

Nephrologie 2009 · 4:158–176  
 DOI 10.1007/s11560-009-0281-0  
 Online publiziert: 26. Februar 2009  
 © Springer Medizin Verlag 2009

## Der Nephrologe-Blog

Zum Start des Blogs der Zeitschrift „Der Nephrologe“ stellt Herr Professor Hollenbeck anlässlich der Veröffentlichung der Empfehlungen „Gefäßzugang zur Hämodialyse“ einen Vorschlag zur deutschen Nomenklatur des Dialysezuganges zur Diskussion.



**Diskutieren Sie mit, bloggen Sie jetzt!**

Ihre Redaktion „Der Nephrologe“

[www.DerNephrologe.de](http://www.DerNephrologe.de)

**M. Hollenbeck<sup>1</sup> · V. Mickley<sup>2</sup> · J. Brunkwall<sup>3</sup> · H. Daum<sup>4</sup> · P. Haage<sup>5</sup> · J. Ranft<sup>6</sup> · R. Schindler<sup>7</sup> · P. Thon<sup>8</sup> · D. Vorwerk<sup>9</sup>**

<sup>1</sup> Klinik für Nephrologie und Rheumatologie und KfH-Nierenzentrum, Knappschafts Krankenhaus Bottrop

<sup>2</sup> Fachbereich Gefäßchirurgie, Kreiskrankenhaus Rastatt  
 Klinikum Mittelbaden gGmbH, Rastatt

<sup>3</sup> Klinik für Visceral- und Gefäßchirurgie, Universität zu Köln

<sup>4</sup> Klinik für Allgemein-, Gefäß- und Thoraxchirurgie, Allgemeines Krankenhaus Hamburg-Harburg, Hamburg

<sup>5</sup> Radiologie Region West, HELIOS Klinikum Wuppertal

<sup>6</sup> Klinik für Angiologie, Knappschafts Krankenhaus Bottrop

<sup>7</sup> Nephrologie Charite, Deutsche Gesellschaft für Nephrologie, Campus Virchow-Klinikum, Berlin

<sup>8</sup> Klinik für Nephrologie, Diabetologie und Shuntoperationen, Klinikum Bad Hersfeld

<sup>9</sup> Radiologische Klinik, Klinikum Ingolstadt

# Gefäßzugang zur Hämodialyse

## Interdisziplinäre Empfehlungen deutscher Fachgesellschaften

### Mitgliedschaften der Autoren

- **M. Hollenbeck**, Deutsche Gesellschaft für Nephrologie
- **V. Mickley**, Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie
- **J. Brunkwall**, Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie
- **H. Daum**, Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie
- **P. Haage**, Deutsche Röntgengesellschaft, Deutsche Gesellschaft für interventionelle Radiologie und minimalinvasive Therapie
- **J. Ranft**, Deutsche Gesellschaft für Angiologie
- **R. Schindler**, Deutsche Gesellschaft für Nephrologie
- **P. Thon**, Deutsche Gesellschaft für Nephrologie
- **D. Vorwerk**, Deutsche Röntgengesellschaft, Deutsche Gesellschaft für interventionelle Radiologie und minimalinvasive Therapie

### Präambel

Auf Initiative der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für klinische Nephrologie haben die Vorstände der Fachgesellschaften, die sich mit den Zugängen zur Hämodialyse befassen, Kommissionsmitglieder entsandt. Im Februar 2008 konstituierte sich die Arbeitsgruppe „Gefäßzugänge für die Hämodialyse: Interdisziplinäre Arbeitsgruppe – GHIA“.

Ziel der GHIA ist die Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit zum Zwecke der landesweiten Verbesserung der Versorgung unserer Hämodialysepatienten im Hinblick auf zugangsassozierte Fragen und Probleme.

Als erstes Ergebnis legt die Arbeitsgruppe hier Empfehlungen zum Umgang mit Gefäßzugängen für die Hämodialyse vor. Diese Empfehlungen sind von den

Vorständen der beteiligten Fachgesellschaften im Sinne einer offiziellen Verlautbarung der Fachgesellschaft im Dezember 2008 genehmigt worden. Sie basieren auf den European Best Practice Guidelines [1], die aktualisiert, ergänzt und teilweise neu strukturiert wurden.

Weitere Ziele der GHIA sind die Förderung der Forschung, die Evaluation der Versorgung und die Entwicklung von Qualitätskriterien. Fernziel sind die Formulierung der strukturellen wie qualitativen Anforderungen an Shunt-Schwerpunktzentren und deren Zertifizierung.

Parallel zu unseren Arbeiten werden von den Pflegeverbänden Empfehlungen zum Umgang mit Dialysezugängen aus pflegerischer Sicht erarbeitet; dies haben wir von Seiten der GHIA begleitet. Auf die mehr pflegerischen Aspekte wird hier nicht näher eingegangen, denn eine Publi-

Hier steht eine Anzeige.



kation der Empfehlungen der Pflegeverbände ist im Herbst 2009 vorgesehen.

Um bei den teilweise babylonisch anmutenden Unterschieden der Begrifflichkeiten Klarheit zu schaffen, haben wir gemeinsam mit den Pflegeverbänden einen Vorschlag zur deutschen Nomenklatur des Dialysezugangs erstellt, den wir zur Diskussion stellen werden und im Herbst 2009 festschreiben wollen.

Nach sehr konstruktivem Start der GHIA hoffen wir, dass die jetzt vorliegenden Empfehlungen die Zugangsversorgung in Deutschland befruchten werden und zu wissenschaftlich fundierter Diskussion Anlass geben werden.

## 1. Patienten-Überweisung

### Empfehlungen

#### Empfehlung 1.1

Die frühzeitige Venenschonung sollte Bestandteil der Aufklärung und Behandlung aller Patienten mit chronischer Niereninsuffizienz sein (Evidenz IV).

#### Empfehlung 1.2

Jeder niereninsuffiziente Patient, der sich für die Hämodialyse entschieden hat, sollte die Therapie mit einem funktionierenden Gefäßzugang beginnen (Evidenz III).

#### Empfehlung 1.3

Potenzielle Hämodialysepatienten sollten einem Chirurgen bzw. Nephrologen zur Vorbereitung der Anlage eines Gefäßzugangs vorgestellt werden, sobald die glomeruläre Filtrationsrate (GFR) weniger als 30 ml/min beträgt. Eine frühere Vorstellung ist indiziert bei schwierigen Gefäßverhältnissen oder sich rapid verschlechternder Nierenfunktion (Evidenz III).

Eine frühzeitige Vorstellung beim Nephrologen oder Gefäßchirurgen ist dringend empfohlen, um genügend Zeit für Venenschonung, Zugangsanlage und Ausreifung des Zugangs zu gewährleisten [2, 3, 4, 5]. Eine AV-Fistel kann erst nach Ausreifung, die mehrere Wochen benötigt, erstmals punktiert werden (s. Empfehlung 4.3). Zusätzliche Zeit sollte für etwaige Korrekturoperationen veranschlagt werden. Daher sollte eine AV-Fistel drei Monate vor geplantem Hämodialysebeginn angelegt werden.

Prothesenshunts können zwar bereits 2 bis 3 Wochen nach Implantation kanüliert werden, sie gelten aber nicht als Zugang der ersten Wahl (s. Empfehlung 3.2). Durch frühzeitige Vorstellung und Operation soll die Notwendigkeit einer Katheteranlage vermieden werden.

Die frühe Vorstellung beim Nephrologen soll darüber hinaus Gelegenheit zur Diskussion aller Optionen der Nierensatztherapie, für Interventionen zur Progressionsverlangsamung und Korrektur der metabolischen Folgen der Niereninsuffizienz gewährleisten.

## 2. Präoperative Untersuchungen

### Empfehlungen

#### Empfehlung 2.1

Vor der Anlage eines Gefäßzuganges sollte eine klinische Untersuchung sowie eine Ultraschalluntersuchung der Arterien und Venen des Armes erfolgen (Evidenzlevel II).

#### Empfehlung 2.2

Bildgebende Diagnostik der zentralen Venen ist sinnvoll bei Patienten mit zentralvenösen Implantaten in der Vorgeschichte (Katheter, Ports, Schrittmacher; Evidenzlevel IV).

Shuntverschlüsse bei AV-Fisteln treten mit einer Frequenz von 0,2 pro Patientenjahr auf. Für Prothesenshunts liegt diese Rate bei 0,8–1 Ereignissen pro Patientenjahr. In einer Metaanalyse wird über eine primäre Versagensrate von AV-Fisteln am Handgelenk von 15,3% berichtet. Primäre und sekundäre Offenheitsraten nach einem Jahr betragen 62,5 bzw. 66% [6]. Die aktuelle Entwicklung unserer Patienten an der chronischen Dialyse zeigt eine Zunahme des Alters und eine Zunahme von Patienten mit Diabetes, peripherer arterieller Verschlusskrankung oder koronarer Herzerkrankung. Viele dieser Patienten haben ungeeignete Blutgefäße zur Konstruktion von AV-Fisteln. Die Gefäßsituation scheint der häufigste Grund für die hohe Rate an Primärverschlüssen und die nur mäßig guten Raten der primären und sekundären Offenheit darzustellen.

