremität vital bedrohendes Problem dar. Dementsprechend sind in der Vergangenheit mehrere Therapiemöglichkeiten erprobt worden um dieses Problem zu lösen.

Eine Therapie besteht in der sogenannten DRIL-Prozedur. Hierunter versteht man ein operatives Verfahren, dass das Steal- Syndrom unter Erhalt der Shuntfunktion beseitigt. Die entscheidenden Komponenten dieser Prozedur werden in der Bezeichnung "DRIL" aufgegriffen: Distale Revaskularization – Interval Ligation (Knox et al., 2002). Dabei wird die periphere Durchblutung durch einen Bypass verbessert (distale Revaskularisation) und gleichzeitig der Steal-Fluss, also das retrograde Abfließen des Blutes aus der Peripherie durch den Shunt, durch eine Unterbindung verhindert (Intervall- Ligatur).

Anhand einer eigenen Studie und im Literaturvergleich soll die Effektivität und Sicherheit dieser Prozedur dargelegt werden.

3. Niereninsuffizienz und Hämodialyse

Die chronische Niereninsuffizienz ist eine meist über Jahre zunehmende Einschränkung der Nierenfunktion, die durch einen progredienten Ausfall von Nephronen bedingt ist (Quirin und Kluthe, 1990). Im Endstadium, der sogenannten terminalen Niereninsuffizienz ist eine Nierenersatztherapie durch Dialyseverfahren oder eine Nierentransplantation notwendig.

Unbehandelt führt die chronische Niereninsuffizienz- durch die Anhäufung harnpflichtiger Stoffwechselendprodukte- zur Urämie und letztlich zum Tod des Patienten.

Zum Jahreswechsel 2005/2006 wurden in Deutschland 63.427 Patienten dialysiert (Prävalenz: 769 pro Millionen Einwohner). 23.724 Patienten waren mit einem funktionierendem Transplantat versorgt, so dass insgesamt 87.151 Patienten wegen terminaler Niereninsuffizienz behandelt werden mussten (Prävalenz 1.057 pro Millionen Einwohner) (Frei, 2006).

Im Jahr 2005 mussten 16.766 Patienten neu in die chronische Nierenersatztherapie aufgenommen werden (Inzidenz: 203 pro Millionen Einwohner).

Dabei ist im Vergleich zu den letzten Jahren eine kontinuierliche Zunahme der Patientenzahlen zu verzeichnen:

Die Inzidenz betrug im Jahr 1995 145 Erkrankungen pro Millionen Einwohner, im Jahr 2000 175 Erkrankungen pro Millionen Einwohner (Frei, 2006).

Der Zuwachs der Patientenzahlen ergibt sich nur teilweise durch den demographischen Wandel der Bevölkerung (siehe Abbildung 1). Die Veränderung der Geschlechts- und Alterszusammensetzung kann nur gering den Anstieg der Patientenzahlen erklären, sondern ist bedingt durch eine Zunahme der Erkrankungshäufigkeit innerhalb einzelner Altersgruppen.

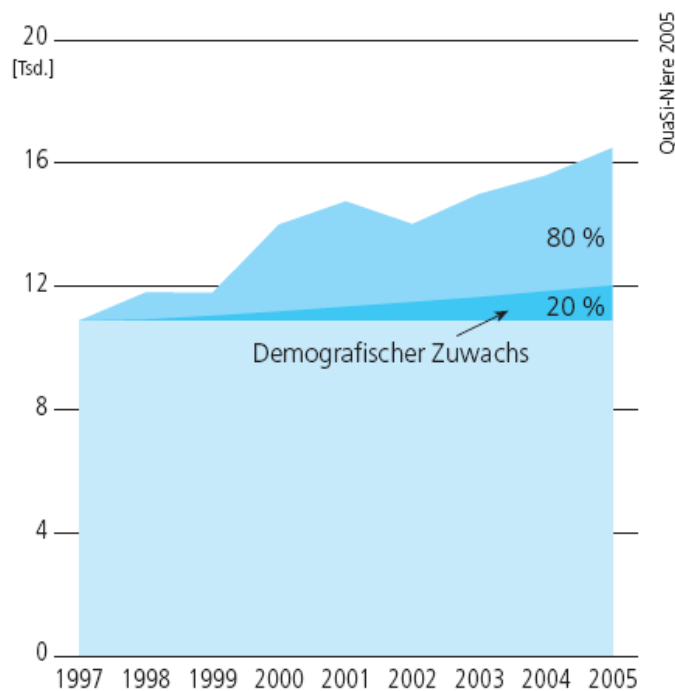


Abbildung 1: Entwicklung der Patientenzahlen (Inzidenz) und des demografischen Zuwachses zwischen 1997 und 2005 (Frei, 2006).

Die Prävalenz der diabetischen Nephropathie unter den dialysepflichtigen Patienten betrug im Jahr 1996 21%, die Inzidenz betrug 31% und deutete damit auf eine relative Zunahme dieses Krankheitsbildes unter den dialysepflichtigen Patienten hin (siehe Tabelle 1). Dementsprechend war dann auch im Jahr 2005 die Prävalenz auf 28% und die Inzidenz weiter auf 35% angestiegen. Für die vaskulären Nephropathien zeigte sich ein ähnlicher Anstieg. Die Prävalenz erhöhte sich von 9% im Jahr 1996 auf 16% im Jahr 2005, die Inzidenz im gleichen Zeitraum von 14% auf 23%. Demgegenüber war die Prävalenz für die Glomerulonephritis von 25% im Jahr 1996 und 19% im Jahr 2005 rückläufig, die Inzidenz sank von 16% im Jahre 1996 auf 13% im Jahr 2005.

Damit war die diabetische Nephropathie die häufigste Ursache der dialysepflichtigen Niereninsuffizienz.

Die im Vergleich zur Prävalenz höhere Inzidenz für diabetische Nephropathie (Inzidenz 35%) und den vaskulären Nephropathien (Inzidenz 23%) für das gleiche Jahr 2005 weisen auf einen weiter steigenden Anteil dieser Erkrankungen am

Gesamtkollektiv hin, während die Glomerulonephritis (Inzidenz 13 %) in der relativen Häufigkeit zurück tritt (Frei, 2006).

Bedingt durch den Anstieg der diabetischen Nephropathie wird also die Mehrzahl der neu terminal niereninsuffizienten Patienten eine mehr oder weniger ausgeprägte Gefäßschädigung aufweisen (Konner, 1998).

Auf diesen Zahlen basierend könnte im Jahr 2010 in Deutschland mit bis zu 120.000 Dialysepatienten zu rechnen sein (Kupsch et al., 1998).

Auch international wird eine steigende Inzidenz an Dialysepatienten beobachtet.

Schätzungen gehen von einer jährlichen Zunahme dieses Patientenkollektivs zwischen drei und sieben Prozent aus (Ärztezeitung, 2006).

Prozentuale Diagnosenverteilung zu Beginn einer Nierenersatz-Therapie									
Jahr	1996	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Diabetes	31	35	36	36	36	36	36	34	35
Nephrosklerose	14	16	16	15	17	18	20	22	23
Glomerulonephritis	16	15	14	15	14	14	14	12	13
Interstitielle Nephritis	13	11	11	10	9	9	8	8	8
Unbekannte Genese	11	9	10	9	10	9	9	9	8
Zystennieren	6	6	6	6	6	5	5	5	4
Systemerkrankungen*	4	4	4	4	3	4	4	4	4
Verschiedenes	4	4	3	4	4	4	4	4	4
Angeborene Krankheiten	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabelle 1: Prozentuale Diagnoseverteilung (Inzidenz) zu Beginn einer Nierenersatztherapie. Schicksalsbedingte Nierenkrankheiten (angeborene Erkrankungen, Glomerulonephritis, interstitielle Nephritis, Systemerkrankungen) sind selten und nehmen aufgrund immer besserer Behandlungsmöglichkeiten weiter ab. Zivilisationsbedingte Nierenschäden durch Diabetes Typ II und Bluthochdruck, die durch falsche Ernährung und Bewegungsmangel verursacht sind, nehmen dagegen dramatisch zu. Daten entnommen aus Frei, U., Schober-Halstenberg, H.-J.: Nierenersatztherapie in Deutschland. QuaSi-Niere Jahresberichte 1995 bis 2005/2006

Seit den frühen sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts stehen mit der Hämodialyse, Peritonealdialyse und Nierentransplantation drei lebensrettende Formen der Nierenersatztherapie zur Verfügung (Kupsch et al., 1998 , Pfau, 2002).

Derzeit entscheiden sich ca. 4,8 % der Patienten in Deutschland für eine intrakorporale Dialyse. Das hierzu am häufigsten angewandte Verfahren ist die kontinuierliche ambulante Peritonealdialyse (CAPD). Zu den extrakorporalen Methoden zählen die Hämodiafiltration (7,2 %), Hämofiltration (0,4 %) und vor

allein die Hämodialyse, die mit einem Anteil von 87,7 % die weitaus größte Patientengruppe bildet (Frei, 2006).

Bei allen extrakorporalen Verfahren ist das Funktionsprinzip ähnlich. Das zu reinigende Blut wird dem Patienten über einen Gefäßzugang aus dem Patientenkreislauf entnommen und in einen Dialysator geleitet. Der Stoffaustausch findet dann an spezifischen semipermeablen Membranen durch Diffusion, Osmose und Filtration zwischen Patientenblut und Dialysat statt. Nach Abschluss der Reinigung wird das Blut mit oder ohne Substitut in ein geeignetes Blutgefäß zurück befördert (Reinhardt et al., 1990).

Die Hämodialyse (und die anderen extrakorporalen Blutreinigungsverfahren) konnten sich in ihrer heutigen Form nur durch die Realisierung eines suffizienten und langlebigen Gefäßzugangs etablieren.

4. Der Gefäßzugang zur Hämodialyse

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, ein Verbindungsglied zwischen Blut und Austauschmedium für die Nierenersatztherapie herzustellen. Während bei den intrakorporalen Verfahren der Kontakt der Spülflüssigkeit mit den zahlreichen Kapillaren des Peritoneums im Organismus erreicht wird, das Peritoneum also die Funktion der semipermeablen Membranen übernimmt (Meyer-Wehrstein et al., 1990), sind die extrakorporalen Methoden auf die Entnahme und Rückgabe einer Mindestdurchflussmenge Blutes über ein entsprechend dimensioniertes Gefäß angewiesen.

Der Gefäßzugang stellt hierbei die kritische Stelle der Hämodialyse dar (Kovalik und Schwab, 1999, Depner, 1994, Pfau, 2002).

Wesentliche und unabdingbare Aufgabe des Gefäßzugangs ist die zeitgerechte und kontinuierliche Bereitstellung des für eine effektive Hämodialyse notwendigen Volumens von mindestens 200 ml/min Blut am Dialysator, einschließlich dessen Rückgabe in den Kreislauf nach erfolgter Aufbereitung (Krönung 1997, Loeprecht et al., 1990). Andere Autoren fordern mit 400– 600 ml/min deutlich höhere Blutflussvolumina für eine effiziente Dialyse (Langkau, 1997, Van Tricht et al., 2005).

Die zeitgerechte Bereitstellung erfordert in diesem Zusammenhang, dass der Gefäßzugang im Moment der ersten notwendigen Hämodialyse funktionstüchtig verfügbar ist und dass er möglichst lange, für die chronische Nierenersatztherapie oftmals lebenslang, erhalten werden kann (Hepp, 1995, Scholz und Settmacher, 1995).

Die Blutentnahme und Rückgabe ist zwangsläufig mit einer Störung der körperlichen Integrität des Individuums verbunden und stellt damit eine unphysiologische Situation dar (Helmberger et al., 1998). Die Folgen und Nebenwirkungen dieses Eingriffs müssen für den Patienten möglichst gering gehalten werden (Hepp, 1998, Scholz und Settmacher, 1995). Dies ist um so wichtiger, da Morbidität und Mortalität der dialysepflichtigen Patienten eng mit Gefäßzugangsproblemen verknüpft sind (Bay et al., 1998, Butterly und Schwab, 1996, Feldman et al., 1996).

4.1 Historische Entwicklung

Die klinische Einführung der Hämodialyse ging Hand in Hand mit der Entwicklung des hierzu notwendigen Gefäßzugangs.

Die erste Hämodialysebehandlung eines Menschen wurde 1924 von dem deutschen Arzt G. Haas durchgeführt (Konner, 1999). Haas entnahm, wie später (1943) auch der Niederländer Kolff (Kolff, 1947), dem Patienten jeweils einzelne Blutportionen, die dann im Dialysator gewaschen und dem Patienten anschließend zurückgegeben wurden. Es wurde also noch ohne direkte Verbindung zwischen dem Blutkreislauf und dem Dialysator gearbeitet.

In den darauffolgenden Jahren wurde versucht, einen kontinuierlichen Blutfluss herzustellen (Kapoian und Sherman, 1997). Mit der Punktion und dem Anschluss peripherer Venen konnte jedoch kaum ein ausreichender Blutfluss sichergestellt werden.

Allwall versuchte als Erster (1949) bei anurischen Kaninchen durch direkte Einbindung von Glaskanülen in eine große Arterie und Vene das erforderliche Blutzeitvolumen zu erreichen. Eine Dauerkanülierung war jedoch nicht möglich, da sie mit Thrombosierung oder anderen Komplikationen verbunden war. Für eine chronische Dialyse war dieses Verfahren somit nicht brauchbar (Brittinger und Twittenhoff, 2005, Kapoian und Sherman, 1997).

Ein entscheidender Schritt, die Gewährleistung einer wiederholt und langfristig verfügbaren, kräftigen Blutströmung aus dem Patienten in die Maschine und zurück, gelang erst nahezu 20 Jahre später, im Jahr 1960, den Amerikanern Quinton, Dillard und Scribner (Quinton et al., 1960). Durch die Verwendung von Teflonröhren und später durch die Einbringung von Silikonschläuchen ebenfalls direkt in die Arteria radialis und Vena cephalica, konnten sowohl der Zufluss als auch der Rückstrom gewährleistet werden. Nach erfolgter Dialyse wurden die Gefäßstümpfe zur Thrombosevermeidung extern untereinander verbunden.

Erst mit diesem Schritt, der Herstellung eines arteriovenösen Shunts, konnte sich die kontinuierliche, chronisch wiederholbare, einen ausreichenden Volumenfluss sichernde Hämodialysebehandlung als praktikable Therapieoption durchsetzen

(Konner, 1999). Die ideelle Urheberschaft von Allwall blieb unerwähnt, und so eroberte das Anschlussverfahren als Scribner-Shunt die nephrologische Welt (Brittinger und Twittenhoff, 2005).

Trotz dieser Erfolge führte der externe Shunt recht häufig zu Komplikationen, wie Thrombosen und Infektionen, die immer neue, bei jedem Menschen jedoch nur begrenzt zur Verfügung stehende Zugänge erforderlich machten (Loeprecht et al., 1990).

Eine logisch konsequente Weiterentwicklung dieses arteriovenösen Shunts aus Silikon und Teflon war die direkte subkutane Verbindung der Arterie und Vene, die 1966 von den Amerikanern Brescia und Cimino (Brescia et al., 1966) erstmalig beschrieben wurde und bis heute als Gefäßzugang der Wahl verwendet wird.

Grundprinzip ist die direkte subkutane Anastomosierung einer oberflächennahen, der Punktion gut zugänglichen Vene mit einer benachbarten Arterie.

Durch das Ableiten des arteriellen Blutes in die oberflächlich liegende Hautvene wird der Blutfluss in diesem Bereich erheblich gesteigert. Der somit veränderten Vene kann durch Punktion die zur effizienten Dialyse erforderliche Blutmenge entnommen und wieder reinfundiert werden. Mit der subkutanen arteriovenösen Fistel war die Standardzugangsform zum Blutkreislauf der dialysepflichtigen Patienten entwickelt worden, die bis heute bei mehr als 80% aller Dialysepatienten die chronisch intermittierende Behandlung mit der künstlichen Niere ermöglicht (Brittinger und Twittenhoff, 2005). Eine ganze Reihe von Fistelarten wurden inzwischen angelegt und erprobt, gleichzeitig mit dieser Entwicklung wuchs die Erkenntnis, dass für relativ viele Patienten auch mittels dieser Methode der Zugang zum Blutsystem nicht oder nicht mehr zu erreichen war.

Primäre Gefäßerkrankungen, der beständig zunehmende Anteil von Diabetikern mit sekundären Gefäßproblemen, Arteriosklerose und andere Schwierigkeiten förderten den Verbrauch der oberflächennahen, gut erreichbaren Gefäße und damit die Suche nach Alternativen und Gefäßersatz.

In zwei Richtungen wurde man fündig: 1961 entwickelte S. Shaldon einen Katheter, der in wiederholt punktierbare, große Arterien und Venen (Femoralis) mittels Seldinger- Technik platziert werden konnte (Konner, 1999). Der Tschechoslowake J. Erben griff 1969 eine bereits 1952 von dem französischen Anatom R. Aubaniac beschriebene Technik zur Punktion der Vena subclavia auf und adaptierte sie für die

Hämodialyse. Damit wurden auch zentralere Gefäßregionen erreichbar (Konner, 1999).

Die andere Richtung erfolgte durch die Realisierung weiterhin punktierbarer Zugänge zum Blutsystem. Einen Weg beschritten 1969 Brittinger und Mitarbeiter (Krönung, 1997) und zwei Jahre später Capodicasa (Konner, 1999) mit der Entwicklung eines shuntlosen arterio-arteriellen Gefäßzugangs. Hierbei wurden die A. femoralis superficialis bzw. die A. radialis derart an die Oberfläche verlagert, dass sie einer intermittierenden Punktion zugänglich waren.

Ebenfalls im Jahr 1969 beschrieben G. F. Izquierdo und J. May die Entnahme eines Segments der Vena saphena magna zur Implantation in Form eines „U“ zwischen A. brachialis und einer geeigneten Vene im Ellenbogenbereich. Dies kann als ein erster Schritt in der Entwicklung von Gefäßprothesen zur Hämodialyse gewertet werden (Konner, 1999).

Nach diesem Versuch mit autologem Material, wurde in den folgenden Jahren auch homologes Material (z.B. Nabelschnurvene, Vena saphena) benutzt. Große Bedeutung erlangte die Verwendung der 1972 von Chinitz erstmals verwendeten Kollagen-Prothese, wie sie nach enzymatischer Behandlung der Kälber- oder Rinderkarotis gewonnen werden konnte (Brittinger und Twittenhoff, 2005). Ihre durchschnittliche Funktionszeit war besser als die aller bisher verfügbaren Gefäßersatzmaterialien, der Einsatz aber durch die häufig entstehenden Punktionsaneurysmata und schweren Blutungskomplikationen belastet. Dementsprechend wurde ein neues Gefäßersatzmaterial sehr schnell der bovinen Prothese vorgezogen: 1973 implantierte Volder erfolgreich eine ePTFE-Prothese als Gefäßzugang zur Hämodialysebehandlung, nachdem Soyer bereits im Jahr 1971 dieses gestreckte Polymer aus Tetrafluorethylen (Teflon) als Material für die Gefäßchirurgie eingesetzt hatte (Drosson, 1996). Baker et al. konnten 1976 zeigen, dass ePTFE- Prothesen bei vergleichbarer Komplikationsrate deutliche Vorteile bezüglich Verfügbarkeit, Handling und Kosten gegenüber den damals häufig verwendeten Rinderprothesenshunts aufweisen (Baker et al., 1976, Brittinger und Twittenhoff, 2005). Der ePTFE-Gefäßzugang wurde nachfolgend weiter perfektioniert und hat letztlich in den vergangenen 25 Jahren alle anderen Prothesen-Shuntarten deutlich in den Hintergrund treten lassen (Felcht, 1999, National Kidney Foundation Kidney Diseases Outcomes, 2000).

4.2 Die Auswahl des Gefäßzugangs

Angesichts der entwickelten und zum heutigen Zeitpunkt zu Verfügung stehenden Alternativen, haben sich im Wesentlichen drei Möglichkeiten zum Hämodialysezugang durchsetzen können (Krönung, 1997, Scholz und Settmacher, 1995):

- Ciminofistel
- ePTFE-Gefäßprothese
- Gefäßkatheter

Während Gefäßkatheter eine sofortige Benutzung zur Hämodialyse erlauben und wegen des fehlenden Shuntvolumens keine negativen kardialen Einflüsse haben, ist ihre Haltbarkeit absehbar befristet bzw. werden diese Zugänge nur als Ultima ratio als permanente chronische Zugänge verwendet (Bakran,1999, Brodersen et al., 1997, Gladziwa et al., 2000, National Kidney Foundation Kidney Diseases Outcomes, 2000, Scholz und Settmacher, 1995).

Demgegenüber ist die durchschnittliche Funktionsdauer einer ePTFE-Prothese und insbesondere die einer Ciminofistel höher, wobei sich die Ciminofistel noch durch die Abwesenheit alloplastischen Materials auszeichnet. Bei beiden Verfahren wird jedoch eine Zeit des Einheilens (ePTFE- Prothese ca. 2 Wochen) bzw. der Entwicklung der Shuntvene (Ciminofistel ca. 3-4 Wochen) vor der ersten Benutzung empfohlen (Brittinger und Twittenhoff, 2005).

Die Festlegung des geeigneten Gefäßzugangs erfordert die exakte Ermittlung der Ausgangssituation des Patienten. Neben Anamnese und klinischer Untersuchung stehen eine Reihe apparativer Verfahren zur Verfügung. In diesem Zusammenhang ist die doppler-duplexsonographische präoperative Befunderhebung zu erwähnen. Eine sorgfältige Diagnostik hilft individuell, nicht geeignete Zugangsarten schon im Vorfeld zu meiden (National Kidney Foundation Kidney Diseases Outcomes, 2000). Allen Zugangsarten ist gemeinsam, dass sie das Mindestblutvolumen von 400- 600 ml/min (Langkau, 1997, Van Tricht et al., 2005) zur Verfügung stellen können und

müssen. Die Auswahl des Zugangs wird dann vom Ergebnis der präoperativen Befunderhebung bestimmt. Jeder Gefäßzugang hat bezüglich Zeitdauer bis zur ersten Benutzbarkeit, durchschnittlicher Haltbarkeit und kardialer Belastung, Vor- und Nachteile.

Auch die Anzahl der verfügbaren, geeigneten Möglichkeiten für einen Hämodialysezugang ist begrenzt und individuell sehr verschieden. Die Fortschritte in der Dialysebehandlung und die damit steigende Lebenserwartung machen die Funktionsdauer eines Dialysezugangs oft über Jahre und Jahrzehnte hinweg notwendig (Hepp, 1995). Diese Erfahrungen sollten dazu führen, eine aktuelle Shuntoperation unter ökonomischen Gesichtspunkten auszuwählen, der jeweilige Shunt muss Bestandteil eines Shuntkonzeptes sein, das evtl. erforderlich werdende Nachfolgeschuntoperationen berücksichtigt (Brittinger und Twittenhoff, 2005). Konner (1999) formulierte die Folgerung, dass der Operateur bei der Herstellung der ersten av-Fistel stets einplanen sollte, dass in der Folgezeit noch eine zweite, dritte oder sogar noch mehr Operationen nötig werden können.

Unter Berücksichtigung der genannten Gesichtspunkte kann bezüglich der Auswahl des individuell angepassten Gefäßzugangs folgendes, international (National Kidney Foundation Kidney Diseases Outcomes, 2000) allgemein akzeptiertes Vorgehen, empfohlen werden:

Als oberstes Prinzip gilt, dass die Eigenvene das beste Gefäßanschlussmaterial für die chronische Hämodialyse darstellt. Die native Fistel zeigt die längste Offenheitsrate und benötigt die wenigsten Interventionen im Vergleich zu anderen Zugangsarten (Abendroth und Storck, 1999, National Kidney Foundation Kidney Diseases Outcomes, 2000, Woods et al., 1997).

Der Gefäßzugang sollte möglichst weit distal am nicht dominanten Arm gelegt werden. Die typische Fistel besteht aus einer Seit-zu-End-Verbindung zwischen der Arteria radialis und der Vena cephalica am distalen, mittleren oder aber auch proximalen Unterarm (siehe Abbildung 2).

Abhängig von der Durchgängigkeit der A. ulnaris und des Hohlhandbogens, wird die Shuntvene dabei nicht nur antegrad aus der vorgeschalteten A. radialis, sondern via A. ulnaris und Hohlhandbogen retrograd aus der distalen A. radialis gefüllt. Dieses Flussmuster lässt sich bei 70% der radiocephalen Fisteln beobachten (Duncan et al.,

1986). Beides zusammen ergibt das Shuntvolumen. Entsprechend der Empfehlungen von Sperling et al. (1967) wurde die Fistel bis Mitte der achtziger Jahre mittels End-zu-End-Anastomose angelegt, damit dieser retrograde Fluss aus dem Hohlhandbogen vermieden und das kleinstmögliche Shuntvolumen erzielt werden konnte. Inzwischen wird die Seit-zu-End-Anastomose (zwischen Arterie und Vene) bevorzugt, da dann die Arterie im Falle eines Shuntverschlusses meist erhalten bleibt. Das größere Shuntvolumen wird von den meisten Patienten problemlos verkraftet (Brittinger und Twittenhoff, 2005).

Alternative Verbindungen verwenden die A. ulnaris und die V. basilica.

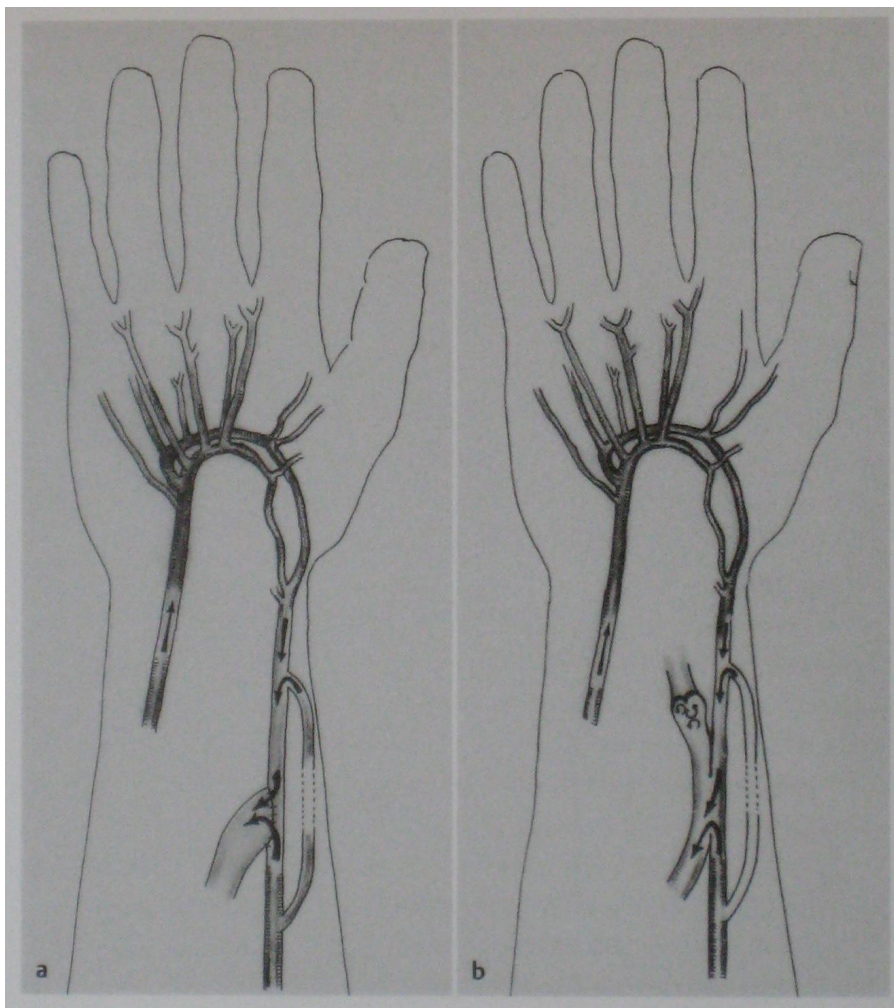


Abbildung 2: Brescia-Cimino-Fistel am Unterarm (A. radialis- V. cephalica). a: mit Seit-zu-End-Anastomose, b: mit Seit-zu-Seitanastomose. Bei durchgängiger A. ulnaris und offenem Hohlhandbogen kommt es zu einem retrograden Fluss in der distalen A. radialis. Abbildung aus: Brittinger WD. Angiological and neurological problems after shunt surgery in haemodialysis patients.

Ist eine Fistelanlage am Unterarm nicht (mehr) möglich, können andere Möglichkeiten an den oberen Extremitäten genutzt werden. Hierbei kommt in erster Linie die Fistelanlage zwischen A. brachialis und V. cephalica in der Ellenbeuge in Frage. Sehr gute Langzeitergebnisse sind auch durch die Verbindung der A. brachialis mit der (anschließend subkutan zu verlagernden- und damit punktionsfähig gemachten) V. basilica zu erwarten. Bei diesen Fisteln können sich wegen der größeren Gefäßdurchmesser größere Shuntvolumina entwickeln (1000-2000ml/min) (Hepp, 1995).

Individuell sind auch andere, atypische Möglichkeiten Erfolg versprechend, wobei die Rolle der unterschiedlichen klinischen Erfahrung und das Können des Gefäßchirurgen in diesem Zusammenhang kaum hoch genug eingeschätzt werden kann. So können auch Fisteln an den unteren Extremitäten zur Anwendung kommen. Wegen der geringeren Komplikationsrate (Haltbarkeit, Infektanfälligkeit) werden aber die oberen Extremitäten bevorzugt (Butler und Tilney, 1996 , 5th European Basic Multidisciplinary Hemodialysis Access Course, 2002).

Die Ciminofistel ist im Hinblick auf Funktionsdauer und Komplikationshäufigkeit der Gefäßzugang der ersten Wahl (Astor et al., 2005). Durch die Arterialisierung kommt es zur hyperplastischen Dilatation der Vene (Krönung, 1997), durch den abnehmenden Flusswiderstand auch zur Erweiterung der Arterie und nachfolgend entwickelt sich allmählich das benötigte Shuntflussvolumen (Langkau, 1997). Dieser Prozess wird als Reifung bezeichnet und dauert ca. 3-4 Wochen (Brittinger und Twittenhoff, 2005). Eine unter dem Punktionsaspekt weitere Verbesserung wird danach nur noch durch das Punktieren selbst erreicht. Punktionsfrei sich selbst überlassen, wird sich die Shuntvene in der Folgezeit durch Wandverdickung und Wandsklerose ohne Innenkaliberzunahme eher wieder etwas „zurückentwickeln“. Ungünstig für die Shuntfunktion beim Nichtdialysepflichtigen ist außerdem das Fehlen der Thrombozytenstoffwechselstörung (Brittinger und Twittenhoff, 2005). Es kommt also auf eine zeitlich angepasste Anlage einer Ciminofistel bezüglich der zeitgerechten Verfügbarkeit an und erfordert prospektives Handeln (National Kidney Foundation Kidney Diseases Outcomes, 2000).

Erst wenn alle Möglichkeiten einer nativen Fistelanlage ausgeschöpft sind, wird die Indikation zur Verwendung von ePTFE-Gefäßersatzmaterial gestellt.

Dies kann, insbesondere bei Vorhandensein von einer bereits dilatierten distalen Arterie oder noch punktierbaren Eigenvene, als kurzstreckiges Brückenmaterial implantiert werden, das selbst nicht punktiert werden braucht, oder in gestreckter Form (Straight-Shunt) geschehen. Den weitaus größten Indikationsbereich deckt jedoch der Loop-Shunt an verschiedenen Lokalisationen ab.

Auch hier gilt das gefäßsparende Prinzip - distal vor proximal- und - Arm vor Bein- bzw. zentraleren Regionen (Hepp, 1995, Prischl, 1998). Bei ausgewählten Patienten mit zusätzlichen Problemen wie extremer Adipositas, Diabetes mellitus, Hypotonie, extrem schlechtem Venenstatus, Hyperkoagulopathie oder auch durch andere Gründe, kann die primäre Anlage einer weiter zentral anastomosierten Gefäßprothese mit entsprechend bereits anfänglich hohem Shuntdurchfluss notwendig werden (Scholz und Settmacher, 1995).

Sind alle geeigneten Gefäße aufgebraucht oder bestehen primär Kontraindikationen für einen potentiell kreislaufwirksamen Shunt, bieten sich heute permanent implantierbare Vorhof-Katheter als alternativen Gefäßzugang an (Hepp, 1995).

Nicht nur in der Funktionsdauer und Komplikationshäufigkeit ist die Ciminofistel vorzuziehen, auch die Überlebensrate der mit einer nativen Fistel versorgten Patienten ist den mit anderen Verfahren zur Hämodialyse versorgten Patienten überlegen.

So konnte Astor et al. (2005) eine jährliche Mortalitätsrate von 11,7% bei Patienten mit nativer av-Fistel, 14,2% bei Patienten mit prothetischen av-Shunts und 16,1% bei Patienten mit Vorhofkatheter feststellen. Nach dieser Studie ist das um Alter und Begleiterkrankungen bereinigte relative Sterberisiko bei einem Prothesenshunt 1,2 mal höher, beim Vorhofkatheter 1,5 mal höher, verglichen mit der Ciminofistel.

4.3 Komplikationen von arteriovenösen Fisteln

Komplikationen im Zusammenhang mit dem Gefäßzugangs sind und bleiben für viele Patienten mit dialysepflichtiger Niereninsuffizienz die Achillesferse für die Hämodialysebehandlung (Konner, 1999). Sowohl bei der radiocephalen Fistelanlage (Brescia-Cimino-Fistel), als auch bei den anderen Fistelarten, ist eine Shunt Dysfunktion häufig und Grund für weitere Interventionen und wiederholte Hospitalisationen (Salahi et al., 2006).

Die häufigsten Komplikationen sind Shuntthrombosen, aneurysmatische Veränderungen, Anastomosenstenosen, venöse Hypertension, Blutungen, Infektionen, seltener das Dialyseshunt assoziierte Steal- Syndrom (DASS) und neurologische Symptome (Feldmann et al., 1993).

Das Dialyseshunt assoziierte Steal- Syndrom (DASS) ist zwar eine relativ seltene, aber schwerwiegende Komplikation nach Dialyseshunanlage (Knox et al., 2002, White et al., 1999, Tordoir et al., 2004, Tynan-Cuisinier und Berman, 2006, Sessa et al., 2004, Mwipatayi et al., 2006, Brittinger und Twittenhoff, 2005). Es bezeichnet einen Zustand der Mangeldurchblutung, der den distal der Fistel liegenden Gewebeabschnitt betrifft. Grund ist ein überwiegendes Abfließen des Blutvolumens über die geschaffene Fistel. Relevanz bekommt die Mangeldurchblutung, wenn die distale arterielle Perfusion nicht ausreicht, die metabolischen Bedürfnisse zu erfüllen. Bedingt durch die unzureichende periphere Durchblutung kommt es zu typischen Ischämiebeschwerden, die sich je nach Schwere und Dauer der Symptomatik in Schmerzen (belastungsabhängig, dialyseassoziiert oder bereits in Ruhe), Blässe, einem sensomotorischen Defizit bis hin zu gangränösen Veränderungen äußern können (Rodriguez et al., 2005). Unbehandelt führt das Krankheitsbild zum Gewebeuntergang.

Zum grundlegenden Verständnis der zur Stealischämie führenden Flussverhältnisse und der therapeutischen Ansatzmöglichkeiten sind Kenntnisse über die hämodynamischen Verhältnisse der Fistel, der zu- und abführenden Gefäße und des distal der Fistel liegenden Gewebeabschnitts notwendig.

5. Hämodynamik der arteriovenösen Fistel

Mit der Shuntanlage, dem Kurzschluss zwischen Arterie und Vene, erfolgt eine deutliche Veränderung der Durchblutung in den direkt abhängigen Gewebebezirken. Die arterielle Leckage und die damit verbundene starke Abnahme des Flusswiderstandes bewirken einen erheblichen Anstieg des Flussvolumens in der Shuntarterie. Innerhalb weniger Minuten nach Freigabe des Shuntflusses erreicht das Shuntvolumen normalerweise ein Vielfaches (Zehnfaches und mehr) des arteriellen Flussvolumens vor der Shuntanlage (Kwun et al., 1979). Bedingt durch die Verbindung mit dem Niederdrucksystem, kommt es nach Freigabe der Fistel zu einem kurzzeitigen Druckabfall in der vorgeschalteten Arterie, der schnell durch die Erhöhung der Herzfrequenz und der Herz-Auswurfmenge kompensiert wird. Nach diesem sprunghaften Anstieg nimmt der arterielle Einstrom in die Shuntvene langsam kontinuierlich weiter zu, bis die divergierenden Kräfte, die das Shuntvolumen determinieren, einen Zustand erzeugen, der einigermaßen konstante Flussverhältnisse schafft. Ein solches Gleichgewicht zwischen Fließkraft, Fließstrecke und Fließwiderstand ist üblicherweise ein bis eineinhalb Jahre nach Shuntanlage erreicht (Brittinger und Twittenhoff, 2005).

Die relative Blutflussmenge durch eine arteriovenöse Fistel ist eine Funktion, die aus den Durchmessern der Fistel und der Arterie gebildet wird. Klassischerweise wurden Shunts basierend auf der Relation zwischen Fisteldurchmesser und Arterien Durchmesser eingeteilt (Strandness und Sumner, 1975). Kleine Fisteln wurden definiert als solche mit einem Durchmesser von weniger als 75% des Arterien Durchmessers. In diesen Shunts ist der Durchfluss bestimmt durch den Widerstand, der durch den relativ kleinen Fistelquerschnitt gebildet wird und der bei zunehmendem Fisteldurchmesser mit der 4. Potenz abnimmt.

Große Fisteln haben einen Durchmesser von mehr als 75% des Arterien Durchmessers und das Blutflussvolumen ist nur noch wenig vom Fisteldurchmesser abhängig. In großen Fisteln ist der Blutfluss in erster Linie durch den peripheren Widerstand, die vorgeschaltete Spenderarterie und Kollateralzirkulationen determiniert (siehe Abbildung 3).