### Körperliche Untersuchung

Die sorgfältige Auswahl der geeigneten Blutgefäße sollte auf objektiven Para-

metern beruhen und ist Voraussetzung für die erfolgreiche Anlage einer funktionierenden AV-Fistel. Präoperativ sollte immer eine körperliche Untersuchung durchgeführt werden. Diese beinhaltet neben der Blutdruckmessung an beiden Armen den Tastbefund der distalen Arterien sowie die Untersuchung auf das Vorhandensein, das Kaliber und den Verlauf der oberflächlichen Unterarm- und Oberarmvenen. Die körperliche Untersuchung mag bei sehr adipösen Patienten problematisch sein und die Genauigkeit der Resultate ist sicher von der Erfahrung des Untersuchers abhängig.

### Ultraschalluntersuchung der Venen

Die präoperative Untersuchung der Blutgefäße mit Ultraschall erhöht die Erfolgsaussichten der Shuntanlage und die mittelfristigen Offenheitsraten von AV-Fisteln. In einer randomisierten Untersuchung konnte die primäre Verschlussrate von 25% (bei Anlage nach rein klinischer Untersuchung) auf 6% signifikant reduziert werden, wenn Ultraschall zusätzlich benutzt wurde [7]. In einer Studie von Silva et al. [8] wurde die präoperative Sonographie genutzt, um die Strategie der Shuntanlage festzulegen. Patienten mit einem Durchmesser der A. radialis von mehr als 2 mm und einem Durchmesser der V. cephalica von mehr als 2,5 mm erhielten eine radiocephale AV-Fistel. Prothesenshunts wurden verwandt bei Patienten mit Arterien und Venen, die den o.g. Anforderungen nicht entsprachen, bei denen aber eine Abflussvene im Bereich der Ellenbeuge mit mehr als 4 mm vorhanden war. Durch diesen Algorithmus wurden deutlich mehr radiocephale AV-Fisteln angelegt, als von Seiten der körperlichen Untersuchung geplant gewesen wären (63 statt 14%). Die Frühverschlussrate sank von 36 auf 8% [8]. In anderen Studien stieg die Rate an AV-Fisteln durch die zusätzlich durchgeführte Ultraschalluntersuchung von 17–35% auf 58–85% [9, 10, 11, 12]. All diese Studien wurden jedoch in amerikanischen Zentren durchgeführt, die in den vorangegangenen Jahren sehr niedrige Raten an nativen AV-Fisteln aufwiesen.

In einer anderen Studie war nach Einführung einer präoperativen Ultraschall-

untersuchung ebenfalls die AV-Fistelrate von 61 auf 73% gesteigert worden, dies allerdings auf Kosten einer niedrigeren Rate an funktionstüchtigen AV-Fisteln [13]. Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass noch weitere Selektionskriterien der präoperativen Diagnostik notwendig sind, um die Ergebnisse der AV-Fistelanlage zu verbessern. Präoperative Ultraschalldiagnostik ist insbesondere nützlich bei adipösen Patienten. Unter Verwendung der präoperativen Ultraschalluntersuchung war die Rate an AV-Fisteln bei 50 Patienten mit einem BMI >27 vergleichbar mit den Raten bei 130 Patienten mit einem niedrigeren BMI [14].

Venendurchmesser von weniger als 1,6 mm zeigen häufige Frühverschlüsse [15], während gute Offenheitsraten berichtet werden bei Patienten mit radiocephalen AV-Fisteln, bei denen der präoperative Durchmesser der V. cephalica am Handgelenk mehr als 2,0–2,6 mm bzw. bei Oberarmvenen mehr als 3 mm betrug [16].

### Ultraschalluntersuchung der Arterien

Der Durchmesser der A. radialis ist ein Prädiktor für den Erfolg einer Shuntanlage und für die Reifung von radiocephalen AV-Fisteln und er beeinflusst die Strategie der Shuntanlage. Wong et al. [15] beobachteten eine primäre Thrombose oder eine mangelhafte Reifung aller Anlagen von radiocephalen AV-Fisteln bei Patienten mit einem Durchmesser der A. radialis von weniger als 1,6 mm. In einer anderen Studie war der durchschnittliche A.-radialis-Durchmesser bei erfolgreichen radiocephalen AV-Fistelanlagen 2,7 vs. 1,9 mm bei den frustranen Anlagen [17]. Malovrh [18, 21] fand einen arteriellen Durchmesser der A. radialis von weniger als 1,6 mm als negativ-prädiktiv. Die Offenheitsrate in der früh-postoperativen Periode betrug in der Gruppe mit einem A.-radialis-Durchmesser ab 1,6 mm 92% vs. einer nur 45%igen Erfolgsrate in der Gruppe mit einem Durchmesser unter 1,6 mm. Die Offenheitsraten nach 12 Wochen waren 82 bzw. 36% [18]. Der prädiktive Wert der Spitzenflussgeschwindigkeit in der A. radialis und des Resistance Index (RI) in Ruhe ist unsicher [15, 19, 20]. Signifikante

Korrelationen ergaben sich zwischen dem postischämisch gemessenen radialen RI (0,50 vs. 0,70), dem radialen Durchmesser (0,294 vs. 0,171 cm) und dem radialen Blutfluss (90 vs. 33 ml/min; [21]).

Sonographisch darstellbare Stenosen, umschriebene Verkalkungen oder eine generalisiert Mediasklerose weisen auf Probleme der Shuntreifung und möglicherweise auch auf die Gefahr der Entwicklung von Steal-Problemen hin. Systematische Untersuchungen hierzu liegen bislang nicht vor.

### Selektion der arteriellen und venösen Gefäße

Wir empfehlen nach derzeitigem Wissensstand einen minimalen Gefäßdurchmesser von 1,6 mm (besser 2,0 mm) im Bereich der A. radialis und der V. cephalica bei AV-Fistelanlagen am Handgelenk (■ Tab. 1). Für die Anlage von AV-Fisteln im Bereich der Ellenbeuge liegen bislang keine Daten vor, die als Selektionskriterien herangezogen werden könnten.

Venenschonung und zusätzliches Venentraining durch gezielte Übungen mag die Qualität und den Durchmesser der Arterien und Venen vor AV-Fistelanlage verbessern [23].

### Phlebographie und MR-Angiographie

Die Gabe von jodhaltigem Kontrastmittel im Rahmen der Phlebographie kann zu einer permanenten Verschlechterung der Nierenfunktion bei Patienten mit hochgradiger Niereninsuffizienz führen. Sie ist aus diesem Grunde zur Untersuchung bei diesen Patienten nicht anzuraten, solange noch eine renale Restfunktion vorliegt.

Gadolinium ist wegen der Gefahr einer nephrogenen systemischen Fibrose ebenfalls nicht anzuraten [24, 25].

Die CO<sub>2</sub>-Angiographie und MR-Angiographie ohne Gadolinium ([26, 27]; s. Empfehlung 6) können als sichere Methoden herangezogen werden.

Vergleichende Studien zur diagnostischen Wertigkeit präoperativer MR-Angiographien im Vergleich zur Duplexsonographie fehlen bislang. Im Bereich der zentralen Venen ist die Duplexsonographie sicher den anderen o.g. Verfahren unterlegen [28].

**Tab. 1** Minimale notwendige Gefäßdurchmesser für eine erfolgreiche Anlage radiocephaler AV-Fisteln

Autor	A. radialis (mm)	V. cephalica (mm)
Wong et al. [15]	1,6	1,6
Malovrh [18]	1,6	1,6
Silva et al. [8]	2,0	2,5
Ascher et al. [22]	-	2,5

## 3. Strategien zur Anlage des Gefäßzugangs

### Empfehlungen

#### Empfehlung 3.1

*Der Gefäßzugang muss einen ausreichenden Blutfluss bieten, denn nur so ist eine adäquate Hämodialyse möglich (Evidenzlevel II).*

#### Empfehlung 3.2

*Native arteriovenöse Fisteln sollten Prothesenshunts vorgezogen werden und Prothesenshunts den Kathetern (Evidenzlevel III).*

#### Empfehlung 3.3

*Die arteriovenöse Fistel am Arm sollte der bevorzugte Gefäßzugang sein und so distal wie möglich angelegt werden (Evidenzlevel III).*

#### Empfehlung 3.4

*Die Reifung der Fistel sollte überwacht werden, um, falls erforderlich, frühzeitig korrigierend eingreifen zu können (Evidenzlevel III).*

Die primären Offenheitsraten von arteriovenösen Fisteln (AVF) und Prothesenshunts unterscheiden sich signifikant: Sie liegen nach 1 bzw. 2 Jahren für AVF bei 90 bzw. 85%, für Prothesenshunts bei 60 bzw. 40% [29]. Mit intensivem Zugangsmonitoring unter Einschluss präemptiver Stenose-therapiekonzepte mag es möglich sein, das sekundäre Überleben von Prothesenshunts zu verbessern und Offenheitsraten vergleichbar denen von AVF zu erreichen, aber um den Preis wesentlich häufigerer Interventionen. Zum Funktionserhalt von AVF sind etwa 0,2 Interventionen je Patient und Jahr erforderlich, verglichen mit 1,0 Interventionen je Patient und Jahr bei Prothesenshunts.

## Gefäßzugang der ersten Wahl: Anlage einer nativen AVF

**Radiocephale AVF.** Die radiocephale (RC) AVF am Handgelenk ist die erste Option zur Anlage eines Gefäßzugangs. Wenn die RCAVF adäquat reift, kann sie über Jahre mit einem Minimum an Komplikationen, Revisionen und Interventionen funktionieren. Größter Nachteil dieses Zugangs ist die hohe Rate von Frühverschlüssen und mangelnder Reifung, die gewöhnlich durch patienteneigene Faktoren wie Alter, Diabetes mellitus und kardiovaskuläre Erkrankungen beeinflusst wird. Die Frühverschlussraten liegen bei 5–30% [6, 30], die Langzeitfunktionsraten zwischen 65 und 90% nach einem Jahr bzw. zwischen 60 und 80% nach zwei Jahren. Die Inzidenzen von Thrombosen (0,2 Ereignisse je Patient und Jahr) und Infektionen (2%) sind niedrig.

**AVF am proximalen Unterarm.** Ist eine handgelenksnahe AVF bei unzureichenden Gefäßverhältnissen nicht möglich, kann am mittleren Unterarm bis zur Ellenbeuge eine weiter proximale Anastomose zwischen A. radialis und V. cephalica angelegt werden.

**AVF in der Ellenbeuge.** Wenn die peripheren Gefäße zu zart oder zu krank sind, ist die Anlage einer proximaleren Fistel in der Ellenbeuge indiziert. Diese AVF (brachiokubital, Gracz; brachiocephal und brachio basilical) erzeugen einen hohen Blutfluss und ermöglichen so eine hocheffiziente Dialyse. Die Inzidenz thrombotischer und infektiöser Komplikationen ist gering, und die langfristigen Ergebnisse sind gewöhnlich gut [31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41]. Hauptnachteile dieser Hochfluss-AVF sind das Risiko der distalen Hypoperfusion, die zu einer symptomatischen Handischämie führen kann, sowie das hyperzirkulatorische Herzversagen, speziell bei Patienten mit Koronarerkrankungen oder Herzinsuffizienz [42].

**Frühverschluss und Interventionen.** Die Erfolgsrate der Anlage von AVF kann und sollte durch präoperative Gefäßdiagnostik verbessert werden (vgl. Empfehlung 2), durch perioperative Vasodilatation [43] und durch postoperatives Monitoring der Reifung. Messungen des Blutflusses

im Zugang mit farbkodierter Duplexsonographie (FKDS) am 1. und 7. postoperativen Tag ermöglichen, die Chance für seine erfolgreiche Reifung abzuschätzen. AVF mit einem Shuntfluss <400 ml/min werden sich meist nicht ausreichend entwickeln [15, 44]. Der erhöhte postoperative Blutfluss durch die AVF mit hohem „shear stress“ an der Gefäßwand initiiert den Prozess der Gefäßadaptation („remodelling“) mit dem Ergebnis der Gefäßweiterung und einem weiteren Anstieg des Blutflusses. Erweitern sich die Gefäße nicht, liegt dem gewöhnlich eine signifikante Stenose, eine erhebliche Vasosklerose oder ein primär zu geringes Kaliber der speisenden Arterie zugrunde. Eine FKDS ist indiziert, wenn die Reifung ausbleibt. Eine operative oder interventionelle Therapie ist bei jeder relevanten Stenose indiziert ([45, 46, 47]; s. Kapitel 7).

## Gefäßzugang der zweiten Wahl: Anlage eines Prothesenshunts

Falls die Anlage einer nativen AVF nicht oder nicht mehr möglich ist, kann man sich für den Einsatz von Implantaten (alloplastisch, xenogen, autolog) als Gefäßzugang entscheiden. Shuntprothesen sind verfügbar aus Polyurethan [48], Polyester (Dacron®) und Polytetrafluorethylen. Die funktionelle Kurzzeit-Offenheitsrate ist üblicherweise gut, aber im Langzeitverlauf führt eine Stenosebildung an der venösen Anastomose unbehandelt häufig zur Shuntthrombose. Die primäre Offenheitsrate prothetischer Implantate variiert zwischen 60 und 80% nach einem Jahr und zwischen 30 und 40% nach 2 Jahren Nachbeobachtungszeit. Die sekundäre Offenheitsrate reicht von 70–90% nach einem und von 50–70% nach 2 Jahren [49, 50, 51, 52, 53]. Als morphologisches Korrelat dieser Stenosen findet sich feingeweblich eine Intimahyperplasie durch Einwanderung und Proliferation glatter Muskelzellen sowie vermehrte Matrixablagerungen. Die Ätiologie der Intimahyperplasie ist multifaktoriell [54, 55, 56, 57, 58].

Als körpereigene (autologes) Transplantat wurde einige Zeit die V. saphena magna eingesetzt, mit mäßigen Ergebnissen [59]. Heutzutage sind bovine Mesenterialvene oder boviner Ureter als xenogene Materialien für einen alternativen Gefäß-

zugang mit akzeptabler Offenheits- und geringer Infektionsrate am Markt [60].

**Prothesenshunts an der unteren Extremität.** Die typische Indikation für den Gefäßzugang an der unteren Extremität ist die beidseitige zentralvenöse oder kavale Obstruktion. In der Regel kommen hier Prothesenimplantate zum Einsatz. Auch die Transposition der V. saphena oder V. femoralis superficialis zur Bildung einer nativen AV-Fistel kommen am Oberschenkel in Frage [61, 62]. Obwohl dies native AV-Fisteln sind, werden sie unter die Zugänge der zweiten Wahl eingereiht.

## Maßnahmen zur Verbesserung der Offenheitsraten von Prothesenshunts.

Zahlreiche experimentelle und klinische Studien sind durchgeführt worden, um den Einfluss von Typ und Design der Implantate auf die Offenheitsraten zu untersuchen. Modifikationen der Geometrie des arteriellen Einstroms und/oder venösen Ausstroms des Implantates könnten möglicherweise einen günstigen Effekt auf die Intimahyperplasie ausüben. Klinische Studien, die konische Implantate auf der arteriellen Seite einsetzten, zeigten keine besseren Offenheitsraten, genauso wenig wie Cuff-Implantationen an der venösen Anastomose. Allerdings stieg die primäre Offenheitsrate durch den Einsatz einer bulbiformigen Prothese [57, 63, 64, 65, 66].

Querelastische Prothesen könnten möglicherweise die Intimahyperplasie durch eine bessere Anpassung der Prothese an die nachgiebige Vene im Anastomosenbereich beeinflussen; dies konnte allerdings in klinischen Studien nicht belegt werden [67].

Externe Richtstrahlbestrahlung und Endo-Brachytherapie haben bei Prothesenshunts klinisch keine durchgreifenden Verbesserungen der Durchgängigkeitsraten gezeigt [68, 69, 70, 71].

## Gefäßzugang der dritten Wahl: zentralvenöse Katheter

Es gibt wenige Indikationen für den getunelten zentralvenösen Katheter als dauerhafte Möglichkeit des Gefäßzugangs. Dies betrifft vornehmlich Patienten mit einer schweren zugangsbedingten Ischämie der oberen Extremität, einer schweren Herz-

Hier steht eine Anzeige.



insuffizienz oder einem disseminierten Karzinom (s. Kapitel 10).

## Prognose nach Shuntanlage

**Patientenabhängige Einflussfaktoren auf die Offenheitsrate der AVF-Anlage.** Mehrere Studien haben gezeigt, dass patientenabhängige Variablen erheblichen Einfluss auf die Wahl und die Prognose des Gefäßzugangs haben können. Das Alter kann den postoperativen Blutfluss in der eben angelegten AVF beeinflussen und damit im Vergleich mit jungen Patienten zu einer leicht erhöhten Verschlussrate führen (18,9 vs. 13,6%; [48]). Die Kombination von Alter und Diabetes jedoch hat einen erheblichen Einfluss auf die Prognose der AVF mit signifikant höheren Versagensquoten (28,6%). Große europäische, australische und amerikanische epidemiologische Studien haben einen erhöhten Anteil von Prothesenshunts bei älteren Patienten gezeigt. In Europa stieg der Einsatz von Shuntprothesen von 5% bei unter 45-jährigen Patienten auf 8,8% bei über 75-jährigen Patienten [72, 73]. In Australien und den USA war das Alter ebenfalls ein signifikanter Risikofaktor für den Einsatz von Shuntprothesen bei inzidenten und prävalenten Patienten. Zusätzlich waren Shuntprothesen mit einer schlechteren Prognose belastet, was Frühverschlüsse und eine im Vergleich zu AVF größere Inzidenz von Revisionen anging [74, 75, 76, 77]. Auf der anderen Seite können Prothesenshunts in der Altersgruppe über 70 Jahren auch gut funktionieren. Stamos et al. [78] zeigten nach 2 und 3 Jahren im Vergleich zu AVF bessere Offenheitsraten für Prothesenshunts. Dieser Unterschied erklärt sich durch die große Zahl von Ausfällen durch Frühverschlüsse von AVF (24 vs. 11%).

Frauen haben gewöhnlich zartere Arterien und Venen und könnten daher schlechtere Reifungschancen und Funktionsraten von AVF haben als Männer. Die Literatur hierzu bleibt jedoch widersprüchlich. Caplin et al. [79] zeigten, dass arterielle und venöse Durchmesser sich bei Männern und Frauen nicht signifikant unterschieden. Funktionierende AVF wurden bei 72% der weiblichen und 77% der männlichen Patienten angelegt. In einer Metaanalyse von radiocephalen AVF hatten Frau-

en gleiche Reifungs- und Ein-Jahres-Offenheitsraten wie Männer. Es ist jedoch möglich, dass die präoperative Gefäßwahl für die arteriovenöse Anastomose das Ergebnis der Zugangsanlage unabhängig vom Geschlecht beeinflusst haben könnte [6].