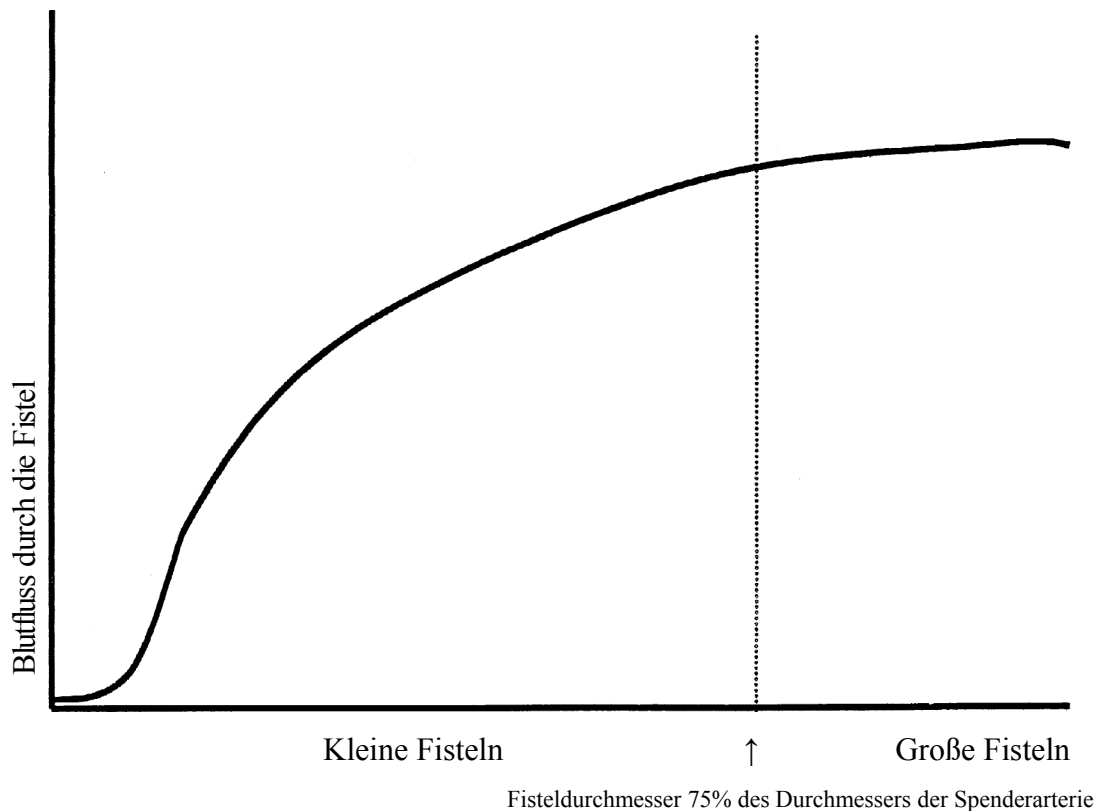


Abbildung 3: Diese sigmoidale Kurve stellt den Blutfluss durch eine arteriovenöse Fistel dar, abhängig vom Fisteldurchmesser. Der Blutfluss in kleinen Fisteln ist näherungsweise proportional zum Fisteldurchmesser. Der Blutfluss in großen Fisteln ist vom Fisteldurchmesser unabhängig und wird vom peripheren Widerstand, der Spenderarterie und vom Kollateralnetzwerk bestimmt (Wixon et al., 2000).

Dialyseshuntis mit Flussmengen von 400- 600 ml/min und mehr fallen in die Gruppe der „großen Fisteln“ – zur Beschreibung der Hämodynamik kann man sich auf die Beachtung der Widerstandsverhältnisse in der zuführenden Arterie, der Peripherie, der Shuntvene und das kollaterale Netzwerk beschränken (Wixon et al., 2000).

Die Basiskomponenten einer arteriovenösen Fistel, die zur Beschreibung hämodynamischer Gegebenheiten betrachtet werden müssen, bestehen aus folgenden Komponenten (siehe Abbildung 4):

- ein gemeinsamer Zufluss (Spenderarterie)
- ein gemeinsames Abflussgefäß (Vene)
- eine niedrigfluss/ hochwiderstands- Verbindung (das periphere Gefäßbett)
- eine hochfluss/ niedrigwiderstands- Verbindung (der Shunt)
- parallele Zufluss- und Abflussgefäße (arterielle und venöse Kollateralen)

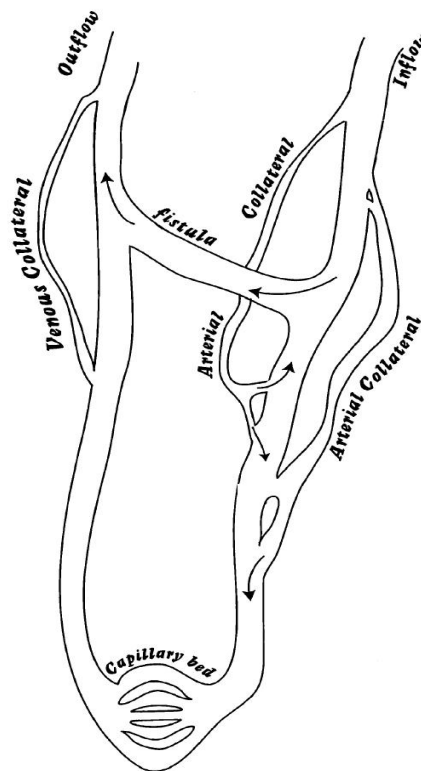


Abbildung 4: Basiskomponenten einer arteriovenösen Fistel. Abbildung aus Wixon CL, Hughes JD, Mills JL. Understanding strategies for the treatment of ischemic steal syndrome after hemodialysis access (Wixon et al., 2000).

Wie schon aufgezeigt, kommt es nach Anlage und Freigabe einer arteriovenösen Fistel, durch die plötzliche Arterienleckage in das venöse Niederdrucksystem hinein, zu einem kurzfristigen Blutdruckabfall in der zuführenden Arterie. Dieser Blutdruckabfall wird rasch durch eine Erhöhung des Herzzeitvolumens kompensiert. Der temporäre Verschluss einer chronischen arteriovenösen Fistel bewirkt im Gegenteil einen kurzfristigen Druckanstieg in der zuführenden Arterie, der eine Reduktion des Herzzeitvolumens bewirkt (Nicoladoni-Branham Zeichen) (Wixon et al., 2000).

Infolge der Fistelanlage kommt es zu einem mehrfachen Anstieg des Blutflusses in der zuführenden Arterie und in der abführenden Vene. Dabei bleibt der Blutfluss in der proximalen Arterie in Richtung Peripherie, und die in der proximalen Vene Richtung Herz gerichtet. Aber der Blutfluss in der Arterie distal der Fistel ist variabel und kann sowohl antegrad als auch retrograd sein, oder bidirektional (Kwun et al., 1979). Die Druckunterschiede, die die Richtung und Menge des Blutflusses in der Arterie distal der Fistel regulieren, beruhen auf komplexen Verhältnissen in den hämodynamischen Widerständen, die in der proximalen Arterie, der Fistel, den arteriellen Kollateralen und dem peripheren Gefäßbett herrschen.

Die Beschreibung dieser Verhältnisse durch Sumner (Sumner, 1975), der dazu eine elektrische Analogie benutzte (Ohmsches Gesetz) bietet dazu das beste konzeptuelle Verständnis und wird detailliert in der Arbeit von Wixon et al. (Wixon et al., 2000) beschrieben.

Eine Wheatstone Brücke ist ein Messinstrument, das von Samuel Hunter Christie 1833 erfunden und von Sir Charles Wheatstone 1843 verbessert und bekannt gemacht wurde (Schrüfer, 1992). Sie ist geeignet, einen unbekanntem elektrischen Widerstand mit hoher Genauigkeit zu messen (siehe Abbildung 5).

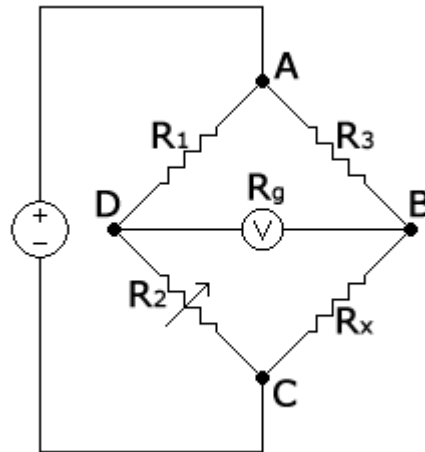


Abbildung 5: Brückenschaltungsdiagramm Wheatstones.

Im Stromkreis ist R_x der unbekannte, zu messende Widerstand. R_1 , R_2 und R_3 sind Widerstände mit bekannten Werten, der Widerstand von R_2 ist einstellbar. R_g stellt ein Galvanometer dar, mit dem kleinste Stromdurchflüsse gemessen werden können.

Nun wird der einstellbare Widerstand R_2 solange verändert, bis die Widerstandsverhältnisse derart ausgeglichen sind, dass das Verhältnis der Widerstände im linken, bekannten „Bein“ (R_2/R_1) dem Verhältnis der zwei im unbekanntem „Bein“ (R_x/R_3) gleich ist. In diesem Zustand ist die Spannung zwischen den zwei Mittelpunkten (DB) null und es fließt kein Strom durch das Galvanometer.

Da R_1 , R_2 und R_3 bekannt sind, kann R_x berechnet werden. Sehr kleine Änderungen von R_x stören die Balance und können bereits durch geringe Stromflüsse zwischen D-B präzise ermittelt werden und erfordern dann ein Neujustieren des veränderbaren Widerstandes R_2 .

Anhand der bekannten Widerstände R_1 , R_2 und R_3 kann der Wert für R_x ermittelt werden.

Alternativ- wenn R_3 kein einstellbarer Widerstand ist sondern einen diskreten Wert besitzt- kann R_x durch Messung des Stromflusses zwischen DB unter Zuhilfenahme der Stromkreisgesetze Kirchhoffs ermittelt werden.

In Summers Modell repräsentiert der distal der Fistel liegende Arterienanteil die Brücke in der Wheatstone Brückenschaltung (siehe Abbildung 6).

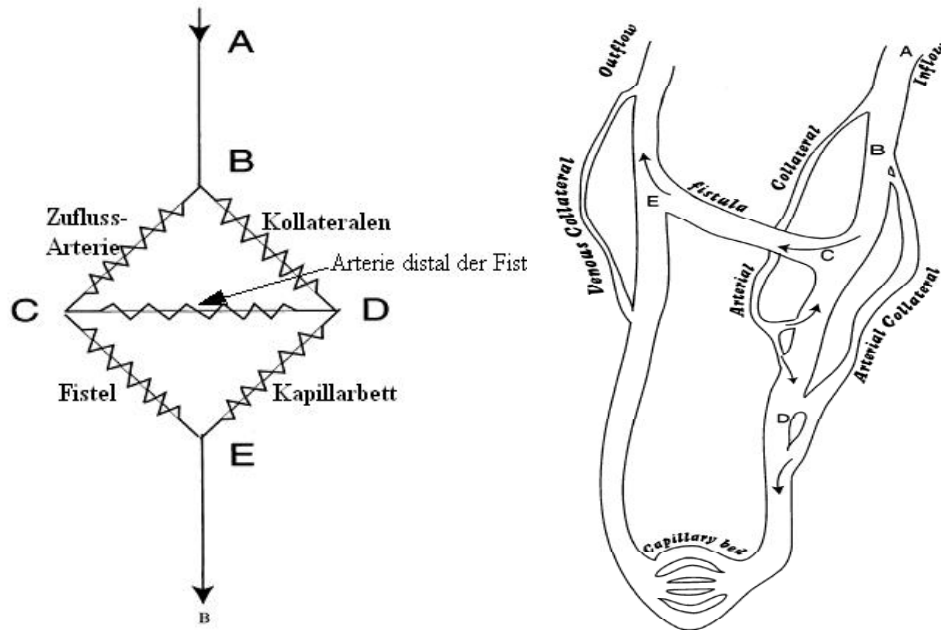


Abbildung 6: av-Fistel im Modell der Wheatstone-Brückenschaltung mit den korrelierenden Punkten A, B, C und D der arteriovenösen Fistel. Die Widerstände R_1 , R_2 , R_3 und R_x entsprechen den Flusswiderständen der Zufluss-Arterie, der Kollateralen, der Fistel und des peripheren Gefäßbettes. Die Flussrichtung in der Arterie distal der Fistel (Segment CD) ist eine Funktion aus den Widerstandsverhältnissen. Abbildung nach Wixon CL, Hughes JD, Mills JL. Understanding strategies for the treatment of ischemic steal syndrome after hemodialysis access (Wixon et al., 2000).

Entsprechend des Modells können die Flussverhältnisse in der Arterie distal der Fistel durch die Widerstandsverhältnisse im rechten und linken "Bein" der Wheatstone-Brücke erklärt werden. Umgekehrt geben bekannte Flussverhältnisse in der distalen Arterie Einblicke in die Widerstandsverhältnisse. Der Zusammenhang ist in Tabelle 2 dargestellt.

Flussrichtung	Widerstandsverhältnisse		
	Antegrad	$R_{\text{Fistel}}/R_{\text{proximale Arterie}}$	>
Kein Fluss	$R_{\text{Fistel}}/R_{\text{proximale Arterie}}$	=	$R_{\text{distales Gefäßbett}}/R_{\text{arterielle Kollateralen}}$
Retrograd	$R_{\text{Fistel}}/R_{\text{proximale Arterie}}$	<	$R_{\text{distales Gefäßbett}}/R_{\text{arterielle Kollateralen}}$

Tabelle 2: Fluss distal der Fistel als Funktion der Widerstandsverhältnisse (Wixon et al., 2000). R= Resistenz.

Im Ergebnis zeigt sich, dass der Druckunterschied zwischen den Punkten CD vom Verhältnis der Widerstände zwischen Zufluss-Arterie und Fistel einerseits und Kollateralarterien und peripherem Gefäßbett andererseits bestimmt wird.

Der Druck in der Arterie auf Höhe der Fistel (Abbildung 4 und Abbildung 6 Punkt C) ist eine Funktion des Verhältnisses zwischen dem Widerstand der proximalen Arterie (Abbildung 4 und Abbildung 6 Segment BC) und der Fistel. Der Druck in der Arterie distal der Fistel (Abbildung 4 und Abbildung 6 Punkt D) ist eine Funktion der Verhältnisse zwischen dem Widerstand der arteriellen Kollateralen (Abbildung 4 und Abbildung 6 Segment BD) und dem peripheren Gefäßbett (Abbildung 4 und Abbildung 6 Segment DE).

Der Druckgradient zwischen diesen beiden Punkten entscheidet über die Richtung und Menge des Blutflusses in dem Arterienanteil distal der Fistel.

Mit diesem Modell ist es möglich, den Effekt von Widerstandsveränderungen innerhalb des Systems vorherzusagen. Beispielsweise sagt das Modell korrekt voraus, dass die Erhöhung des Widerstandes des peripheren Gefäßbettes die Entwicklung eines Steal- Syndroms begünstigt. Die Erhöhung des Widerstandes in der Fistel begünstigt dagegen einen antegraden Fluss in der Arterie distal der Fistel. Auch Auswirkungen durch Stenosen in der zuführenden Arterie können simuliert werden. Die Abbildungen 7 bis 11 zeigen Flussverhältnisse bei verschiedenen Widerstandsbedingungen.

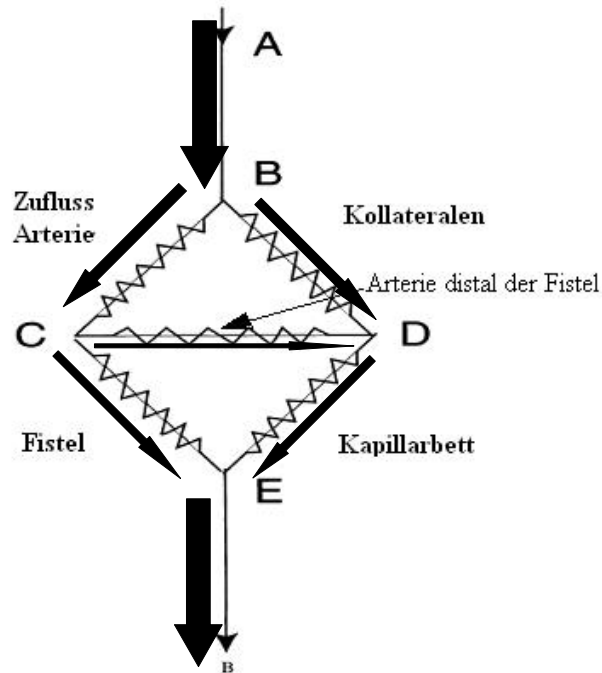


Abbildung 7: Antegrader Fluss in der distalen Arterie bei ausgewogenen Widerstandsverhältnissen mit ausreichender Durchblutung der Peripherie (Strecke DE).

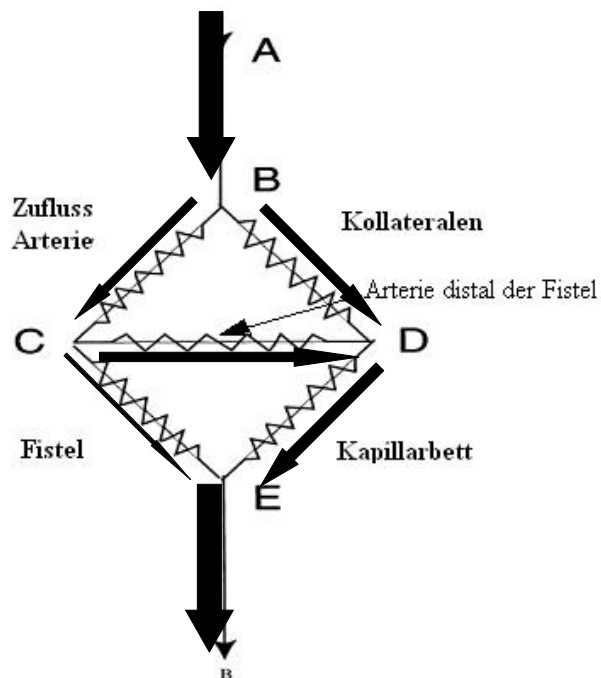


Abbildung 8: Insuffiziente Shuntvene mit hohem Widerstand und geringem Fluss. Im Vergleich zum Fistelwiderstand ist der Widerstand im peripheren Gefäßbett gering. Daher bleibt die Flussrichtung in der Arterie distal der Fistel antegrad.

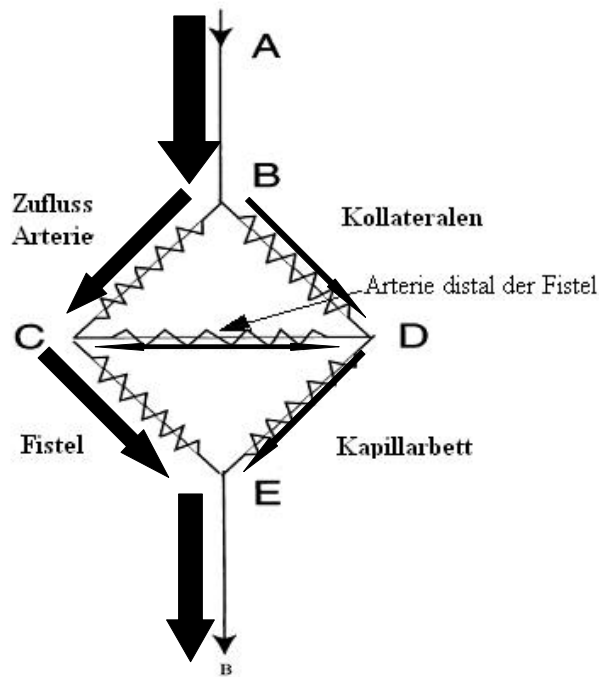


Abbildung 9: Hyperplasie der zuführenden Arterie und Großvolumenschunt mit Stealischämie und Pendelfluss in der distalen Arterie

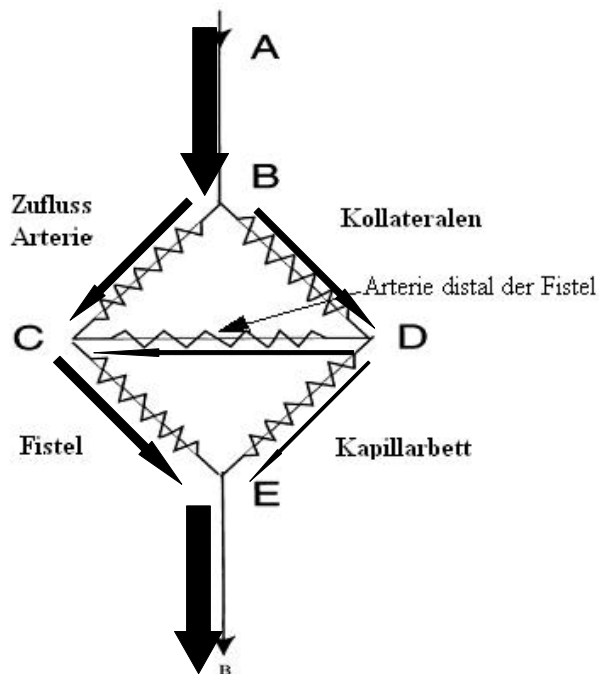


Abbildung 10: Steal: Retrograder Fluss in der distalen Arterie durch geringen Fistelwiderstand und in Relation hohem Widerstand im peripheren Gefäßbett. Damit geht eine signifikant eingeschränkte Durchblutung des peripheren Gewebes einher.

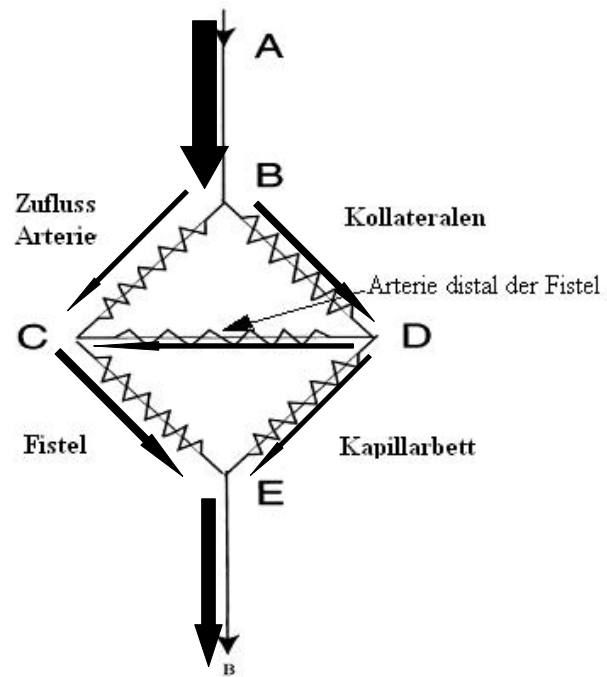


Abbildung 11: Stealischämie und verminderter Shuntfluss durch eine Stenose in der zuführenden Arterie (Inflow- Stenose)

5.1 Veränderungen in der Hämodynamik bei chronischer Stealischämie

Die chronische Stealischämie bewirkt eine prolongierte maximale Vasodilatation der distalen Gefäße und stimuliert die Entwicklung eines reichhaltigen Kollateralnetzwerks, mit dem Resultat einer Querschnittsvergrößerung der Gefäße auf Ebene des peripheren Gefäßbettes und der Kollateralen (Wixon et al., 2000). Entsprechend der Beziehung zwischen Querschnitt und Flusswiderstand (Poiseuille's Gesetz) sinkt sowohl der Widerstand der Kollateralen als auch der im peripheren Gefäßbett. Beides ist aber nur eingeschränkt geeignet, dem retrograden Blutfluss in der Arterie distal der Fistel entgegenzuwirken (siehe Abbildung 12).

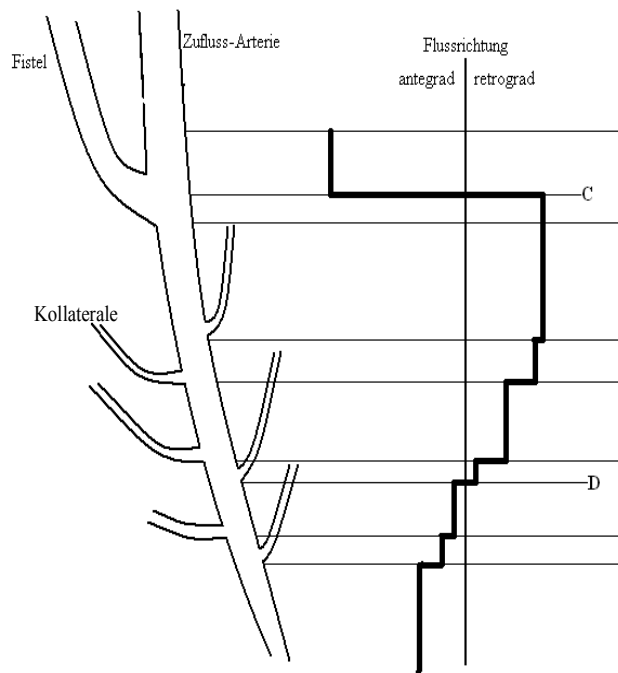


Abbildung 12: Der retrograde arterielle Fluss unmittelbar distal der arteriovenösen Verbindung reduziert sich mit zunehmendem Abstand durch einmündende Kollateralarterien, bis sich wieder ein antegrader Fluss einstellt. Abhängig von der anfänglichen Höhe des retrograden Flusses und der Leistung der Kollateralen liegt die Region der Flussumkehr näher oder weiter von der av-Anastomose entfernt. Je nach Fluss- und Widerstandsverhältnisse kann die Region der Strömungsumkehr weit in der Peripherie liegen. C und D entsprechen den Punkten C und D in Abbildung 4 und Abbildung 6.

Verfolgt man die Arterie ausgehend in Höhe der Fistelanlage weiter nach peripher, so nimmt der Betrag des retrograden Flusses abhängig mit den einmündenden Kollateralarterien ab (siehe Abbildung 12). Schließlich wird es einen Punkt geben, an dem nahezu kein Blutfluss besteht. Etwas weiter distal wird die Flussrichtung antegrad, zum Beispiel an der Eintrittsstelle einer großen Kollateralarterie (Abbildung 4 und Abbildung 6 Punkt D). Je weiter distal dieser Punkt liegt, um so ausgeprägter ist das Steal-Syndrom.

In dem Arteriensegment, das sich im Bereich der Übergangsstelle zwischen retrogradem und antegradem Blutfluss befindet, finden nur geringe Blutbewegungen statt. Entsprechend gering sind in dieser Region die auf die Gefäßwand wirkenden mechanischen Belastungen und Scherkräfte. Geringe Scherkräfte und geringe Blutflüsse, insbesondere Pendelflüsse führen zu einer beschleunigten Atherogenese (Zarins et al., 1983).

Dies erklärt die Beobachtung, die Berman et al. (Berman et al., 1997) bei der Untersuchung von 11 Patienten mit chronischem DASS gemacht hat. Alle untersuchten Patienten hatten erhebliche okklusive Veränderungen in dem beschriebenen Arteriensegment.

Obwohl das Modell Sumners hämodynamische Verhältnisse gut beschreiben kann, darf nicht vergessen werden, dass es durch herzyklusabhängige Fluss- und Widerstandsveränderungen im Verlauf des Herzzyklus' zu jeweils anderen Flussbedingungen kommt. In der Realität existiert keine strikte Grenze zwischen antegradem und retrogradem Fluss in der Arterie distal der Fistel, vielmehr werden die Flüsse in der Systole in die eine Richtung und in der Diastole in die andere Richtung gehen, also de facto meist ein bidirektionaler Flow vorliegen.

5.2 Anatomisch und pathophysiologische Einflüsse auf die Hämodynamik

Wie bereits dargestellt, kann man sich zur Beschreibung der Hämodynamik auf die Beachtung der Widerstandsverhältnisse in der zuführenden Arterie, der Peripherie, der Shuntvene und das kollaterale Netzwerk beschränken (Wixon et al., 2000).

Je weiter distal die Fistelverbindung angelegt wird, um so kleiner ist der Durchmesser der zu Verfügung stehenden Arterie und um so kleiner auch das Shuntvolumen.

Verbindungen zwischen der A. radialis und der V. cephalica am distalen Unterarm haben üblicherweise ein Shuntvolumen von 500-800 ml/min (Gemert und Bruyninckx, 1987). Das Shuntvolumen steigt bei Fisteln, die mit größeren Arterien hergestellt werden (A. brachialis- V. cephalica/ A. brachialis- V. basilica) auf 1 bis mehr als 2 l/min. (Van Tricht et al., 2005, Gemert und Bruyninckx, 1987). Durch arterielles Remodelling als Antwort auf den erhöhten Blutfluss nach Shuntanlage kommt es, nach einer anfänglichen Zunahme der Gefäßdurchmesser der zuführenden Arterie und damit weiter steigenden Shuntvolumina, nach ca. 1 Jahr zu keiner weiteren Zunahme des Gefäßdurchmessers (Dammers et al., 2005).

Die Höhe der Fistelverbindung entscheidet auch über das Angebot der Kollateralen. Diese sind in der Ebene des Ellenbogens kleiner als am Unterarm. Durch die zwei mittels Hohlhandbogen miteinander kommunizierenden Unterarmarterien A. radialis und A. ulnaris stehen am Unterarm ausgezeichnete Kollateralen zu Verfügung. Dies zeigt sich auch darin, dass eine Unterarmfistel einen beachtlichen Teil des Shuntvolumens retrograd von distal bezieht.

Obengenannte Ausführungen beziehen sich auf normale Gefäßverhältnisse. Bei Patienten mit arteriosklerotisch- obstruktiv vorgeschädigten Arterien verändern die kleineren Gefäßlumina und erhöhten Gefäßwiderstände die Situation. Zwar ist durch die kleineren Gefäßdurchmesser das Shuntvolumen geringer und beträgt für Unterarmshunts üblicherweise 200-255 ml/min und für Shunts, die über die A. brachialis gespeist werden, 600-900 ml/min (Tordoi et al., 2004). Durch die obstruktiven Veränderungen ist aber auch die Gesamtdurchblutung der Extremität

herabgesetzt und kann durch die Shuntanlage, trotz des verhältnismäßig kleinen Shuntvolumens, auf ein kritisches Maß reduziert werden. Die obstruktiven Veränderungen betreffen aber auch die Peripherie bis über die Digitalarterien hinaus und bewirken hier eine Widerstandserhöhung. Auch das Kollateralnetz ist durch die arteriellen Obstruktionen eingeschränkt. Letzteres kommt besonders bei einer Unterarmfistel zum Tragen, wenn die zweite Unterarmarterie sklerosiert und/ oder verschlossen ist.

6. Das Dialyseshunt assoziierte Steal Syndrom (DASS)

Theoretisch führt eine große arteriovenöse Fistel immer zu einer Reduktion der peripheren Gewebepfusion. (*“Steal ist physiologisch“* Sessa et al., 2004). Dies ist durch die oft beobachtete und beschriebene Tatsache belegt, dass der periphere Perfusionsdruck distal einer arteriovenösen Fistel immer erniedrigt ist (Duncan et al., 1986, Valji et al., 1995, Lazarides et al., 1998, Korzets et al., 2003, Tynan-Cuisinier und Berman, 2006, Barnes, 1980, Sivanesan et al., 1998, Knox et al., 2002). Je nach Steal-Volumen konsumiert die Fistel nicht nur den antegraden Blutfluss in der Arterie auf der Höhe der Fistel, sondern *“stiehlt“* auch eine Portion aus dem distalen arteriellen Kollateralfloss über einen retrograden Fluss aus der Arterie distal der Fistel (Knox et al., 2002).

Unter normalen Umständen kann die periphere Gewebedurchblutung durch arterielle Kollateralen und einer kompensatorischen peripheren Vasodilatation (Widerstandsreduktion) auf einem akzeptablem Niveau gehalten werden und sollte dann eher mit dem Begriff *Stealphänomen* beschrieben werden.

Relevanz bekommt die Durchblutungsstörung, wenn die distale arterielle Perfusion nicht ausreicht, die metabolischen Bedürfnisse zu erfüllen und führt dann zum Steal-Syndrom.

Bedingt durch die unzureichende periphere Durchblutung kommt es zu typischen Ischämiebeschwerden, die sich je nach Schwere und Dauer der Symptomatik in Schmerzen (belastungsabhängig, dialyseassoziiert oder bereits in Ruhe), einem sensomotorischen Defizit bis hin in gangränösen Veränderungen äußern können.

Analog zur Einteilung der Durchblutungsstörungen an den unteren Extremitäten werden nach Tordoir vier Stadien unterschieden (Tordoir et al., 2004):

Stadium I: blasse/ livide Hand und/ oder kühle Hand ohne Schmerzen

Stadium II: Schmerzen unter Belastung und/ oder während der Dialyse

Stadium III: Ruheschmerzen

Stadium IV: Ulzera/ Nekrosen/ Gangrän

Gewöhnlich kann die Diagnose des DASS durch eine klinische Untersuchung leicht gestellt werden. Kühle/ kalte Finger mit einer blassen oder lividen Verfärbung können noch ohne Schmerzereignis beobachtet werden. Üblicherweise ist der Puls der A. radialis am Handgelenk nur während der manuellen Shuntkompression palpabel, bei offenem Shunt nicht. In fortgeschritteneren Fällen können Schmerzen während der Dialyse oder in der Nacht auftreten. Falls keine zeitgerechte Behandlung erfolgt, können sich Nekrosen und Ulzera entwickeln (siehe Abbildung 13). Unbehandelt führt das Krankheitsbild zur Amputation.



Abbildung 13: DASS mit Ulzera und Nekrosen (Stadium IV)

Das DASS ist eine schwerwiegende Komplikation nach Dialyseshuntanlage (Knox et al., 2002, White et al., 1999, Tordoir et al., 2004, Tynan-Cuisinier und Berman, 2006, Sessa et al., 2004, Mwipatayi et al., 2006, Brittinger und Twittenhoff, 2005),

Das Dialysehunt assoziierte Steal Syndrom (DASS)

tritt aber klinisch relevant in einem relativ geringen Prozentsatz auf. Während bis zu 80% aller von der A. brachialis gespeisten Fisteln ein Stealphänomen präsentieren (Tynan-Cuisinier und Berman, 2006, Kwun et al., 1979), tritt eine symptomatische Stealischämie bei weniger als 10% auf (Illig et al., 2005). Die Häufigkeit von solch ausgeprägten Beschwerden, die dann auch einer Therapie bedürfen, wird zwischen 1-8% der Patienten angegeben (Wilson, 1996, Knox et al., 2002, Berman et al., 1997, Schanzer et al., 1992), die Prävalenz hierbei schwankt jedoch, je nachdem wie die Schwere und Ausprägung in den einzelnen Publikationen definiert wurde, zwischen 1% und 20% (Illig et al., 2005).

DASS scheint bei Prothesenshunts häufiger als bei nativen av-Fisteln aufzutreten und ist eindeutig häufiger bei Ellenbogen- bzw. Oberarmshunts gegenüber solchen, die durch eine Unterarmarterie gespeist werden (Nicholson und Murphy, 2000, Wilson, 1996, Zibar et al., 1988, Morsy et al., 1998, Schanzer et al., 1992).

Durchblutungsstörungen, durch die eine Erhöhung des peripheren Gefäßwiderstandes hervorgerufen wird, erhöhen das Risiko für ein DASS. Das sind Patienten mit arterieller Verschlusskrankheit oder solche, bei denen es durch multiple vorausgegangene Shuntoperationen zu einer Zerstörung der potentiell kompensierenden Blutgefäßbahnen gekommen ist (Brittinger, 2005). Dementsprechend sind die Risikofaktoren, die für die arterielle Verschlusskrankheit bekannt sind, auch Risikofaktoren für ein DASS. Retrospektive Studien konnten Korrelationen zwischen DASS und weiblichem Geschlecht, Alter von über 60 Jahren und Diabetes mellitus feststellen (Rodriguez et al., 2005).

6.1 Apparative Untersuchungsmethoden

Vom klinischen Standpunkt aus betrachtet wird das Steal- Syndrom durch eine unzureichende distale Perfusion definiert, hervorgerufen durch einen retrograden oder unzureichenden antegraden Blutfluss in der distalen Arterie. Klinische und apparative Untersuchungsmethoden können den zugrundeliegenden hämodynamischen Status aufdecken und unter Berücksichtigung des hämodynamischen Modells von Sumner die möglichen Therapieoptionen aufzeigen. Zu den in diesem Zusammenhang relevanten Untersuchungsmethoden gehören die digitale Blutdruckmessung, die transkutane PO₂- Messung, die Dopplerduplexsonographie und die arterielle Angiographie.

Finger-Blutdruckwerte von <50mm Hg, ein Finger/Brachial-Index von <0.6 und ein TcPO₂ von <20- 30 mmHg unterstützen die Diagnose der DASS (Tordoir et al., 2004).

Die Duplexsonographie kann wertvolle Schlüsse auf die Hämodynamik geben (Tordoir et al., 2004, Rodriguez et al., 2005): Zum einen sind Shuntvolumenmessungen möglich, um einen Normalvolumenshunt von einem Niedrig- oder Hochvolumenshunt zu unterscheiden. Zum anderen erlaubt es diese Untersuchung, detaillierte Aussagen zu Fluss-Volumina und –Richtungen einzelner Gefäßabschnitte, jeweils mit und ohne Shuntkompression, zu machen. Somit kann ein genaues Bild über die hämodynamischen Verhältnisse erstellt werden.

Eine arterielle Angiographie mit Darstellung der A. subclavia, A. brachialis und der Unterarmarterien ist mit Bildserien ohne und mit Shuntkompression notwendig (Tordoir et al., 2004). Qualitative Aussagen zu den Flussverhältnissen sind dabei möglich, zusätzlich können Stenosen/ Verschlüsse der zuführenden Gefäße detektiert und der arterielle Status der Unterarmarterien evaluiert werden (siehe Abbildung 14 und 57).

Die Kenntnis des arteriellen Status und der Flussverhältnisse erlaubt unter Beachtung des hämodynamischen Modells von Sumner die Wahl der optimalen Therapie.

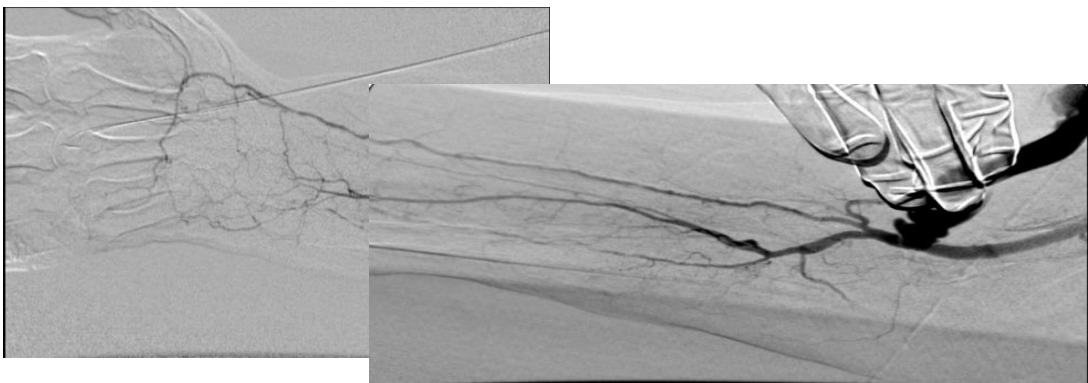
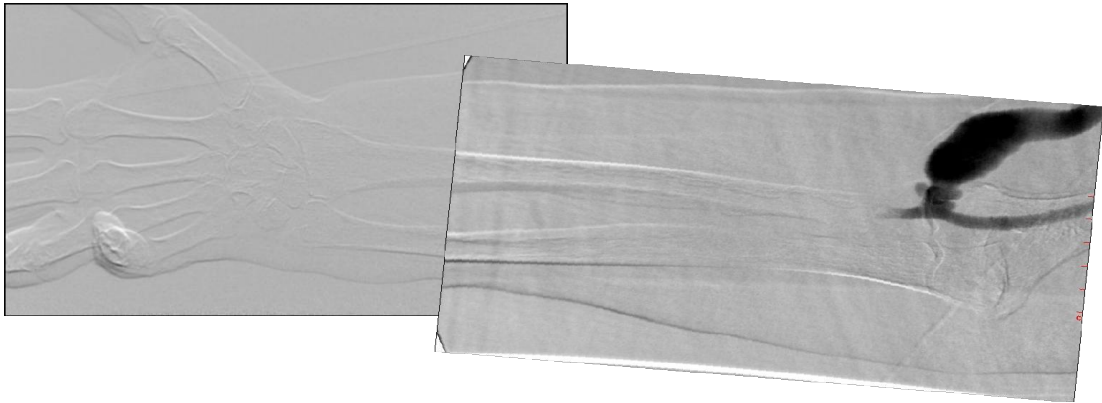


Abbildung 14: Patient mit DASS. Oben: Angiographie ohne Shuntkompression. Die peripheren Arterien lassen sich nicht darstellen da das Kontrastmittel komplett über die Shuntvene abfließt. Unten: Angiographie mit manueller Shuntkompression. Die peripheren Arterien sind nun erkennbar.