Andere Studien haben gezeigt, dass das weibliche Geschlecht mit dem vermehrten Einsatz von Shuntprothesen und einer größeren Zahl von Revisionen des Gefäßzugangs assoziiert war [73, 75, 77, 80, 81, 82, 83]. In der HEMO-Studie fanden Allon et al. [2], dass weibliches Geschlecht, pAVK, schwarze Hautfarbe, BMI und höheres Lebensalter signifikante Vorhersagevariablen für die Chance des Einsatzes einer AVF waren. Zusätzlich fanden sie bemerkenswerte Unterschiede des Anteils von AVF in unterschiedlichen Dialyseeinrichtungen (zwischen 4 und 77%).

**Einfluss der Begleiterkrankungen auf Zugangsanlage und Offenheitsraten.** In den vergangenen 10 Jahren hat sich die Ätiologie des terminalen Nierenversagens verschoben. Diabetes mellitus und Arteriosklerose sind nunmehr die wichtigsten Gründe für die Dialysetherapie. Das Vorkommen eines Diabetes mit gleichzeitiger Arteriosklerose könnte zusätzliche negative Auswirkungen auf die Chance einer erfolgreichen Zugangsanlage haben [81]. Betroffene Patienten haben gewöhnlich schlechte, verdickte und kalzifizierte Arterien mit proximalen und/oder distalen Obstruktionen [84].

Die Anlage eines Gefäßzugangs ist erschwert und das Risiko einer zugangsassoziierten, symptomatischen Ischämie der Extremität bedeutsam (vgl. Empfehlung 10). Zahlreiche Studien belegen den Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Shuntprothesen und der Prävalenz des Diabetes in der jeweiligen Population. Die Wahrscheinlichkeit einer Shuntthrombose ist für diabetische Patienten signifikant höher und damit das Überleben der Shuntprothesen geringer [85]. Auf der anderen Seite kann bei Diabetespatienten sicherlich eine native AVF erfolgreich angelegt werden. Bei Diabetespatienten und bei Patienten ohne Diabetes wurden unter Nutzung von Gefäßen mit vergleichbaren Durchmessern ähnliche Prozentanteile primärer AVF-Anlagen beschrieben, aber bei Diabetespatienten wurden mehr Gefäßverkalkungen gefunden [86]. Von Kon-

ner et al. [41] wurden exzellente Resultate primärer AVF-Anlagen auch bei Diabetespatienten beschrieben. Drei Fisteltypen wurden angelegt, und kein Patient benötigte eine Prothese. Radiocephale AVF wurden bei 62 bzw. 23% der Patienten (Diabetespatienten bzw. Patienten ohne Diabetes) angelegt, während bei Diabetespatienten häufiger (77%) proximale Unterarmfisteln und Ellenbeugenfisteln benötigt wurden. Die primären Offenheitsraten waren vergleichbar, die sekundären jedoch nach 2 Jahren bei den Patienten ohne Diabetes besser. Eine Ischämie trat bei den Diabetespatienten signifikant häufiger auf (7 vs. 0,6 je 100 Patientenjahre).

Homocysteinwerte haben keine Einfluss auf das Versagen von Dialysezugängen [87], während erhöhtes Lipoprotein bei schwarzen Dialysepatienten ein Risikofaktor für das Auftreten von Zugangskomplika-tionen sein könnte [88]. Chou et al. [89] identifizierten in einer retrospektiven Analyse C-reaktive Protein (CRP) als unabhängigen Vorhersagefaktor für AVF-Thrombosen.

**Sekundärprophylaxe zur Verbesserung der Offenheit von Gefäßzugängen.** Der Nutzen von Cumarin oder Acetylsalicylsäure (ASS) für die Offenheitsrate von Prothesenshunts wurde mehrfach untersucht [90, 91, 92]. In einer randomisierten kontrollierten Studie war die Zeit bis zum Auftreten eines Prothesenverschlusses in der mit Cumarin behandelten Gruppe nicht signifikant abweichend von der Kontrollgruppe. Jedoch traten relevante Blutungen in der Cumarin-Gruppe bei 10% der Patienten und bei keinem in der Kontrollgruppe auf [93]. In der DOPPS-Studie [94] zeigten mit Cumarin behandelte Patienten sogar schlechtere Offenheitsraten der Prothesenshunts, während die Behandlung mit Kalziumkanalblockern, ASS und ACE-Hemmern zu verbesserter Offenheit von AVF und Prothesenshunts führte. In einer anderen Studie [95] wurde die Gabe von ASS und Dipyridamol mit einer Placebogruppe verglichen. Nur ASS und Dipyridamol zeigte einen vorteilhaften Einfluss auf Thrombosen mit einem relativen Risiko von 0,35. Kaufmann et al. [96] belegten keinen Effekt von ASS und Clopidogrel auf die Prothesenthrombose, und in ihrer randomisierten Studie war das Blutungsrisiko beträchtlich. Eine Cochrane-Database-

Studie ergab gute Resultate für Ticlopidin auf AVF und Prothesenoffenheit bei einer Gesamtzahl von 312 Patienten [97] und in einer neueren Metaanalyse positive Effekte für ASS und Ticlopidin [98]. In einer aktuellen randomisierten kontrollierten Studie haben Dember et al. [99] den Einfluss von Clopidogrel vs. Placebo auf AVF untersucht. Bei gleichem Blutungsrisiko senkte Clopidogrel die Frühverschlussrate, hatte aber keinen Einfluss auf die Shuntreifung. Die Verabreichung von Pentoxifyllin hingegen steigert die Offenheit von Protheseshunts nicht [100].

**Patientenunabhängige Einflussfaktoren auf die Offenheitsrate von AV-Fisteln.** Späte Zuweisung und Beginn der Dialysebehandlung mit einem zentralvenösen Katheter verschlechtern die Chance für die erfolgreiche Anlage einer nativen AVF [101, 102]. Erfahrung und Engagement des die Shuntchirurgie betreibenden Arztes haben einen bedeutenden Einfluss auf das Ergebnis. Prischl et al. [103] fanden, dass die Erfahrung des Operateurs eine wesentliche Determinante für die Funktion radiocephaler AVF darstellt. Einige Nephrologen erstellen ihre Gefäßzugänge selbst, und es hat sich gezeigt, dass dieser Ansatz zu einer größeren Anzahl funktionierender AVF führen kann [104, 105].

**Zugangsassoziierte Morbidität, Hospitalisation und Mortalität.** Die Wahrscheinlichkeit irgendeiner zugangsassoziierten Hospitalisierung ist größer für Patienten mit Protheseshunt als für diejenigen mit AVF. Die Gründe umfassen Thrombose, Infektion und Septikämie [106, 107, 108, 109]. Bei Diabetespatienten ist die Sterblichkeitsrate größer für diejenigen mit Protheseshunts oder zentralvenösen Kathetern (verglichen mit Diabetespatienten mit AVF). Insbesondere gab es mehr infektionsbezogene Todesfälle sowohl bei diabetischen als auch bei nichtdiabetischen Patienten mit zentralvenösen Kathetern im Vergleich zu denen mit AVF. Ein arteriovenöser Shunt könnte das Risiko für kardiale Belastung und Tod erhöhen; diese Hypothese konnte jedoch an einer großen Patientengruppe nicht bestätigt werden [110]. Auf der anderen Seite tritt eine linksventrikuläre Hypertrophie

bei Patienten mit einem arteriovenösen Gefäßzugang häufiger auf [111] und kann sich bei Patienten nach Nierentransplantation normalisieren, wenn der Zugang aufgehoben wird [112].

## 4. Die Rolle des pflegerischen und ärztlichen Personals beim Management der Gefäße

### Empfehlungen

#### Empfehlung 4.1

*Das ärztliche und pflegerische Team sollte mitverantwortlich eingebunden werden, potenzielle Shuntgefäße zu erhalten und ein Shunt-Monitoring durchzuführen. Für jeden Patienten mit chronischer Nierenerkrankung sollte frühzeitig ein entsprechender Plan erarbeitet werden (Evidenzlevel IV).*

#### Empfehlung 4.2

*Die Punktion von potenziellen Shuntvenen oder Dialyseshunts sollte kontinuierlich mit Trainingsprogrammen geschult werden (Evidenzlevel IV).*

#### Empfehlung 4.3

*Eine autologe, native Fistel sollte erst punktiert werden, wenn sich die Shuntvene ausreichend ausgebildet hat (Evidenzlevel III).*

#### Empfehlung 4.4

*Protheseshunts sollten in Strickleitertechnik punktiert werden (Evidenzlevel III).*

Der Erhalt möglicher Shuntvenen an beiden Armen hat im Vor-Dialyse-Stadium eine besondere Bedeutung. Blutentnahmen, Infusionen oder Transfusionen sollten bevorzugt am Handrücken erfolgen, um die Unterarmvenen zu erhalten [113]. Nach Anlage eines Dialyseshunts, bevorzugt in Form einer nativen Fistel zwischen Arterie und Vene, beeinflusst eine sorgfältige Punktionstechnik die Lebensdauer des Zugangs. Das Dialysepersonal trägt eine große Verantwortung für den langfristigen Erhalt des Shuntgefäßes. Es sieht den Dialysepatienten regelmäßig, führt die Punktionen durch, beurteilt die Funktion und die Ausbildung des Fistelgefäßes [114]. Vor der Punktion des Dialyseshunts sollte immer die Funktion des Shuntgefäßes durch Inspektion und Palpation überprüft werden.

Die Punktion durch den Patienten oder durch einen Partner sollte intensiv trainiert, und das Erkennen von Komplikationen und Problemen des Dialyseshunts geschult werden [115].

Schwestern und Pfleger haben häufig mehr Erfahrung in der Shuntpunktion als Ärzte. Eine genaue schriftliche Anweisung über die Shuntpunktion oder über den Dialyseanschluss bei venösen Kathetern sollte erstellt und verbindlich von allen Mitarbeitern eingehalten werden. Der Nephrologe ist verantwortlich für die Erstellung von Standards zum Dialyseanschluss und für das Training der Mitarbeiter, an dem er sich aktiv beteiligen sollte.

Training und Fortbildung zur Punktion von Dialyseshunts und Durchführung von Katheterdialysen sollten durch Veranstaltungen der Fachgesellschaften, der Pflegevereinigungen und Patientenverbände gefördert und vermittelt werden [116], um das Verständnis für den Dialyseshunt und dessen punktionsbedingte Komplikationen zu vermitteln.

### Technik und Zeitpunkt der Shuntpunktion

Es gibt nur wenige Daten über Punktionstechniken von Dialyseshunts. Die Strickleiterpunktion von nativen Fisteln und insbesondere von Protheseshunts verhindert die Bildung von Pseudoaneurysmen [117] und stellt die Punktionstechnik dar, die trainiert und durchgeführt werden sollte [117]. Bei sehr kurzer Punktionsstrecke eines Dialyseshunts mit nativen Gefäßen kann die Knopfloch-Punktion an Stelle einer Areal-Punktion durchgeführt werden.

Nach der DOPPS-Studie [118] erfolgt die Punktion einer Shuntprothese in den USA bei 62% der Patienten innerhalb von 2 bis 4 Wochen, bei 61% in Europa und bei 42% der Patienten in Japan.

In den USA erfolgt die Punktion einer AV-Fistel bei 36% der Patienten innerhalb von 2 Monaten, in Europa bei 79% und in Japan bei 98%.

Eine frühere Punktion nach Fistelanlage kann mit einer kürzeren Lebensdauer der Dialysefistel verbunden sein. Eine Punktion in den ersten beiden Wochen nach Shuntanlage sollte daher vermieden werden. Idealerweise sollte die erste

Shuntpunktion 4 Wochen nach Shuntanlage erfolgen.

Ein gemessener Fistelfluss  $>600$  ml/min und ein sonographisch gemessener Durchmesser der Shuntvene  $>5$  mm sind Hinweis für eine ausreichende Funktion einer Shuntanlage mit nativen Gefäßen [104, 119, 120].

## 5. Shuntmonitoring

### Empfehlungen

#### Empfehlung 5.1

*AV-Fisteln und Prothesenshunts sollten vor jeder Punktion klinisch untersucht werden (Evidenzlevel IV).*

#### Empfehlung 5.2

*Ein objektives Monitoring der Shuntfunktion sollte durch regelmäßige Flussmessungen erfolgen (Evidenzlevel II).*

### Hintergrund

Vor jeder Punktion einer AV-Fistel oder eines Prothesenshunts ist es notwendig, den Zugang zu untersuchen. Durch Inspektion fallen Schwellungen, Infektionen, Hämatome, Aneurysmata oder Stenosen auf. Bei der Palpation tastet man das typische Schwirren sowie den intravaskulären Druck, der zwischen prä- und poststenotischen Segmenten unterschiedlich sein kann. Das poststenotische Kollabieren der Vene nach Elevation des Armes über Herzhöhe ist ein Hinweis auf die hämodynamische Relevanz einer Stenose bei autologen AV-Fisteln. Auskultation ist indiziert bei Verdacht auf Stenosierung. Im Bereich der Stenose können hochfrequente Geräusche auskultiert werden.

Die klinische Untersuchung von Prothesenshunts ist schwieriger, weil diese materialbedingt rigider sind, sie kann jedoch auch Hinweise auf den Shuntfluss erbringen [121]. Das Ergebnis einer standardisierten klinischen Untersuchung ist in regelmäßigen Abständen und bei jeder Auffälligkeit zu dokumentieren [122].

Jedem suspekten klinischen Untersuchungsbefund sollte durch objektive Untersuchungsmethoden nachgegangen werden. Verschiedene funktionelle und bildgebende Techniken, wie die Shunt-

flussmessung, Ultraschallsonographie und Angiographie (jeweils mit ihrer eigenen Wertigkeit), stehen zur Verfügung. Zweck der weiterführenden Diagnostik ist die frühe Feststellung einer AV-Fistel- oder Prothesendysfunktion mit dem Ziel einer präemptiven Korrektur ([123]; s. Empfehlung 7). Die technischen Untersuchungen können jedoch nicht die körperliche Untersuchung ersetzen.

Alle modernen Dialysemaschinen liefern venöse und arterielle Druckwerte, die zum Monitoring des Shunts genutzt werden können. Viele Dialysezentren nutzen ausschließlich die Druckwerte bei laufenden Pumpen (dynamische Drücke) zum Monitoring, obwohl die Standardisierung und Vergleichbarkeit der Druckwerte nicht gegeben ist. Sie werden im hohen Maße durch Blutfluss, Nadeldurchmesser und Punktionstechnik beeinflusst und weisen im Vergleich mit Shuntflussmessungen nur einen sehr geringen prädiktiven Wert auf [124]. Ein besser standardisierbares Verfahren stellt die Berechnung des „statischen Druckes“ dar [125, 126]. Dieses zeigt einige Vorteile gegenüber der Messung von dynamischen Drücken [127, 128]. Statische Druckmessungen haben sich insbesondere zum Monitoring von Prothesenshunts bewährt [129], haben aber in Deutschland bislang keine wesentliche Verbreitung gefunden.

Ein besser standardisierbares Monitoring ist durch Messung des Shuntflusses möglich. Dieser kann mit gleicher Genauigkeit durch Duplexsonographie oder Ultraschalldilutionstechnik (Transonic®) gemessen werden [130]. Andere Verfahren zur Flussmessung sind Critline III, Critline TQA, „variable flow doppler“, Geschwindigkeitsmessung in der Prothese und Glukosepumpentechnik dar. Diese weisen aber entweder größere Messungenauigkeiten auf, sind aufwendig und weniger gut untersucht als die Duplexsonographie und die Ultraschalldilutionstechnik. Bislang gibt es keine wissenschaftlich belegbare Präferenz für eine dieser Techniken [128].

Rationale zur Verwendung der Flussmessung als Monitoringverfahren ist die Beobachtung, dass insbesondere Shunts mit geringem Shuntfluss Stenosen aufweisen, die mit häufigeren Shunt-Verschläüssen korrelieren. Eine kontinuierliche Ab-

nahme des Shuntflusses im Vergleich zu Vormessungen korreliert ebenfalls mit einer höheren Verschlussrate [130].

Die „EBPG on Vascular Access“ [1] sowie Sprengel et al. [124] und andere Autoren empfehlen, zugunsten der Flussmessung auf jegliche Druckmessungen im Rahmen des Monitoring zu verzichten. Ein Shuntfluss von  $<600$  ml/min [129, 131, 132] bzw. eine Reduktion des Flusses von mehr als 20% pro Monat [131] ist bei Prothesenshunts eine Indikation zur präemptiven Intervention [133]. Für Unterarm-AV-Fisteln werden Flusswerte unter 300 ml/min als Indikation zur präemptiven Intervention empfohlen [133]. Für Oberarmfisteln gibt es bislang keine Daten. Zur Frequenz der Untersuchungen liegen keine Daten vor. Monatliche Flussmessungen für Prothesenshunts und quartalsweise Messungen für AV-Fisteln erscheinen empfehlenswert.

Die regelmäßige klinische Untersuchung und das apparative Monitoring mit präemptiver radiologischer oder chirurgischer Intervention reduziert die Thromboserate von AV-Fisteln und Prothesenshunts. Dieses Vorgehen führt zu einer geringeren Patientenmorbidity und zu geringeren Kosten im Gesundheitssystem [134, 135, 136, 137]. Auch wenn die vorliegenden Studien keine Verbesserung der Shuntüberlebenszeit nachweisen konnten, sollten Flussmessprogramme integraler Bestandteil der Dialysebehandlung sein [135].

## 6. Diagnose von Stenosen in AV-Fisteln und Prothesenshunts

### Empfehlungen

#### Empfehlung 6.1

*Bei Verdacht auf eine hämodynamisch signifikante Stenose durch klinische Untersuchung und/oder Flussmessung sollte eine Bildgebung so schnell wie möglich herbeigeführt werden (Evidenzlevel III).*

#### Empfehlung 6.2

*Eine präemptive Intervention sollte ohne Verzögerung perkutan oder operativ durchgeführt werden, und die Bildgebung sollte zeitnah vor dem Eingriff erfolgen (Evidenzlevel II).*

Hier steht eine Anzeige.



Die klinische Untersuchung sollte entscheidender Bestandteil der Diagnose einer Stenose von AV-Fisteln und Prothesenshunts sein [138].

Bei perkutaner Behandlung von Stenosen muss eine prä-, intra- und postinterventionelle Bildgebung erfolgen. Bei chirurgischer Revision sollte der Erfolg schon auf dem Operationstisch funktionell und/oder morphologisch überprüft werden. Bei unklaren Situationen sollte die Möglichkeit der intraoperativen Angiographie genutzt werden.