6.2 Therapieoptionen

Das DASS ist durch einen unzureichenden Fluss im peripheren Kapillarnetz gekennzeichnet, bedingt durch ein überwiegendes Abfließen des Blutvolumens über die Fistel mit unzureichender antegrader oder gar retrograder Flussrichtung in der Arterie distal der Fistel. Die Ursache liegt in verschobenen Widerstandsverhältnissen zwischen Fistel, proximaler Arterie, distalem Gefäßbett und der arteriellen Kollateralen.

Die Widerstandsverhältnisse zwischen $R_{\text{Fistel}}/R_{\text{proximale Arterie}}$ sind dabei gleich oder kleiner als die Widerstandsverhältnisse zwischen $R_{\text{distales Gefäßbett}}/R_{\text{arterielle Kollateralen}}$ (siehe Tabelle 2).

Um die periphere Durchblutung zu erhöhen ergeben sich nach Sumners Modell folgende theoretische Ansätze und Möglichkeiten:

1. Erhöhung des Fistelwiderstandes/ Unterbindung der Fistel ($R_{\text{Fistel}} \uparrow$)
2. Reduktion des Widerstandes in der zuführenden Arterie ($R_{\text{proximale Arterie}} \downarrow$)
3. Reduktion des Widerstandes im peripheren Gefäßbett ($R_{\text{distales Gefäßbett}} \downarrow$)
4. Erhöhung des Widerstandes der arteriellen Kollateralen ($R_{\text{arterielle Kollateralen}} \uparrow$)
5. Ligatur der Arterie distal der Fistel (Trennung des rechten und linken "Beins" der Wheatstone-Brücke)

6.2.1 Erhöhung des Fistelwiderstandes

Die Erhöhung des Fistelwiderstandes bewirkt eine Reduktion des Shuntvolumens zugunsten der peripheren Perfusion (Katz und Kohl, 1996, Valji et al., 1995, White et al., 1999, Khali und Livingston, 1988, West et al., 1991). Damit kommt dieses Verfahren nur bei Großvolumenshunts in Betracht, da nur bei diesen Shunts das Shuntvolumen reduziert werden kann, so dass das verbleibende Shuntvolumen den Ansprüchen der Dialyse weiter genügen kann.

Gemäß dem Poiseuille'schem Gesetz ist der Flusswiderstand in einer Röhre proportional zur Länge der Röhre und umgekehrt proportional zur 4. Potenz des Röhrenradius. Bezogen auf die Fistel lässt sich deren Widerstand durch die Verlängerung der Fistel und/ oder Verringerung des Fisteldurchmessers erhöhen.

Von diesen zwei Möglichkeiten haben sich Versuche, den Fisteldurchmesser zu verringern der größeren Beliebtheit erfreut (Minion et al., 2005). Die zwei wichtigsten Verfahren zur Reduktion des Fisteldurchmessers sind:

1. Banding:

Unter Banding versteht man das Einengen der Shuntvene durch ein Teflon- oder Dacronband. Dieses Verfahren wird teilweise mit intraoperativem Monitoring des Shuntvolumens durchgeführt, um den optimalen Grad der Einengung zu erzielen (Odland et al., 1991, Shemesh et al., 1990, Rivers et al., 1992).

Das Banding hat den Nachteil, dass es unter dem Band zu einer unkontrollierten, zufälligen Fältelung der Vene kommt, so dass flussdynamisch ungünstige Innenlumenabschnitte entstehen können. Zudem können sich Verkalkungen entwickeln, die zum Shuntverschluss führen können (Brittinger, 2005).

2. Verkleinerung der av-Anastomose:

Auch durch Revision mit gleichzeitiger Verkleinerung der av-Anastomose, anastomosennahem Absteppen der Shuntvene oder Neuanlage etwas weiter distal lässt sich der Fisteldurchmesser reduzieren. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass es zu keiner unkontrollierten Fältelung der Venenwand kommen kann. Nachteil dieses Verfahrens ist es, dass ein solchermaßen eingegengtes Gefäß wieder zur Dilatation neigt, so dass erneut kritische Shuntvolumina erreicht werden können (Brittinger, 2005).

Da der Flusswiderstand umgekehrt proportional zur 4. Potenz des Radius ist, haben kleine Veränderungen des Radius große Wirkung. Dementsprechend ist allen Verfahren gemeinsam, dass bereits Radiusveränderungen unterhalb des Millimeterbereiches zwischen zu großer, adäquater und zu geringer Flussvolumenreduktion entscheiden können (Mattson, 1987, Ebeid und Saranchak, 1981). Zudem unterliegt die zuführende Arterie und die Shuntvene auch nach der Flussreduktion weiter dynamischen Veränderungen. Sowohl Shuntthrombosen durch zu starke Einengung, als auch insuffiziente Volumenreduktionen durch unzureichende Lumenreduktion oder im Laufe der Zeit erneute Lumenerweiterung, sind möglich. So sind die berichteten Ergebnisse gemischt, insgesamt aber enttäuschend (DeCaprio et al., 1997). Zudem konnten klinische Untersuchungen keine Reduktion des Ischämie-Risikos aufzeigen (Sabanayagam, 1997, Schaffner, 1997).

Die Erhöhung des Fistelwiderstandes bedeutet im Extremfall durch Ligatur der Fistel bewusst einen Shuntverschluss herzustellen. Diese Handlungsweise setzt den Fistelwiderstand sozusagen auf den Maximalwert herauf. Diese Maßnahme ist sehr effektiv und eliminiert die Ischämiesymptomatik nachhaltig (Tynan-Cuisinier und Berman, 2006). Der entscheidende Nachteil liegt aber darin, dass man einen funktionierenden Gefäßzugang definitiv aufgeben muss, mit der Notwendigkeit einen alternativen Zugang zu schaffen. Somit kann die Fistelligatur nur als Ultima ratio in Frage kommen.

6.2.2 Reduktion des Widerstandes in der zuführenden Arterie

Nach Anlage einer av-Fistel kommt es zu einem Umbau der zuführenden Arterie, einem arteriellen Remodelling (Dammers et al., 2005), das nach ca. einem Jahr weitgehend abgeschlossen ist. Dabei nimmt der Durchmesser der zuführenden Arterie als Antwort auf die erhöhten Flussvolumina zu, der Widerstand entsprechend ab. Im Normalfall, also bei entwickelter, stenosefreier Arterie, ist der Widerstand vergleichsweise niedrig und mit vertretbaren Maßnahmen nicht weiter reduzierbar.

Pathologische Veränderungen im Bereich der zuführenden Arterie können zu einem erhöhten Flusswiderstand führen. Ein erhöhter Einflusswiderstand bewirkt einen insgesamt reduzierten arteriellen Einfluss und kann damit, trotz ausgewogenen Widerstandsverhältnisse zwischen dem rechten und linken "Bein" der Wheatstone-Brücke (siehe Tabelle 2), sowohl zu einem reduzierten Shuntvolumen als auch einer -kritisch- verminderten peripheren Durchblutung führen.

Die Ursache ist meist eine Stenose der zuführenden Arterie (Inflow- Stenose). Vorausgegangene Untersuchungen konnten zeigen, dass der Beitrag von Inflow-Stenosen zur Symptomatik der DASS bei 20-30% liegt (Berman et al., 1997, Morsy et al., 1998).

Therapeutisch kommt zur Beseitigung der Inflow- Stenosen in erster Linie ein radiologisch- interventionelles Verfahren mittels PTA in Betracht, in zweiter Linie die operative Behandlung.

6.2.3 Reduktion des Widerstandes im peripheren Gefäßbett

Die chronische Stealischämie bewirkt eine prolongierte maximale Vasodilatation der distalen Gefäße (Wixon et al., 2000). Entsprechend der Beziehung zwischen Querschnitt und Flusswiderstand (Poiseuille's Gesetz) sinkt damit der Widerstand im peripheren Gefäßbett. Durch therapeutische Maßnahmen lässt sich dieser bereits maximal reduzierte Widerstand nicht weiter verringern.

6.2.4 Erhöhung des Widerstandes der arteriellen Kollateralen

Eine Erhöhung des Widerstandes der arteriellen Kollateralen führt zu einer Reduktion des retrograden Flusses in der Arterie distal der Fistel. Diese Tatsache mag auf den ersten Blick überraschend erscheinen, erklärt sich aber daraus, dass das retrograd fließende Blutvolumen zuvor über die Kollateralen in die Peripherie transportiert worden sein muss: Reduziert man das Blutangebot in der Peripherie so sinkt auch die Blutmenge, die retrograd aus der Peripherie abfließen kann.

Umgekehrt steigt sowohl der retrograde Blutfluss in der Arterie distal der Fistel, als auch die periphere Perfusion, wenn der Widerstand der Kollateralen sinkt.

In Bezug auf das DASS bewirkt eine Widerstandserhöhung im Kollateralnetz eine Minderung der peripheren Perfusion, bei gleichzeitiger Reduktion des retrograden Flussvolumens in der Arterie distal der Fistel. Damit kommt dieser Ansatz zur Behandlung der peripheren Ischämie nicht in Betracht.

Andererseits bewirkt eine Widerstandsreduktion im Kollateralnetz eine Zunahme der peripheren Perfusion – dieser Ansatz ist also, trotz des damit verbundenen Anstiegs des retrograden Flussvolumens in der Arterie distal der Fistel, zur Behandlung der peripheren Ischämie theoretisch denkbar.

Der Widerstand des Kollateralnetzes wird reduziert, indem ein Bypass zwischen der Arterie proximal der Fistel zur Arterie distal der Fistel angelegt wird (entspricht einer low- resistance- Kollaterale) (Wixon et al., 2000).

6.2.5 Ligatur der Arterie distal der Fistel

Der retrograde Blutfluss in der Arterie distal der Fistel kann durch eine Unterbindung dieser Arterie direkt distal der Fistel beseitigt werden. Dadurch kommt es zu einer Trennung des rechten und linken “Beins“ der Wheatstone-Brücke und damit auch zu veränderten Widerstands- und Flussbedingungen:

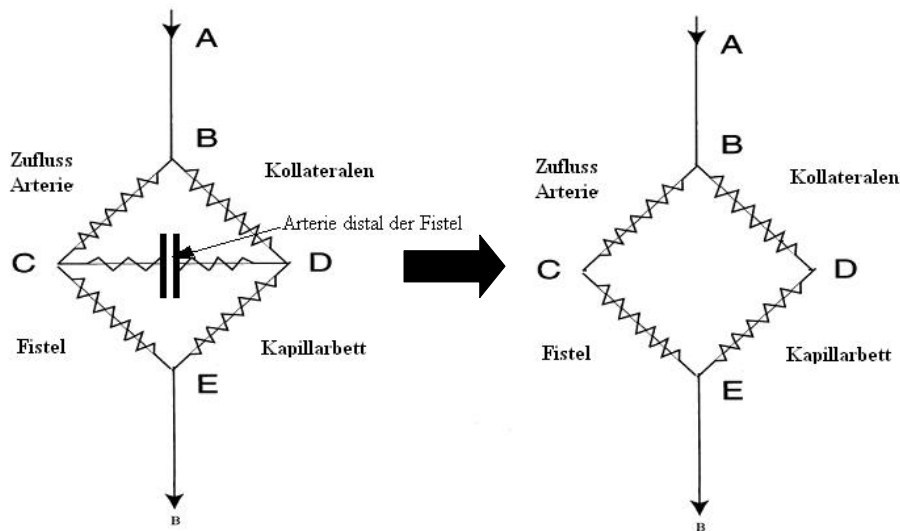


Abbildung 15: Die Ligatur der Arterie distal der Fistel führt zu veränderten Widerstands- und Flussbedingungen.

Durch die Ligatur kommt es zur Trennung der zwei “Beine“. Damit wird aus der Wheatstone-Brücke eine Schaltung mit zwei parallelen Widerständen: Auf der einen Seite wird der Widerstand aus der Summe der Widerstände der Zuflussarterie und der Fistel gebildet, auf der anderen Seite wird der Widerstand aus der Summe der Widerstände der Kollateralen und des peripheren Kapillarbetts gebildet. Die Flussverhältnisse sind abhängig vom Verhältnis der Gesamtwiderstände der einzelnen “Beine“:

$$R_{\text{proximale Arterie}} + R_{\text{Fistel}} / R_{\text{arterielle Kollateralen}} + R_{\text{distales Gefäßbett}}$$

Der Blutstrom teilt sich entsprechend der Widerstandsverhältnisse auf. Je geringer der Widerstand im Schenkel der Kollateralen- Kapillarbett im Verhältnis zum

Widerstand im Schenkel der Zuflussarterie- Fistel ist, um so mehr Blut wird über die Kapillaren in die Peripherie fließen.

Bei unzureichend antegradem oder bidirektionalem Fluss in der Arterie distal der Fistel wird eine Ligatur dieses Gefäßes keine Verbesserung der peripheren Perfusion bewirken können.

Aber bei zuvor bestehendem retrograden Blutfluss in der Arterie distal der Fistel wird eine Ligatur immer zu einer Verbesserung der peripheren Durchblutung führen, da dann kein Blut mehr aus der Peripherie abgezogen wird. Das Ausmaß der Perfusionsverbesserung durch die Ligatur kann aber im Einzelfall nicht vorhergesehen werden. Denn die ligierte Arterie war Teil der Ausflussbahn der Kollateralen, so dass ein Wegfall dieses Gefäßes zum Widerstandsanstieg der Kollateralen führt. Dies führt zu einer Reduktion des Blutflusses über die Kollateralen, so dass die tatsächliche periphere Durchblutungssteigerung nicht dem Volumen des zuvor retrograden Blutflusses entsprechen muss sondern deutlich darunter liegen kann.

Gute Ergebnisse nach Ligatur zeigen sich in Situationen, bei denen das periphere Gewebe weiterhin pulsierend-arteriell versorgt ist. Dies ist bei radiocephalen Fisteln mit durchgängiger A. ulnaris und Hohlhandbogen der Fall (Valji et al., 1995, Storey et al., 1969). Bei Fisteln mit der A. brachialis bleibt das Problem der peripheren Ischämie bei alleiniger Ligatur der Arterie distal der Fistel im Allgemeinen bestehen (Illig et al., 2005).

Aufschluss über den Erfolg einer distalen Arterienligatur kann die präoperative klinische und duplexsonographische Untersuchung ergeben. Entscheidend ist der periphere Pulsstatus bei Kompression der Arterie distal der Fistel.

6.3 Die DRIL- Prozedur

Die oben genannten Therapieoptionen zur Beseitigung der Steal-Symptomatik unter Erhalt des Dialysezuganges setzen eine oder mehrere der folgenden Bedingungen voraus:

- Stenose der zuführenden Arterie
- Großvolumenshunt
- Unterarmfistel mit erhaltenem Hohlhandbogen

Zur Beseitigung der Steal-Symptomatik unter Erhalt des Dialysezuganges bei Abwesenheit dieser Voraussetzungen hat Schanzer et al. 1988 (Schanzer et al., 1988) erstmals ein Verfahren beschrieben, für das 1994 von Knox et al. das Akronym „DRIL“ geprägt wurde. Die ursprüngliche Vorstellung Schanzers war, dass dem DASS ursächlich ein insuffizientes arterielles Kollateralnetzwerk zugrunde lag. Im Bestreben, die arterielle Kollateraldurchblutung zu verbessern, wurde ein Bypass (gleichsam eine große Kollaterale) von der Arterie proximal der Fistel bis zur Arterie distal der Fistel geschaffen.

Dies reduzierte den Widerstand im Kollateralnetzwerk, erhöhte den Anteil des kollateralen Flussvolumens, reduzierte den Anteil des zur Fistel gehenden Flussvolumens und erhöhte damit die Blutmenge, die in die Peripherie geleitet wurde. Um den ebenfalls erhöhten Fluss aus der Peripherie retrograd über die Arterie distal der Fistel in die Fistel hinein zu verhindern, wurde die Arterie distal der Fistel ligiert.

Die entscheidenden Komponenten der Prozedur werden in der Bezeichnung „DRIL“ aufgegriffen:

Distal Revascularization- Interval Ligation (Knox et al., 2002).

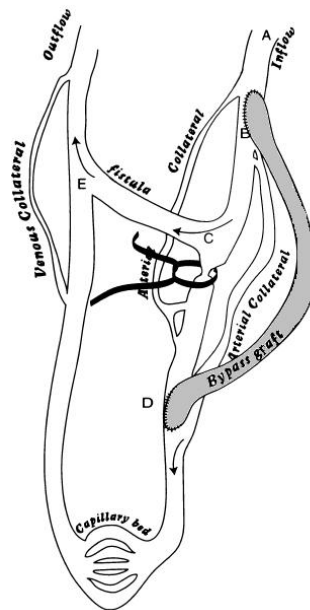


Abbildung 16: Prinzip der DRIL-Prozedur. Distale Revaskularisation und Interval-Ligatur.
Aus: Wixon CL, Hughes JD, Mills JL. Understanding strategies for the treatment of ischemic steal syndrome after hemodialysis access (Wixon et al., 2000).

6.3.1 Hämodynamik der DRIL-Prozedur

Betrachtet man Sumners Modell, so werden bei der DRIL-Prozedur zwei Veränderungen in der Wheatstone-Brücke vorgenommen. Zum einen wird der Widerstand der Kollateralen reduziert. Dies hat sowohl eine Erhöhung der peripheren Durchblutung als auch eine Zunahme des retrograden Flussvolumens in der Arterie distal der Fistel zur Folge. Um den retrograden Fluss zu verhindern, wird die Arterie distal der Fistel unterbunden (siehe Abbildung 17).

Durch die Ligatur kommt es zur Trennung der zwei "Beine". Damit wird aus der Wheatstone-Brücke eine Schaltung mit zwei parallelen Widerständen: Auf der einen Seite wird der Widerstand aus der Summe der Widerstände der Zufussarterie und der Fistel gebildet, auf der anderen Seite wird der Widerstand aus der Summe der Widerstände der Kollateralen und des peripheren Kapillarbett gebildet.

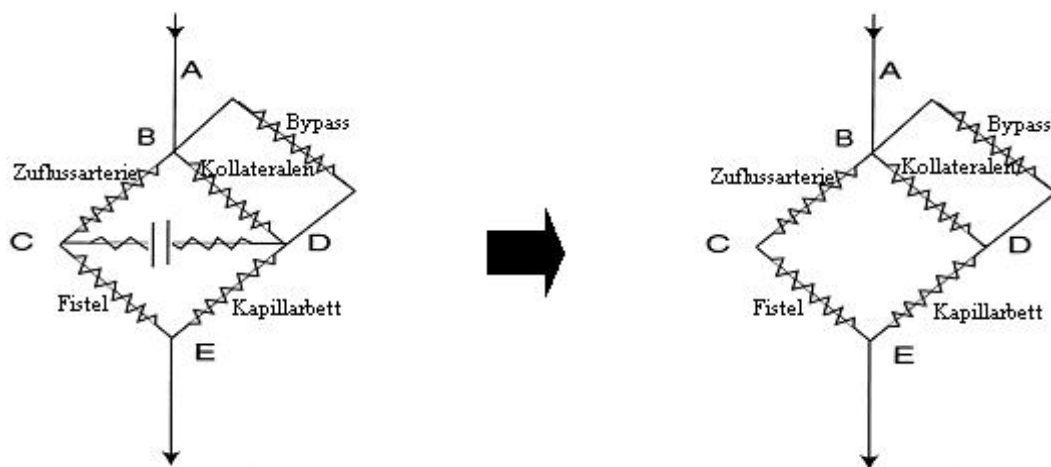


Abbildung 17: Durch die Ligatur der Arterie distal der Fistel kommt es zur Trennung der "Beine" der Wheatstone-Brücke.

Durch das Fehlen der Brücke handelt es sich nun um ein System von parallel geschalteten Widerständen: Einerseits aus der Summe der jeweiligen Widerstände von Zufussarterie und Fistel, andererseits aus der Summe der jeweiligen Widerstände von Kollateralnetz und Kapillarbett.

Die Flussverhältnisse sind abhängig vom Verhältnis der Gesamtwiderstände der einzelnen "Beine":

$$R_{\text{proximale Arterie}} + R_{\text{Fistel}} / R_{\text{Kollateralnetz}} + R_{\text{distales Gefäßbett}}$$

Der Blutstrom teilt sich entsprechend der Widerstandsverhältnisse auf. Je geringer der Widerstand im Schenkel Kollateralnetz- Kapillarnetz im Verhältnis zum Widerstand im Schenkel Zuflussarterie- Fistel ist, um so mehr Blut wird über die Kapillaren in die Peripherie fließen.

Der Widerstand im Kollateralnetz setzt sich zusammen aus den parallel geschalteten Widerständen der nativen Kollateralen und dem des geschaffenen Bypass. Da es sich um eine Parallelschaltung handelt, besteht folgende Beziehung:

$$1/R_{\text{Kollateralnetz}} = 1/R_{\text{native Kollateralen}} + 1/R_{\text{Bypass}}$$

Der Gesamtwiderstand ist also immer kleiner als der jedes Widerstandes alleine. Der Gesamtwiderstand im Kollateralnetz ist folglich nach der Bypassimplantation kleiner als der Widerstand des Bypasses oder der der nativen Kollateralen alleine.

Damit wird durch den implantierten Bypass - durch die Widerstandsreduktion im linken "Bein" - der Anteil der in die Peripherie fließenden Blutmenge im Verhältnis zu der durch die Fistel fließenden Blutmenge erhöht. Durch die Intervall-Ligatur wird sichergestellt, dass das über die native Kollateralen und den Bypass in die Peripherie fließende Blut auch die Peripherie perfundiert und nicht doch retrograd in die Fistel abfließt.

Der implantierte Bypass hat noch einen weiteren Effekt: Da die Widerstände im rechten und linken "Bein" parallel geschaltet sind, bewirkt der neu implantierte Bypass eine Widerstandsreduktion in der gesamten Extremität und damit eine Erhöhung des gesamten Blutflusses in der Extremität (Wixon et al., 2000).

Während die Lokalisation der distalen Anastomose relativ klar ist, nämlich unterhalb der Ligatur, haben Illig et al. (2005) in einem theoretischen Modell den Einfluss der Höhe der proximalen Anastomose auf die Hämodynamik aufgezeigt (siehe Abbildung 18).

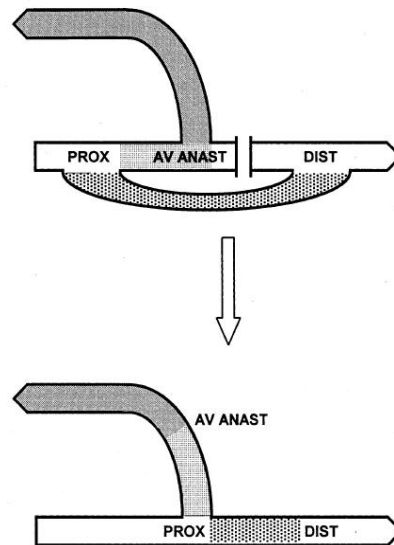


Abbildung 18: Anatomische Darstellung (oben) und topologische Darstellung (unten). Die topologische Darstellung verdeutlicht das "interponierte" Arteriensegment (Illig et al., 2005).

Auf Höhe der proximalen Anastomose (PROX) teilt sich der Blutstrom in zwei Richtungen auf. Ein Teil fließt zunächst weiter durch die native Arterie und dann über die Fistel (AV ANAST) in die Shuntvene. Der andere Teil fließt über die Bypassvene und die nativen Kollateralen nach distal in das periphere Gefäßbett (DIST).

Während die abfließende Shuntvene und der implantierte Bypass einem low-resistance- Gefäß entspricht, stellt die Zufluss- Arterie ein high- resistance- Gefäß dar.

Gemäß dem Poiseuille'schem Gesetz ist der Flusswiderstand in einer Röhre proportional zur Länge der Röhre und umgekehrt proportional zur 4. Potenz des Röhrenradius.

Je weiter proximal die proximale Bypassanastomose gelegen ist, um so länger ist das Arteriensegment zwischen dieser Anastomose und der Fistel und umso höher ist der durch die Arterie bewirkte Widerstand, bevor der Abstrom in die low- resistance- Shuntvene erfolgt.

Je weiter proximal die proximale Bypassanastomose gelegen ist, um so länger ist der low- resistance- Bypass, bevor das Blut in die high- resistance- Peripherie abfließt.

Je weiter proximal also die proximale Bypassanastomose gelegen ist, um desto mehr verschieben sich die Widerstandsbedingungen zugunsten der peripheren Durchblutung.

In der Praxis wurden Distanzen zwischen proximaler Bypassanastomose und Fistel von verschiedenen Autoren von mindestens 3cm (Wixon et al., 2000, Knox et al., 2002), mindestens 5cm (Korzets et al., 2003), 5-7cm (Knox et al., 2002) bis hin nahe der Axilla als erfolgreich (Illig et al., 2005) beschrieben.

6.3.2 Praktisches Vorgehen bei der DRIL-Prozedur

6.3.2.1 Präoperative apparative Diagnostik

Wie bereits beschrieben, kommt die DRIL-Prozedur zur Beseitigung des DASS in den Fällen in Betracht, in denen keine Stenose der zuführenden Arterie, kein Großvolumenshunt und keine Unterarmfistel mit erhaltenem Hohlhandbogen vorliegt. Diese Bedingungen liegen zumeist vor und lassen sich mittels Duplexsonographie bestätigen. (siehe Kapitel 6.1, Apparative Untersuchungsmethoden). Duplexsonographisch kann das Shuntvolumen bestimmt und die Fluss-Spektren und –Richtung in der Arterie distal der Fistel, der A. radialis und A. ulnaris festgestellt werden (siehe Abbildung 19). Wird diese Untersuchung auch mit Shuntkompression (Valji et al., 1995) durchgeführt, kann der periphere Gefäßstatus nach Ausschalten des Steal-Flusses erhoben und ein Erfolg der DRIL-Prozedur abgeschätzt werden (Schanzer et al., 1988, Katz et Kohl, 1996, Lazarides et al., 1998, Illig et al., 2005, Wixon et al., 2000, Malik et al., 2003).

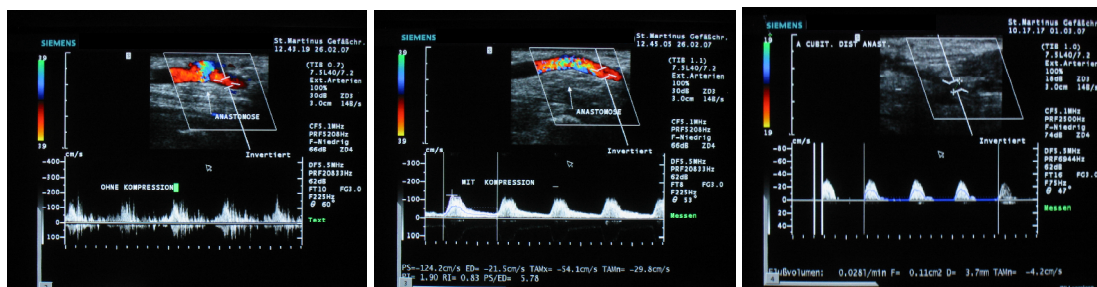


Abbildung 19: Ellenbogenshunt (A. brachialis Seit- zu- End mit der V. cephalica). Duplexsonographie der A. brachialis/ cubitalis distal der Fistel. Links: Bidirektionale turbulente Strömung bei offener Shuntvene. Mitte: Nach distal gerichteter Fluss bei manueller Kompression der Shuntvene. Rechts: Tatsächlicher, nach distal gerichteter biphasischer Fluss postoperativ nach erfolgter DRIL-Prozedur.

Zusätzlich zur Doppler-/Duplexsonographie wird von vielen Autoren (Tynan-Cuisinier et Berman, 2006) eine präoperative Angiographie, ebenfalls mit und ohne Shuntkompression gefordert, um die Gefäßmorphologie und eventuelle Stenosen in den distalen Gefäßabschnitten feststellen zu können (siehe Abbildung 20 und 21).

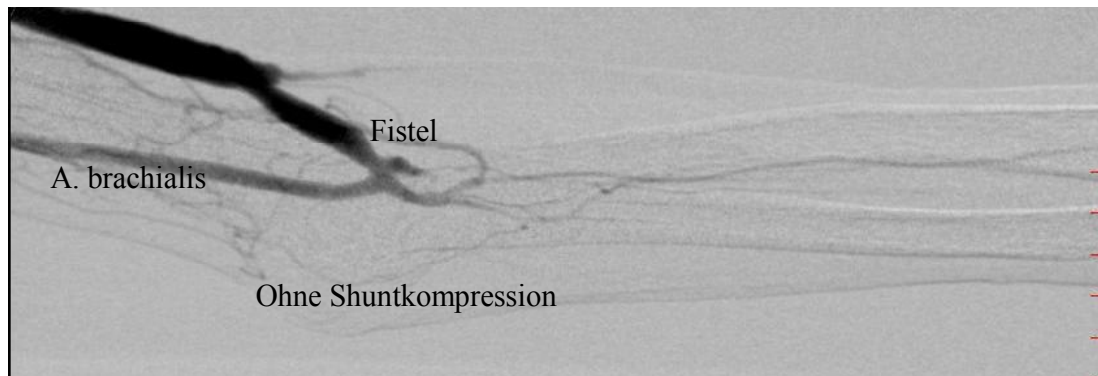


Abbildung 20: Derselbe Patient wie Abbildung 19. Angiographie ohne Shuntkompression. Flaue Kontrastierung der peripheren Arterien.

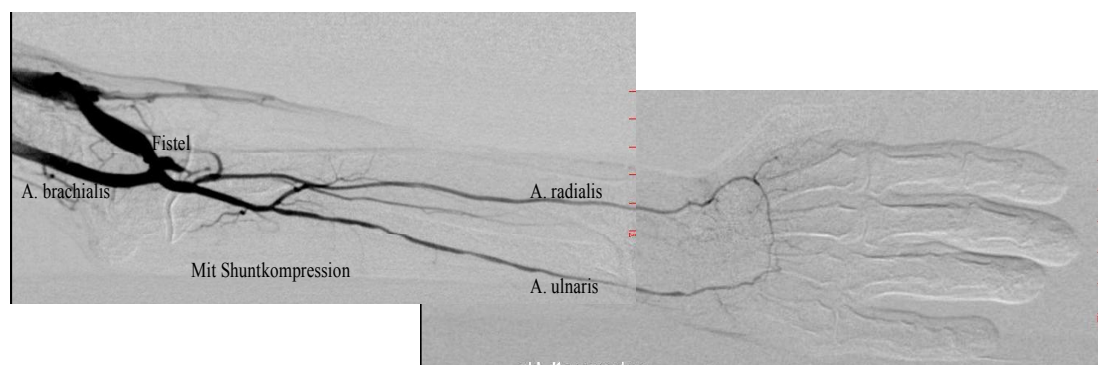


Abbildung 21: Derselbe Patient wie Abbildung 20. Angiographie mit Shuntkompression. Darstellung der peripheren Arterien einschließlich des Hohlhandbogens.

6.3.2.2 Operatives Vorgehen

Die operativen Details wurden bereits in mehreren Publikationen beschrieben (Schanzer et al., 1992, Katz und Kohl, 1996, Berman et al., 1997, Wixon et al., 2000). Zusammengefasst wird ein kurzer Bypass (üblicherweise ein V. saphena magna- Segment vom Oberschenkel, alternativ eine 6mm PTFE-Prothese) einige Zentimeter proximal der Fistel End- zu- Seit mit der Zuflussarterie anastomosiert, nach distal geführt und mit einer Arterie distal der Fistel anastomosiert (siehe Abbildung 22). Die distale Anastomose erfolgt End-zu-Seit mit der Arterie mit anschließender Intervall-Ligatur, also der Ligatur der Arterie zwischen der Fistel und der distalen Bypassanastomose, möglichst nahe der Fistel. Als Modifikation der ursprünglichen Beschreibung kann die Arterie auch distal der Intervall-Ligatur durchtrennt und mit dem Bypass End- zu- End anastomosiert werden. Zweiteres Vorgehen erscheint von der Anastomosenkonfiguration hämodynamisch günstiger.



Abbildung 22: DRIL-Prozedur mit autologer reversed Vena saphena magna. Links: Distale End- zu- Seit- Anastomose zwischen Bypassvene und A. radialis nach vorheriger Intervall-Ligatur. Mitte: Anatomische Bypassführung zum mittleren Oberarm, ca. 10 cm proximal der Fistel. Rechts: Proximale End- zu- Seit- Anastomose zwischen Bypassvene und A. brachialis.

7. Fragestellung

Das DASS ist eine vergleichsweise seltene, aber ernstzunehmende Komplikation nach Dialyseshuntanlage. Die Beschwerdesymptomatik erfordert zwingend eine chirurgische Intervention, andernfalls ist ein Gewebs- oder gar Extremitätenverlust unausweichlich. Zur Behandlung sind auf Grundlage der vorliegenden, im Einzelfall zu betrachtenden hämodynamischen Gegebenheiten mehrere Ansätze mit Erfolg versprechenden, teilweise aber auch unbefriedigenden Ergebnissen erprobt worden.

Die Behandlung soll optimalerweise nicht nur die Ischämiebeschwerden beseitigen, sondern gleichzeitig die Shuntfunktion erhalten und ein gutes Langzeitergebnis zeigen.

Ergebnisse der DRIL-Prozedur sind bisher nur als Fallberichte oder in Untersuchungen mit kleiner Fallzahl (9 bis 52 Patienten) und kurzem Nachbeobachtungszeitraum (maximal 48 Monate, Range 1-48 Monate) publiziert worden.

Mit der im folgenden Kapitel vorgestellten retrospektiven Studie, die 82 DRIL-Prozeduren über einen Zeitraum von fast 12 Jahren (Mai 1996 bis Januar 2008) überblickt, sollen die oben genannten theoretischen Überlegungen und die klinische Wertigkeit der DRIL-Prozedur in der Behandlung der Dialyse- assoziierten Stealischämie (DASS) festgestellt und mit den bereits publizierten Studien verglichen werden. Darüber hinaus soll der mittel- und langfristige Erfolg der DRIL-Prozedur beurteilt werden.

Konkret soll die Frage

„ Ist die DRIL-Prozedur geeignet, eine Dialyse- assoziierte Stealischämie (DASS) auch mittel- und langfristig zu beheben?“

beantwortet werden.

8. Material und Methode

In der Klinik für Gefäß- und Endovascularchirurgie der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt und in der Chirurgischen/ Gefäßchirurgischen Klinik des St. Martinus- Hospitals Olpe wurden zwischen Mai 1996 und Januar 2008 2341 Shuntoperationen an 2146 Patienten durchgeführt. Dabei handelte es sich sowohl um Shunterstanlagen als auch um Revisionseingriffe bei Shunt Dysfunktionen. Die Patienten rekrutierten sich aus über 20 Dialysezentren, die teilweise allerdings auch mit anderen operativen Einrichtungen zusammenarbeiteten.

Patienten, die am Shuntarm an einem oder mehreren der Symptome:

- blasse/ livide Hand und/ oder kühle Hand
- Ruheschmerzen
- motorisches Defizit
- Ulzera/ Nekrosen/ Gangrän

litten, wurden unter der Diagnose „DASS“ der weiteren Diagnostik zugeführt. Diese stützte sich insbesondere auf die duplexsonographische und angiographische Untersuchung, jeweils mit und ohne Shuntkompression (siehe Abbildung 19, Abbildung 20 und Abbildung 21).

Ziel dieser Untersuchungen war die Klärung der zu Grunde liegenden hämodynamischen Verhältnisse. Konnten diese Untersuchungen einen Großvolumenshunt oder eine Inflow-Stenose ausschließen und war die alleinige distale Arterienligatur aufgrund der Shuntlokalisation (av- Anastomose mit der A. brachialis) oder eines fehlenden Hohlhandbogens (av- Anastomose mit einer Unterarmarterie) nicht möglich, wurde die Indikation zur DRIL- Prozedur gestellt und diese Behandlung durchgeführt.

Ziel der Behandlung war die komplette Rückbildung der Ischämiesymptomatik, Abheilung der gegebenenfalls vorhandenen trophischen Störungen unter Erhalt der Shuntfunktion.

Bei den mittels DRIL- Prozedur therapierten Patienten wurden folgende Daten erhoben, dokumentiert und bewertet (Tabelle 3):

Alter
Geschlecht
Vorhandensein der Risikofaktoren:: arterielle Hypertonie Diabetes mellitus koronare Herzkrankheit Nikotinabusus
DRIL- Indikation
Zeitintervall zwischen Shuntanlage und DRIL-Prozedur
operationstechnische Details zu: Art der Rekonstruktion Lokalisation der proximalen und distalen Anastomose
Offenheitsrate
Funktion von DRIL-Bypass und Shunt
klinisches Outcome
intra-, peri- und postoperative Komplikationen

Tabelle 3: Erhobene Daten der in dieser Studie mittels DRIL- Prozedur behandelten Patienten

Die Datenerhebung erfolgte retrospektiv mehrmals im Verlauf, zuletzt Anfang 2010 anhand der in der folgenden Tabelle aufgezeigten Informationsquellen (Tabelle 4):

Aufnahme-, Operations- und Entlassberichten aus den beiden behandelnden Kliniken Follow-up- Untersuchungen einschließlich Anamnese klinischer Befund duplexsonographischer Befund aktuelle Befragung der jeweils zuständigen Dialyseärzte und der Patienten bezüglich der Kriterien aktuelle Ischämiebeschwerden Regression/ Progression trophischer Störungen aktuelle Shuntfunktion

Tabelle 4: Informationsquellen der erhobenen Patientendaten

Die präoperative Beschreibung der DASS- Symptome erfolgte nach den oben erwähnten Kriterien. Legt man die seit 2004 gebräuchliche Stadieneinteilung nach Tordoir (Tordoir et al., 2004) zugrunde, muss folgende Zuordnung erfolgen (Tabelle 5):

Blässe der Extremität/ Hand/ Finger	}	Stadium I nach Tordoir
Kälte der Extremität/ Hand/ Finger		
Belastungsabhängige Schmerzen		Stadium II nach Tordoir
Ruhschmerzen	}	Stadium III nach Tordoir
Motorisches Defizit		
Nekrosen/ Ulcera/ Gangrän der Hand/ Finger		Stadium VI nach Tordoir

Tabelle 5: Zuordnung in die Stadieneinteilung nach Tordoir.

Zur Beurteilung der Langzeitergebnisse wurde ein Kollektiv aus den Patienten betrachtet, bei denen die Operation zwischen 1996 und einschließlich 2002

durchgeführt wurde, und deren Daten mit den Daten des Gesamtkollektivs verglichen.

Die Erhebung und Dokumentation der erhobenen Patientendaten erfolgte in Einklang mit der Deklaration von Helsinki (Oktober 2000). Das Patientenüberleben, Shunt- und DRIL-Bypass-Funktionsraten wurden nach der Kaplan- Meier- Methode ausgewertet und mittels Gehan- Breslow- Test verglichen. Zur statistischen Analyse wurde der Chi- Quadrat- Test mit einer kommerziell erworbenen Software (Sigmastat 3.5, Systat Software, Inc. Point Richmond, Kalif. USA) durchgeführt.

9. Ergebnisse

Die vorliegende retrospektive Bi-Centerstudie überblickt 82 DRIL-Prozeduren, die zwischen Mai 1996 und Januar 2008 wegen einer dialyseassoziierten Stealischämie an insgesamt 74 Patienten durchgeführt worden sind.

In der Klinik für Gefäß- und Endovascularchirurgie der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt, wurden 21 DRIL-Prozeduren an 20 Patienten und in der Chirurgischen/ Gefäßchirurgischen Klinik des St. Martinus- Hospitals Olpe 61 DRIL-Prozeduren an 54 Patienten durchgeführt.

Die Patienten, die mittels DRIL-Prozedur versorgt werden mussten, rekrutierten sich aus über 20 Dialysezentren.

Drei Patienten waren zum Zeitpunkt der abschließenden Datenerhebung (Januar 2010) verstorben, ohne dass die vorliegenden Befunde eine Aussage über den postoperativen Verlauf zuließen. Zwei Patienten waren unbekannt verzogen, so dass bei diesen fünf Patienten zwar prä- und intraoperative Befunde vorlagen, die Patienten aber im Follow-up verloren gingen.

Somit konnte der prä-, intra- und postoperative Verlauf von 69 Patienten mit insgesamt 76 DRIL-Prozeduren eruiert werden.

Bei 17 dieser 69 Patienten (24,6%) lag die Operation mehr als 7 Jahre zurück, so dass mit dieser Patientengruppe ein postoperativer Verlauf zwischen 7 und 13 Jahren überblickt werden konnte.

9.1 Demographie und Co- Morbidität

Männer wurden im Vergleich zu Frauen deutlich häufiger behandelt: 29 Frauen (39,2%), 45 Männern (60,8%).

Die 74 behandelten Patienten waren im Mittel 69 Jahre (33- 86 Jahre) alt.

Dabei zeigt sich zwischen Männern und Frauen kein Unterschied in der Altersstruktur: Die Frauen waren im Mittel 70 Jahre (33-86 Jahre) alt, die Männer im Mittel 69 Jahre (36-83 Jahre) alt.

Die meisten Patienten hatten zum Zeitpunkt der Symptomatik bereits mehrere Shuntoperationen hinter sich gebracht (Abbildung 23). Bei den 82 durchgeführten DRIL-Prozeduren wurde die Ischämie in 34 Fällen (41,5%) durch den erstangelegten Shunt hervorgerufen. In 43 Fällen (52,5%) waren bereits zwei oder mehr Shuntoperationen erfolgt.

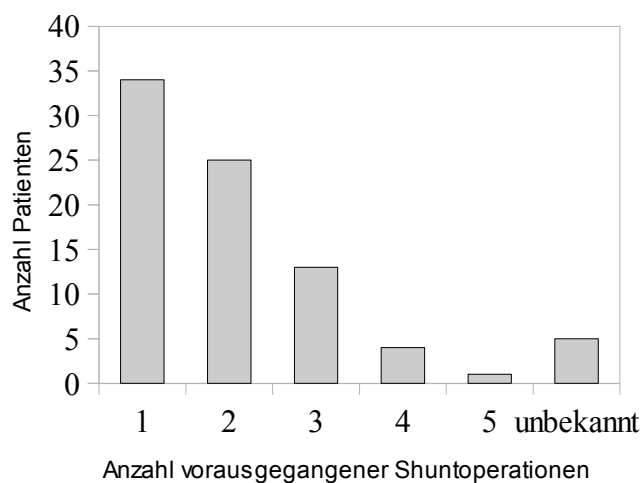


Abbildung 23: Die Mehrheit der Patienten haben bereits 2 oder mehr Shuntoperationen erfahren (n=82)

In 56 Fällen (68,3%) lag eine arteriovenöse Verbindung zwischen A. brachialis und V. cephalica in der Ellenbeuge vor, in sieben Fällen (8,5%) handelte es sich um eine Verbindung zwischen der A. brachialis und der V. basilica in der Ellenbeuge. Prothesenshunts waren in 11 Fällen (13,4%) Ursache und typische Brescia-Ciminofisteln (Verbindungen zwischen A. radialis und V. cephalica am Unterarm) waren in 8 Fällen (9,8%) Ursache des DASS (Abbildung 24).

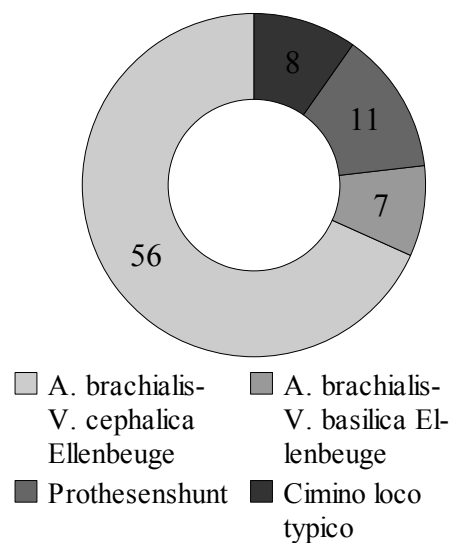


Abbildung 24: Zahlenmäßige Verteilung der Shuntlokalisierung (n=82)

Die Zeitspanne zwischen der Shuntanlage und dem Auftreten der Ischämiesymptomatik (Laufzeit) variierte zwischen unmittelbarem Beginn (0 Monate) bis maximal 168 Monate (Abbildung 25). Im Median waren zwischen Shuntanlage und Durchführung der DRIL-Prozedur 9,0 Monate vergangen. Zur besseren Übersicht wurden die Laufzeiten in Gruppen eingeteilt:

- von 0 bis weniger als 3 Monate
- zwischen 3 und weniger als 6 Monate
- über 6 Monate.

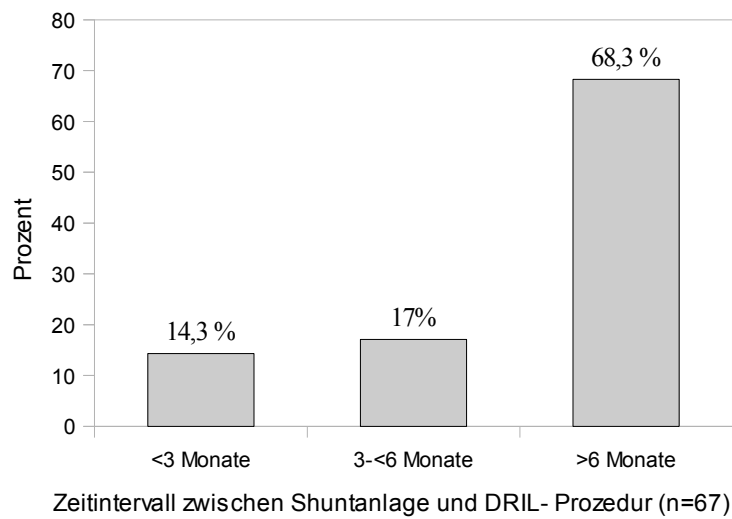


Abbildung 25: Zeitintervall zwischen Shuntanlage und DRIL- Prozedur

Das Vorliegen folgender Risikofaktoren wurde erfragt:

1. Arterielle Hypertonie
2. Koronare Herzerkrankung
3. Nikotinkonsum
4. Diabetes mellitus
5. periphere arterielle Verschlusskrankheit

Eine arterielle Hypertonie fand sich bei 58 Patienten (78,4%), bei 16 Patienten (21,6%) lag kein Bluthochdruck vor (Abbildung 26). Der Anteil der Hypertoniker unter den Männern (40 von 45 Patienten) war mit 88,9% deutlich höher als der der weiblichen Patienten (62,0%, 18 von 29 Patienten).

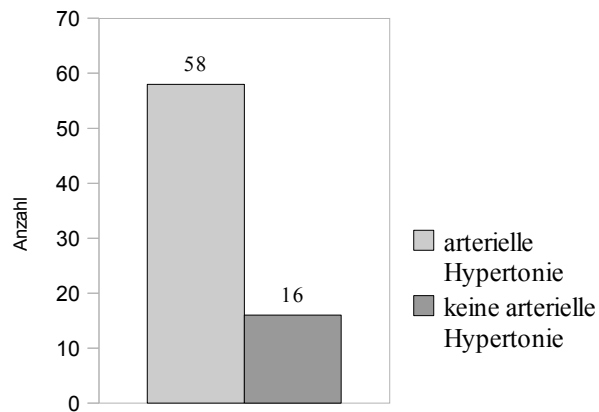


Abbildung 26: Anteil des Vorkommens der Co-Morbidität: arterielle Hypertonie (n=74)

Die Anzahl der Patienten mit koronärer Herzerkrankung betrug 52 (70,0%), während bei den übrigen 22 Patienten (29,7%) keine koronare Herzerkrankung bekannt war (Abbildung 27). Von den 29 weiblichen Patienten waren 22 erkrankt (75,9%), von den 45 männlichen Patienten waren 31 erkrankt (68,9%)

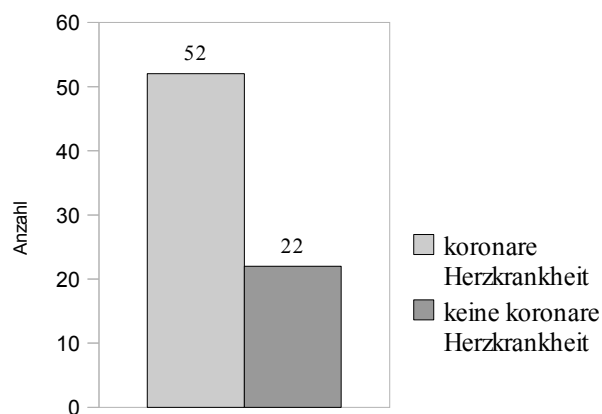


Abbildung 27: Anteil des Vorkommens der Co-Morbidität: Koronare Herzkrankheit (n=74)

Nikotinkonsum wurde von 10 Patienten (13,5%) angegeben während dies von den restlichen 64 Patienten verneint wurde (86,5%) (Abbildung 28). Der Anteil der rauchenden Frauen (12,5%) und der der Männer (12,2%) unterschied sich nicht.

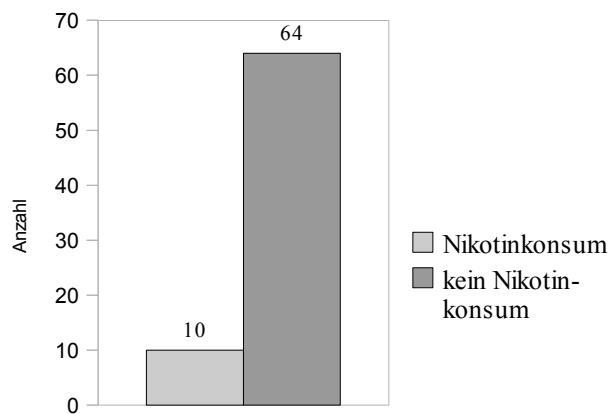


Abbildung 28: Anteil des Vorkommens des Risikofaktors: Nikotinkonsum (n=74)

Bei 47 Patienten lag ein Diabetes mellitus vor (63,5%), 25 Patienten hatten keinen Diabetes (33,8%) (Abbildung 29). Bei 2 Patienten (2,7%) konnten diesbezüglich keine Informationen erhoben werden. Der prozentuale Anteil der Diabetiker unter den weiblichen Patienten (20 von 29) betrug 69% und bei den männlichen Patienten 60% (27 von 45).

Insgesamt lag der prozentuale Anteil von Diabetikern mit 63,5% deutlich über dem prozentualen Anteil (Prävalenz) der Diabetiker in der Gesamtheit der Dialysepatienten (Abbildung 30). Dieser lag im Jahr 2005 bei 28% (Frei, 2006).

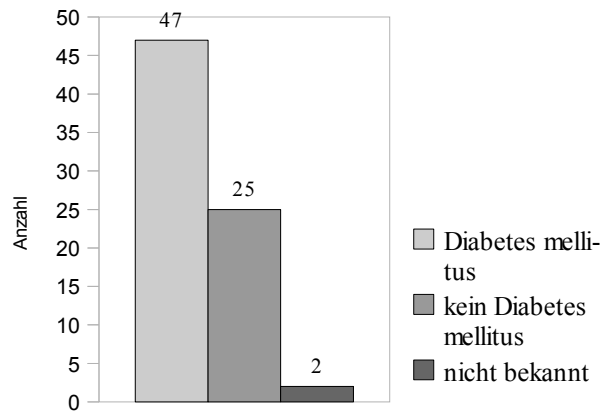


Abbildung 29: Anteil des Vorkommens der Co-Morbidität: Diabetes mellitus in der Studiengruppe (n=74).

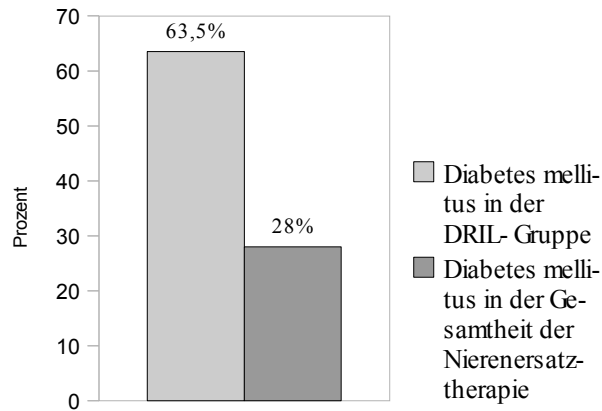


Abbildung 30: Gegenüberstellung des prozentualen Anteils des Vorkommens der Co-Morbidität: Diabetes mellitus in der Studiengruppe und in der Gesamtheit aller dialysepflichtigen Patienten in Deutschland (Frei, 2006).

Das Vorliegen einer pAVK wurde nur in der Gruppe der 54 in Olpe operierten Patienten (23 Frauen, 31 Männer) erfragt. Dabei konnte bei 41 (75,9%) Patienten eine pAVK festgestellt werden (Abbildung 31). Von den 23 Frauen litten 18 (78,3%) und von den 31 Männern litten 22 (71,0%) an einer peripheren Verschlusskrankheit.

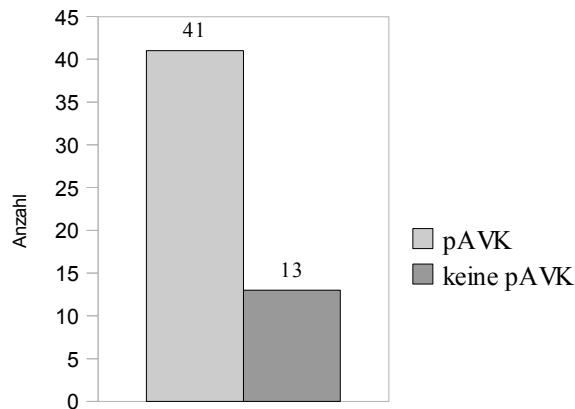


Abbildung 31: Anteil des Vorkommens der Co-Morbidität: periphere arterielle Verschlusskrankheit (n=54)

Oft handelte es sich um Patienten mit schweren, fortgeschrittenen Begleiterkrankungen (siehe Abbildung 32).



Abbildung 32: 68jährige Patientin am 3. Tag nach DRIL-Prozedur. Langjähriger Diabetes mellitus mit seinen Folgeerscheinungen. Zustand nach beiderseitiger Oberschenkelamputation wegen diabetischer Angiopathie. Trophische Störungen (flächiges Ulcus am Handrücken und Nekrosen am 3. und 5. Finger) am Shuntarm als Folge des Stealsyndroms. Sichtbarer, funktionstüchtiger brachiocephaler Shunt und frische Operationswunden am Oberarm. Trotz der Oberschenkelamputation konnte ein ausreichendes Vena saphena magna-Segment für die brachio-cubitale Bypassimplantation entnommen werden.

9.2 Klinische Symptomatik

Folgende Ischämie- Symptome wurde erhoben:

1. Blässe der Extremität/ Hand/ Finger
2. Kälte der Extremität/ Hand/ Finger
3. Ruheschmerzen
4. Motorisches Defizit
5. Nekrosen/ Ulcera/ Gangrän der Hand/ Finger

Dies entspricht in etwa den von Tordoir unterschiedenen Stadien, die seit dem Jahr 2004 zur Einteilung benutzt werden (Tordoir et al., 2004).

Die genannten Symptome konnten einerseits unabhängig voneinander bestehen, andererseits konnten auch unterschiedliche Kombinationen auftreten.

Blässe der Extremität/ Hand/ Finger wurde in 61 Fällen (74,4%) als Symptom angegeben (Abbildung 33). In 20 Fällen (24,4%) wurde über dieses Symptom nicht berichtet. In einem Fall (1,4%) fehlte hierzu eine Angabe.

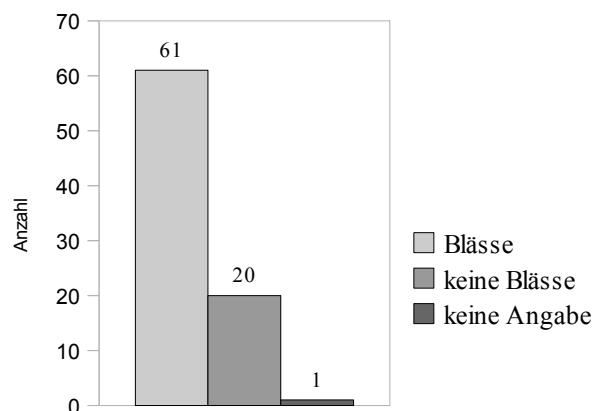


Abbildung 33: Zahlenmäßige Häufigkeit des Symptoms: Blässe der Extremität/ Hand/ Finger (n=82).

Kälte der Extremität/ Hand/ Finger wurde in 68 Fällen (83,0%) als Symptom angegeben (Abbildung 34). In 14 Fällen (17,1%) wurde über dieses Symptom nicht berichtet.

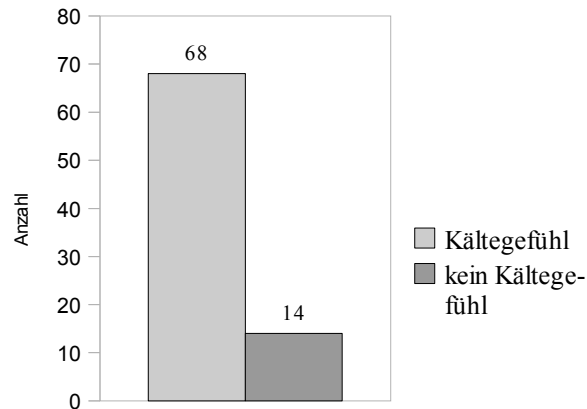


Abbildung 34: Zahlenmäßige Häufigkeit des Symptoms: Kältegefühl der Extremität/ Hand/ Finger (n=82).

Ruhschmerzen wurden in 70 Fällen angegeben (85,3%) (Abbildung 35). In 12 Fällen bestanden keine Ruhschmerzen.

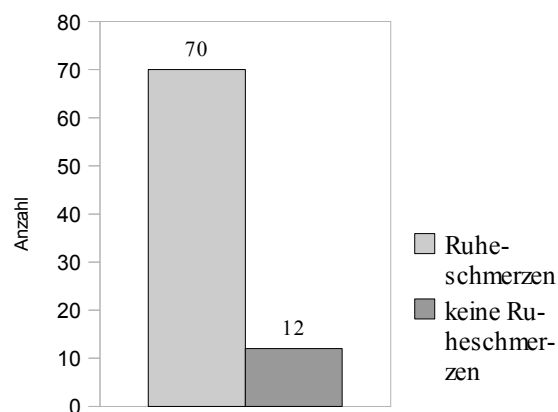


Abbildung 35: Zahlenmäßige Häufigkeit des Symptoms: Ruhschmerzen (n=82).

Über ein motorisches Defizit wurde in 33 Fällen (40,2%) geklagt (Abbildung 36). In 49 Fällen (59,8%) bestand dieses Symptom nicht.

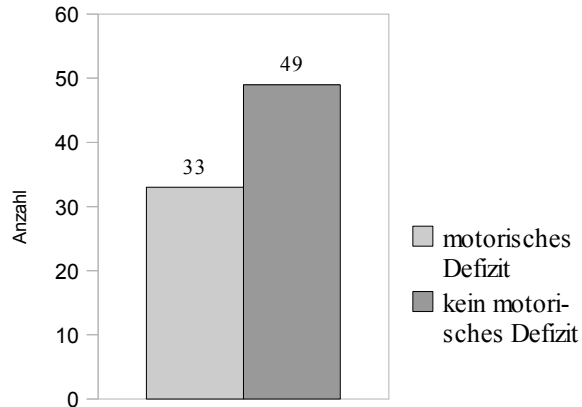


Abbildung 36: Zahlenmäßige Häufigkeit des Symptoms: Motorisches Defizit (n=82).

In 47 Fällen (57,3%) waren bereits irreversible trophische Störungen in Form von Nekrosen oder Ulcera eingetreten (Abbildung 37). In 35 Fällen (42,7%) war es hierzu noch nicht gekommen.

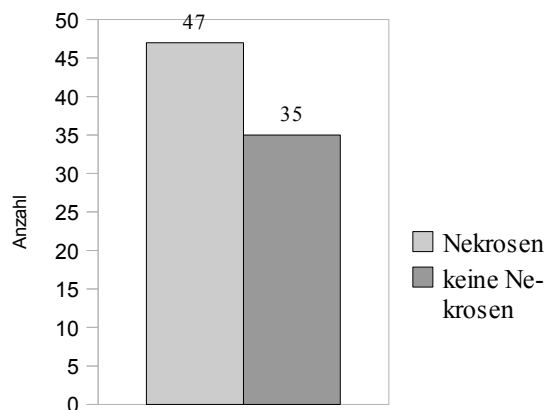


Abbildung 37: Zahlenmäßige Häufigkeit des Symptoms: Trophische Störungen (Nekrosen/Ulcera) (n=82).

Die folgende Abbildung (Abbildung 38) gibt einen Überblick über das prozentuale Vorkommen der oben genannten Symptome im operierten Krankengut:

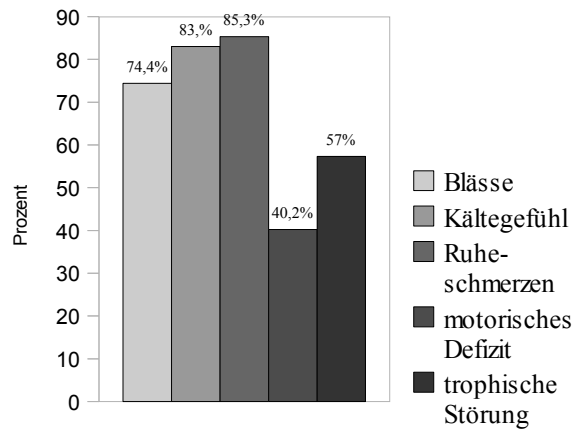


Abbildung 38: Prozentuales Vorkommen aller erfassten Symptome.

Betrachtet man nur das jeweils schwerste Symptom und vernachlässigt die Mehrfachnennungen ergibt sich das in Abbildung 39 dargestellte Bild:

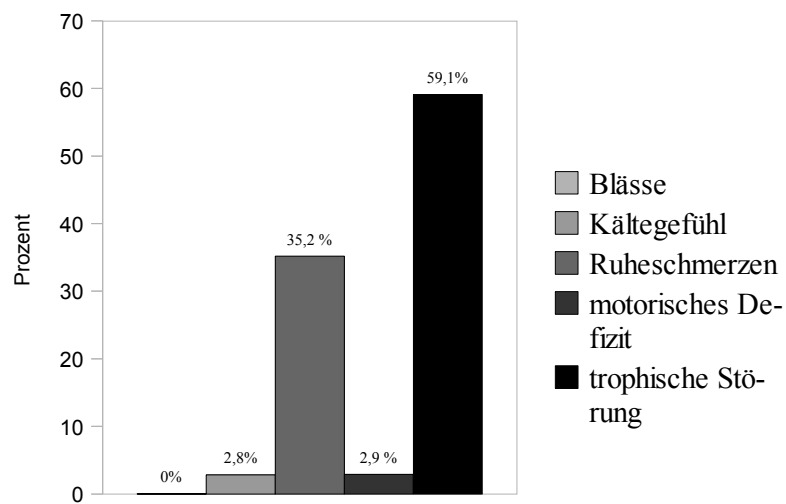


Abbildung 39: Prozentuales Vorkommen der Symptome, wobei nur das jeweils schwerwiegendste Symptom erfasst wurde.

Die folgende Abbildung (Abbildung 40) zeigt die prozentuale Häufigkeit der Stadien nach Tordoir im operierten Patientengut:

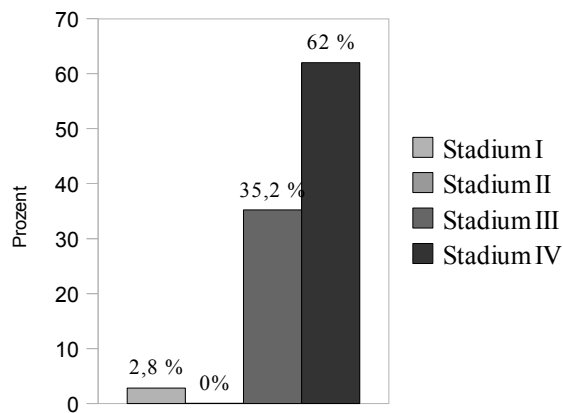


Abbildung 40: Prozentuales Vorkommen der einzelnen Stadien nach Tordoir.

Daraus wird deutlich, dass die überwiegende Mehrzahl der Patienten bereits fortgeschrittene Ischämiezeichen (Ruheschmerzen, motorische und trophische Störungen) aufgewiesen hat.

9.3 DRIL-Prozedur

Der operative Eingriff erfolgte in Narkose und wurde weitgehend in Anlehnung an die von Schanzer beschriebene Technik (Schanzer et al., 1992) durchgeführt.

Bei allen 82 durchgeführten Operationen wurde die proximale Anastomose in Höhe des mittleren Oberarmes angelegt, und zwar End- zu Seit zwischen dem Bypass und der A. brachialis.

Die distale Anastomose erfolgte in 46 (56,1%) Fällen mit der A. brachialis (cubitalis), knapp distal der Shuntanastomose (Abbildung 41). In 27 Fällen (32,9%) wurde die distale Anastomose mit der A. radialis und in 9 Fällen (11,0%) mit der A. ulnaris realisiert.

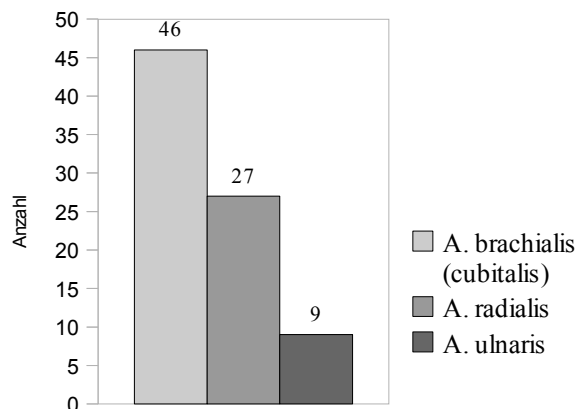


Abbildung 41: Zahlenmäßige Verteilung der Lokalisation der distalen Bypassanastomose (n=82)

Die Intervall-Ligatur wurde jeweils unmittelbar proximal der distalen Anastomose angelegt.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle (72 Fälle, 87,8%) konnte autologes Bypassmaterial verwendet werden (Abbildung 42). Dabei kam die körpereigene Vena saphena magna in 70 Fällen (85,4%) und eine dilatierte Armvene in zwei Fällen (2,4%) zur Anwendung.

In 10 Fällen (12,2%) wurde eine PTFE-Prothese als Bypassmaterial verwendet.

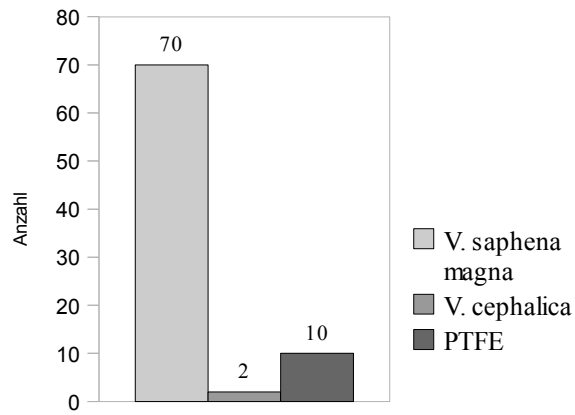


Abbildung 42: Art des DRIL- Bypassmaterials (n=82)

9.4 Outcome

Ziel der Behandlung war die komplette Rückbildung der Ischämiesymptomatik, Abheilung der gegebenenfalls vorhandenen trophischen Störungen unter Erhalt der Shuntfunktion.

Von den 74 in der Klinik für Gefäß- und Endovascularchirurgie der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt und in der Chirurgischen/Gefäßchirurgischen Klinik des St. Martinus- Hospitals Olpe operierten Patienten wurden sechs Patienten zweimal operiert, ein Patient wurde dreimal operiert.

Zu 5 Patienten (6,8%) konnte keine Aussage zum postoperativen Verlauf gemacht werden (lost to Follow- up): 2 Patienten waren unbekannt verzogen, 3 Patienten, von denen bei einem zwei Operationen durchgeführt worden waren, waren zwischenzeitlich verstorben und die Befragung der Angehörigen und der letztbehandelnden Ärzte erbrachte keine verwertbare Aussage zu den oben genannten Kriterien.

Zum Zeitpunkt der Befragung waren insgesamt bereits 37 Patienten verstorben. Während bei den bereits erwähnten 3 Patienten keine Aussage zum Verlauf erhoben werden konnte, gelang dies bei den übrigen verstorbenen 34 Patienten anhand der Befragung der Angehörigen, der Dialyseärzte und Betrachtung der jeweils letzten Krankenhausberichte. Auch in der letztgenannten Gruppe befand sich ein Patient, der zweimal operiert wurde.

Alles in allem konnte bei 69 Patienten mit 76 DRIL-Prozeduren der postoperative Verlauf ermittelt und für die Auswertung herangezogen werden.

Die technische Durchführung der DRIL-Prozedur gelang in allen Fällen. Im perioperativen Verlauf (0-30 Tage postoperativ) verstarb ein 67-jähriger Patient am 5. postoperativen Tag aufgrund tachykarder Herzrhythmusstörungen im kardiogenen Schock. Bei einem 66-jährigen Patienten kam es unmittelbar postoperativ zur Shuntthrombose, welche mittels Thrombektomie erfolgreich behandelt werden

konnte. Bei einem weiteren 53-jährigen Patienten erfolgte bei fehlender Beschwerdebesserung am 14. postoperativen Tag die Shuntligatur.

Die Zeitdauer zwischen durchgeführter DRIL-Prozedur und Tod betrug im Mittel 25,3 Monate (Range 0 bis 146 Monate). Das Alter der Verstorbenen lag im Mittel bei 70,6 Jahren (Range 36 bis 86 Jahre).

Bis zum Zeitpunkt dieser Datenerhebung war bei 6 Patienten eine erneute DRIL-Prozedur durchgeführt worden. Alle Patienten hatten sich vor der Erstoperation bereits im Stadium IV (nach Tordoir) befunden. Nach anfänglicher Beschwerdefreiheit führte nun das Wiederauftreten von Ruheschmerzen (Stadium III nach Tordoir) zur Behandlung.

Bei dem ersten Patienten hatte sich der DRIL- Bypass (PTFE-Prothese) nach 18 Monaten verschlossen, hier erfolgte die Bypass- Neuanlage mit autologer V. saphena magna. Bei dem zweiten Patienten kam es nach 7 Monaten zum Bypassverschluss (V. saphena magna), hier erfolgte die Bypass-Neuanlage nochmals mit autologer V. saphena magna. Bei dem dritten Patienten war der DRIL- Bypass (ebenfalls autologe V. saphena magna) zwar offen, aber hypoplastisch. Daraufhin wurde die Bypass-Neuanlage mittels PTFE-Prothese durchgeführt.

Bei einem weiteren Patienten kam es 11 Monate nach erfolgter DRIL-Prozedur zu erneuten Beschwerden. Nachdem der Verschluss des implantierten DRIL- Bypass (autologe V. saphena magna) festgestellt wurde, erfolgte die Bypass- Neuanlage, ebenfalls mit V. saphena magna. Nach weiteren 12 Monaten kam es erneut zu Beschwerden. Nun zeigte sich der DRIL-Bypass zwar offen, jedoch hypoplastisch, so dass die erneute Bypassanlage, nun mit PTFE-Prothese erfolgte.

Bei dem fünften Patienten kam es nach 12 Monaten zum Verschluss des brachio-radial angeschlossenen DRIL- Bypasses (V. saphena magna), daraufhin erfolgte die Neuanlage in brachio-cubitale Position, ebenfalls mit autologer V. saphena magna.

Bei dem sechsten Patienten schließlich zeigte sich der implantierte brachio-cubitale Venenbypass nach 6 Monaten verschlossen, es erfolgte die brachio-radiale Neuanlage mit V. saphena magna.

Alle vorgenannten Patienten waren seit der letztmals durchgeführten DRIL-Prozedur bis zum Zeitpunkt der Datenerhebung bzw. bis zu ihrem Tod beschwerdefrei.

Zum Zeitpunkt der Datenerhebung lag der Zeitpunkt der DRIL-Prozedur im Median 60 Monate (Range 25- 165 Monate) zurück.

Zu diesem Zeitpunkt waren die Beschwerden bei 50 der 69 Patienten (72,5%) vollständig rückgebildet, gleichwohl waren bei fünf dieser Patienten zum Zeitpunkt der Datenerhebung zwei DRIL- Prozeduren und bei einem Patienten drei DRIL-Prozeduren durchgeführt worden. Bei diesen beschwerdefreien Patienten wurde bei einem Patient im Stadium I, bei 23 Patienten im Stadium III und bei 26 Patienten im Stadium IV nach Tordoir die Indikation zur DRIL- Prozedur gestellt. Von den Patienten, die sich im Stadium IV befanden, bedurften 7 Patienten einer Finger(teil)-Amputation aufgrund der bereits eingetretenen irreversiblen Gewebsschädigung.

Bei 10 der 69 Patienten (14,4%) konnte eine Besserung dokumentiert werden: Drei Patienten aus dem Stadium III und 6 Patienten aus dem Stadium IV konnten jeweils in das Stadium II überführt werden und ein Patient konnte aus dem Stadium III in das Stadium I wechseln. Ein Patient verblieb im Stadium I.

War das Stadium zum Zeitpunkt der Datenerhebung unverändert oder schlechter als das Ausgangsstadium, so wurde das Ergebnis als unzureichend gewertet. Auch ein Wechsel aus dem Stadium IV lediglich in das Stadium III wurde trotz der formalen Verbesserung als unzureichendes Ergebnis gewertet.

Dieser Fall trat bei den restlichen 8 der 69 Patienten (11,6%) auf, die Besserung war unzureichend oder es kam zur Beschwerdepersistenz bzw. Beschwerdeprogression. Zwei Patienten konnten aus dem Stadium IV nur in das Stadium III überführt werden. Bei 5 Patienten im Stadium IV konnte keine Veränderung erreicht werden und bei einem Patienten im Stadium III kam es zur Progression ins Stadium IV (siehe Abbildung 43).

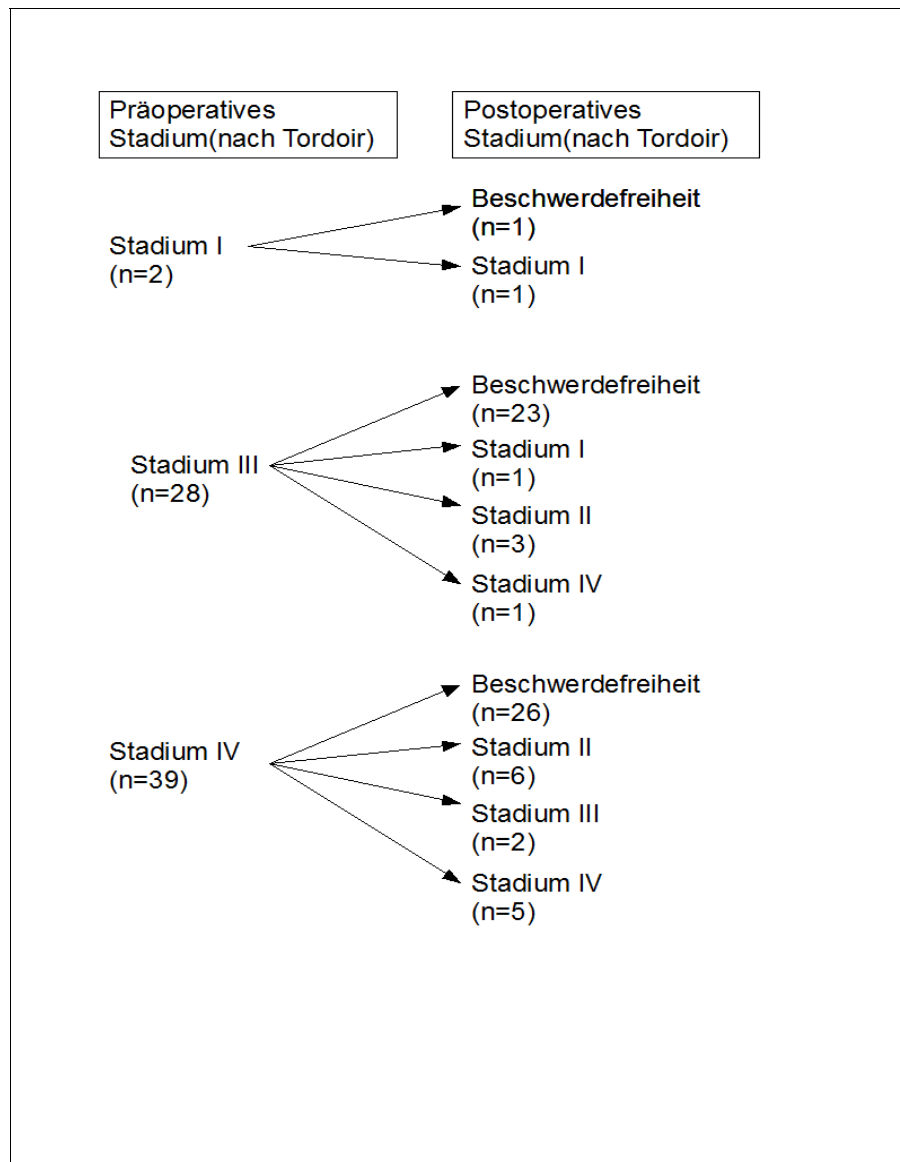


Abbildung 43: Einfluss der DRIL- Prozedur auf das klinische Stadium zum Zeitpunkt der Datenerhebung.

Insgesamt ist es im Nachbeobachtungszeitraum bei den 76 durchgeführten DRIL-Prozeduren zu 13 DRIL-Bypassverschlüssen gekommen, zweimal fand sich ein zwar offener, aber hypoplastischer, insuffizienter, funktionell verschlossener DRIL-Bypass (15/76, 19,7%). Alle diese Patienten präsentierten sich mit einem erneuten Wiederauftreten der Beschwerdesymptomatik.