Eine Angiographie ausschließlich zur Diagnostik und ohne unmittelbar anschließende Behandlung sollte vermieden werden.

Beim Shuntverschluss ist eine umgehende chirurgische oder interventionelle Wiedereröffnung und Beseitigung der Ursache erforderlich, und zwar möglichst in einer Weise, dass die nächste Hämodialyse über den Zugang erfolgen kann. Die Implantation eines passageren zentralvenösen Katheters soll dadurch nach Möglichkeit vermieden werden.

## Diagnose von Stenosen

**Duplexsonographie.** Beim Verdacht auf eine Stenose kann eine Duplexsonographie zur Lokalisation und zur Quantifizierung des Stenosegrades erfolgen [139, 140, 141, 142]. Die Duplexsonographie ist in der Hand eines erfahrenen Untersuchers zur Feststellung und Lokalisation einer Stenose völlig ausreichend mit Ausnahme ihrer eingeschränkten Aussagekraft im Bereich der zentralen Venen [28]. Wenn die Duplexsonographie auf eine relevante Stenose hinweist, ist eine Angiographie zur Bestätigung nicht erforderlich.

Die Duplexuntersuchung ist insbesondere nützlich zur Durchführung von Flussmessungen bei nicht maturierten AV-Fisteln [143].

**Angiographie.** Von einer rein diagnostischen Angiographie mit ionischen Kontrastmitteln ohne nachfolgende Dilatation oder chirurgische Revision ist abzuraten. Jedoch ist die Angiographie typischerweise vor, während und nach einer Dilatation oder perkutanen Thrombolyse und nach chirurgischer Thrombektomie angezeigt. Sie dient zur Orientierung während

der Behandlung und zur Darstellung des Einstroms, residueller Stenosen, thrombotischen Materials oder zentral-venöser Abstromhindernisse [144]. Zur Vermeidung einer Verschlechterung der Nierenfunktion kann die Angiographie mit CO<sub>2</sub> oder Gadolinium eine Alternative darstellen [145]. Gadolinium ist kontraindiziert bei Patienten mit schwerer Niereninsuffizienz (GFR <30 ml/min), da für diese Patientengruppe Fälle von nephrogener systemischer Fibrose (NSF) beschrieben wurden. Als Alternative kann auch verdünntes jodhaltiges Kontrastmittel verwendet werden mit niedrigerem Risiko einer Nierenschädigung.

Eine Stenose im arteriellen Einstrom kann bei der Shuntdarstellung im Rahmen einer Nadelangiographie mit Punktion des Shuntgefäßes übersehen werden. Stenosen der Schultergürtel- und Armarterien lassen sich durch retrogrades Einführen eines Angiographiekatheters oder durch eine arterielle Nadelangiographie mit Punktion der A. brachialis oder A. axillaris darstellen [146].

**Magnetresonanztomographie.** Die Magnetresonanztomographie (MRA) wird als nützliche, sichere und geeignete Bildgebungsmethode auch bei komplexen Fragestellungen angesehen [26]. Auf die Einschränkungen wegen der Gefahr einer NSF wurde in diesem Kapitel bereits hingewiesen. Dies hat die Anwendbarkeit der MRA aktuell erheblich reduziert.

Die nichtinvasive Beurteilung des arteriellen und venösen Systems ist mit der MRA in einer Untersuchung möglich [147]. Bei Verdacht auf eine zentralvenöse Obstruktion ist eine Darstellung der gesamten venösen Ausstrombahn bis zum rechten Vorhof erforderlich. Die Magnetresonanztomographie der zentralen Venen ist der Phlebographie überlegen [148, 149].

## 7. Behandlung von Stenosen und Thrombosen in AV-Fisteln und Prothesenshunts

### Empfehlungen

#### Empfehlung 7.1

*Für venöse Abflussstenosen ist die perkutane transluminale Angioplastie (PTA) die*

*Therapie der ersten Wahl (Evidenzgrad III).*

#### Empfehlung 7.2

*Thrombosierte AV-Fisteln oder Prothesenshunts sollte entweder interventionell oder chirurgisch behandelt werden. Die Zentren sollten ihre Ergebnisse überprüfen und die Modalität wählen, welche die besten Ergebnisse erzielt (Evidenzgrad III).*

## Behandlung von Stenosen bei AV-Fisteln

**Relevante Stenosen.** Stenosen sollten nur dann behandelt werden, wenn eine Einschränkung des Durchmessers auf mehr als 50% (Einengung von mehr als 75% des Lumens) vorliegt und zusätzlich eine Reduktion des Shuntflusses oder eine unbefriedigende Dialysequalität besteht. Andere Indikationen für eine Stenosebehandlung sind Schwierigkeiten in der Kanulierung, eine schmerzhaftes Armschwellung, eine verlängerte Blutungszeit nach Entfernung der Kanüle (verursacht durch einen hohen venösen Druck) und eine Handischämie. Die häufigste Ursache für eine Stenose ist eine intimale Hyperplasie. Bei radiocephalen AV-Fisteln sind Stenosen in 55–75% anastomosennah lokalisiert, 25% im venösen Abstrom [150, 151].

Bei brachiocephalen, brachio basilicalen und anderen Fisteln in der Ellenbeuge finden sich Stenosen meist (55%) an der Einmündung der V. cephalica in die V. axillaris bzw. der V. basilica in die V. brachialis [150].

Neben Stenosen in den Shuntvenen sollte bei unbefriedigenden Shuntflüssen oder rezidivierenden Shuntverschlüssen auch immer nach Stenosen im arteriellen Zufluss gesucht werden, auch wenn diese seltener vorkommen.

### Anastomosennahe Stenosen der Shuntvene.

Bei anastomosennahen Stenosen von radiocephalen AV-Fisteln führt eine chirurgische Behandlung im Sinne einer Proximalverlagerung der Anastomose meist zu dauerhaften Verbesserungen [152]. Die Restenoseraten nach PTA in dieser Region sind sehr hoch [153]. Dennoch können auch durch PTA in einigen Fällen dauerhafte Verbesserungen er-

zielt werden. Bei frühen oder wiederholten Stenose-Rezidiven nach PTA sollte eine chirurgische Behandlung durchgeführt werden.

Die chirurgische Therapie wird man vor allem dann wählen, wenn die Anastomose weit distal lokalisiert ist. Im Gegensatz hierzu mag bei proximalen radiocephalen AV-Fisteln und bei AV-Fisteln im Ellenbogenbereich primär eine PTA, ggf. auch eine Re-PTA gerechtfertigt sein, insbesondere dann, wenn die Shunt-Punktionsstrecke durch eine Proximalverlagerung der Anastomose zu kurz werden würde oder eine Verlagerung der Anastomose ohne Interponat nicht möglich ist.

Bei allen PTAs und chirurgischen Revisionen ist potenziell die Gefahr der Ausbildung eines Stealsyndroms gegeben [154]. Dies trifft insbesondere für Interventionen bei Anastomosenstenosen von Shunts im Ellenbogen- und Oberarmbereich zu. Hier wird eine vorsichtige Aufdehnung empfohlen, eine Dilatation auf mehr als 6 mm ist selten indiziert.

**Venöse Abflussstenosen.** Bei Stenosen in den Abflussvenen (V. cephalica/V. basilica am Oberarm) und in deren Konfluenz mit dem tiefen Venensystem ist die PTA die Behandlungsmethode der ersten Wahl [155].

Bei der stentgestützten PTA ist zu berücksichtigen, dass im Bereich des Stent keine weitere Kanülierung zur Dialyse möglich ist. Bei Platzierung eines Stent an der Einmündung der V. cephalica in die V. axillaris sollte er nicht wesentlich in diese hineinragen. Dies kann eine Stenose der V. subclavia verursachen, die eine zukünftige erfolgreiche Verwendung dieses Armes zur Shuntanlage erschweren würde [156].

**Langstreckige Stenosen.** In der Literatur wird kontrovers diskutiert, ob langstreckige Stenosen durch radiologische Intervention oder Operation behandelt werden sollten. Während einige Autoren ein operatives Verfahren mittels Interponat oder Venentransposition empfehlen [127, 157], bevorzugen andere die radiologische Intervention [158]. Bisher gibt es keine Studien, welche die Überlegenheit einer dieser beiden Behandlungsoptionen bei langstreckigen Stenosen belegen. Allerdings wird durch PTA bei kurzstrecki-

gen Stenosen (<2 cm) ein besseres Ergebnis erzielt als bei langstreckigen Stenosen (>2 cm; [159]).

**Persistierende Stenosen.** Manche Stenosen können nicht durch konventionelle Ballon-Angioplastie erweitert werden, diese „harten“ Stenosen können mittels schneidenden Ballons oder Hochdruck-Ballonkathetern (bis zu 32 ATM) behandelt werden [160, 161].

**Rezidivierende Stenosen.** Rezidivierende Stenosen können radiologisch, mit bzw. ohne Stentimplantation oder chirurgisch behandelt werden [150]. Bei der Festlegung des Behandlungskonzeptes sollte die individuelle Verfassung des Patienten in Relation zur Invasivität der chirurgischen Behandlung berücksichtigt werden. Trotz kompletten Eröffnens des Ballonkatheters auf einen zufrieden stellenden Durchmesser kann es vorkommen, dass das dilatierte Gefäß unmittelbar nach Entfernung des Ballons kollabiert. Diese Retraktion kann besonders in zentralen Venen durch eine Stentimplantation verhindert werden [162].

Eine Stent-Platzierung im Punktionsbereich von Unterarmfisteln sollte vermieden werden. Sie ist indiziert bei PTA-induzierten Rupturen, die nicht durch eine protrahierte Ballondilatation kontrollierbar sind.

## Behandlung von Thrombosen bei AV-Fisteln

Dauer und Lokalisation der AV-Fistelthrombose sowie der Zugangsweg sind wichtige Faktoren für das Behandlungsergebnis. Eine zügige Revaskularisation macht den unmittelbaren Gebrauch der Fistel zur Dialyse ohne die Notwendigkeit eines zentralvenösen Katheters möglich. Fistelthrombosen sollten daher so früh wie möglich, sicher aber innerhalb von 48 Stunden behandelt werden. Da sich Thromben im Verlauf an der Venenwand fixieren, wird ihre Entfernung bei längerem Bestand der Thrombose erschwert.

Eine Thrombose kann bei Anastomosenstenose lediglich das der Anastomose unmittelbar nachgeschaltete Venensegment betreffen, während die drainierende Shuntvene durch venösen Kollate-

ralfluss offen bleiben kann. Im Falle einer geplanten Proximalverlagerung der Anastomose nach Shuntthrombose kann es daher nützlich sein, das Ausmaß der Thrombose präoperativ zu kennen. Die Anastomosierung mit einer frisch thrombektomierten Vene hat ein höheres Risiko des Frühverschlusses als die Anastomosierung mit einer nicht thrombosierten Vene, die durch Kollateralfluss offen geblieben ist [157, 163]. Bei brachiobasilicaren Fisteln, die durch Transposition mit Durchtrennung aller Seitenäste vorverlagert wurden, betrifft die Thrombose in der Regel die gesamte Vene.

**Interventionelle Thrombolyse, interventionelle Thrombektomie oder chirurgische Thrombektomie?** In der Literatur findet sich eine große Zahl von klinischen Serien zur mechanischen oder pharmakomechanischen interventionellen sowie zur konventionellen chirurgischen Therapie von Fistelthrombosen [46, 150, 156, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172]. Prospektive Studien zum Methodenvergleich fehlen jedoch vollständig. Daher kann zum jetzigen Zeitpunkt weder eine bestimmte radiologische noch die chirurgische Behandlung von Fistelthrombosen als Methode der Wahl empfohlen werden.

Prinzipiell gilt, dass die Beseitigung der zugrundeliegenden Stenose integraler Bestandteil jeder Thrombolyse- oder Thrombektomie-Therapie ist. Die Wahl der Therapieform sollte sich daher nach der (wahrscheinlichen) Stenoselokalisierung richten (s. oben), aber auch nach der Erfahrung und Erreichbarkeit des jeweiligen Behandlers. Relative Kontraindikationen gegen eine Lysetherapie und eventuell erhöhte Narkose- und Operationsrisiken müssen in die Entscheidung mit einfließen. Letztendlich sollte jedes Zentrum die Ergebnisse seiner Behandlung kennen und kritisch überprüfen.

## Behandlung von Stenosen bei Prothesenshunts

Eine relevante Stenose liegt vor, wenn eine Einengung des Durchmessers auf mehr als 50% (Einengung auf mehr als 75% des Lumens) gemeinsam mit einer Reduktion des Shuntflusses oder einer unbefriedigende Dialysequalität besteht.

**Stenosen an der arteriellen Anastomose.** Die meisten Stenosen der arteriellen Anastomose von Prothesenshunts können erfolgreich mittels PTA behandelt werden. Solch eine Stenose kann dilatiert werden, wenn nur die zuführende Arterie und die Prothese an der Stenosierung beteiligt sind und keine Stenose der Arterie distal der Anastomose vorliegt. Sollte hier eine zusätzliche Stenose vorliegen, würde eine Angioplastie der Anastomose den Fluss durch die Prothese erhöhen. In diesem Fall bestünde dann ein relevantes Risiko für die Ausbildung eines Steal-Syndroms. In diesen Fällen sollte eine Dilatation auch der abführenden Arterie oder eine operative Revision der Anastomose erwogen werden.

**Stenosen im Punktionsbereich.** Stenosen können auch im Punktionsbereich auftreten. Sie sind durch exzessives Einwachsen von fibrotischem Gewebe durch Punktionslöcher bedingt. Solche Stenosen können durch PTA [173], Prothesenkürettage [174] oder chirurgischem Teilersatz der Prothese behandelt werden. Wenn nur ein Teil des für die Punktions verwendeten Segmentes ausgetauscht wird, kann der Shunt weiterhin für die Hämodialyse verwendet werden, ohne die Notwendigkeit eines zentralvenösen Katheters. Sollten Stenosen auch in dem nicht ausgetauschten Teil der Prothese vorliegen, kann dieses Segment nach Einheilung des neuen Segmentes ausgetauscht werden.

**Stenosen an der venösen Anastomose.** Die häufigste Ursache für eine Prothesendysfunktion und Thrombose ist eine Stenose an der venösen Anastomose [173, 175, 176]. Da Kunststoffprothesen nur bei Patienten implantiert werden sollten, bei denen das periphere Venensystem aufgebraucht ist, sollten venensparende Prozeduren wie PTA oder Patch-Angioplastie einer Bypassverlängerung zu zentraleren venösen Abschnitten vorgezogen werden, selbst wenn die zuletzt genannte Option bessere Offenheitsraten gewährleistet. Sollte es nach PTA zu wiederholten Restenosen kommen, ist eine zusätzliche Stentimplantation zu erwägen [151, 177, 178, 179, 180]. Sollte ein Stent oder ein Patch nicht zum gewünschten Erfolg führen, besteht immer noch die Möglichkeit einer Pro-

thesenverlängerung. Solch eine Stufen-therapie kann die kumulative Funktion des Interponates verbessern. Bei 20–30% der Interponate kann eine PTA den Blutfluss nicht auf über 600 ml/min erhöhen, was auf eine unzureichende Aufdehnung mit einem im Verhältnis zu kleinen Ballonkatheter, auf ein sofortiges Wiederauftreten der Stenose oder auf das Vorliegen einer nicht identifizierten oder nicht korrigierten Zweitstenose hindeutet.

### Behandlung von Thrombosen bei Prothesenshunts

Eine Thrombosierung von Prothesen sollte ohne unnötigen Zeitverlust und innerhalb von 48 Stunden, zumindest aber vor der nächsten geplanten Hämodialyse behandelt werden. Die zügige Beseitigung des Thrombus macht einen unmittelbaren Gebrauch des Dialysezuganges ohne Notwendigkeit eines zentralvenösen Katheters möglich [181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192]. Es liegt immer ein kompakter „arterieller“ Pfropfen vor. Alte Thromben sind oft mit der Venenwand über die venöse Anastomose hinaus verbacken, was ihre Entfernung erschwert.

**Operative Thrombektomie.** Die operative Thrombektomie wird mit einem Thrombektomie-Katheter durchgeführt. Eine intraoperative Angiographie sollte nach Abschluss der Thrombektomie durchgeführt werden. Hierbei sollten der komplette venöse Abfluss aber auch die gesamte Prothese dargestellt werden. Residuale Thromben müssen ausgeschlossen und die Ursache der Thrombose identifiziert werden. Die gleichzeitige Korrektur der zugrundeliegenden Stenose ist integraler Bestandteil einer jeden operativen oder interventionellen Revaskularisation [175, 176].

**Interventionelle Thrombolysen und interventionelle Thrombektomie.** Eine Thrombose von Kunststoffprothesen kann mit unterschiedlichen perkutanen Techniken und Instrumenten behandelt werden. Hierbei können einzeln oder in Kombination Thrombusaspiration, Thrombolysen und mechanische Thrombektomie zum Einsatz kommen.

Eine initiale Erfolgsrate von 73% mit Offenheitsraten von nur 32 und 26% nach einem bzw. drei Monaten werden beschrieben [183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194]. Smits et al. [195] verglichen unterschiedliche perkutane Thrombektomieverfahren und kamen zu dem Schluss, dass nur die erfolgreiche Behandlung der zugrundeliegenden Stenose für das Therapieergebnis entscheidend ist. Jedes Zentrum sollte daher seine Technik nach vorhandener Expertise wählen.

Unabhängig von der angewendeten Technik ist es wichtig, die Revaskularisation so schnell wie möglich durchzuführen, um einen zentralen venösen Katheter zu vermeiden. Des Weiteren sollte die Behandlung möglichst ambulant erfolgen, um Kosten zu reduzieren.