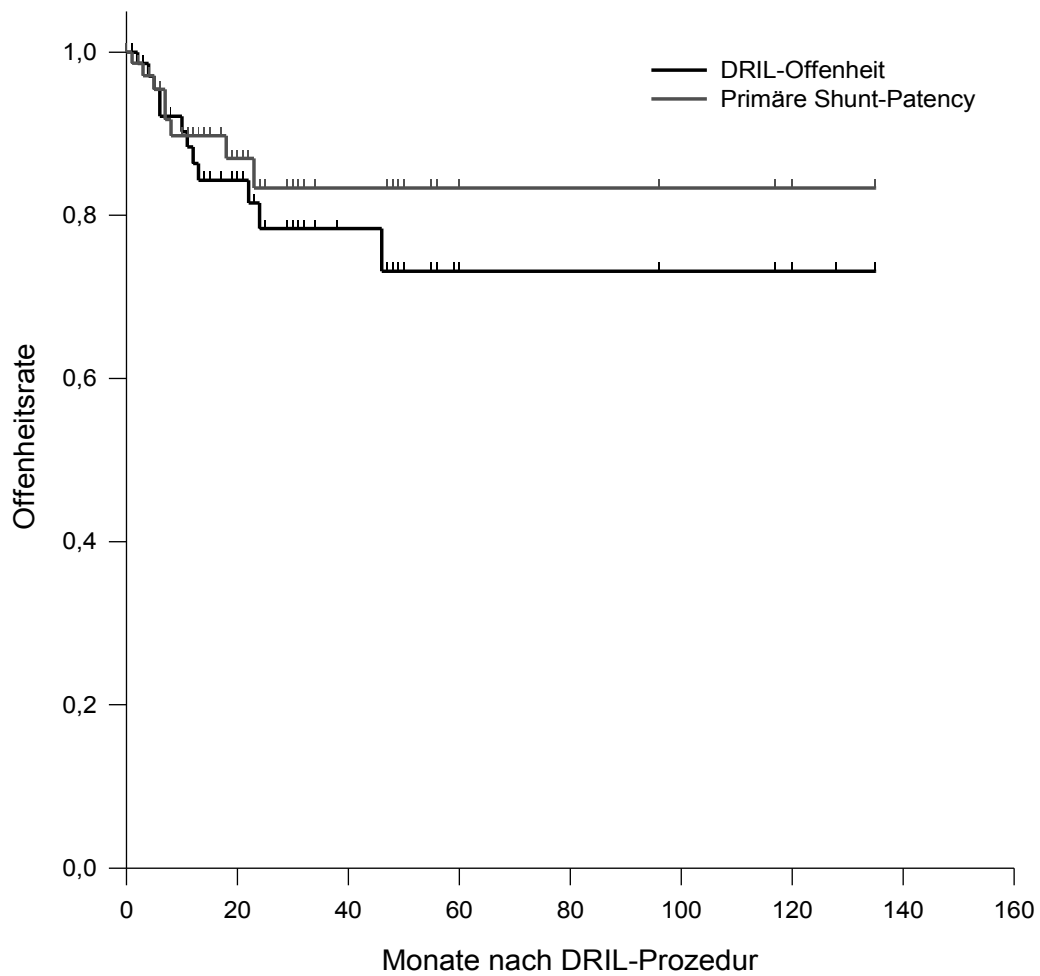
Der Erfolg der DRIL-Prozedur kann nicht in erster Linie an der Offenheit des DRIL-Bypasses festgemacht werden, da bei zwei Patienten auch bei offenem Bypass

erneute Beschwerden bzw. eine progrediente Symptomatik gesehen werden konnte. Ziel der Behandlung war die Beseitigung der Ischämiebeschwerden und das Abheilen der eventuell bestehenden trophischen Störungen bei gleichzeitigem Erhalt der Shuntfunktion, so dass diese Ereignisse für die statistische Auswertung bewertet wurden und nicht die alleinige Offenheitsrate des DRIL- Bypasses.

In Abbildung 44 ist die DRIL-Offenheitsrate und die primäre Shunt-Patency in Bezug auf die Zeit nach durchgeführter DRIL-Prozedur dargestellt. Die Offenheitsrate für den DRIL-Bypass betrug 92,1% (6 Monate), 86,4% (12 Monate) und 73,1% (60 Monate), für die primäre Shunt-Patency 95,4% (6 Monate), 89,8% (6 Monate) und 83,3% (60 Monate).

Abbildung 45 zeigt zum einen die Rate für Beschwerdefreiheit. Zum anderen ist der Bezug für die kombinierte Offenheitsrate des DRIL-Bypasses, primäre Shunt-Patency und Beschwerdefreiheit aufgezeigt:

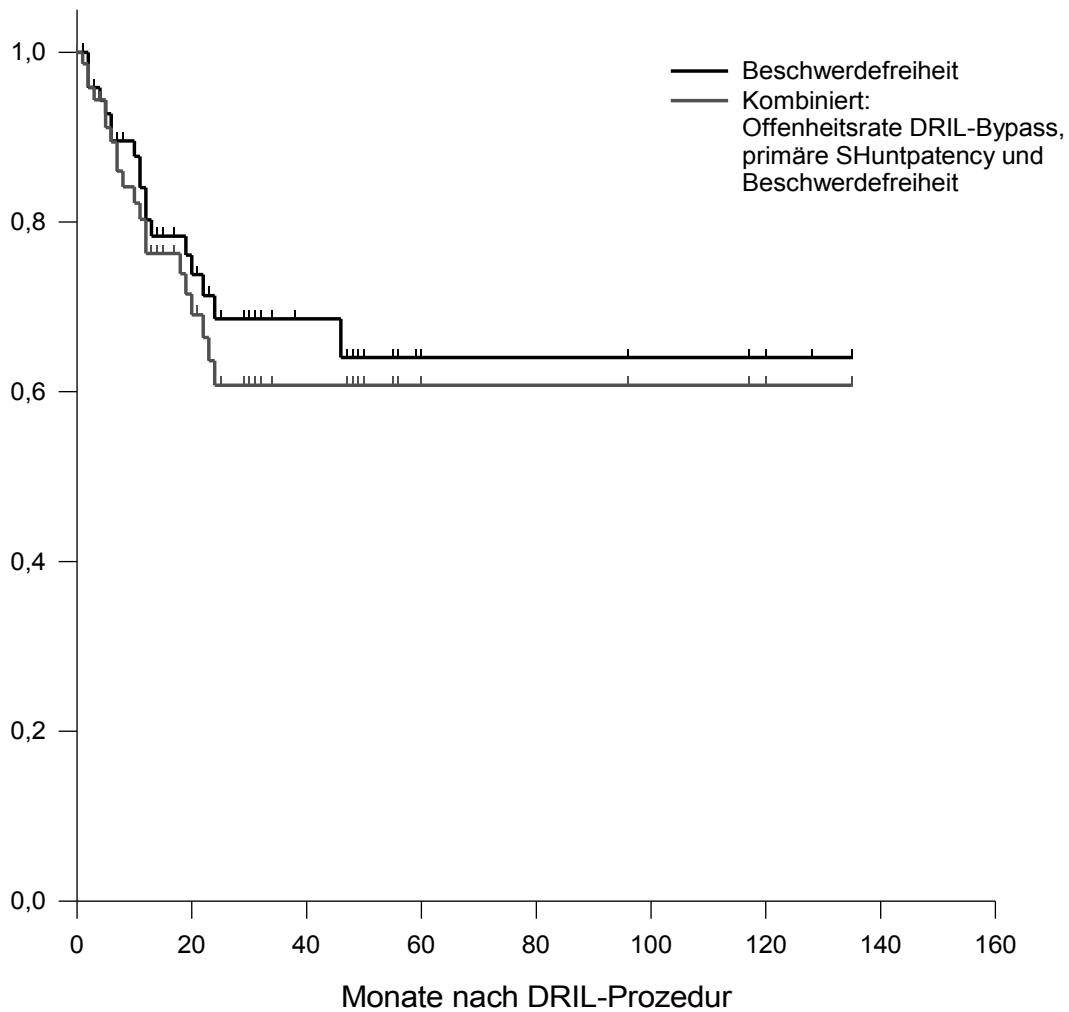
Die kombinierte Offenheitsrate, sowohl des DRIL- Bypasses als auch des Shunts post DRIL- Prozedur mit Beseitigung der Ischämiesymptomatik, betrug nach 6 Monaten 89,5%, nach 12 Monaten 80,2% und nach 5 Jahren (60 Monaten) 60,8%.



DRIL-Bypass												
Monate	0	2	4	5	6	10	11	12	13	22	24	46
N° at risk	76	72	63	60	58	49	48	44	42	30	26	15

Primäre Shunt-Patency									
Monate	0	1	3	5	7	8	18	23	
N° at risk	76	73	65	58	52	46	32	24	

Abbildung 44: Offenheitsrate des DRIL- Bypass und primäre Shunt-Patency



Beschwerdefreiheit									
Monate	0	2	4	5	6	10	11	12	13
N ^o at risk	76	72	63	60	58	49	48	44	42

Kombiniert: DRIL-Bypass, Shunt-Patency und Beschwerdefreiheit										
Monate	0	1	3	6	8	12	18	20	22	24
N ^o at risk	76	73	65	54	46	40	32	29	26	22

Abbildung 45: Beschwerdefreiheitsrate und Kombiniert: DRIL-Bypass-Offenheitsrate, primäre Shunt-Patency und Beschwerdefreiheit

9.5 Langzeitergebnisse

Zur Beurteilung der Langzeitergebnisse wurde die Gruppe der Patienten, bei denen die DRIL-Prozedur bis einschließlich 2002 (vor dem Jahr 2003) durchgeführt wurde, gesondert betrachtet und den Daten der Patienten des gesamten Patientenkollektivs gegenüber gestellt.

Bei 18 der 74 Patienten der Studie (24,3%) erfolgte die DRIL-Prozedur vor dem Jahr 2003. Zwei Patienten mussten zweimal operiert werden, so dass bei 20 der 82 DRIL-Prozeduren dieser Studie (24,4%) die Operation zum Zeitpunkt der Datenerhebung (Anfang 2010) länger als 7 Jahre zurücklag.

7 Patienten dieser Gruppe waren Frauen, 11 Patienten waren Männer. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Operation betrug 65,6 Jahre (Range 44 bis 76 Jahre). Die relativen Häufigkeiten der präoperativ vorhandenen Ischämie-Symptome dieser Gruppe, verglichen mit denen aller operierten Patienten, sind in Abbildung 46 gegenüber gestellt.

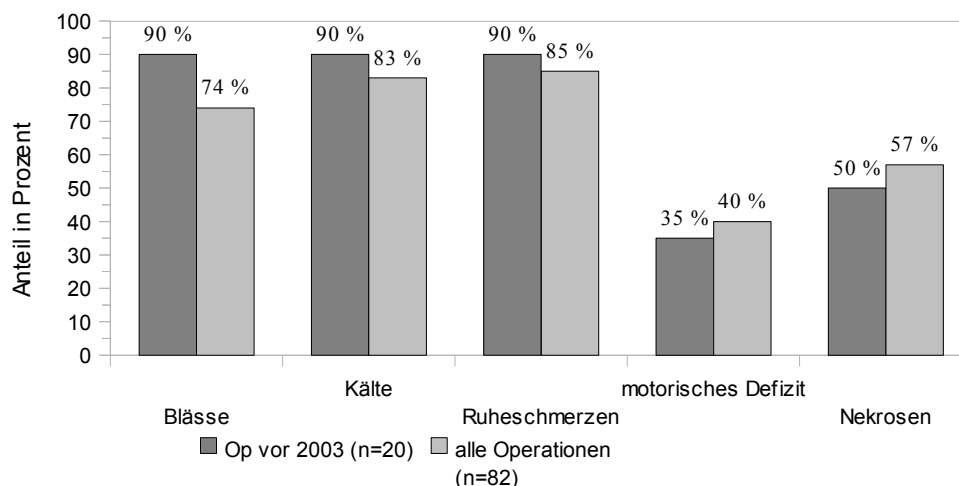


Abbildung 46: Prozentuale Häufigkeit der Symptome in der Gruppe der vor 2003 operierten Patienten, verglichen mit der gesamten Patientengruppe.

In der folgenden Abbildung (Abbildung 47) ist die prozentuale Häufigkeit der Begleiterkrankungen in der Gruppe der Patienten, die vor dem Jahr 2003 operiert wurden, der Häufigkeit der Begleiterkrankungen in der gesamten Patientengruppe gegenüber gestellt.

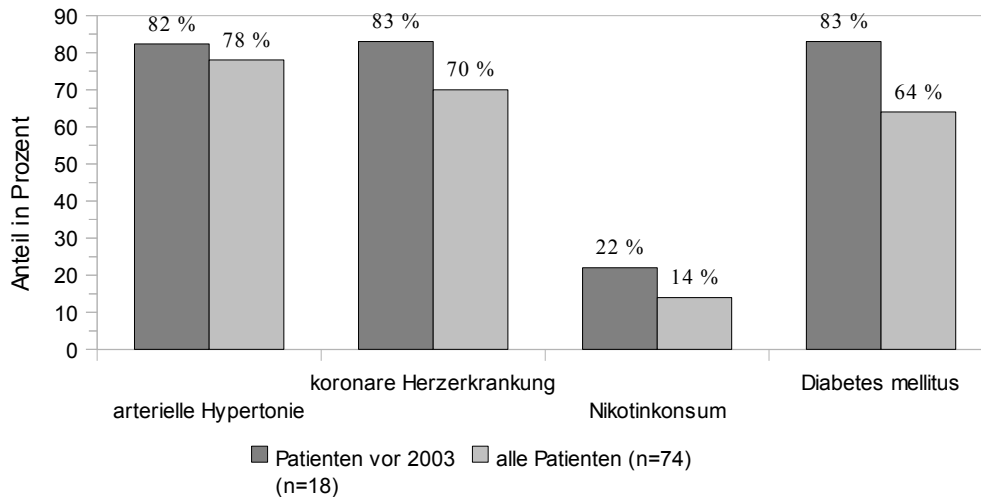


Abbildung 47: Relative Häufigkeit der Begleiterkrankungen in der Gruppe der vor 2003 operierten Patienten verglichen mit der gesamten Patientengruppe

In Abbildung 48 ist die Anzahl der vorausgegangenen Shuntoperationen vor durchgeführter DRIL-Prozedur für die Gruppe der vor dem Jahr 2003 operierten Patienten und der gesamten Patientengruppe gegenübergestellt.

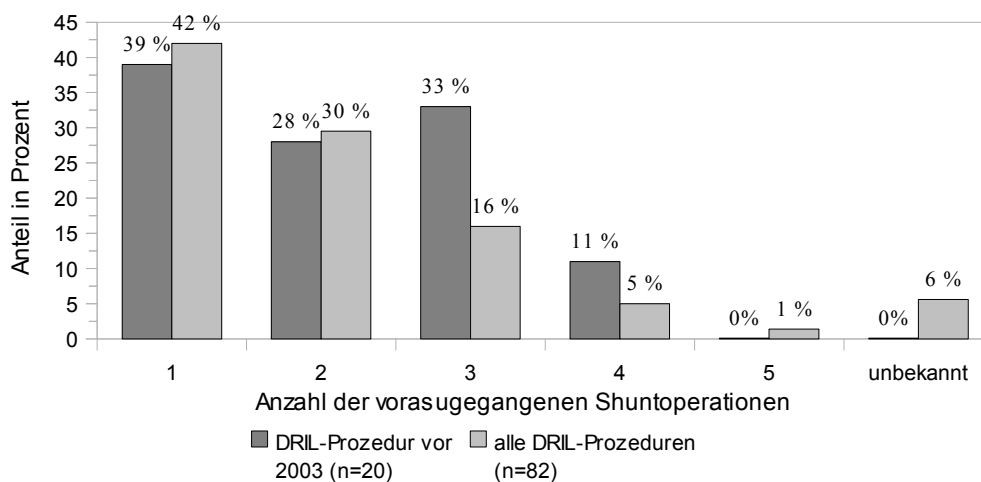


Abbildung 48: Vergleich der Anzahl der vorausgegangenen Shuntoperationen in der Gruppe der vor 2003 operierten Patienten und der gesamten Patientengruppe

Die folgende Abbildung (Abbildung 49) vergleicht die Lokalisation des zur DASS geführten Shunts in der Gruppe der vor dem Jahr 2003 operierten Patienten und der gesamten Patientengruppe.

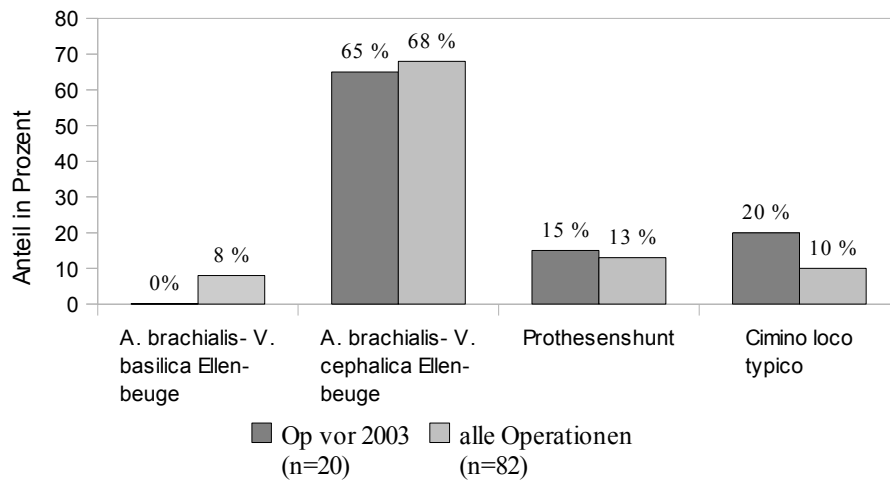


Abbildung 49: Anteilmäßige Verteilung der Shuntlokalisation in der Gruppe der vor dem Jahr 2002 operierten Patienten und der gesamten Patientengruppe

Der Vergleich der Zeitspanne zwischen Shuntanlage und DRIL-Prozedur für die vor dem Jahr 2003 operierten Patienten und der gesamten Patientengruppe ist in Abbildung 50 dargestellt.

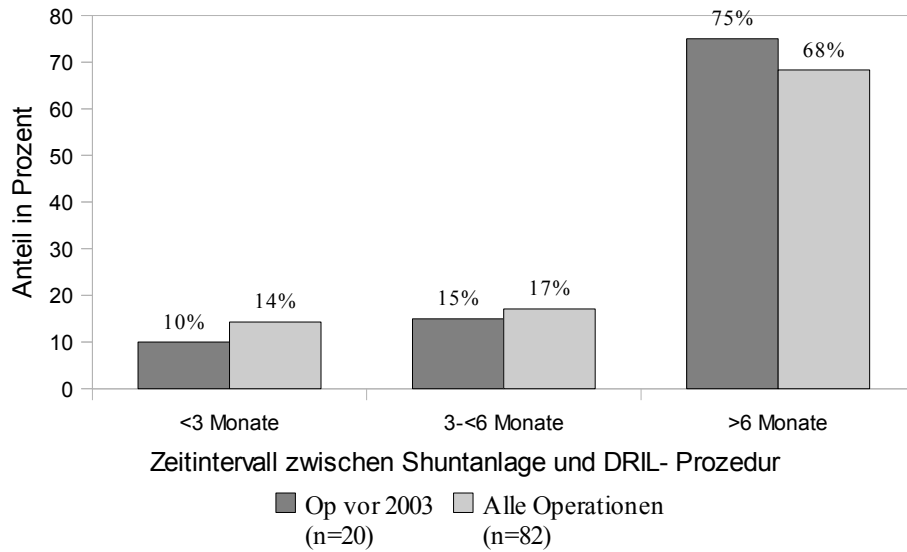


Abbildung 50: Zeitspanne zwischen Shuntanlage und der DRIL-Prozedur für die vor dem Jahr 2003 operierten Patienten und der gesamten Patientengruppe.

In Abbildung 51 ist die prozentuale Verteilung der Lokalisation der distalen Bypassanastomose und die Art des verwendeten Bypasses in beiden Patientengruppen gegenübergestellt. Ergänzend sind die Daten für die Patienten, die zwischen den Jahren 2003 und 2008 operiert wurden, angegeben.

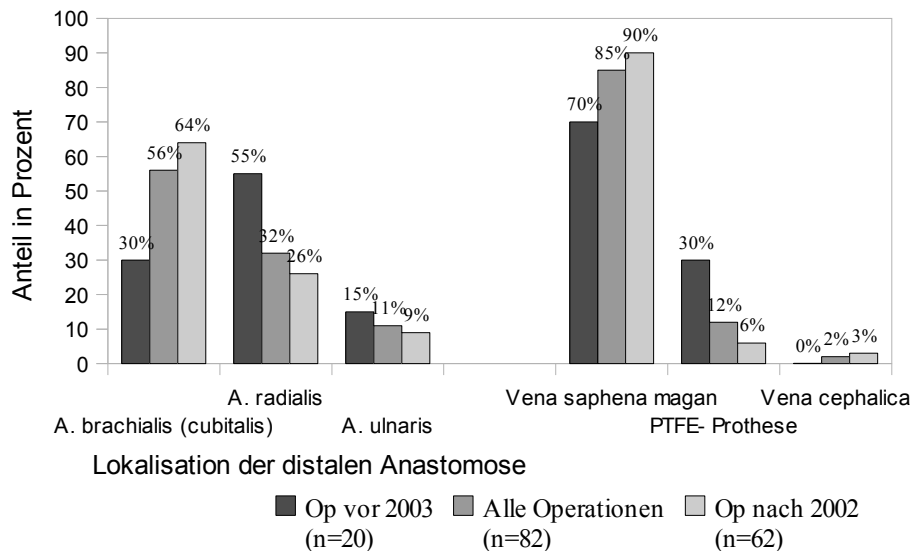
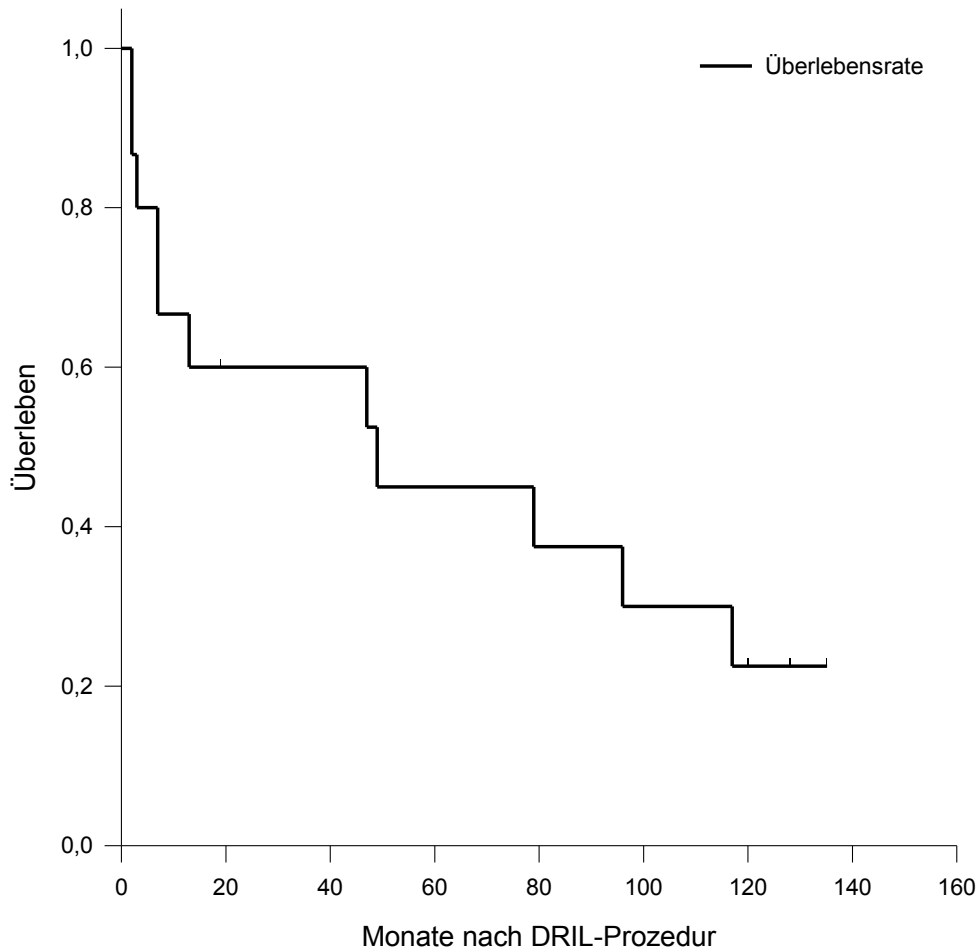


Abbildung 51: Prozentuale Verteilung der distalen Bypassanastomose und der Art des Bypassmaterials in der Gruppe der vor dem Jahr 2003 operierten Patienten und der gesamten Patientengruppe.

Das Outcome konnte bei 16 der 18 Patienten erhoben werden.

Zum Zeitpunkt der Datenerhebung waren von den 16 Patienten bereits 12 verstorben (75%), das Durchschnittsalter der Verstorbenen betrug 69,0 Jahre (Range 53 bis 78 Jahre). Abbildung 52 zeigt das Patientenüberleben nach durchgeführter DRIL-Prozedur in Monaten. Nach weniger als 48 Monaten ist bereits die Hälfte der Patienten verstorben.



Patienten- Überlebensrate									
Monate	0	2	3	7	13	47	49	79	96
N° at risk	16	15	13	12	10	8	7	6	5

Abbildung 52: Patientenüberleben in Monaten nach durchgeführter DRIL-Prozedur

Von den verstorbenen Patienten musste ein Patient 4 Monate nach der ersten Operation wegen Verschluss des DRIL-Bypasses erneut operiert werden. Dabei wurde bei verschlossenem brachio-ulnarem PTFE-Bypass ein brachio-brachialer Vena saphena magna- Bypass implantiert, der bis zum Tod der Patientin 11 Monate später offen blieb.

Bei allen verstorbenen Patienten war der DRIL-Bypass bis zum Zeitpunkt des Todes offen, bei 10 Patienten war bezüglich der Ischämiesymptomatik Beschwerdefreiheit eingetreten. In einem Fall blieb es jedoch bei einer Beschwerdepersistenz, dieser Patient verstarb 4 Monate nach der DRIL-Prozedur. In einem weiteren Fall kam es zur Beschwerdeprogredienz, dieser Patient verstarb bereits 2 Monate nach der DRIL-Prozedur.

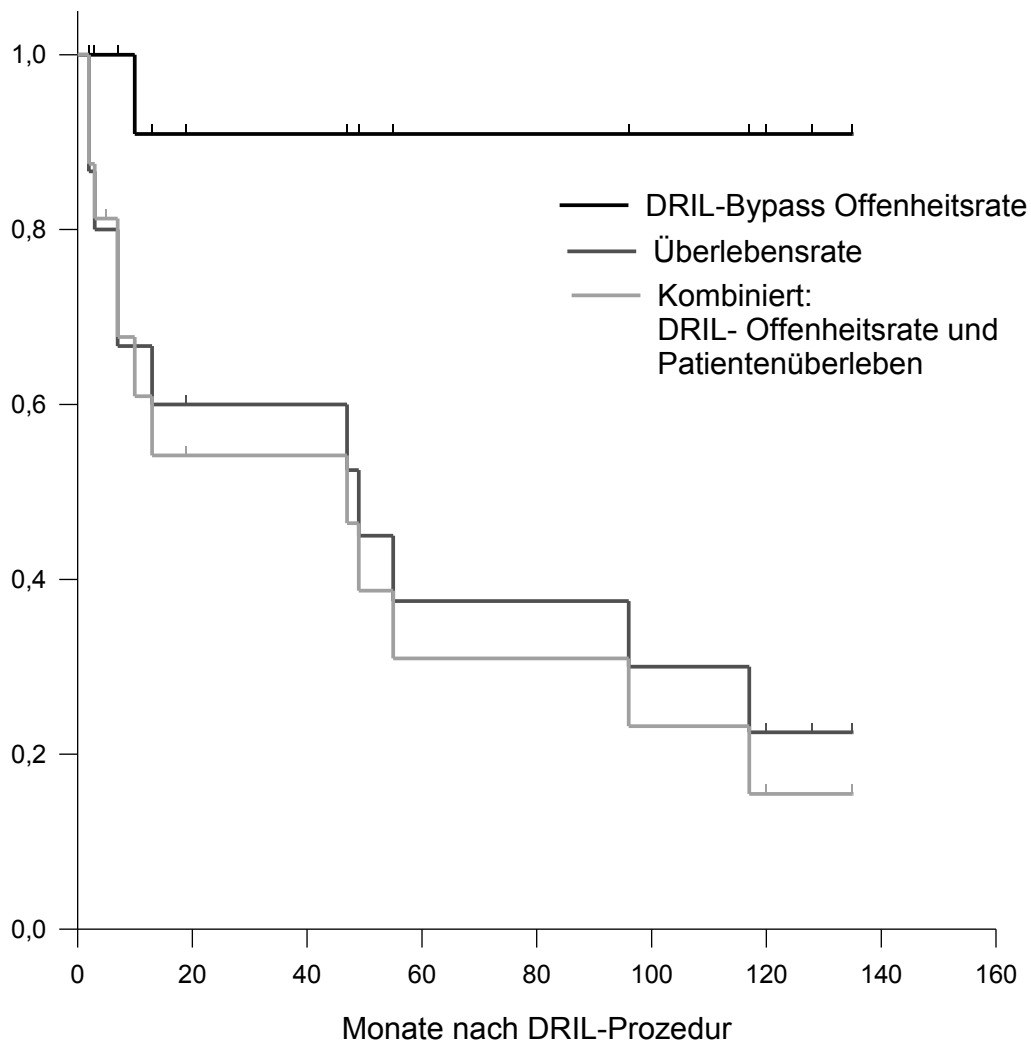
Die 4 nicht verstorbenen Patienten waren zum Zeitpunkt der DRIL-Prozedur 47, 57, 60 beziehungsweise 69 Jahre alt.

Bei allen 4 nicht verstorbenen Patienten waren die DRIL- Bypässe offen und alle 4 Patienten waren beschwerdefrei. Die DRIL- Prozedur lag bei diesen Patienten zum Zeitpunkt der Datenerhebung 117,120, 128 beziehungsweise 135 Monate zurück.

Bei allen Patienten war der zur DRIL-Prozedur führende Shunt bis zum Datum der Nachuntersuchung/ Tod funktionstüchtig, bei einem Patienten war wegen durchgeführter Nierentransplantation, und bei einem weiteren Patienten wegen erholter Nierenfunktion keine Dialyse mehr notwendig.

Somit wurden bei den 16 Patienten 17 DRIL-Prozeduren vorgenommen.

Abbildung 53 zeigt die kumulative DRIL- Offenheitsrate und Patientenüberleben in der Gruppe der vor dem Jahr 2003 operierten Patienten. Demnach lag die kombinierte 5-Jahres- Patientenüberlebensrate mit offenem DRIL- Bypass und Beschwerdefreiheit bei 31,0%.



Monate	0	2	3	7	13	47	49	55	96	117
N ^o at risk: Patientenüberleben	16	15	13	12	10	8	7	6	5	4
N ^o at risk: Kombiniert mit DRIL-Bypass Offenheitsrate	16	14	12	10	9	7	6	5	4	3

Abbildung 53: Kumulative DRIL- Offenheit (DRIL-Bypass und Shunt) mit Beseitigung der Beschwerden und Patientenüberleben in der Gruppe der vor dem Jahr 2003 operierten Patienten.

9.6 Outcome in Abhängigkeit vom präoperativen Stadium nach Tordoir

Von den 28 Patienten, die sich präoperativ im Stadium III befanden, konnten 96% in Beschwerdefreiheit oder Beschwerdebesserung (Stadium I oder II) überführt werden. Dies gelang in der Gruppe der Patienten, die sich präoperativ im Stadium IV befanden nur bei 82%. In dieser Gruppe verblieben postoperativ 18% im Stadium III oder IV, im Unterschied zu 8% in der Gruppe der Patienten, die sich präoperativ im Stadium III befunden hatten. Die Verhältnisse sind in Abbildung 54 und 55 dargestellt.

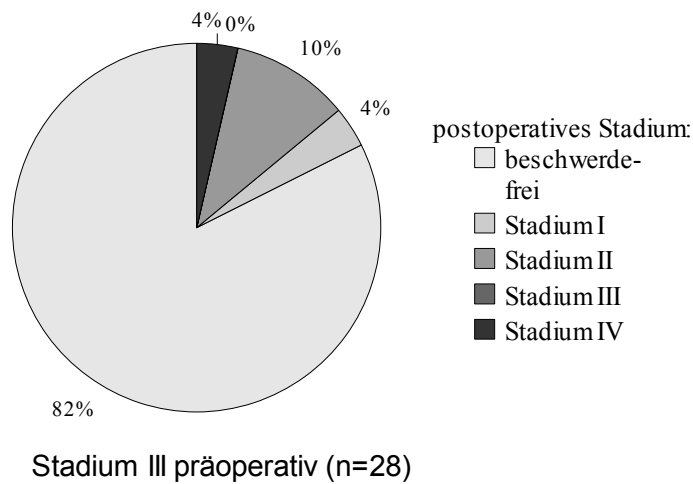
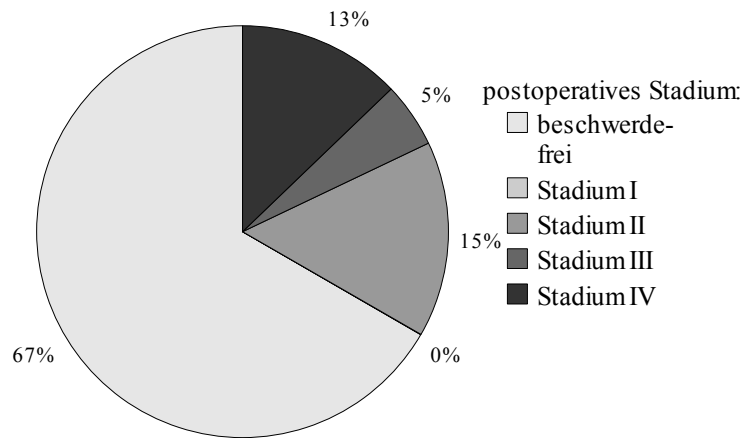


Abbildung 54: Outcome der Patienten mit dem präoperativ Stadium III



Stadium IV präoperativ (n=35)

Abbildung 55: Outcome der Patienten mit dem präoperativ Stadium IV

Die Abbildung 56 zeigt den Vergleich bezüglich Alter, Anteil weiblicher Patienten und der Co- Morbidität/ Risikofaktoren Diabetes mellitus, arterielle Hypertonie, Nikotinkonsum und koronare Herzkrankheit für die Patienten, die sich präoperativ im Stadium III beziehungsweise Stadium IV befunden hatten.

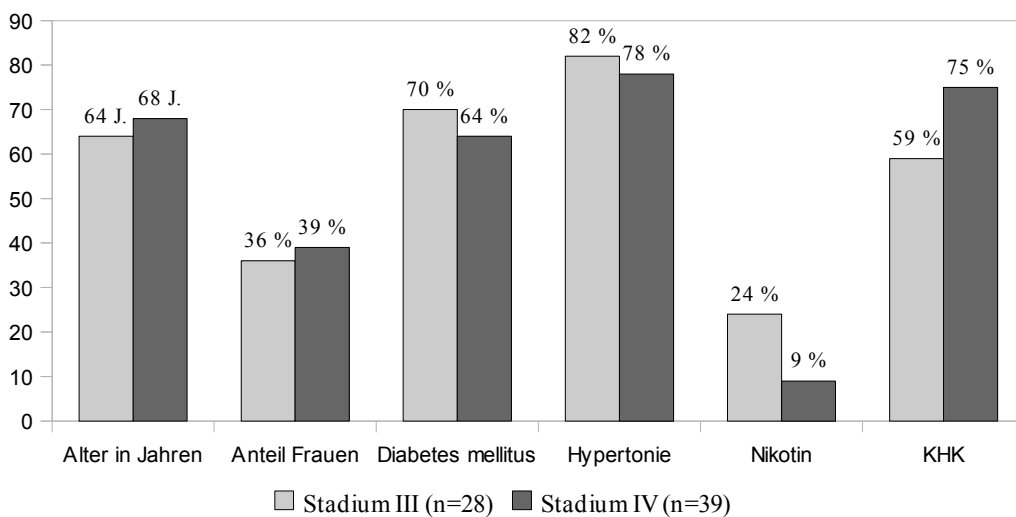


Abbildung 56: Demographie und Co- Morbidität / Risikofaktoren in Abhängigkeit vom präoperativen Stadium nach Tordoir.

10. Zusammenfassung der Ergebnisse

Grundlage der vorliegenden Studie sind Daten von 82 DRIL- Prozeduren an 74 Patienten, im Zeitraum von fast 12 Jahren (Mai 1996 bis Januar 2008) durchgeführt wurden.

Der prä-, intra- und postoperative Verlauf konnte von 76 DRIL-Prozeduren an 69 Patienten dokumentiert und bewertet werden.

Die Mehrheit der Patienten waren Männer (60,8%), die Geschlechtergruppen waren im Mittel 69 (Männer) bzw. 70 (Frauen) Jahre alt. In 43 Fällen (52,5%) waren bereits zwei oder mehr Shuntoperationen erfolgt.

Der zur Symptomatik führende Shunt war überwiegend in der Ellenbeuge lokalisiert, typische Ciminofisteln am Unterarm waren in 8 Fällen (9,8%) beteiligt. Das Zeitintervall zwischen Shuntanlage und DRIL Prozedur betrug überwiegend mehr als 6 Monate (68,3%), aber auch kürzere Intervalle von 0-3 Monate (14,3%) und 3-6 Monate (17,1%) waren nicht selten.

Die Mehrzahl der Patienten befand sich zum Zeitpunkt der Vorstellung bereits im Stadium III (35,2%) oder Stadium IV n. Tordoir (62%).

Der operative Eingriff erfolgte weitgehend in der von Schanzer et al. beschriebenen Technik mit Anlage der proximalen Anastomose mit der A. brachialis End-zu-Seit in Höhe des mittleren Oberarmes. Die distale Anastomose erfolgte in 46 Fällen (56,1%) mit der A. brachialis (cubitalis), in 27 Fällen (32,9%) mit der A. radialis und in 9 Fällen (11,0%) mit der A. ulnaris und anschließender Intervall- Ligatur proximal der distalen Anastomose.

In 72 Fällen (87,8%) kam autologes Bypassmaterial und in 10 Fällen (14%) eine PTFE Prothese als Bypassmaterial zur Anwendung.

Die Offenheitsrate sowohl des DRIL- Bypasses, als auch des Shunts mit Beseitigung der Ischämiesymptomatik und Abheilung/ Regression der eventuell vorhandenen trophischen Störungen, betrug nach 6 Monaten 89,5%, nach 12 Monaten 80,2% und nach 5 Jahren 60,8%. Ein präoperatives Stadium I-III n. Tordoir ist gegenüber dem Stadium IV für das Outcome prognostisch günstiger.

Nach weniger als 48 Monaten war bereits die Hälfte der Patienten verstorben.

11. Diskussion

Die Behandlung der chronischen Niereninsuffizienz hat sich, ausgehend von den ersten, eher experimentellen Hämodialysebehandlungen in den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts (Konner, 1999) bis jetzt, zu einem differenzierten Standardverfahren entwickelt.

Zum Jahreswechsel 2005/2006 wurden in Deutschland 63.427 Patienten dialysiert, allein im Jahr 2005 mussten 16.766 Patienten neu in die chronische Nierenersatztherapie aufgenommen werden. Diese Zahl ist während eines Zeitraums von 1995 bis 2005 um 53% gestiegen und nimmt weiter kontinuierlich zu.

Nicht nur in Deutschland, auch international ist im Vergleich zu den letzten Jahren eine kontinuierliche Zunahme der Patientenzahlen zu verzeichnen (Ärzte Zeitung, 2006). Dabei ist der Anstieg größer, als er allein durch den demographischen Wandel mit der steigenden Lebenserwartung zu erklären wäre, und ist begründet in einer grundsätzlichen Zunahme der Erkrankungshäufigkeit innerhalb aller Altersgruppen (Frei, 2006).

Während schicksalsbedingte Nierenerkrankungen als Ursache der terminalen Niereninsuffizienz anteilmäßig in den Hintergrund treten, gewinnen zivilisationsbedingte Nierenschäden durch Diabetes mellitus und Bluthochdruck dramatisch an Bedeutung (Frei, 2006). Der Anteil der Patienten, bei denen eine diabetische oder vaskuläre Nephropathie ursächlich für die terminale Niereninsuffizienz ist, wird also zunehmen. Gleichzeitig werden diese Patienten durch die besseren Behandlungsmöglichkeiten auch ein höheres Durchschnittsalter aufweisen und begleitend auch an den übrigen diabetes- und hypertonieassoziierten Folgeschäden wie periphere arterielle Verschlusskrankheit und koronare Herzkrankheit leiden.

Die Mehrzahl der neu terminal niereninsuffizienten Patienten wird eine mehr oder weniger ausgeprägte Gefäßschädigung aufweisen (Konner, 1998)!

Intrakorporale Verfahren (Peritonealdialyse) haben anteilmäßig eine untergeordnete Bedeutung, die weitaus größte Patientengruppe wird durch die extrakorporale Hämodialyse behandelt (Frei, 2006).

Dies setzt einen suffizienten und möglichst langlebigen Gefäßzugang voraus, über den dem Körper ausreichende Blutmengen entnommen und, nach erfolgter Blutwäsche im Dialysator, wieder in den Körper zurückgegeben werden können.

Als Gefäßzugang kommen im Wesentlichen drei Möglichkeiten in Betracht (Krönung, 1997, Scholz und Settmacher, 1995):

- Ciminofistel
- ePTFE-Gefäßprothese
- Gefäßkatheter

Indikation, Vor- und Nachteile dieser Möglichkeiten sind bereits in Kapitel eingehend beschrieben.

Die Ciminofistel ist im Hinblick auf Funktionsdauer und Komplikationshäufigkeit der Gefäßzugang der ersten Wahl (Mehigam und Alexander, 1982), der bis heute bei mehr als 80% aller Dialysepatienten die Hämodialyse ermöglicht (Brittinger und Twittenhoff, 2005).

Erst wenn alle Möglichkeiten einer nativen Fistelanlage ausgeschöpft sind, wird die Indikation zur Verwendung einer ePTFE-Gefäßprothese gestellt. Dialysekatheter bleiben speziellen Indikationen vorbehalten.

Komplikationen im Zusammenhang mit der Dialyseshuntanlage sind leider häufig und häufig auch Grund für weitere, mitunter auch wiederholte Interventionen und Hospitalisationen (Salahi et al., 2006).

Dazu zählt das Dialyseshunt assoziierte Steal- Syndrom (DASS). Hierbei handelt es sich um eine relativ seltene, dafür aber schwerwiegende Komplikation nach Dialyseshuntanlage (Knox et al., 2002, White et al., 1999, Tordoir et al., 2004, Tynan-Cuisinier und Berman, 2006, Sessa et al., 2004, Mwipatayi et al., 2006, Brittinger und Twittenhoff, 2005). Ursache ist eine, durch die Shuntanlage hervorgerufene, veränderte Hämodynamik. Es kommt zu einem überwiegenden Abfluss des Blutvolumens über die geschaffene Fistel auf Kosten des distal der Fistel gelegenen Gewebeabschnitts. Zwar führt jeder Dialyseshunt zu einer Reduktion der peripheren Durchblutung (Sessa et al., 2004, Duncan et al., 1986, Valji et al., 1995, Lazarides et al., 1998, Knox et al., 2002, Sivanesan et al., 1998, Tynan-Cuisinier und

Berman, 2006), unter normalen Umständen kann die periphere Durchblutung aber durch arterielle Kollateralen und kompensatorische periphere Vasodilatation mit entsprechender peripherer Gefäßwiderstandsreduktion auf einem akzeptablen Niveau gehalten werden.

Bei dem DASS liegt ein Zustand vor, bei dem die periphere Gewebepfusion nicht mehr ausreicht, die metabolischen Bedürfnisse zu erfüllen.

Bedingt durch die unzureichende periphere Durchblutung kommt es zu typischen Ischämiebeschwerden, die nach Tordoir je nach Schwere der Symptomatik in vier Stadien eingeteilt werden können (Tordoir et al., 2004):

Stadium I: blasse/ livide Hand und/ oder kühle Hand ohne Schmerzen

Stadium II: Schmerzen unter Belastung und/ oder während der Dialyse

Stadium III: Ruheschmerzen

Stadium IV: Ulzera/ Nekrosen/ Gangrän

Während sich bei einem Drittel der Fälle das DASS unmittelbar oder zeitnah nach erfolgter Shuntanlage manifestiert, kommt es bei zwei Drittel der Patienten erst im Laufe der Zeit mit zunehmender Shuntentwicklung (und damit steigendem Shunt- und Stealvolumen) oder durch Progression einer bestehenden peripheren arteriellen Verschlusskrankheit zur Ischämiesymptomatik (Levine, 2001, Katz und Kohl, 1996, Schanzer et al., 1988, Wixon et al., 2000).

Das Stadium I und II erlaubt kurzfristige klinische Verlaufskontrollen und ein zunächst konservatives Vorgehen (Vascular Access Society, Korzets et al., 2003). Die chirurgische Therapie ist indiziert, wenn die anfänglichen Beschwerden innerhalb des ersten postoperativen Monats keine entscheidende Rückbildung zeigen, sich erst im Verlauf bei anfänglicher Beschwerdefreiheit zunehmende Beschwerden entwickeln, oder gar neurologische oder trophische Störungen hinzukommen (Katz und Kohl, 1996, Schanzer et al., 1992, Hye und Wolf, 1994).

In diesen Fällen darf die Operation keinesfalls verzögert und damit irreversible Schäden in Kauf genommen werden. Im Stadium III und IV muss chirurgisch

therapiert werden, unbehandelt führt das Krankheitsbild sonst zum Gliedmaßenverlust (Levine, 2001).

Die Anzahl der DASS- bedingten Amputationen an der oberen Extremität aufgrund gangränöser Veränderungen ist in den letzten Jahren signifikant angestiegen (Levine, 2001).

Die Tatsache, dass bei mehr als der Hälfte der von uns behandelten Patienten bereits trophische Störungen vorlagen (Stadium IV), bevor diese der operativen Therapie zugeführt werden konnten, zeigt, dass die Sensibilität gegenüber diesem Krankheitsbild unter den Nephrologen und Shuntchirurgen bezüglich Diagnostik und Therapieoptionen gesteigert werden muss (Korzets et al., 2003).

Wie die Überlegungen zu der Hämodynamik von arteriovenösen Fisteln und insbesondere die Veränderung der Hämodynamik bei Stealischämie aufgezeigt hat, können verschiedene Gründe ursächlich für das DASS sein (siehe Kapitel). Erst die Diagnose der ursächlich zugrunde liegenden hämodynamischen Gegebenheiten erlaubt die Wahl der erforderlichen Therapie aus dem Katalog der Therapieoptionen.

Bei Vorliegen eines DASS ist neben der klinischen Diagnostik daher eine eingehende apparative Diagnostik notwendig (siehe Kapitel 6.3.2.1).

11.1 Präoperative apparative Diagnostik

Zu den diesbezüglich relevanten Untersuchungsmethoden gehören die digitale Blutdruckmessung, die transkutane PO₂- Messung, die Doppler- Duplexsonographie und die arterielle Angiographie. Die Doppler-/Duplexsonographie besitzt dabei einen hohen Stellenwert. Diese nicht- invasive, gut verfügbare Untersuchungsmethode gestattet es, Flussvolumina und -Richtungen jeweils ohne und mit Shuntkompression zu bestimmen. Damit kann ein genaues Bild über die hämodynamischen Verhältnisse erstellt werden (Tordoir et al., 2004, Rodriguez et al., 2005).

Eine arterielle Angiographie, ebenfalls mit und ohne Kompression, gestattet die Detektion von Pathologica wie Stenosen oder Verschlüsse der zuführenden Gefäße. Zudem kann der Status der Unterarmarterien evaluiert werden. Die verbesserte Kontrastierung der peripheren Arterien bei Shuntkompression erlaubt eine qualitative Einschätzung des Stealsyndroms.

Durch Finger-Blutdruckwerte von <50mmHg, einem Finger/Brachial- Index von <0,6 und einem transkutanen PO₂- Wert von <20- 30 mmHg kann die Diagnose eines DASS unterstützt werden.

Erst das Verständnis über die zugrunde liegenden hämodynamischen Verhältnisse ermöglicht die richtige Therapieentscheidung.

11.2 Stenose / Verschluss der Zuflussarterie

Eine Stenose oder Verschluss der Zuflussarterie lässt sich angiographisch detektieren (siehe Abbildung 57). Die Folge ist ein erhöhter Widerstand in der Zuflussarterie, der durch die damit verbundene Reduktion des Einstroms zum DASS führen kann.

Die Therapieoptionen bei Stenosen oder Verschlüssen in der Zuflussarterie bestehen in deren Beseitigung. Die möglichen Verfahren, vorzugsweise interventionell mittels PTA/ Stentimplantation, aber auch operativ mittels lokaler TEA, Patchplastik oder Bypassanlage zur Beseitigung oder Umgehung dieser Stenose sind erprobt (siehe Kapitel 6.2.2).



**Abbildung 57: Beispiel einer angiographisch festgestellten und mittels Ballondilatation therapierten Stenose der A. subclavia (Inflow- Stenose).
Oben: Stenose der A. subclavia (Pfeil). Mitte: Ballondilatation. Unten: Postinterventionelles Ergebnis.**

11.3 Großvolumenshunt

Verbindungen zwischen der A. radialis und der V. cephalica am distalen Unterarm haben üblicherweise ein Shuntvolumen von 500-800 ml/min (Gemert und Bruyninckx, 1987). Bei Fisteln, die mit größeren Arterien hergestellt werden (A. brachialis- V. cephalica/ A. brachialis- V. basilica) kann das Shuntvolumen 1 bis mehr als 2 l/min betragen (Van Tricht et al., 2005, Gemert und Bruyninckx, 1987). Das Shuntvolumen lässt sich duplexsonographisch mit wenig Aufwand, nicht invasiv und für den Patienten belastungsarm bestimmen.

Werden dabei höhere Volumina (mehr als 800ml/min für Unterarmfisteln und mehr als 2 l/min für Ellenbeugenfisteln) gemessen, liegt ein Großvolumenshunt vor.

In diesem Fall besteht eine Therapieoption in der Shuntvolumenreduktion (siehe Kapitel 6.2.1). Die etablierten Verfahren zur Shuntvolumenreduktion bestehen im Banding, bei dem die Shuntvene mit einem Dacron- oder Teflonband eingeengt wird und in verschiedenen operativen Verfahren, bei denen die av-Anastomose direkt verkleinert werden. Durch die Verkleinerung der Anastomose wird der Fistelwiderstand erhöht und das Shuntvolumen zugunsten der peripheren Perfusion reduziert.

Liegt ein DASS bei distaler Unterarmfistel mit erhaltenem Hohlhandbogen vor, kann die Ischämiesymptomatik durch eine alleinige Ligatur der Arterie distal der Fistel behandelt werden (siehe Kapitel 6.2.5). Solche Fisteln werden zu 2/3 durch die zuführende Arterie gespeist und erhalten 1/3 des Blutvolumens von distal (siehe Abbildung 2). Die Ligatur der Arterie distal der Fistel erhöht die periphere Perfusion indem der Stealfluß unterbunden wird (siehe Abbildungen 59 bis 62) und reduziert das Shuntvolumen.



Abbildung 58: DASS mit Ulzera, 82Jahre alt. Ciminofistel am rechten mittleren Unterarm mit V. cephalica End-zu-Seit mit der A. radialis.



Abbildung 59: Duplexsonographischer Befund. Links: Im linken Bildanteil orthograde Fluss in der A. radialis bei Shuntkompression und retrograder Fluss ohne Shuntkompression (rechte Bildhälfte). Rechts: Orthograde Fluss in der A. radialis bei Shuntkompression, gemessen am Handgelenk (linker Bildanteil) und schwach orthograde Fluss bei Kompression der Shuntvene und der A. radialis distal der Fistelverbindung.



Abbildung 60: Flussmuster in der A. ulnaris, gemessen auf Handgelenkhöhe. Monophasisches Spektrum mit hohem diastolischen Flussanteil als Folge der Shuntversorgung über die A. ulnaris und den Hohlhandbogen (links). Verändertes, nahezu triphasches, physiologisches Flussmuster bei Shuntkompression (rechts).

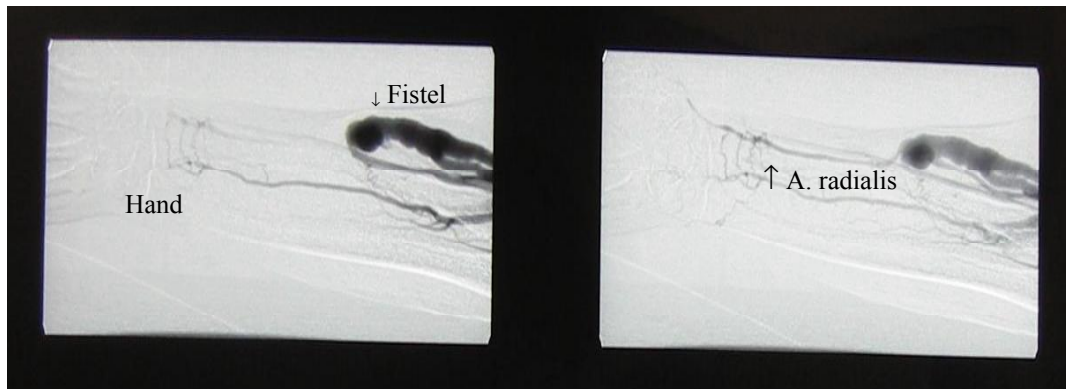


Abbildung 61: Präoperatives Angiogramm. Im Frühbild (links) Darstellung der über die A. radialis gefüllten Fistel bei gleichzeitiger Füllung der A. ulnaris und beginnend auch des Hohlhandbogens. Die distale A. radialis kommt nicht zur Darstellung. Etwas später (rechts) Darstellung der von distal über den Arcus palmaris retrograd gefüllten A. radialis.

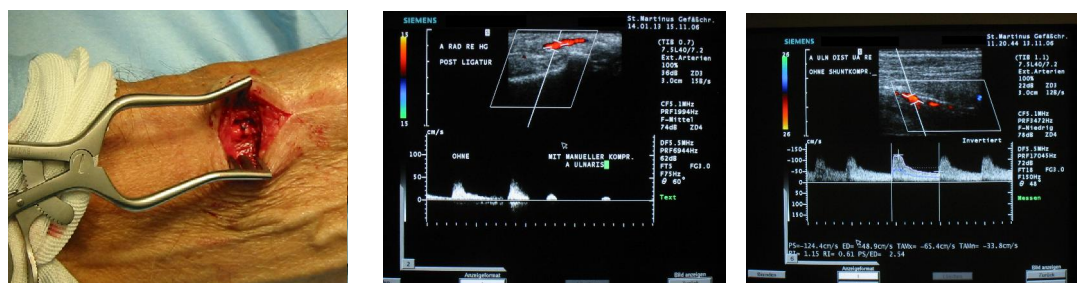


Abbildung 62: Intraoperativer Situs nach Ligatur der A. radialis distal der Fistel (links). Postoperative duplexsonographische Untersuchung mit Nachweis eines orthograden Blutstroms in der distalen A. radialis. Dieser wird durch manuelle Kompression der A. ulnaris abgeschwächt.

11.4 DRIL- Prozedur

Doch wie ist ein DASS zu behandeln, wenn der arterielle Einstrom uneingeschränkt ist, das Shuntvolumen nicht ohne Gefährdung der Shuntfunktion verkleinert werden kann und keine Unterarmfistel mit erhaltenem Hohlhandbogen vorliegt?

Für diese Konstellation ist die Behandlung mittels DRIL- Prozedur zur Beseitigung des DASS unter Erhalt der Shuntfunktion von Schanzer et al. 1988 erstmals beschrieben worden (Schanzer et al., 1988).

Dabei wird ein kurzer Bypass (üblicherweise ein V. saphena magna- Segment vom Oberschenkel, alternativ eine 6mm PTFE-Prothese) einige Zentimeter proximal der Fistel End- zu- Seit mit der Zuflussarterie anastomosiert, nach distal geführt und mit einer Arterie distal der Fistel anastomosiert. Die distale Anastomose erfolgt End-zu-Seit mit der Arterie mit anschließender Intervall-Ligatur, also der Ligatur der Arterie zwischen der Fistel und der distalen Bypassanastomose, möglichst nahe der Fistel.

Damals führten Schanzer und Mitarbeiter die DRIL-Prozedur an drei hämodialysepflichtigen Patienten mit DASS durch, von denen zwei unter Diabetes mellitus litten. Einerseits konnten sie eine unmittelbare Rückbildung der Beschwerden feststellen, andererseits war auch der Dialysezugang nicht beeinträchtigt (Schanzer et al., 1988).

11.5 Literaturvergleich

Bis heute sind fünf größere Studien (Knox et al., 2002, Schanzer et al., 1992, Illig et al., 2005, Korzets et al., 2003, Haimov et al., 1996) veröffentlicht, die den Wert der DRIL-Prozedur zur Behandlung des DASS beurteilen.

Die Studien umfassen jeweils zwischen 9 und 52 Patienten mit einer Nachbeobachtungszeit (Follow up) von maximal 48 Monaten (Range 1 bis 48 Monate) (siehe Tabelle 6).

Darüber hinaus sind wenige Case-Reports und Serien von 3 bis 7 Patienten publiziert worden.

Referenz	Anzahl Patienten (n)	Outcome			Patency		Follow-up [month (range)]
		geheilt [n (%)]	gebessert [n (%)]	unverändert [n (%)]	DRIL- Bypass (%)	Vascular Access (%)	
Haimov et al. (1996)	23	22 (96)	1 (4)		96	100 (AVF) 46 (ePTFE)	24
Schanzer et al. (1992)	14	13 (93)		1 (7)	100	100 (AVF) 82 (ePTFE)	12
Knox et al. (2002)	52	30 (66)	14 (25)	6 (11)	86	80	24-48
Korzets et al. (2003)	9	8 (88)	1 (11)		100	80	12 (1-26)
Illig et al. (2005)	9	6 (66)	2 (22)	1 (11)	88	80	6 (1-12)
Eigene Studie (2010)	69	50 (72,5)	10 (14,4)	8 (11,6)	89,5 (6 Monate) 80,2 (12 Monate) 60,8 (60 Monate)		25-165

Tabelle 6: Vergleich der publizierten Literatur mit den eigenen Studienergebnissen. AVF= arteriovenöse Fistel, ePTFE= PTFE-Prothese.

Die klinische Einteilung der Patienten erfolgte in allen Studien anhand der im Jahr 2004 publizierten und oben angegebenen Einteilung nach Tordoir in die Stadien I-IV. Die in der hier vorgestellten Studie retrospektiv seit 1996 erhobenen Kriterien bezüglich der zur DRIL- Prozedur führenden Beschwerdesymptomatik (Blässe/Kälte der Hand, Ruheschmerzen, sensomotorisches Defizit, Ulcera/Nekrosen/Gangrän) lassen sich nicht uneingeschränkt den Stadien nach Tordoir zuordnen. Die Symptome „Ruheschmerzen“ und „sensomotorisches Defizit“ entsprechen dem Stadium III und Ulcera/ Nekrosen /Gangrän dem Stadium IV. Die Symptome „Blässe“ und „Kälte“ entsprechen dem Stadium I. Unberücksichtigt bleibt aber das Stadium II, da diese Kriterien in der vorliegenden Studie nicht explizit erhoben wurden. Patienten mit belastungsabhängigen Schmerzen werden daher unter den Kriterien Blässe und Kälte ebenfalls im Stadium I abgebildet. Damit ist in dieser Studie das Stadium I (2 Patienten) über- und das Stadium II (kein Patient) unterbewertet. Die Zuordnung in die Stadien III und IV ist korrekt und gestattet die Vergleichbarkeit mit den bisher publizierten Studien.

Die erste größere Studie wurde 1992 von Schanzer et al. (Schanzer et al., 1992) publiziert und umfasste 14 Patienten. Die von Schanzer behandelte Patientengruppe unterschied sich deutlich von der Patientengruppe in der hier vorgestellten Studie (siehe Tabelle 7):

	Schanzer et al.	Eigene Studie
mittleres Patientenalter	58 Jahre	69 Jahre
Anteil weiblicher Patienten	71%	39%
Anteil Prothesenshunt	85%	13,4%
Anteil Diabetes mellitus	93%	63,5%
Anteil Stadium III/IV nach Tordoir	100%	97,2%

Tabelle 7: Gegenüberstellung der Patientengruppe der Studie von Schanzer et al. mit der Patientengruppe aus der eigenen Studie.

Schanzers Patienten waren jünger, der Anteil von weiblichen Patienten, und Patienten mit Diabetes mellitus war deutlich höher. Auffällig ist, dass ausschließlich Patienten mit schwerem Verlauf (Stadium III/IV) operiert worden sind, und bei diesen Patienten überwiegend ein implantierter Prothesenshunt ursächlich für das DASS war.

Die nächste Studie wurde von Haimov et al. 1996 (aus der Arbeitsgruppe um Schanzer) publiziert (Haimov et al., 1996). Die gesamte Studie umfasste 45 Patienten mit DASS, von denen 7 als Therapie eine Shuntligatur erhielten. Bei 4 Patienten wurde eine Shuntvolumenverkleinerung (Banding) vorgenommen, die restlichen 23 Patienten wurden mittels DRIL-Prozedur versorgt. Die Ergebnisse der mittels DRIL-Prozedur versorgten Patienten ist in der Tabelle 6 aufgelistet. Weitere Angaben über die Zusammensetzung des Patientenkollektivs, insbesondere zum Patientenalter, Risikofaktoren und präoperativem Stadium, liegen zu dieser Studie nicht vor.

Die bisher größte und bisher wohl wichtigste Arbeit publizierte Knox et al. 2002 aus der Arbeitsgruppe um Bermann (Knox et al., 2002). Diese retrospektive Studie baut auf eine bereits durch Bermann et al. 1997 publizierten Studie auf (Berman et al., 1997), so dass diese letztgenannte Arbeit hier keine gesonderte Erwähnung findet. Knoxs Arbeit berichtet über 55 DRIL-Prozeduren bei 52 Patienten, die zwischen 1995 und 2001 operiert wurden.

Bezüglich der in dieser Studie erfassten Daten ist diese Arbeit gut mit der hier vorgestellten Studie zu vergleichen (siehe Tabelle 8- 11):

Demographische Daten	Knox et al.	Eigene Studie
Mittleres Patientenalter	60,8 Jahre	69 Jahre
Anteil Frauen	67%	39%
Anteil Diabetes mellitus	94%	63,5%
Anteil KHK	52%	70%

Tabelle 8: Gegenüberstellung der demographischen Daten der Patienten in der Studie von Knox et al. und der demographischen Daten der Patienten aus der eigenen Studie

Stadium nach Tordoir	Knox et al.	Eigene Studie
Stadium I		
Stadium II	2%	2,8%
Stadium III	52%	35,2%
Stadium IV	46%	62%

Tabelle 9: Gegenüberstellung des Stadiums der Beschwerden in der Studie von Knox et al. und der eigenen Studie

Art des zum DASS führenden Shunts	Knox et al.	Eigene Studie
Ciminofistel am Unterarm	-	9,8%
A. brachialis- V. cephalica	36,5%	68,3%
A. brachialis- V. basilica	4%	8,5%
Prothesenshunt	59,5%	13,4%

Tabelle 10: Gegenüberstellung des zum DASS führenden Shunts in der Studie von Knox et al. und der eigenen Studie

Outcome	Knox et al.	Eigene Studie
Komplette Rückbildung der Beschwerden/ abgeheilte Amputationswunden	66%	72,5%
Besserung der Beschwerden	25%	14,4%
Unverändert/ Verschlechterung	9%	11,6%

Tabelle 11: Gegenüberstellung des Outcome in der Studie von Knox et al. und der eigenen Studie

In beiden Studien findet sich ein hoher Anteil von Diabetikern. Der Anteil der Patienten, die sich im Stadium III und IV befunden haben, war in beiden Studien sehr hoch (98% Knox et al. vs. 97,2% in der hier vorgestellten Studie). Während sich in der Studie von Knox et al. mit 52% (Stadium III) und 46% (Stadium IV) diese Stadien etwa gleichmäßig vertreten waren, lag bei den Patienten in der hier vorgestellten Studie überwiegend das Stadium IV vor (62%). Die komplette Rückbildung der Beschwerden oder ausreichende Besserung der Beschwerden konnte sowohl bei Knox et al. als auch in dieser Studie bei 91% bzw. 87% der Patienten nachgewiesen werden.

Auffällig an allen bisher publizierten Studien im Vergleich zu der hier vorgestellten Studie ist ein prozentual hoher Anteil von Prothesenshunts. Mit Ausnahme der Studie von Korzets et al. entstanden alle bisher publizierten Studien in den USA, wo ein hoher Anteil von Prothesenshunt gegenüber nativen arteriovenösen Fisteln besteht (siehe Abbildung 63). Der Anteil von Prothesenshunts in der in Israel entstandenen Studie von Korzets et al. war mit 7 von 9 Patienten (78%) ebenfalls hoch. Trotz dieses Unterschieds ist das Outcome in der hier vorgestellten Studie mit denen der bisher publizierten Studien vergleichbar.

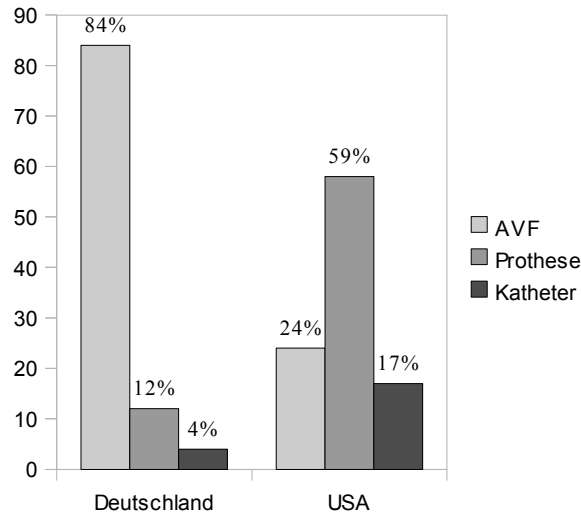


Abbildung 63: Der im Jahr 2002 zur Hämodialyse benutzte Gefäßzugang (Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study, 2002).

In allen Studien, Serien und Case-Reports konnte die DRIL-Prozedur in jedem geplanten Fall durchgeführt werden, so dass die technische Durchführbarkeit trotz der überwiegend multimorbiden Patienten als sicher und erprobt gelten darf.

Die DRIL-Prozedur zeigt in der hier vorgestellten Studie mit einer DRIL-Bypass-Offenheitsrate von 86,4% im ersten Jahr (Range 80-100% in der Literatur, siehe Tabelle 6) und Shunt-Patency von 89,8% im ersten Jahr (Range 46-100% in der Literatur) - beziehungsweise der 1-Jahres-Erfolgsrate von 80,2% für komplette Beschwerdefreiheit, Abheilung von Nekrosen oder Beschwerdebesserung bei gleichzeitigem Erhalt des Dialysezuganges - ein sehr gutes Ergebnis, das mit den bereits publizierten Studien, trotz deren kleinerer Fallzahlen und kürzeren Nachbeobachtungszeiträumen, vergleichbar ist.

11.6 Mittel- und langfristige Ergebnisse

Die bisher längste Nachbeobachtungszeit mit 48 Monaten wurde in der Studie von Knox et al. 2002 publiziert.

Die hier vorgestellte Studie erlaubt über diesen Nachbeobachtungszeitraum hinaus eine Aussage zu den mittel- und langfristigen Ergebnissen.

Betrachtet man die Patienten, bei denen die DRIL- Prozedur zwischen 1996 und vor dem Jahr 2003 vorgenommen wurde, gesondert, so kann man die postoperativen Verläufe über einen Zeitraum von 7- 13 Jahren bezüglich Erfolgsrate und Patientenüberleben beurteilen.

In diesem Zeitraum wurden 20 DRIL-Prozeduren an 18 Patienten durchgeführt. Das entspricht 24,3% der DRIL-Prozeduren und auch 24,3% der Patienten dieser Studie, also ca. 1/4 der Patienten dieser Studie.

Im Vergleich dieser Patientengruppe mit allen Patienten der Studie ergeben sich vergleichbare Häufigkeiten für die zur DRIL-Prozedur führenden Symptome, die Begleiterkrankungen, die Häufigkeitsverteilung in der Anzahl und Lokalisation der vorausgegangenen Shuntoperationen und im Zeitintervall zwischen Shuntanlage und DRIL-Prozedur (siehe Abbildung 46, 47, 48, 49 und 50).

Die Lokalisation der distalen Bypassanastomose und des verwendeten Bypassmaterials hat sich im Vergleich der Patientengruppen einem Wandel unterzogen (siehe Abbildung 51.)

In der Gruppe der vor dem Jahr 2003 operierten Patienten erfolgte die distale Bypassanastomose in etwa der Hälfte der Fälle mit der A. radialis und in ca. 1/3 mit der A. brachialis/ cubitalis. In der gesamten Patientengruppe hat sich das Verhältnis umgekehrt: In der Hälfte wurde die distale Bypassanastomose mit der A. brachialis/ cubitalis hergestellt und nur noch zu ca. 1/3 mit der A. radialis. Deutlicher wird der Wandel, wenn man die Gruppe der Patienten, die vor dem Jahr 2003 operiert wurde direkt mit der Patientengruppe vergleicht, die seit Januar 2003 operiert wurde. In letztgenannter Gruppe wurde die distale Anastomose zu 64% mit der A. brachialis realisiert, also bei nahezu allen Patienten, bei denen ein cubitaler Shunt als Ursache des DASS vorlag.

Die Ursache dieser Veränderung liegt am ehesten in der im Laufe der Jahre angestiegenen Expertise in den beiden teilnehmenden Zentren dieser Studie. Die Lokalisation der distalen Bypassanastomose unmittelbar distal der Shuntanastomose, erlaubt die Intervall-Ligatur ebenfalls unmittelbar distal der Shuntanastomose, über dieselbe Operationsinzision. Durch die Ligatur unmittelbar unterhalb der Shuntanastomose wird der Steal-Fluss komplett unterbunden, da keine Kollateralen zwischen Shuntanastomose und Intervall-Ligatur verbleiben können. Zudem ist die Ausflussbahn des DRIL-Bypasses durch Anschluss aller Unterarmarterien optimal. Allerdings ist die Operation durch die stattgehabte Voroperation und die unmittelbare Nähe zum bestehenden Shunt anspruchsvoller.

War bereits in der Gruppe der vor dem Jahr 2003 operierten Patienten die autologe Vena saphena magna das am häufigsten verwendete Bypassmaterial (70%), so hat sich die Verwendung von autologem Material in den Folgejahren noch weiter erhöht. In der Gruppe der zwischen 2003 und 2008 operierten Patienten fand die Vena saphena magna in 90% der Operationen und die Vena cephalica in 3% der Operationen Verwendung. Somit wurde bei den Patienten, die zwischen 2003 und 2008 operiert wurden, in 93% autologes Bypassmaterial verwendet.

PTFE-Prothesen wurde in der Gruppe der vor dem Jahr 2003 operierten Patienten noch zu 30% implantiert, in der Gruppe der zwischen 2003 und 2008 operierten Patienten betrug die Rate nur noch 6%.

Das verwendete Bypassmaterial war anhand der erhobenen Daten für das Outcome bezüglich Offenheit und Patientenüberleben statistisch unerheblich. Dieses Ergebnis liegt möglicherweise aber an dem wesentlich geringen Anteil und der geringen absoluten Anzahl von PTFE-Prothesen und deckt sich nicht mit Studienergebnissen, die die Offenheitsraten und den Extremitätenerhalt von autologen Bypässen mit alloplastischen Bypässen verglichen haben (Klinkert et al., 2004, Mamode et Scott, 2000). Diese Studien, die sich allerdings auf Bypässe an den unteren Extremitäten beziehen, zeigen einen eindeutigen Vorteil von autologem Bypassmaterial. Anhand der Datenlage wird auch bei kurzen, nicht gelenküberschreitenden Bypässen und auch bei einer voraussichtlich kurzen verbleibenden Lebenserwartung des Patienten (<2 Jahre) empfohlen, wenn immer möglich, autologes Bypassmaterial zu benutzen (Klinkert et al., 2004).

Überträgt man diese Studienergebnisse auf Bypässe an der oberen Extremität und berücksichtigt die das Ellbogengelenk übergreifende Position des Bypasses, die verhältnismäßig kleinen cubitalen, radialen oder ulnaren Gefäßdurchmesser und das Risikoprofil der behandelten Patienten (Dialysepflicht, häufig Diabetes mellitus, häufig periphere Ulcera oder Nekrosen) mit daraus resultierender reduzierter Infekteresistenz, so sollte ein alloplastischer Bypass möglichst vermieden und bei fehlender Vena saphena magna die Möglichkeit alternativer Gefäßabschnitte bedacht werden.

In der vorgestellten Studie konnte bei vorliegendem cubitalen Shunt, bei fehlender Vena saphena magna, in 2 Fällen die V. cephalica vom gleichen Unterarm benutzt werden. Erfahrungen mit der Vena saphena parva liegen nicht vor, erscheinen aber analog zu deren erfolgreicher Benutzung als aortocoronarer Bypass denkbar (Chang et al., 1993). Die körpereigene Vene hat neben dem fehlenden Compliance mismatch (Sarkar et al., 2006) entscheidende Vorteile in der Infekteresistenz.

Das Outcome konnte bei 16 der 17 Patienten beurteilt werden. Allerdings waren zum Zeitpunkt der Datenerhebung nur noch 4 Patienten am Leben. 12 Patienten waren bereits verstorben (siehe Abbildung 52). Die mittlere Überlebensdauer nach DRIL-Prozedur betrug in der Gruppe der vor dem Jahr 2003 operierten Patienten weniger als 48 Monate, also knapp 4 Jahre.

Bei einem der 16 Patienten kam es zum Verschluss des DRIL-Bypasses, so dass der Patient erneut und mit dann unauffälligem Verlauf operiert werden musste. Bei offenem DRIL-Bypass kam es bei einem Patienten zu einer Persistenz und bei einem weiteren Patienten zur Progredienz der Beschwerden. Alle 3 vorgenannten Patienten waren zum Zeitpunkt der Datenerhebung bereits verstorben. Die anderen 13 Patienten waren zum Zeitpunkt der Datenerhebung beziehungsweise bis zum Tod beschwerdefrei und der DRIL-Bypass offen. Damit konnte bei 81% der Patienten eine dauerhafte erfolgreiche Behandlung des DASS dokumentiert werden.

In dem gesamten Studienkollektiv konnte für die Kriterien komplette Beschwerdefreiheit, Abheilung von Amputationswunden oder Beschwerdebesserung, bei gleichzeitigem Erhalt des Dialysezuganges nach 5 Jahren ein gutes Ergebnis von 60,8% dokumentiert werden. Allerdings waren nach 5 Jahren nur noch 7 der 69 Patienten in der Beobachtung.

Nimmt man zusätzlich das Kriterium "Patientenüberleben" in die Betrachtung auf, so sieht das 5-Jahres- Ergebnis mit 31,0% für die vor dem Jahr 2003 operierten Patienten deutlich schlechter aus.

Die Langzeitergebnisse sind in erster Linie durch die hohe Sterberate der Patienten bestimmt.

Während in der Gruppe der vor dem Jahr 2003 operierten Patienten von 16 Patienten bereits 12 Patienten verstorben waren (75%), waren in der Gruppe der 53 Patienten, die zwischen Januar 2003 und 2008 operiert worden sind zum Zeitpunkt der Datenerhebung Januar 2010 25 Patienten verstorben (47%).

Die hohe Sterberate verdeutlicht die Situation der Patienten im behandelten Krankengut. Überwiegend handelt es sich um alte, multimorbide Patienten mit einer geringen verbleibenden Lebenserwartung (siehe Abbildung 32). Die Beurteilung der Langzeitergebnisse dieser Studie zeigt, dass es für die Mehrzahl der Patienten gar nicht um Langzeitergebnisse geht. Bei vielen Patienten reduziert sich das Ziel der Behandlung auf die Beseitigung des DASS und Erhalt der Shuntfunktion für die verbleibende Lebenszeit.

Dieser Aspekt wirft auch ein anderes Licht auf die oft kritisierte Notwendigkeit zur Ligatur eines arteriellen Leitgefäßes.

11.7 Ligatur der Arterie

Vergegenwärtigt man sich nochmals die hämodynamischen Verhältnisse, die zur Indikation zur DRIL-Prozedur führen, so wird verständlich, dass die dauerhafte Ligatur der nativen Arterie distal der Fistel integraler Bestandteil des Verfahrens ist.

In keiner publizierten Studie wurden Probleme im Zusammenhang mit dieser Ligatur erwähnt, dennoch wird gerade diese Ligatur eines arteriellen Leitgefäßes von Shuntchirurgen kritisiert (Zanow et al., 2006). Hat sich die Gefäßchirurgie doch der Rekonstruktion arterieller Verschlüsse verschrieben, widerspricht das bewusste Verschließen eines an sich gesunden arteriellen Leitgefäßes der üblichen gefäßchirurgischen Praxis und wird aus diesem Grund abgelehnt.

Es ist aber zu beachten, dass jeder angelegte Dialyseshunt zu hämodynamischen Veränderungen führt, so dass keine physiologischen Verhältnisse mehr vorliegen. Liegt die Indikation zur DRIL-Prozedur vor, liegen bereits pathologische Veränderungen vor, in die das arterielle Leitgefäß (durch den retrograden Blutfluss) einbezogen ist.

So erscheint es auf den ersten Blick paradox, durch das Betrachten der Hämodynamik aber verständlich, dass es durch die Ligatur der Arterie distal der Fistel nicht zu einer weiteren Reduktion der peripheren Durchblutung kommt. Im Gegenteil zeigen die hämodynamischen Überlegungen, dass die Ligatur die periphere Gewebepfusion sogar verbessern kann (siehe Kapitel 6.2.5). Diese wird dann durch den zusätzlich installierten Bypass noch weiter erhöht. Somit kommt es auch durch einen eventuellen Bypassverschluss zu keiner akuten kritischen Extremitätenischämie. Auch in diesem Fall bleibt die periphere Durchblutung -wenngleich offensichtlich nicht ausreichend- dennoch besser als vor der Arterienligatur.

Patienten, bei denen im postoperativen Verlauf ein Bypassverschluss festgestellt worden war, klagten über erneute, ähnliche Beschwerden wie vor der DRIL-Operation. Eine akute kritische Ischämie wurde jedoch in keinem Fall hervorgerufen, da die physiologische Kollateralversorgung weiter vorhanden war. Die Vorbehalte gegenüber der Arterienligatur (Zanow et al., 2006) stellen sich anhand der bereits publizierten Studien und den Ergebnissen dieser Studie als unbegründet dar.

11.8 Die Proximalisierung der AV- Anastomose

Um die Ligatur der Arterie distal der Fistel zu vermeiden, wurde von Zanow et al. 2006 die Methode der Proximalisierung der AV- Anastomose vorgestellt (Zanow et al., 2006). Bei dieser Prozedur wird die AV-Anastomose aufgelöst und der arterielle Zufluss zum Shunt durch eine dünne PTFE- Prothese wiederhergestellt. Diese wurde zuvor mit einem weiter proximal gelegenen, kaliberstärkeren Arterienabschnitt anastomosiert. Häodynamisch wird ein high resistance- Gefäß vor die Shuntvene geschaltet, um den Anteil des in die Peripherie gerichteten Blutstroms zu erhöhen. Die in der bisher einzigen Studie mit 30 Patienten publizierten Ergebnisse nach einem und drei Jahren entsprechen denen der DRIL-Prozedur.

Ein Nachteil dieses Verfahrens ist in der ausschließlichen Verwendung einer Prothese zu sehen, bei einem multimorbiden Krankengut, bei dem die Implantation von alloplastischem Material möglichst vermieden werden sollte (Klinkert et al., 2004). Prognostisch ungünstig erscheint zudem die Notwendigkeit, eine kleinkalibrige Prothese verwenden zu müssen und die Notwendigkeit einer grafto-venösen Anastomose.

Ob sich die im Vergleich zur DRIL-Prozedur gleichwertigen Ergebnisse in weiteren Studien bestätigen lassen, und ob die oben genannten Nachteile die dadurch zu umgehende (und als zu verhindern postulierte) Arterienligatur rechtfertigen, muss abgewartet werden.

11.9 Risikofaktoren/ diagnostischer und therapeutischer Algorithmus

Bislang konnte keine präoperative Diagnostik das Auftreten eines DASS nach Shuntanlage mit ausreichender Sensibilität und Spezifität voraussagen (Lazarides et al., 1998). Allein die Fallzahlen lassen eine valide Aussage hier nicht zu. Berman et al. zeigten, dass nur bei 3 von 884 Patienten (0,3%), bei sonst unauffälligem Befund, aufgrund einer Fingerarteriendruckmessung das Auftreten einer Ischämie vorausgesagt werden konnte (Berman et al., 1997).

Obwohl die Faktoren, die die Entwicklung eines DASS begünstigen schwer zu erfassen sind (Knox et al., 2002), sind doch einige Risikofaktoren festgestellt worden (Wixon et al., 2000):

- Weibliches Geschlecht
- Alter über 60 Jahre
- Diabetes mellitus
- Fistelverbindung mit der A. brachialis
- Anzahl der vorausgegangenen Shuntoperationen

Anhand der Analysen der vorgestellten Studie können diese Risikofaktoren überwiegend bestätigt werden. Allerdings war der Anteil der behandelten Männer im Verhältnis zu den Frauen im Vergleich zu den bisher veröffentlichten Studien fast doppelt so hoch. Dies mag daran liegen, dass in Deutschland mittlerweile auch fast 1,5 mal so viele Männer wie Frauen in chronischer Nierenersatztherapie betreut sind (Frei, 2006).

Arteriosklerotische Veränderungen gehen mit einer Erhöhung des Gefäßwiderstandes einher. Daher gelten Erkrankungen, die das kardiovaskuläre Risikoprofil erhöhen auch zu den Risikofaktoren für eine DASS, da das Risiko für ein DASS mit der Widerstandszunahme im peripheren Gefäßbett steigt (Wixon et al., 2000). Dazu gehört in erste Linie ein Diabetes mellitus, eine arterielle Hypertonie und Nikotinkonsum. In diesem Zusammenhang kann der negative Einfluss des

Lebensalters erklärt werden, da die vorgenannten Risikofaktoren mit steigendem Alter an Häufigkeit zunehmen.

In der vorliegenden Studie konnte der negative Einfluss von Diabetes mellitus gut dokumentiert werden: Der Anteil von Diabetikern in der Patientengruppe betrug 63,5% gegenüber 28%, bezogen auf die Gesamtheit aller dialysepflichtigen Patienten (von denen 53,0% älter als 65 Jahre und 28,5% älter als 72 Jahre waren) (Frei, 2006). Der Anteil der unter arterieller Hypertonie leidenden Patienten betrug in der vorgestellten Gruppe 78,4%. Genaue Daten zur Rate der an Bluthochdruck erkrankten Patienten im Kollektiv aller dialysepflichtigen Patienten sind schwer zu erheben, da die Dialysebehandlung bzw. die zu Grunde liegende Nierenerkrankung sowohl Folge als auch Ursache eines Bluthochdruckleidens sein kann. Allgemein wird die Prävalenz von arterieller Hypertonie bei dialysepflichtigen Patienten mit 50-90 % angegeben (Salem, 1995), so dass hier kein Unterschied zwischen der Studiengruppe und dem Kollektiv aller dialysepflichtigen Patienten besteht.

Die aus der Literatur vorliegenden und im Rahmen der Studie erhobenen Daten waren nicht ausreichend, um einen Vergleich zwischen der Prävalenz einer pAVK oder KHK bei den in der Studie behandelten Patienten und dem Gesamtkollektiv der dialysepflichtigen Patienten zu erhalten.

Fistelverbindungen mit der A. brachialis gelten als Risikofaktor für eine DASS. Eine mögliche Erklärung liegt in der Anatomie der Arterien in der Ellengelenkregion (siehe Abbildung 64). Die A. brachialis ist das Leitgefäß. Die Kollateralen des Rete articulare cubiti sind zwar kräftige Begleitarterien, diese münden aber überwiegend knapp distal des Ellenbogengelenks in die A. brachialis oder die proximalen Abschnitte der Unterarmarterien ein und gelangen kaum bis in die Peripherie. Dementsprechend stark können diese Kollateralen in den Steal- Fluss beim DASS einbezogen sein.

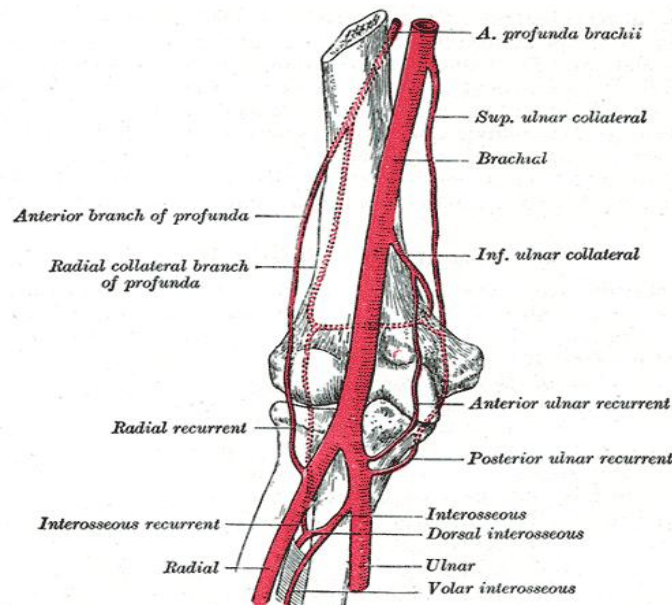


Abbildung 64: Die Kollateralversorgung im Bereich des Ellenbogens (Rete articulare cubiti) (Gray, 1918)

Bei Fistelverbindungen am Unterarm bestehen die Kollateralen aus den übrigen Unterarm- Leitgefäßen, die weit in die Peripherie bis hin zum Hohlhandbogen reichen können. Zudem führen Fistelverbindung in der Ellenbeuge üblicherweise mit 1000- 2000 ml/min zu höheren Shuntvolumina (Hepp, 1995). Auch in der hier vorgestellten Studie lag mit 76,8% überwiegend eine Fistelverbindung mit der A. brachialis vor. Daten zur Verteilung der Shuntlokalisation im Kollektiv aller mit Dialyseshunt versorgten Patienten liegen allerdings nicht vor. Anhand der absoluten Zahlen kann eine Korrelation zwischen Fisteln mit der A. brachialis und dem Auftreten eines DASS zwar festgestellt werden, der relativierende Vergleich mit dem Gesamtkollektiv aller dialysepflichtigen Patienten gelingt wegen der fehlenden Datenlage aber nicht.

An den Shuntchirurgen stellt sich dennoch die Forderung, gerade bei Fistelverbindungen mit der A. brachialis das Risiko eines DASS in die Operationsplanung einzubeziehen. Die Dimensionierung und Lokalisierung der av-Anastomose hat Einfluss auf das Shuntvolumen und die kollaterale Versorgung und sollten individuell beurteilt werden. So kann die Shuntvene fallweise statt mit der A. brachialis mit der kaliberschwächeren proximalen A. radialis oder A. ulnaris verbunden werden. Das reduziert einerseits das Shuntvolumen, andererseits bleibt die kollaterale Versorgung der Peripherie besser erhalten.

Bei der vorgestellten Studie handelt es sich um eine retrospektive Studie über durchgeführte DRIL-Operationen, die zwischen 1997 und Januar 2008 durchgeführt worden waren. Die operierten Patienten rekrutierten sich aus über 20 Dialysezentren. In den jeweiligen Heimatdialysen fand die Betreuung der Patienten statt. Die Vorstellung in unseren Kliniken erfolgte erst bei entsprechender Beschwerdsymptomatik, gelegentlich zusätzlich noch auf dem Umweg über andere shuntchirurgisch tätige Abteilungen. Somit lässt sich anhand dieser Studie keine verlässliche Aussage über die Inzidenz eines therapiebedürftigen DASS erheben, da die Gesamtheit der in diesen Jahren auch an anderen Kliniken durchgeführten Shuntanlagen, Revisionen und mittels Shuntvolumenverkleinerung oder Shuntauflösung behandelter Patienten mit Ischämiebeschwerden, nicht zu erheben war.

In der Literatur wird die Häufigkeit eines therapiebedürftigen DASS mit 1-8 % der Patienten angegeben (Knox et al., 2002, Schanzer et al., 1992, Wilson, 1996). Im Jahr 2005 wurden in Deutschland ca. 15.000 Patienten neu hämodialysiert (Frei, 2006). Unterstellt man, dass auch die neu behandelten Patienten (wie in dem Gesamtkollektiv aller hämodialysierter Patienten) zu 18% über einen Dialysekatheter dialysiert werden (Kleophas und Hetzel, 2007) und in 82% über einen angelegten Shunt, so sind 123 bis 984 therapiebedürftige DASS jährlich in Deutschland zu erwarten.

Mit einer weiteren Zunahme der Anzahl dialysepflichtiger Patienten ist zu rechnen, die über den demographischen Zuwachs durch die Zunahme des Durchschnittsalters hinausgeht. Gleichzeitig nimmt der Anteil der an Diabetes mellitus leidenden Patienten unter den dialysepflichtigen Patienten zu (Frei, 2006). Somit ist in Zukunft mit einer Zunahme der Patienten mit therapiebedürftigem DASS zu rechnen.

Trotz Kenntnis der Risikofaktoren, und auch durch postoperative Messungen der durch die Shuntanlage hervorgerufenen hämodynamischen Verhältnisse, gelingt eine genaue Vorhersage über das Auftreten eines DASS nicht (Lazarides et al., 1998). Während 80% aller von der A. brachialis gespeisten Fisteln ein Stealphänomen präsentieren, tritt eine symptomatische Stealischämie bei weniger als 10% auf (Illig et al., 2005). Diese kann zudem zeitnah zur Shuntanlage entstehen, oder sich erst nach Monaten oder gar Jahren entwickeln. So lag bei 2/3 der Patienten dieser Studie

die zur DASS führende Shuntanlage mehr als 6 Monate zurück. Andererseits können sich unmittelbar postoperativ nach Shuntanlage aufgetrete Ischämiebeschwerden spontan und signifikant zurückbilden (Schanzer et al., 1992, Schanzer et al., 1988, Lazarides et al., 1998)

Daher sind regelmäßige klinische Verlaufsbeobachtungen notwendig, um ein DASS zu erkennen und dann die geeigneten therapeutischen Schritte einzuleiten. Im Verdachtsfall ist eine subtile apparative Diagnostik notwendig, um die Diagnose zu bestätigen und in diesem Fall die geeigneten therapeutischen Schritte einzuleiten. Ein möglicher diagnostisch-therapeutischer Algorithmus zur Standardisierung der Diagnostik und Therapie bei DASS ist in Abbildung 65 angegeben.

Ist der Blutstrom in der zuführenden Arterie uneingeschränkt, liegt kein Großvolumenshunt vor und handelt sich nicht um eine distale Unterarmfistel mit erhaltenem Hohlhandbogen, besteht die gesicherte Indikation zur DRIL-Prozedur.

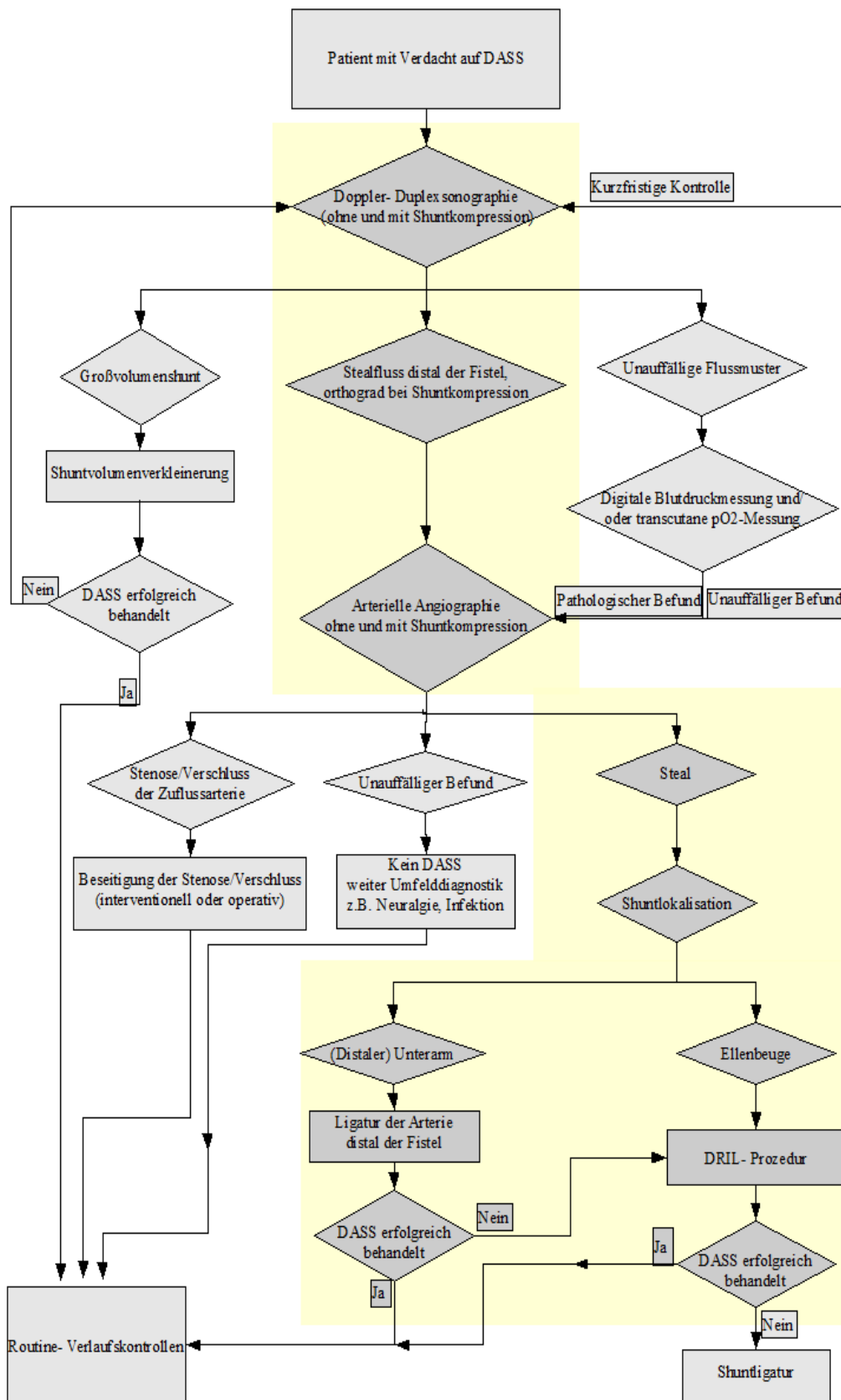


Abbildung 65: Flussdiagramm zur Diagnostik und Therapie bei DASS

11.10 Prädiktion des Operationserfolgs und Zeitpunkt der DRIL-Prozedur

Welche Patientengruppe profitiert am meisten von der DRIL- Prozedur und wann ist der beste Zeitpunkt für die DRIL- Prozedur?

Betrachtet man das Outcome unter dem Blickwinkel des präoperativen Stadiums III oder IV, fällt ein schlechteres Ergebnis für die Patientengruppe auf, die bereits präoperativ ein fortgeschrittenes Stadium aufwies (siehe Abbildung 54 und 55).

Sind die Ergebnisse in der Patientengruppe, die sich präoperativ bereits im Stadium IV befanden schlechter, weil es sich um ein nach Alter und Co-Morbidität negativ selektiertes Patientenkollektiv mit entsprechend ungünstigen Voraussetzungen handelte? Oder haben Patienten im Stadium IV wegen des bereits eingetretenen fortgeschrittenen Stadiums mit (teilweise irreversiblen) trophischen Störungen eine ungünstigere Prognose?

Der Vergleich bezüglich Alter, Geschlechtsverteilung und der in dieser Studie erhobenen Anteil der Risikofaktoren „Diabetes mellitus“, „arterielle Hypertonie“, „Nikotinkonsum“ und „koronare Herzerkrankung“ in der Gruppe der Patienten, die sich präoperativ im Stadium III befunden hatten, gegenüber den Patienten, die sich im Stadium IV befunden hatten (siehe Abbildung 56/ Tabelle 12), erlaubt zumindest für die in dieser Studie erfassten Risikofaktoren eine Antwort zu der ersten Frage.

	präoperatives Stadium III (n=28)	präoperatives Stadium IV (n=39)
Alter	64 Jahre	68 Jahre
Anteil weiblicher Patienten	36%	39%
Diabetes mellitus	70%	64%
arterielle Hypertonie	82%	78%
Nikotinkonsum	24%	9%
Koronare Herzerkrankung	59%	75%

Tabelle 12: Demographie und Risikofaktoren in Abhängigkeit vom präoperativen Stadium nach Tordoir.

Entgegen der ersten Erwartung ist die Häufigkeit der Risikofaktoren „Diabetes mellitus“, „arterielle Hypertonie“ und „Nikotinkonsum“ in der Stadium IV- Gruppe niedriger als in der Stadium III- Gruppe. Die Co- Morbidität „koronare Herzerkrankung“ ist in der Stadium IV- Gruppe erhöht. Dies kann auf eine mögliche Korrelation zwischen koronarer Herzerkrankung und schwereren Ischämieverläufen deuten. Um dies genauer beurteilen zu können sind aber sicherlich größere Fallzahlen notwendig.

Trotz der geringen Fallzahl von 28 Patienten im präoperativen Stadium III und 39 Patienten im präoperativen Stadium IV erscheinen die in dieser Studie erfassten Risikofaktoren für das Outcome weniger ausschlaggebend zu sein als das Stadium, in dem sich der Patient vor der DRIL- Prozedur befunden hat. Somit kann ein präoperatives Stadium IV gegenüber dem Stadium III als prognostisch ungünstiger beurteilt werden.

Diese Feststellung fordert, dass die Operation zu einem Zeitpunkt erfolgen sollte, bevor trophischen Störungen aufgetreten sind, also bevor das Stadium IV erreicht wird.

11.11 Schlussfolgerung

Anhand der vorgestellten Ergebnisse dieser bisher größten Studie und der Vergleich mit der bisher veröffentlichten Literatur darf festgestellt werden:

- Die DRIL-Prozedur ist geeignet, eine Dialyse- assoziierte Stealischämie (DASS) langfristig zu beheben.
- Die DRIL-Prozedur ist technisch sicher durchführbar und erprobt.
- Die DRIL-Prozedur ist bei entsprechender Indikation mit einer 1- Jahres- Erfolgsrate von 80,2% (diese Studie/ Range 80-100% in der Literatur) für Beschwerdefreiheit, Abheilung von Amputationswunden oder Beschwerdebesserung bei gleichzeitigem Erhalt des Dialysezuganges Therapie der Wahl.
- Die DRIL-Prozedur sollte vor dem Auftritt trophischer Veränderungen, also spätestens im Stadium III nach Tordoir, durchgeführt werden.
- Patienten ohne trophische Veränderungen profitieren stärker von der DRIL-Prozedur als Patienten mit trophischen Veränderungen.

In der vorgestellten Studie konnte darüber hinaus festgestellt werden, das nach durchgeführter DRIL- Prozedur sehr gute 5- Jahres-Langzeitergebnisse von über 60% für die Kriterien „komplette Beschwerdefreiheit“, „Abheilung von Amputationswunden“ oder „Beschwerdebesserung“ bei gleichzeitigem Erhalt des Dialysezuganges vorliegen. Damit kann die Frage:

„ Ist die DRIL-Prozedur geeignet, eine Dialyse- assoziierte Stealischämie (DASS) auch mittel- und langfristig zu beheben?“

eindeutig bejaht werden.

Überschattet wird das gute operative Ergebnis durch die hohe Sterberate der behandelten Patienten. Die Studiendaten konnten aufzeigen, dass das DASS eine

überwiegend multimorbide und alten Patientengruppe betrifft, in der die verbleibende Lebenserwartung deutlich reduziert ist. Sowohl die hier vorgestellte Studie, als auch die Ergebnisse der bisher publizierten Studien konnte zeigen, dass die DRIL- Prozedur geeignet ist, das betroffene Patientenkollektiv trotz der Begleiterkrankungen sicher und effektiv zu behandeln. So können Amputationen oder Shuntfunktionsverlust nachhaltig vermieden werden.

Im Hinblick auf die zu erwartende Zunahme dieses Krankheitsbildes muss die Sensibilität gegenüber dem DASS und das Wissen um die bestehenden Therapieoptionen unter den in der Behandlung beteiligten Ärzten gesteigert werden. So kann vermieden werden, dass die Patienten gar nicht oder erst in fortgeschrittenen Stadien der Therapie zugeführt werden.

12. Zusammenfassung

Die Hämodialyse ist ein etabliertes Verfahren zur Behandlung der terminalen Niereninsuffizienz. Sowohl in Deutschland, als auch international, ist eine Zunahme der Erkrankungshäufigkeit für die terminale Niereninsuffizienz festzustellen, in erster Linie aufgrund einer diabetischen oder hypertonen Nephropathie.

Die arteriovenöse Fistel (AVF) hat sich als beste Form des Gefäßzuganges für die Hämodialyse erwiesen.

Eine mögliche Komplikation der AVF ist das Dialysehunt assoziierte Steal-Syndroms (DASS).

Die Inzidenz des DASS wird in der Literatur mit 1-8% angegeben, als Risikofaktoren gelten unter anderem Alter und Diabetes mellitus- gerade die Faktoren, die auch für die Zunahme der Nierenerkrankungen verantwortlich sind.

Daher ist für die Zukunft mit einem Anstieg der Inzidenz für das DASS unter den über einen Shunt dialysierten, terminal niereninsuffizienten Patienten zu rechnen.

Die einzig erfolgsversprechende Behandlung des DASS erfordert ein chirurgisches Vorgehen, andernfalls drohen irreversible trophische Störungen.

Ziel der Therapie ist die Beseitigung der Ischämie unter Erhalt der Shuntfunktion.

In der vorgestellten Bi-Centerstudie konnten 76 DRIL- Prozeduren ausgewertet werden, die zwischen Mai 1996 und Januar 2008 in der Klinik für Gefäß- und Endovascularchirurgie der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt und in der Chirurgischen/Gefäßchirurgischen Klinik des St. Martinus- Hospitals Olpe an 69 Patienten durchgeführt worden sind.

Dabei konnte gezeigt werden, dass die erstmals von Schanzer et al. 1988 beschriebene DRIL- Prozedur geeignet ist, dieses Therapieziel auch langfristig zu erfüllen. Die kombinierte Offenheitsrate sowohl des DRIL- Bypasses als auch des Shunts post DRIL-Prozedur mit Regression oder Beseitigung der Ischämiesymptomatik betrug nach 6 Monaten 89,5%, nach 12 Monaten 80,2% und nach 5 Jahren 60,8%.

Die theoretischen Überlegungen zum Verständnis der beim DASS vorliegenden hämodynamischen Verhältnisse erklären die Effektivität der Prozedur und die Überlegenheit gegenüber anderen Verfahren.

Schlussfolgerung: Trotz des überwiegend betroffenen multimorbiden Patientenguts ist die technische Durchführbarkeit der DRIL-Prozedur erprobt, sicher und führt zum prompten und nachhaltigen Verschwinden der Ischämiebeschwerden, ohne die Shuntfunktion zu kompromittieren. Aus diesem Grund gehört die DRIL- Prozedur in das Portfolio jedes Shuntchirurgen.

13. Summary

Haemodialysis is an established treatment of severe chronic kidney disease. The prevalence of terminal kidney disease is increasing worldwide, mainly as a consequence of diabetic or hypertensive nephropathy.

For adequate long- term haemodialysis an arterio-venous Fistula (AVF) is well established as the best form of vascular access. A possible complication is Dialysis-Associated Steal-Syndrome (DASS).

In scientific medical papers, the incidence of DASS lies between 1-8%. Old age and the presence of diabetes mellitus are strongly associated with DASS; the same factors are responsible for the increase in renal pathology.

Therefore a further increase in the incidence of DASS among patients being dialysed via an AVF is to be expected. Surgical procedures are a proven method of treatment, otherwise irreversible tissue necrosis may occur.

Reversing the steal-syndrome with simultaneous survival of the AVF is the aim of the treatment.

The present bi-center study reviews the results of 76 DRIL-Procedures in 69 patients, performed between June 1996 and January 2008 at the Klinik für Gefäß- und Endovascularchirurgie, Johann Wolfgang Goethe- Universität Frankfurt and the Chirurgisch/ Gefäßchirurgische Klinik, St. Martinus- Hospital Olpe.

The DRIL-Procedure, described by Schanzer et al. 1988 for the first time, could be shown to be suitable to achieve this mid and long term aim.

The combined patency rate after DRIL-Procedure both for the DRIL-Bypass and the AVF combined with improvement or elimination of the ischemic symptoms was 89.5% after 6 month, 80.2% after 12 month and 60.8% after 5 years.

Theoretical considerations to understanding the underlying haemodynamic mechanism of the DASS can explain the effectiveness of the DRIL-Procedure and its advantage over other procedures.

Conclusion: Despite a predominantly multimorbid patient population, the feasibility of the DRIL-Procedure is safe and leads to prompt and enduring disappearance of ischaemic symptoms. The AVF remains viable for dialysis. These results make the DRIL-Procedure a part of the portfolio for surgeons dealing with vascular access.

14. Studiendaten der 74 Patienten dieser Studie

Die mehrfach behandelten Patienten sind grau hinterlegt. Felder von Daten, die sich nicht erheben ließen, sind leer geblieben.

Patient #	Initialien	Vor-OP's (Shunt)	Aktueller Shunt	Laufz. bis DRIL	Dialyse bis DRIL	DRIL-Rekonstrukt.	DRIL-Graft
1	H.H.	3	brach	19	71	brachiorad	VSM
2	S.H.	1	brach	64		brachiouln	VSM
3	L.A.	3	proth	1	24	brachiobrach	VSM
4	Ö.W.	2	cimino	32		brachiorad	Proth
5	Ö.W.	3	cimino	34		brachiorad	VSM
6	S.I.	1	proth	20		brachiorad	Proth
7	K.J.	1	brach	168	168	brachiobrach	VSM
8	F.K.	2	brach	14	0	brachiorad	VSM
9	T.M.	2	cimino	38	50	brachiouln	VSM
10	F.H.	3	brach	2	12	brachiorad	VSM
11	P.M.	2	brach	4	3	brachiouln	Proth
12	P.M.	3	brach	13	13	brachiobrach	VSM
13	H.H.	3	brach	5	7	brachiorad	VSM
14	K.S.	1	brach	11	11	brachiobrach	VSM
15	V.S	2	brach	7	13	brachiorad	Proth
16	G.R.	1	brach	2	36	brachiorad	VSM
17	S.E.	4	proth	1	13	brachiobrach	Proth
18	M.H.	1	brach	12	12	brachiobrach	Proth
19	W.H.	1	cimino	4		brachiorad	VSM
20	K.G.	2	brach	16	23	brachiorad	VSM
21	G.R.	1	brach	12	13	brachiobrach	Armvene
22	K.H.	1	brach	4	1	brachiobrach	VSM
23	B.I.	1	brach	8	10	brachiobrach	VSM
24	N.T.		brach	19	9	brachiobrach	VSM
25	O.G.	4	brach	3	5	brachiouln	VSM
26	O.G.	3	brach	14	16	brachiorad	VSM
27	O.G.	2	brach	26	28	brachiouln	Proth
28	B.U.	2	basillica	26	48	brachiouln	VSM
29	B.H.	1	brach	5	6	brachiorad	VSM
30	B.J.	1	brach	14	13	brachiobrach	VSM
31	C.W.	5	proth	1		brachiorad	VSM
32	F.R.	3	basillica	1	24	brachiorad	VSM
33	G.I.	1	brach	7		brachiorad	VSM
34	H.H.	1	brach	11	24	brachiobrach	VSM
35	L.I.	1	brach	33	24	brachiobrach	VSM
36	M.E.		brach	29		brachiorad	VSM
37	O.G.	2	brach	7	2	brachiobrach	VSM
38	W.J.	4	basillica	3	20	brachiobrach	VSM
39	Z.M.	1	brach	5	7	brachiorad	Armvene
40	D.H.	2	brach	6	6	brachiorad	VSM
41	D.H.	2	brach	18	18	brachiobrach	VSM
42	G.K.	1	brach	108	96	brachiobrach	Proth
43	S.F.	1	proth	22	6	brachiorad	VSM
44	Z.O.	3	basillica	6	19	brachiobrach	VSM
45	Z.O.	3	basillica	12	25	brachiorad	VSM
46	S.G.	1	brach	10	9	brachiobrach	VSM
47	H.M.	1	brach	2	15	brachiorad	VSM
48	L.C.	1	brach	25	24	brachiorad	VSM
49	M.H.	3	brach	1	26	brachiorad	VSM
50	R.A.	1	brach	29	60	brachiobrach	VSM
51	R.A.	2	brach	50	78	brachiobrach	Proth
52	W.W.	1	brach	7	8	brachiobrach	VSM
53	B.J.	ex	basillica	5	70	brachiorad	VSM
54	P.W.	1	cimino	7	10	brachiorad	VSM
55	D.A.	2	basillica	12	18	brachiobrach	VSM
56	K.E.	2	cimino	8	68	brachiorad	VSM
57	K.E.	1	proth	0	68	brachiobrach	VSM
58	G.O.	1	brach	1	0	brachiobrach	VSM
59	L.K.	4	proth	20	51	brachiobrach	Proth
60	M.G.	2	brach	4	0	brachiobrach	VSM
61	T.G.	2	brach	17	51	brachiobrach	VSM
62	G.H.	3	proth	0	14	brachiobrach	VSM
63	C.A.	3	brach	4	4	brachiobrach	VSM
64	F.H.	4	proth	0	23	brachiobrach	VSM
65	D.H.	1	brach	9	9	brachiobrach	VSM
66	H.H.	2	cimino	3	102	brachiouln	VSM
67	S.A.	2	proth	3	27	brachiobrach	VSM
68	R.J.	3	brach	6	72	brachiobrach	VSM
69	S.R.	2	brach	146	69	brachiobrach	VSM
70	W.A.	2	brach	8	6	brachiobrach	VSM
71	P.B.	2	proth	0	6	brachiobrach	VSM
72	L.E.		brach	4	0	brachiobrach	VSM
73	R.S.	2	brach	6		brachiobrach	VSM
74	K.G.	1	cimino	41	34	brachiouln	VSM
75	D.P.	2	brach	45	40	brachiouln	VSM
76	L.J.	1	brach	6	2	brachiobrach	VSM
77	M.A.	1	brach	12	6	brachiobrach	VSM
78	R.G.	1	brach	27	0	brachiobrach	VSM
79	T.E.	1	brach	25	20	brachiobrach	VSM
80	W.P.	1	brach	2	0	brachiobrach	VSM
81	W.K.	3	brach	7	27	brachiobrach	VSM
82	V.J.	1	brach	4	38	brachiobrach	VSM

Tabelle 13: Patienten und Shunt/ DRIL- Historie. Vor- OP's (Shunt): Anzahl der vorausgegangenen Shuntoperationen. Aktueller Shunt: der aktuell benutzte, zur DASS führende Shunt ('brach': brachiocephaler Shunt, 'cimino': radiocephaler Shunt am Unterarm, 'basillica': Basilicashunt, 'proth': Prothesenshunt). Laufzeit bis DRIL: Zeit zwischen Anlage des aktuellen Shunts bis zur Durchführung der DRIL-Prozedur in Monaten. Dialyse bis DRIL: Zeit zwischen Beginn der Hämodialyse bis zur Durchführung der DRIL-Prozedur in Monaten. DRIL-Rekonstr.: Anatomische Beschreibung der Bypasslage. DRIL-Graft: Bypassmaterial ('VSM': autologe Vena saphena magna, 'Proth': 6mm PTFE-Prothese)

Patient #	Initialien	Alter bei DRII	Geschlecht	Diabetes	Hypertonie	Nikotin	KHK
1	H.H.	57	w		1	0	1
2	S.H.	71	m	0	0	0	0
3	L.A.	44	w	1	1	0	1
4	Ö.W.	76	w	1	1	0	1
5	Ö.W.	76					
6	S.I.	63	w	1	1	0	1
7	K.I.	73	w	1	0	0	1
8	F.K.	47	m	1	1	0	1
9	T.M.	60	w	0	0	1	0
10	F.H.	59	m	1	1	1	1
11	P.M.	69	w	1	1	0	1
12	P.M.	70					
13	H.H.	69	m	1	1	1	1
14	K.S.	61	m	1	1	0	0
15	V.S	68	m	1	1	1	1
16	G.R.	67	m	1	1	0	1
17	S.E.	74	m	0	1	0	1
18	M.H.	69	m	1	1	0	1
19	W.H.	67	m	1	1	0	1
20	K.G.	72	m	1	1	0	1
21	G.R.	43	m	1	1	0	0
22	K.H.	67	w	1	1	0	1
23	B.I.	76	w	0	0	0	1
24	N.T.	73	w	1	1	0	1
25	O.G.	74	m	0	1	1	1
26	O.G.	75					
27	O.G.	76					
28	B.U.	44	w	0	0	1	1
29	B.H.	64	m	0	1	0	1
30	B.J.	72	m	1	1	0	1
31	C.W.	83	m		0	0	0
32	F.R.	61	m	1	1	0	1
33	G.I.	83	w	1	1	0	1
34	H.H.	82	m	0	0	0	0
35	L.I.	69	w	1	1	0	1
36	M.E.	52	m	0	1	1	1
37	O.G.	77	m	1	1	0	1
38	W.J.	74	m	0	1	0	1
39	Z.M.	69	w	1	0	0	1
40	D.H.	78	m	0	1	0	0
41	D.H.	79					
42	G.K.	73	w	1	1	0	1
43	S.F.	66	m	1	1	0	1
44	Z.O.	70	m	1	0	0	1
45	Z.O.	70					
46	S.G.	67	m	1	1	0	0
47	H.M.	69	w	1	1	0	1
48	L.C.	69	w	1	0	0	1
49	M.H.	75	m	1	1	0	1
50	R.A.	72	w	1	1	1	1
51	R.A.	74					
52	W.W.	63	m	1	1	0	1
53	B.J.	69	m	1	1	0	1
54	P.W.	66	m	1	1	0	0
55	D.A.	58	m	1	1	0	0
56	K.E.	75	w	1	1	0	1
57	K.E.	75					
58	G.O.	65	m	0	1	1	1
59	L.K.	33	w	0	1	0	0
60	M.G.	60	m	1	1	0	1
61	T.G.	73	m	0	0	0	1
62	G.H.	64	m	1	1	0	0
63	C.A.	36	m	0	1	0	0
64	F.H.	76	m	0	1	0	0
65	D.H.	56	m	1	1	0	0
66	H.H.	52	m	1	1	0	1
67	S.A.	72	m	0	1	0	0
68	R.J.	53	w	0	0	0	0
69	S.R.	58	w	0	0	0	0
70	W.A.	75	m	1	1	0	0
71	P.B.	57	m	0	1	0	1
72	L.E.	74	w	1	1	0	0
73	R.S.	74	w	0	0	0	0
74	K.G.	71	m	0	1	0	1
75	D.P.	70	m	0	1	0	1
76	L.J.	76	m	0	1	1	1
77	M.A.	68	w	1	1	1	1
78	R.G.	86	w	1	0	0	0
79	T.E.	82	w	0	1	0	1
80	W.P.	64	m	1	1	0	1
81	W.K.	65	w	1	1	0	1
82	V.J.	72	w	1	0	0	1

Tabelle 14: Patienten und Co-Morbidität. ('0': Erkrankung nicht vorhanden, '1': Erkrankung vorhanden, 'm': männlich, 'w': weiblich).

Studiendaten der 74 Patienten dieser Studie

Patient #	Initialien	Intervall Shunt- Ischämie	Blässe	Kälte	Ruheschmerz	Motorisches Def.	Nekrosen	Amputation
1	H.H.	chronisch	1	1	1	0	0	0
2	S.H.	chronisch	1	1	0	0	1	0
3	L.A.	akut	1	1	1	0	0	0
4	Ö.W.	chronisch	1	1	1	1	1	0
5	Ö.W.	chronisch	1	1	1	1	1	1
6	S.I.	chronisch	1	1	1	0	0	0
7	K.I.	chronisch	1	1	1	0	0	0
8	F.K.	chronisch	1	1	1	0	1	0
9	T.M.	chronisch	1	1	1	0	0	0
10	F.H.	akut	1	1	1	0	0	0
11	P.M.	chronisch	1	1	1	1	1	0
12	P.M.	chronisch	1	1	1	1	1	0
13	H.H.	chronisch	1	1	1	1	0	0
14	K.S.	chronisch	0	0	1	1	1	0
15	V.S.	chronisch	1	1	1	0	0	0
16	G.R.	akut	1	1	1	0	1	0
17	S.E.	akut	1	1	1	0	1	0
18	M.H.	chronisch	1	1	1	0	1	1
19	W.H.	chronisch	0	0	1	0	0	0
20	K.G.	chronisch	1	1	1	1	0	0
21	G.R.	chronisch	1	0	1	1	0	0
22	K.H.	chronisch	1	1	1	0	1	0
23	B.I.	chronisch	1	1	1	1	1	1
24	N.T.	chronisch	1	1	1	0	1	0
25	O.G.	chronisch	1	1	1	1	1	0
26	O.G.	chronisch	1	1	1	0	1	0
27	O.G.	chronisch	1	1	1	0	1	0
28	B.U.	chronisch	1	1	0	0	1	1
29	B.H.	chronisch	1	1	1	0	0	0
30	B.J.	chronisch	1	1	1	0	1	0
31	C.W.	chronisch	1	1	1	1	0	0
32	F.R.	akut	1	1	1	1	1	0
33	G.I.	akut	1	1	1	0	1	1
34	H.H.	chronisch	1	1	0	0	1	0
35	L.I.	chronisch	1	1	1	1	1	0
36	M.E.	chronisch		0	1	0	1	0
37	O.G.	chronisch	1	1	1	1	1	0
38	W.J.	chronisch	1	1	1	1	1	1
39	Z.M.	chronisch	1	1	1	1	1	1
40	D.H.	chronisch	1	1	1	1	1	1
41	D.H.	chronisch	1	1	1	0	0	0
42	G.K.	chronisch	1	0	1	1	1	1
43	S.F.	chronisch	1	1	1	1	1	1
44	Z.O.	chronisch	1	1	1	1	1	1
45	Z.O.	chronisch	1	1	1	0	0	0
46	S.G.	chronisch	1	1	1	0	1	0
47	H.M.	chronisch	1	1	1	0	0	0
48	L.C.	chronisch	1	1	1	1	1	0
49	M.H.	akut	1	1	1	0	0	0
50	R.A.	chronisch	1	1	1	0	1	0
51	R.A.	chronisch	1	1	1	0	1	0
52	W.W.	chronisch	1	1	0	0	0	0
53	B.J.	chronisch	0	0	1	1	1	1
54	P.W.	chronisch	0	0	1	0	0	0
55	D.A.	chronisch	1	1	0	0	0	0
56	K.E.	chronisch	0	0	1	0	0	0
57	K.E.	akut	0	0	1	0	0	0
58	G.O.	akut	0	1	1	0	0	0
59	L.K.	chronisch	1	1	0	1	0	0
60	M.G.	akut	0	1	0	1	1	0
61	T.G.	chronisch	0	1	0	0	0	1
62	G.H.	keine	0	0	1	0	0	0
63	C.A.	chronisch	1	1	1	1	0	0
64	F.H.	akut	0	1	1	1	1	0
65	D.H.	chronisch	0	1	1	1	1	1
66	H.H.	chronisch	1	0	1	1	0	0
67	S.A.	chronisch	1	1	1	1	1	0
68	R.J.	bei Dialyse	0	1	1	1	0	0
69	S.R.	bei Dialyse	0	1	0	1	0	0
70	W.A.	chronisch	1	1	1	1	1	0
71	P.B.	akut	1	1	1	1	1	0
72	L.E.	akut	0	1	1	1	1	0
73	R.S.	akut	0	0	0	1	0	0
74	K.G.	chronisch	1	1	1	0	1	1
75	D.P.	chronisch	0	0	1	0	1	0
76	L.J.	chronisch	0	1	1	0	1	0
77	M.A.	chronisch	1	1	1	1	1	0
78	R.G.	chronisch	0	1	1	0	1	0
79	T.E.	akut	1	0	1	0	0	0
80	W.P.	chronisch	1	1	1	0	0	0
81	W.K.	chronisch	0	1	1	0	0	0
82	V.J.	akut	1	1	1	0	0	0

Tabelle 15: Patienten und klinische Symptomatik. Intervall Shunt- Ischämie: 'akut': Ischämiesymptomatik innerhalb 30 Tage nach Shuntanlage aufgetreten, 'chronisch': Intervall größer als 30 Tage. '0': Symptom nicht vorhanden; '1': Symptom vorhanden.

Patient #	Initialien	Outcome	DRIL-Bypass	Laufzeit DRIL (Monate)	Shuntrevision (Monate nach DRIL)
1	H.H.	Beschwerdefreiheit	offen	120	
2	S.H.				
3	L.A.	Beschwerdefreiheit	offen	96	
4	Ö.W.				
5	Ö.W.				
6	S.I.				
7	K.I.	Beschwerdefreiheit	offen	79	
8	F.K.	Beschwerdefreiheit	offen	128	5
9	T.M.	Beschwerden bei Belastung	offen	135	
10	F.H.	Beschwerdefreiheit	offen	117	
11	P.M.	Erneute Beschwerden	verschlossen	10	
12	P.M.	Beschwerdefreiheit	offen	7	
13	H.H.	Beschwerdefreiheit	offen	7	
14	K.S.	Beschwerdefreiheit	offen	49	
15	V.S.	Beschwerdefreiheit	offen	47	
16	G.R.	Gelegentliche Schmerzen	offen	13	
17	S.E.	Beschwerdeprogredienz	offen	2	
18	M.H.	Beschwerdeprogredienz	offen	19	
19	W.H.	Beschwerden bei Kälte	offen	2	
20	K.G.	Beschwerdepersistenz	offen	3	
21	G.R.	Intermittierend kalte Hand	offen	47	
22	K.H.	Beschwerdefreiheit	offen	0	
23	B.I.	Beschwerdefreiheit	offen	17	
24	N.T.			24	
25	O.G.	Erneute Beschwerden	verschlossen	11	
26	O.G.	Erneute Beschwerden	offen, hypoplastisch	12	
27	O.G.	Schmerzen bei Belastung	offen	5	
28	B.U.	Beschwerdefreiheit	offen	60	
29	B.H.	Beschwerdefreiheit	offen	59	7
30	B.J.	Beschwerdefreiheit	offen	7	
31	C.W.	Beschwerdefreiheit	offen	11	1
32	F.R.	Beschwerdefreiheit	offen	4	
33	G.I.	Beschwerdefreiheit	offen	48	
34	H.H.	Beschwerdefreiheit	offen	21	
35	L.I.	Beschwerdefreiheit	offen	2	
36	M.E.				
37	O.G.	Beschwerdefreiheit	offen	56	
38	W.J.	Beschwerdefreiheit	offen	50	
39	Z.M.	Beschwerdefreiheit	offen	38	3
40	D.H.	Erneute Beschwerden	verschlossen	12	
41	D.H.	Beschwerdefreiheit	offen	11	
42	G.K.	Beschwerdefreiheit	offen	17	
43	S.F.	Beschwerdefreiheit	offen	14	
44	Z.O.	Persistierende Ruheschmerzen	verschlossen	6	
45	Z.O.	Beschwerdefreiheit	offen	7	
46	S.G.	Beschwerdefreiheit	offen	3	
47	H.M.	Beschwerdefreiheit	offen	4	
48	L.C.	Beschwerdefreiheit	offen	23	
49	M.H.	Beschwerdefreiheit	offen	3	
50	R.A.	Beschwerdeprogredienz	offen, hypoplastisch	20	
51	R.A.	Beschwerdefreiheit	offen	2	
52	W.W.	Beschwerdefreiheit	offen	31	
53	B.J.	Beschwerdeprogredienz	verschlossen	46	23
54	P.W.	Beschwerdefreiheit	offen	0	0
55	D.A.	Beschwerden unverändert	verschlossen	22	
56	K.E.	Beschwerdeprogredienz	verschlossen	13	
57	K.E.	Beschwerdefreiheit	offen	8	
58	G.O.	Beschwerdefreiheit	offen	8	
59	L.K.	Beschwerdefreiheit	offen	2	
60	M.G.	Beschwerden bei Belastung	offen	23	18
61	T.G.	Beschwerdeprogredienz	verschlossen	24	
62	G.H.	Beschwerdefreiheit	offen	31	
63	C.A.	Beschwerdefreiheit	offen	21	
64	F.H.	Beschwerdeprogredienz	verschlossen	5	
65	D.H.	Beschwerdeprogredienz	verschlossen	2	
66	H.H.	Beschwerdefreiheit	offen	15	8
67	S.A.	Gelegentliche Schmerzen	offen	22	
68	R.J.	Shuntaufhebung	offen	0	
69	S.R.	Beschwerdeprogredienz	verschlossen	6	
70	W.A.	Beschwerdefreiheit	offen	8	7
71	P.B.	Beschwerdeprogredienz	verschlossen	4	
72	L.E.	Beschwerdefreiheit	offen	1	
73	R.S.	Beschwerdefreiheit	offen	11	
74	K.G.	Beschwerdefreiheit	offen	34	
75	D.P.	Beschwerdefreiheit	offen	29	
76	L.J.	Beschwerdefreiheit	offen	15	
77	M.A.				
78	R.G.	Beschwerdefreiheit	offen	19	
79	T.E.	Beschwerdefreiheit	offen	34	
80	W.P.	Beschwerdefreiheit	offen	32	
81	W.K.	Beschwerdefreiheit	offen	30	
82	V.J.	Beschwerdefreiheit	offen	25	

Tabelle 16: Patienten und Outcome

15. Literaturverzeichnis

5th European Basic Multidisciplinary Hemodialysis Access Course. Brdo pri Kranj, Krager AG 409-490, 2002

Abendroth D, Storck M. Long-term patency of vascular access. Dial J 18 (1999) 238

Ärzte Zeitung 29.9.2006

Astor BC, Eustace JA, Powe NR, Klag MJ, Fink NE, Coresh J. Type of Vascular Access and Survival among Incident Hemodialysis Patients: The Choices for Healthy Outcomes in Caring for ESRD (CHOICE) Study. J Am Soc Nephrol 16:1449-1455, 2005

Baker LD Jr, Johnson JM, Goldfarb D. Expanded polytetrafluoroethylene (ptfe) subcutaneous arteriovenous conduit: an improved vascular access for chronic hemodialysis. Trans Am Soc Artif Intern Organs 22 (1976) 382-387

Bakran A: central venous catheters. Dial J 18 (1999) 211-213

Barnes RW. Hemodynamics for the vascular surgeon. Arch. Surg. 1980; 115:216-223

Bay WH, Henry ML, Lazarus JM, Lew NL, Ling J, Lowrie EG: predicting hemodialysis access failure with color flow doppler ultrasound. Am J Nephrol 18 (1998) 296-304

Berman SS, Gentile AT, Glickman MH, Mills JL, Hurwitz RL, Westerband A, Marek JM, Hunter GC, McEnroe CS, Fogle MA, Stokes GK. Distal revascularization-interval ligation for limb salvage and maintenance of dialysis access in ischemic steal syndrome. J Vasc Surg. 1997 Sep;26(3):393-402

Brescia MJ, Cimino JE, Appel K, Hurwicz BJ: chronic hemodialysis using venipuncture and a surgically created arteriovenous fistula. N Engl J Med 17 (1966) 1089-1092

- Brittinger WD, Twittenhoff WD. Anschlussverfahren an die künstliche Niere : Dialyseshunt: Operationsverfahren, Punktion, Komplikationsmanagement; 10 Tabellen. Stuttgart; New York: Thieme, 2005
- Brittinger WD. Angiological and neurological problems after shunt surgery in haemodialysis patients. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2005 Jun;37(3):167-75
- Brodersen HP, Korsten F, Modlich E, Wildberger J, Thomas R, Larbig D: Right atrial silicone catheters as angioaccess for hemodialysis with special emphasis to their complications. *Geriatr Nephrol Urol* 7 (1997) 29-34
- Butler CE, Tilney NL. Hemodialysis Access Pan B-Permanent. In: Replacement of Renal Funktion by Dialysis, edited by Jacobs C, Koch KM, Winchester JF. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers 293-304, 1996
- Butterly DW, Schwab SJ: Hemodialysis vascular access: effect on urea kinetics and the dialysis prescription. *Am J Nephrol* 16 (1996) 45-51
- Chang BB, Ferraris VA, Sadoff J, Shah DM, Leather RP, Berry WR, Klingman RR, Dal Col RH, Anene C. Alternative conduits for coronary revascularization: a novel approach for harvest of the lesser saphenous vein. *Cardiovasc Surg.* 1993 Jun;1(3):280-4
- Dammers R, Tordoir JH, Kooman JP, Welten RJ, Hameleers JM, Kitslaar PJ, Hoeks AP. The effect of flow changes on the arterial system proximal to an arteriovenous fistula for hemodialysis. *Ultrasound Med Biol.* 2005 Oct;31(10):1327-33
- DeCaprio JD, Valentine RJ, Hakish HB, Award R, Hagino RT, Clagett GP. Steal syndrome complicating hemodialysis access. *Cardiovasc Surg* 1997;5:648-653
- Depner TA.: techniques for prospective detection of venous stenosis. *Adv Ren Replace Ther* 1 (1994) 119-130
- Drosson B: PTFE-Gefässersatz in der Dialyse-Shunt-Chirurgie. Diss., Münster, 1996

- Duncan H, Ferguson L, Faris I. Incidence of the radial steal syndrome in patients with Brescia fistula for hemodialysis: its clinical significance. *J Vasc Surg* 1986; 4(2): 144-176
- Ebeid A, Saranchak HJ. Banding of a PTFE hemodialysis fistula in treatment of steal syndrome. *Clin Exp Dial Aheresis* 1981; 5(3):251-257
- Felcht H. Arteriovenous prosthetic grafts. *Dial J* 18 (1999) 220-222
- Feldman HI, Kobrin S, Wasserstein A. Hemodialysis vascular access morbidity. *J Am Soc Nephrol* 7 (1996) 523-535
- Frei, U., Schober-Halstenberg, H.-J. Nierenersatztherapie in Deutschland. *QuaSi-Niere Jahresberichte 1995 bis 2005/2006*, Berlin, Deutschland
- Gemert van MJC, Bruyninckx CMA. Simulated hemodynamic comparison of arteriovenous fistulas. *J Vasc Surg* 1987; 6(1):39-44
- Gladziwa U, Krieger S, Bocker G, Nilius J. Success and failure with the demers catheter in dialysis. *Zentralbl Chir* 125 (2000) 258
- Gray H. *Anatomy of the Human Body*. Lea & Febiger, Philadelphia 1918
- Haimov M, Schanzer H, Skladani M. Pathogenesis and management of upper-extremity ischemia following angioaccess surgery. *Blood Purif.* 1996;14(5):350-4
- Helmberger T, Waggerhauser T, Stähler A, Reiser M: Qualität der Dialyseshunt-Angioplastie. In: von Sömmogy S (Hrsg): *Hämodialyse Shuntchirurgie*. Alois Erdl KG, Trostberg, 1998, S. 67-79
- Hepp W. Dialyseshunt-Chirurgie - Bedeutung und taktisches Konzept. In: von Sömmogy S, Maurer PC (Hrsg): *Hämodialyse Shuntchirurgie*. Alois Erdl KG, Trostberg, 1995, S. 15-29
- Hepp W. Qualitätsmanagement bei Revisionseingriffen an Dialyseshunts. In: von Sömmogy S (Hrsg): *Hämodialyse Shuntchirurgie*. Alois Erdl KG, Trostberg, 1998, S. 149-159

- Hye RJ, Wolf YG. Ischemic monomelic neuropathy: an under-recognized complication of hemodialysis access. *Ann Vasc Surg* 1994; 8:578-82
- Illig KA, Surowiec S, Shortell CK , Davies MG, Rhodes JM, Green RM. Hemodynamics of distal revascularization-interval ligation. *Ann Vasc Surg*. 2005 Mar;19(2):199-207
- Kapoian T, Sherman RA. A brief history of vascular access for hemodialysis: an unfinished story. *Semin Nephrol* 17 (1997) 239-245
- Katz S, Kohl RD. The treatment of hand ischemia by arterial ligation and upper extremity bypass after angioaccess surgery. *J Am Coll Surg* 1996;183:239-42
- Khalil IM, Livingston DH. The management of steal syndrome occurring after access for dialysis. *J Vasc Surg* 1988;7:572-3
- Kleophas W, Hetzel GR. Renal replacement therapy in patients with diabetes mellitus. *Der Nephrologe* 2007; Vol 2, 5: 350-355
- Klinkert P, Post PN, Breslau PJ, van Bockel JH. Saphenous vein versus PTFE for above-knee femoropopliteal bypass. A review of the literature. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2004 Apr;27(4):357-62
- Knox RC, Berman SS, Hughes JD, Gentile AT, Mills JL. Distal revascularization-interval ligation: a durable and effective treatment for ischemic steal syndrome after hemodialysis access. *J Vasc Surg*. 2002 Aug;36(2):250-5; discussion 256.
- Kolff WJ. *New Ways of Treating Uremia*. Churchill, London, 1947
- Konner K. history of vascular access. *Dial J* 18 (1999) 196-202
- Konner K: Qualität der Erstanlage, Konzepte-Technik. In: von Sommoggy S (Hrsg): *Hämodialyse Shuntchirurgie*. Alois Erdl KG, Trostberg, 1998, S. 31-44
- Konner K. A primer on the av fistule Achilles' heel, but also Cinderella of haemodialysis. *Nephrol. Dial. Transplantat*. 1999;14:2094-2098

- Korzets A, Kantarovsky A, Lehmann J, Sachs D, Gershkovi tz R, Hasdan G, Vits M, Portnoy I, Korzets Z. The "DRIL" procedure--a neglected way to treat the "steal" syndrome of the hemodialysed patient. *Isr Med Assoc J.* 2003 Nov;5(11):782-5
- Kovalik EC, Schwab SJ. Implementation of the dialysis outcomes quality initiative vascular access guidelines. *Adv Ren Replace Ther* 6 (1999) 14-47
- Krönung. Permanente Gefäßzugänge für die Hämodialyse. In: Franz HE, Hörl WH (Hrsg): *Blutreinigungsverfahren. Technik und Klinik.* 5. Aufl. Thieme, Stuttgart, New York, 1997 S.61-77
- Kupsch S, Kern AO, Hallauer JF. Versorgung von Patienten mit Nierenersatztherapie in Deutschland - Epidemiologische, medizinische und ökonomische Aspekte von Dialyse und Transplantation.
- Kwun KB, Schanzer H, Finkler N, et al. Hemodynamic evaluation of vascular angioaccess procedures for hemodialysis. *Vasc Surg* 1979; 13:170-177
- Langkau GH. Der Gefäßzugang für die chronische Hämodialysebehandlung aus gefäßchirurgischer Sicht. *Spektrum der Nephrologie* 10 (1997): 3-14
- Lazarides MK, Staamos DN, Panagopoulos GN, Tzilalis VD, Eleftheriou GJ, Dayantas JN. Indications for surgical treatment of angioaccess includet arterial "steal." *J Am Coll Surg* 1998;187:422-6
- Levine MP. The hemodialysis patient and hand amputation . *Am J Nephrol* 2001; 21:498-501
- Loeprecht H, Proschek P, Franz HE. Gefäßzugänge für extrakorporale Verfahren. In: Franz HE (Hrsg): *Blutreinigungsverfahren. Technik und Klinik.* 4. Aufl. Thieme, Stuttgart, New York, 1990, S.464-478
- Malik J, Slavikova M, Maskova J. Dialysis access-associated steal syndrome: The role of ultrasonography. *J Nephrol* 2003; 16:903-907
- Mamode N, Scott RN. Graft type for femoro-popliteal bypass surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2000;(2):CD001487

- Mattson WJ. Recognition and treatment of vascular steal secondary to hemodialysis prostheses. *Am J Surg* 1987; 154(2): 198-201
- Mayer-Wehrstein R, Weber J, Kuhlmann U. Kontinuierliche ambulante und kontinuierliche zyklische Peritonealdialyse. In: Franz HE (Hrsg): *Blutreinigungsverfahren. Technik und Klinik*. 4. Aufl. Thieme, Stuttgart, New York, 1990, S.541-571
- Mehigam JT, Mc Alexander RA. Snuffbox arteriovenous fistula for hemodialysis. *Am J Surg* 143:252, 1982
- Minion DJ, Moore E, Endean E. Revision using distal inflow: a novel approach to dialysis-associated steal syndrome. *Ann Vasc Surg*. 2005 Sep;19(5):625-8
- Morsy AH, Kulbaski M, Chen C, Isiklar H, Lumsden AB. Incidence and characteristics of patients with hand ischemia after a hemodialysis access procedure. *J Surg Res* 1998;74:810
- Mwipatayi BP, Bowles T, Balakrishnan S, Callaghan J, Haluszkiewicz E, Sieunarine K. Ischemic steal syndrome: a case series and review of current management. *Curr Surg*. 2006 Mar-Apr;63(2):130-5
- National kidney foundation kidney diseases outcomes quality initiative (k/doi) clinical practice guidelines for vascular access. *Am J Kidney Dis* 37 (Suppl 1) (2000) 137-181
- Nicholson ML, Murphy GJ. Surgical considerations in vascular access In: Conlon PJ, Schwab SJ, Nicholson ML, (eds). *Hemodialysis Vascular Access: Practice and Problems*. Oxford: Oxford University Press, 2000, pp 101-123
- Odland MD, Kelly PH, Ney AL, Anderson RC, Bubrick MP. Management of dialysis-associated steal syndrome complicating upper extremity arteriovenous fistula: use of intraoperative digital photoplethysmography. *Surgery* 1991;110:664-670
- Pfau. Der av-Loop als Gefäßzugang bei Dialysepatienten – Möglichkeiten der klinischen Beurteilung Halle, Univ., Med. Fak., Diss., 77 Seiten, 2002

- Prischl FC: Die Qualität des Shuntchirurgen oder Prognostische Faktoren, die für die Langzeit-Funktion einer Hämodialysefistel entscheidend sind. In: von Sommoggy S (Hrsg): Hämodialyse Shuntchirurgie. Alois Erdl KG, Trostberg, 1998, S. 45-53
- Quinton WE, Dillard D, Scribner BH. Cannulation of blood vessels for prolonged hemodialysis. *Trans.Amer.Soc.artif.intern.Org.* 6 (1960) 104
- Quirin H, Kluthe R. Behandlung vor dem Dialysestadium. In: Franz HE (Hrsg): Blutreinigungsverfahren. Technik und Klinik. 4. Aufl. Thieme, Stuttgart, New York, 1990, S.38-44
- Reinhardt B, Steudle V, Krick G: Verfahrenstechnische Aspekte. In: Franz HE (Hrsg): Blutreinigungsverfahren. Technik und Klinik. 4. Aufl. Thieme, Stuttgart, New York, 1990, S.38-44
- Rivers SP, Scher LA, Veith FJ. Correction of steal syndrome secondary to hemodialysis access fistulas : a simplified quantitative technique. *Surgery* 1992;112:593-597
- Rodriguez HE., Leon L, Schalch P, Labropoulos N, Borge M, Kalman G. Arteriovenous Access: Managing Common Problems. *Pers Vasc Surg Endovasc Ther* 17:155-166, 2005
- Sabanayagam P. 15-year experience with tapered (4-7mm) and straight (6mm) PTFE angio-access in the ESRD patient. *Vascular access for Hemodialysis*, edited by M. L. Henr and R.M. Ferguson, Chicago: Precept Press, pp 91-94, 1997
- Salahi H, Fazelzadeh A, Me hdizadeh A, Razmkon A, Malek-Hosseini SA. Complications of arteriovenous fistula in dialysis patients. *Transplant Proc.* 2006 Jun;38(5):1261-4
- Salem MM. Hypertension in the hemodialysis population: A survey of 649 patients. *Am J Kidney Dis* 1995; 26:461-468
- Sarkar S, Salacinski HJ, Hamilton G, Seifalian AM. The mechanical properties of infrainguinal vascular bypass grafts: their role in influencing patency. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2006 Jun;31(6):627-36

- Schaffner D. A prospective randomized trial of 6mm versus 4-7mm PTFE grafts for hemodialysis access in diabetic patients. *Vascular access for hemodialysis*, Chicago: Precept Press, pp 91-94, 1997
- Schanzer H, Schwartz M, Harrington E, Haimov M. Treatment of ischemia due to "steal" by arteriovenous fistula with distal artery ligation and revascularization. *J Vasc Surg*. 1988 Jun;7(6):770-3
- Schanzer H, Skladany M, Haimov M. Treatment of angio-access-induced ischemia by revascularisation. *J Vasc Surg* 1992; 16 :861-866
- Scholz H, Settmacher U. Der adäquate av-Gefäßzugang. IMPRA MEDICA GmbH, München, 1995
- Schrüfer E. Elektrische Meßtechnik. 5. Auflage. Hanser, München 1992, 226:228
- Sessa C, Riehl G, Porcu P, Pichot O, Palacin P, Maghlaoua M, Magne JL. Treatment of hand ischemia following angioaccess surgery using the distal revascularization interval-ligation technique with preservation of vascular access: description of an 18-case series. *Ann Vasc Surg*. 2004 Nov;18(6):685-94
- Shemesh D, Mabjeesh NJ, Abramowitz HB. Management of dialysis access-associated steal syndrome: use of intraoperative duplex ultrasound scanning for optimal flow reduction. *J Vasc Surg* 1999;30:193-195
- Sivanesan S, Bakran A, How TV. Characterising flow distribution in AV fistulae for hemodialysis access. *Nephrol Dial. Transplant*. 1998; 13:3108-3110
- Sperling M, Kleinschmidt W., Wilhelm A., Heidland A, Klütsch K. Die subcutane arteriovenöse Fistel zur intermittierenden Hämodialyse-Behandlung. *Dtsch Med Wschr* 1967; 92:425-426
- Storey BG, George CRP, Steward JH, Tiller DJ, May J, Sheil AGR. Embolic and ischemic complications after anastomosis of radial artery to cephalic vein. *Surgery* 1969;66:325-7

- Strandness DE, Sumner DS. Arteriovenous fistula. In: Hemodynamics for surgeons 1st ed. New York: Grune&Stratton, Inc; 1975: 621-663
- Sumner DS. Arteriovenous fistula. Hemodynamics for Surgeons. 1st ed. New York: Grune & Stratton, Inc; 1975:621-663
- Tordoir JH, Dammers R, van der Sande FM. Upper extremity ischemia and hemodialysis vascular access. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2004 Jan;27(1):1-5
- Tynan-Cuisinier GS, Berman SS. Strategies for predicting and treating access induced ischemic steal syndrome. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2006 Sep;32(3):309-15
- Valji K, Hye RJ, Roberts AC, Oglevie SB, Ziegler T, Bookstein JJ. Hand ischemia in patients with hemodialysis access grafts : angiographic diagnosis and treatment. Radiology 1995; 196:697-701
- Van Tricht I, De Wachter D, Trodoir J, Verdonck P.: Hemodynamics and Complications Encountered with Arteriovenous Fistulas and Grafts as Vascular Access for Hemodialysis: A Review. Annals of Biomedical Engineering, Vol 33, No. 9: 1142-1157 September 2005
- Vascular Access Society. <http://www.vascularaccesssociety.com/>
- West JC, Bertsch DJ, Peterson SL, Gannon MP, Norkus G, kelley SE. Arterial insufficiency in hemodialysis access procedures : correction by “banding” technique. Transplant Proc 1991;23:1838-40
- White JG, Kim A, Josep hs LG, Menzoian JO. The hemodynamics of steal syndrome and its treatment. Ann Vasc Surg. 1999 May;13(3):308-12
- Wilson SE. Complikations of vascular access procedures. Wilson SE, Vascular Access: Principles and Practice, 3rd Edition, St. Louis: Mosby, 1996, pp 212-224
- Wixon CL, Hughes JD, Mills JL . Understanding strategies for the treatment of ischemic steal syndrome after hemodialysis access. J Am Coll Surg. 2000 Sep;191(3):301-10

- Wixon CL, Mills JL, Berman S. Distal revascularization- interval ligation for maintenance of dialysis access and restoration of distal perfusion in ischemic steal syndrome. *Semin Vasc Surg* 2000; 13:77-82
- Woods JD, Turenne MN, Strawderman RL, Young EW, Hirth RA, Port FK, Held PJ. Vascular access survival among incident hemodialysis patients in the United States. *Am J Kidney Dis* 30 (1997) 50-57
- Zanow J, Kruger U, Scholz H. Proximalization of the arterial inflow: a new technique to treat access- related Ischemia. *J Vasc Surg.* 2006 Jun; 43(6)1216-21; discussion 21
- Zarins CK, Giddens DP, Bharadvaj BK, Sottiurai VS, Mabon RF, Glagov S. Carotid bifurcation atherosclerosis. Quantitative correlation of plaque localization with flow velocity profiles and wall shear stress. *Circ Res.* 1983 Oct;53(4):502-14
- Zibari GB, Rohr MS, Landreneau MD, et al. Complications from permanent hemodialysis vascular access. *Surgery* 1988;104:681-686

16. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Patientenzahlen zwischen 1997 und 2005.....	8
Abbildung 2: Brescia-Cimino-Fistel am Unterarm.....	19
Abbildung 3: Blutfluss durch eine arteriovenöse Fistel.....	26
Abbildung 4: Basiskomponenten einer arteriovenösen Fistel.....	27
Abbildung 5: Brückenschaltungsdiagramm Wheatstones.	29
Abbildung 6: av-Fistel im Modell der Wheatstone-Brückenschaltung.....	30
Abbildung 7: Antegrader Fluss in der distalen Arterie.....	32
Abbildung 8: Insuffiziente Shuntvene mit hohem Widerstand.....	32
Abbildung 9: Hyperplasie der zuführenden Arterie und Großvolumenshunt.....	33
Abbildung 10: Retrograder Fluss in der distalen Arterie	33
Abbildung 11: Stealischämie und verminderter Shuntfluss	34
Abbildung 12: Retrograder arterieller Fluss unmittelbar distal der arteriovenösen Verbindung.....	36
Abbildung 13: DASS mit Ulzera und Nekrosen (Stadium IV).....	42
Abbildung 14: Angiographie ohne und mit Shuntkompression..	46
Abbildung 15: Die Ligatur der Arterie distal der Fistel.....	53
Abbildung 16: Prinzip der DRIL-Prozedur.....	56
Abbildung 17: Durch die Ligatur der Arterie distal der Fistel kommt es zur Trennung der “Beine“ der Wheatstone-Brücke.	57
Abbildung 18: Anatomische und topologische Darstellung	59

Abbildung 19: Duplexsonographie der A. brachialis/ cubitalis distal der Fistel.....	61
Abbildung 20: Angiographie ohne Shuntkompression.....	62
Abbildung 21: Angiographie mit Shuntkompression.....	62
Abbildung 22: DRIL-Prozedur mit autologer reversed Vena saphena magna.....	63
Abbildung 23: Anzahl der vorausgegangenen Shuntoperationen.....	73
Abbildung 24: Zahlenmäßige Verteilung der Shuntlokalisation	74
Abbildung 25: Zeitintervall zwischen Shuntanlage und DRIL- Prozedur.....	75
Abbildung 26: Anteil des Vorkommens der Co-Morbidität: arterielle Hypertonie ...	76
Abbildung 27: Anteil des Vorkommens der Co-Morbidität: Koronare Herzkrankheit	76
Abbildung 28: Anteil des Vorkommens des Risikofaktors: Nikotinkonsum.....	77
Abbildung 29: Anteil des Vorkommens der Co-Morbidität: Diabetes mellitus in der Studiengruppe.....	78
Abbildung 30: Diabetes mellitus in der Studiengruppe und in der Gesamtheit aller dialysepflichtigen Patienten in Deutschland	78
Abbildung 31: Anteil des Vorkommens der Co-Morbidität: periphere arterielle Verschlusskrankheit.....	79
Abbildung 32: 68jährige Patientin am 3. Tag nach DRIL-Prozedur.....	80
Abbildung 33: Zahlenmäßige Häufigkeit des Symptoms: Blässe der Extremität/ Hand/ Finger.....	81
Abbildung 34: Zahlenmäßige Häufigkeit des Symptoms: Kältegefühl der Extremität/ Hand/ Finger.....	82
Abbildung 35: Zahlenmäßige Häufigkeit des Symptoms: Ruheschmerzen.....	82
Abbildung 36: Zahlenmäßige Häufigkeit des Symptoms: Motorisches Defizit.....	83

Abbildung 37: Zahlenmäßige Häufigkeit des Symptoms: Trophische Störungen (Nekrosen/Ulcera).....	83
Abbildung 38: Prozentuales Vorkommen aller erfassten Symptome.....	84
Abbildung 39: Prozentuales Vorkommen der Symptome, wobei nur das jeweils schwerwiegendste Symptom erfasst wurde.....	84
Abbildung 40: Prozentuales Vorkommen der einzelnen Stadien nach Tordoir.....	85
Abbildung 41: Zahlenmäßige Verteilung der Lokalisation der distalen Bypassanastomose.....	87
Abbildung 42: Art des DRIL- Bypassmaterials.....	88
Abbildung 43: Einfluss der DRIL- Prozedur auf das klinische Stadium zum Zeitpunkt der Datenerhebung.....	92
Abbildung 44: Offenheitsrate des DRIL- Bypass und primäre Shunt-Patency.....	94
Abbildung 45: Beschwerdefreiheitsrate und Kombiniert: DRIL-Bypass- Offenheitsrate, primäre Shunt-Patency und Beschwerdefreiheit.....	95
Abbildung 46: Prozentuale Häufigkeit der Symptome in der Gruppe der vor 2003 operierten Patienten, verglichen mit der gesamten Patientengruppe....	97
Abbildung 47: Relative Häufigkeit der Begleiterkrankungen in der Gruppe der vor 2003 operierten Patienten verglichen mit der gesamten Patientengruppe	98
Abbildung 48: Vergleich der Anzahl der vorausgegangenen Shuntoperationen in der Gruppe der vor 2003 operierten Patienten und der gesamten Patientengruppe.....	98
Abbildung 49: Anteilmäßige Verteilung der Shuntlokalisation in der Gruppe der vor dem Jahr 2002 operierten Patienten und der gesamten Patientengruppe	99

Abbildung 50: Zeitspanne zwischen Shuntanlage und der DRIL-Prozedur für die vor dem Jahr 2003 operierten Patienten und der gesamten Patientengruppe.	100
Abbildung 51: Prozentuale Verteilung der distalen Bypassanastomose und der Art des Bypassmaterials in der Gruppe der vor dem Jahr 2003 operierten Patienten und der gesamten Patientengruppe.....	100
Abbildung 52: Patientenüberleben in Monaten nach durchgeführter DRIL-Prozedur	101
Abbildung 53: Kumulative DRIL- Offenheit (DRIL-Bypass und Shunt) mit Beseitigung der Beschwerden und Patientenüberleben in der Gruppe der vor dem Jahr 2003 operierten Patienten.....	103
Abbildung 54: Outcome der Patienten mit dem präoperativ Stadium III.....	106
Abbildung 55: Outcome der Patienten mit dem präoperativ Stadium IV.....	106
Abbildung 56: Demographie und Co- Morbidität / Risikofaktoren in Abhängigkeit vom präoperativen Stadium nach Tordoir.....	106
Abbildung 57: Beispiel einer angiographisch festgestellten und mittels Ballondilatation therapierten Stenose der A. subclavia (Inflow-Stenose).....	116
Abbildung 58: DASS mit Ulzera, 82Jahre alt. Ciminofistel am rechten mittleren Unterarm.....	118
Abbildung 59: Duplexsonographischer Befund.....	118
Abbildung 60: Flussmuster in der A. ulnaris.....	119
Abbildung 61: Präoperatives Angiogramm.....	119
Abbildung 62: Intraoperativer Situs nach Ligatur der A. radialis distal der Fistel. Postoperative duplexsonographische Untersuchung.....	119
Abbildung 63: Der im Jahr 2002 zur Hämodialyse benutzte Gefäßzugang	128

Abbildung 64: Die Kollateralversorgung im Bereich des Ellenbogens 139

Abbildung 65: Flussdiagramm zur Diagnostik und Therapie bei DASS..... 142

17. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Prozentuale Diagnoseverteilung (Inzidenz) zu Beginn einer Nierenersatztherapie.....	9
Tabelle 2: Fluss distal der Fistel als Funktion der Widerstandsverhältnisse	31
Tabelle 3: Erhobene Daten der in dieser Studie mittels DRIL- Prozedur behandelten Patienten.....	68
Tabelle 4: Informationsquellen der erhobenen Patientendaten.....	69
Tabelle 5: Zuordnung in die Stadieneinteilung nach Tordoir.....	69
Tabelle 6: Vergleich der publizierten Literatur mit den eigenen Studienergebnissen.	123
Tabelle 7: Gegenüberstellung der Patientengruppe der Studie von Schanzer et al. mit der Patientengruppe aus der eigenen Studie.....	124
Tabelle 8: Gegenüberstellung der demographischen Daten der Patienten in der Studie von Knox et al. und der demographischen Daten der Patienten aus der eigenen Studie.....	125
Tabelle 9: Gegenüberstellung des Stadiums der Beschwerden in der Studie von Knox et al. und der eigenen Studie.....	126
Tabelle 10: Gegenüberstellung des zum DASS führenden Shunts in der Studie von Knox et al. und der eigenen Studie.....	126
Tabelle 11: Gegenüberstellung des Outcome in der Studie von Knox et al. und der eigenen Studie.....	127
Tabelle 12: Demographie und Risikofaktoren in Abhängigkeit vom präoperativen Stadium nach Tordoir.....	143
Tabelle 13: Patienten und Shunt/ DRIL- Historie.....	151

Tabelle 14: Patienten und Co-Morbidität.....	152
Tabelle 15: Patienten und klinische Symptomatik.....	153
Tabelle 16: Patienten und Outcome.....	154

18. Danksagung

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn Universitätsprofessor Dr. med. Thomas Schmitz-Rixen, Leiter des Schwerpunkts Gefäß- und Endovascularchirurgie des Klinikums der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main für die Betreuung und seine Unterstützung, die ich während der Planung, Durchführung und Anfertigung der Dissertation genießen durfte.

Ebenfalls zu danken habe ich Herrn Privatdozent Dr. med. Farzin Adili, Direktor der Klinik für Gefäßchirurgie im Klinikum Darmstadt für seine geradlinige und immer fachlich fundierte Kritik bei der Ausarbeitung der Dissertation.

Beide waren für mich bei allen Problemen ansprechbar und waren mir durch ihre professionellen, klar strukturierten Vorstellungen eine unschätzbare Hilfe.

Frau Karen Nelson, Medizinisch-Technische Assistentin im Gefäßchirurgischen Labor des Klinikums der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, und Herrn Carsten Schürhaus danke ich für das Korrekturlesen der Dissertationsschrift.

Nicht zuletzt gilt mein Dank Herrn Dr. med. Everard Braganza, Chefarzt der Gefäßchirurgischen Abteilung des St. Martinus-Hospitals Olpe. Durch seinen langjährigen, unermüdlichen Einsatz hat er zur Expansion der Gefäßchirurgischen Abteilung entscheidend beigetragen und diese insbesondere für die Shuntchirurgie (Vascular Access) zu überregionaler Bedeutung geführt.

Erst dadurch ist diese Dissertation möglich geworden.

19. Lebenslauf

Name: Esapathi, Anandaraju
 Geburtsdatum: 02.04.1966
 Geburtsort: Gummersbach
 Familienstand: Verheiratet
 Staatsangehörigkeit: Deutsch
 Konfession: Evangelisch



Ausbildung und Tätigkeiten:

1985	Abitur Gymnasium Grotenbach, Gummersbach
4/1986-3/1988	Medizinstudium Universität Köln
4/1988-11/1992	Medizinstudium Universität Tübingen
11/1992	<i>Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung</i>
05.11.1992-04.01.1993	Stellensuche
05.01.1993-24.03.1993	Privates Praktikum in Burkina Faso, West Afrika
25.03.1993-30.06.1993	Stellensuche
01.07.1993-31.12.1994	Arzt im Praktikum in der chirurgischen Abteilung des St. Martinus- Hospitals, Olpe
01.01.1995	<i>Approbation als Arzt</i>
01.02.1995-31.07.2000	Assistenzarzt in der chirurgischen Abteilung des St. Martinus- Hospitals, Olpe
28.08.1999	<i>Facharzt für Chirurgie</i>
01.08.2000-30.06.2002	Facharzt/ Assistenzarzt in der Abteilung für Allgemeinchirurgie im Kreiskrankenhaus Waldbröl
01.07.2002-30.09.2004	Facharzt/ Assistenzarzt in der Abteilung für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie in den Städtischen Kliniken Fulda
24.01.2004	<i>Zusatzbezeichnung Phlebologie</i>
seit 01.10.2004	Oberarzt in der Abteilung für Allgemeinchirurgie/ Gefäßchirurgie des St. Martinus- Hospitals, Olpe
19.03.2005	<i>Schwerpunktbezeichnung Gefäßchirurgie</i>


 Olpe, den 20.04.2010

20. Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Dissertation mit dem Titel

„Die Behandlung des Dialyse- assoziierten Steal- Syndroms mit der DRIL- Prozedur Mittel- und langfristige Ergebnisse einer retrospektiven Bi- Centerstudie.“

in der Klinik für Gefäß- und Endovascularchirurgie

unter Betreuung und Anleitung von Univ.-Prof. Dr. med. Thomas Schmitz-Rixen

mit Unterstützung durch Priv. Doz. Dr. med. Farzin Adili

ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe. Darüber hinaus versichere ich, nicht die Hilfe einer kommerziellen Promotionsvermittlung in Anspruch genommen zu haben.

Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen Universität ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher nicht als Dissertation eingereicht.

Vorliegende Ergebnisse der Arbeit wurden (oder werden) in folgendem Publikationsorgan veröffentlicht: -

Olpe, den 20.04.2010


Anandaraju Esapathi