## 8. Aneurysmata von Fistelvene und Prothesenshunt

### Empfehlungen

#### Empfehlung 8.1

*Die sukzessive Dilatation der Fistelvene im Rahmen der Shuntreinigung ist Voraussetzung für die erfolgreiche Nutzung des Zugangs.*

#### Empfehlung 8.2

*Umschriebene Aussackungen einer Fistelvene mit rascher Progredienz und Perforationsgefahr, wandständigen Stenosen und Infektzeichen sollten chirurgisch korrigiert werden. Auf eventuell nachgeschaltete Stenosen ist zu achten.*

#### Empfehlung 8.3

*Pseudoaneurysmen von Shuntprothesen nach Arealpunktion stellen bei Progredienz eine Indikation zum Teil-Prothesenwechsel dar.*

### Aneurysmen bei AV-Fisteln

Die Dilatation der Fistelvene nach Anlage einer AV-Fistel ist grundsätzlich ein erwünschter Vorgang. Nur so sind ein ausreichender arteriovenöser Blutfluss und eine qualitativ gute Hämodialyse gewährleistet. Umschriebene aneurysmatische Dilatationen können jedoch gelegentlich Anlass zur Intervention geben, und zwar bei rascher Progredienz, Perforationsge-

Hier steht eine Anzeige.



fahr, Entwicklung wandständiger Thromben und Infektzeichen [196], insbesondere aber bei nachgeschalteter, hämodynamisch wirksamer Stenose, die immer gesucht und behandelt werden sollte. Bei ausgesprochener Dilatation und Elongation der Fistelvene ist oft eine Resektion (von Aneurysma und Stenose) mit End-zu-End-Anastomose der Fistelvene möglich, alternativ eine Resektion mit Protheseninterponat. Eine postaneurysmatische Stenose kann unter Verzicht auf Fremdmaterial auch mittels Patchplastik aus der im Sinne einer Aneurysmorrhaphie teilexzidierten Aneurysmawand behandelt werden.

### Aneurysmen bei Protheseshunts

Bei mehrjährig benutzten Shuntprothesen kommt es punktionsbedingt zu einem sukzessiven Substanzverlust. Insbesondere, wenn nur umschriebene Areale der Prothese punktiert werden, können sich durch vollständigen Verlust der Prothesenwand in diesen Bereichen Pseudoaneurysmen entwickeln. Da diese Aneurysmen immer direkt subkutan liegen und daher zwangsläufig expandieren, besteht bei Diagnose auch eine (prophylaktische) Operationsindikation. Ein Teil-Prothesenwechsel unter Umgehung des Pseudoaneurysmas ist die Therapie der Wahl [196].

## 9. Diagnose und Behandlung zentral-venöser Stenosen und Verschlüsse

### Empfehlungen

#### Empfehlung 9.1

*Bei Verdacht auf zentral-venöse Obstruktion sollte eine angiographische Überprüfung des Shunts und des kompletten venösen Abstromes bis zum rechten Vorhof erfolgen (Evidenzniveau III).*

#### Empfehlung 9.2

*Eine Behandlung sollte mit perkutanen Interventionsmaßnahmen erfolgen (Evidenzniveau III).*

### Diagnose zentral-venöser Obstruktionen

Eine chronische Schwellung des den Hämodialysezugang tragenden Armes ist das

wichtigste klinische Zeichen einer zentral-venösen Obstruktion [197]. Oft sieht man erweiterte oberflächlichen Kollateralvenen im Bereich von Schulter und oberer Thoraxapertur. Schmerzen und Gefühlsstörungen sind möglich. Zentral-venöse Obstruktionen sollten dann behandelt werden, wenn sie den Patienten durch Armschwellung und dauerhafte Schmerzen behindern oder zu einer Reduktion der Hämodialysequalität führen [198]. Bei vermuteter zentral-venöser Obstruktion muss neben der angiographischen Darstellung des Shunts die Darstellung des kompletten venösen Abstroms bis zum rechten Vorhof erfolgen [144, 199]. Die sonographische Darstellung der zentralen Venen ist nur unvollständig möglich und daher nicht ausreichend aussagekräftig.

Bei der Mehrzahl der Patienten besteht eine zentral-venöse Obstruktion auf der vorherigen Einführung zentral-venöser Katheter. Bei 40% der Patienten mit Subclavia-Katheter entwickelt sich eine zentral-venöse Obstruktion im Vergleich zu lediglich 10% der Patienten, welche einen Jugularvenen-Katheter erhalten haben [200]. Bei Patienten ohne Katheteranamnese können Schrittmacherdrähte oder Kompression der mediastinalen Venen ursächlich für die Obstruktion sein. In solchen Fällen können Röntgenübersichtsaufnahmen, Computertomographie oder Magnetresonanztomographie zur differenzialdiagnostischen Beurteilung sinnvoll sein.

Ist eine Behandlung der zugrundeliegenden Erkrankung nicht möglich oder nicht ausreichend, um die Armschwellung in solchen Fällen zu beheben, ist eine Ballonangioplastie ggf. mit Stentimplantation angezeigt [182].

### Behandlung der zentral-venösen Obstruktion

**Interventionelle Behandlung.** In der letzten Dekade wurden verschiedene Studien über eine alleinige Dilatationsbehandlung bei Patienten bei zentral-venöser Obstruktion publiziert. Die primäre Durchgängigkeitsrate nach einem Jahr betrug weniger als 10%, von zahlreichen Restenosen wurden berichtet [197, 201, 202]. Die Stentimplantation hat zu einer Verbesse-

rung der primären 1-Jahres-Durchgängigkeitsrate auf 56% und besser geführt [144, 197, 203].

Eine regelmäßige Kontrolle und erneute Interventionen sind notwendig, um die Durchgängigkeit zu erhalten und einen klinischen Langzeiterfolg zu erreichen [10, 11, 12].

Diese Zahlen unterscheiden sich nicht wesentlich von denen einer chirurgischen Intervention [197, 203]. Wegen der größeren Invasivität der Chirurgie sollten die interventionellen Verfahren (PTA mit Stentimplantation) als primäre Behandlungsoption angesehen werden [144, 204, 205].

Bei Platzierung eines Stents in die V. subclavia sollte eine Überlappung des Ostiums einer offenen V. jugularis interna vermieden werden, um diese Vene für die zukünftige Platzierung zentral-venöser Dialysekatheter zu erhalten. Gleichermaßen sollte ein Stent bei Platzierung in die V. anonyma nicht das Ostium der Gegenseite überragen, da ansonsten eine kontralaterale Stenose auftreten könnte, welche die zukünftige Anlage eines Dialysezuganges am kontralateralen Arm erschweren würde [144].

Erfahrungen von thrombolytischen Verfahren bei zentral-venösen Thrombosen sind gering, sie werden aufgrund der meist chronischen Natur des Verschlussprozesses nicht als primäre Behandlungsstrategie empfohlen.

**Chirurgie.** Sollte eine interventionelle Behandlung zentral-venöser Stenosen nicht möglich sein oder fehlschlagen, ist eine chirurgische Therapie zu erwägen. Hierbei sollten das generelle Narkose- und Operationsrisiko nach der ASA-Klassifikation [206], die Lebenserwartung des Patienten sowie die Gefäßsituation berücksichtigt werden. Eine Shuntligatur sollte nur als letzte Option zur Behandlung der lokalen Beschwerden diskutiert werden.

Vor jedem gefäßchirurgischen Eingriff muss die vorliegende Bildgebung unter diesem Gesichtspunkt erneut evaluiert und ggf. ergänzt werden. Sollte bei Verschluss der V. subclavia ein Bypass zur ipsilateralen V. jugularis interna aufgrund einer Obstruktion der V. anonyma nicht möglich sein, ist eine zusätzliche (sonographische und/oder radiologische) Bildgebung des anderen Arms erforderlich,

um zu untersuchen, ob dort ein neuer Gefäßzugang angelegt werden kann, oder ob ein subclaviosubclavialer bzw. ein subclaviojugulärer cross over-Bypass möglich sind [207, 208, 209]. Sollte eine beidseitige Obstruktion der mediastinalen Venen unter Einschluss der V. cava superior vorliegen, ist eine sonographische Untersuchung der iliokavalen Venen angezeigt, um die Möglichkeiten für einen Oberschenkelshunt zu prüfen. Alternativ kann bei Verschluss der V. cava superior die Anlage eines axillofemorales bzw. -iliakalen oder rechts-atrialen Bypass [210, 211] erwogen werden. Bei Verschluss sämtlicher zentraler Venen bzw. der oberen und der unteren Hohlvene kann ein arterioarterielles Schleifeninterponat in axillärer oder femoraler Position angelegt und zur Dialyse punktiert werden [212].

## 10. Diagnostik und Behandlung der shuntinduzierten Ischämie

### Empfehlungen

#### Empfehlung 10.1

*Die shuntinduzierte Ischämie sollte durch die klinische Untersuchung erkannt werden. Ihre Ursache sollte sowohl durch nicht-invasive Bildgebung als auch durch eine Angiographie identifiziert werden (Evidenzlevel III).*

#### Empfehlung 10.2

*Therapeutische Möglichkeiten bestehen in der Verbesserung des arteriellen Einstroms, der Drosselung des Shuntflusses und/oder der Verbesserung der distalen Blutzufuhr. Wenn diese Maßnahmen nicht greifen, sollte die Shuntligatur in Betracht gezogen werden (Evidenzlevel II).*

### Rationale

Die shuntinduzierte Ischämie der oberen Extremitäten ist eine gravierende Komplikation, die, wenn sie nicht rechtzeitig behandelt wird, eine Amputation zur Folge haben kann [213]. Ausgehend von der veröffentlichten Datenlage variiert die Häufigkeit einer symptomatischen Ischämie in der dialysepflichtigen Bevölkerung zwischen 2 und 8% [214, 215]. Ältere Patienten, Diabetespatienten und Patienten mit peripherer und/oder koronarer Verschluss-

**Tab. 2** Behandlungsergebnisse bei der AV-Zugang-assoziierten Ischämie

	Autoren, Jahr	(n)	Symptomfrei (%)	Zugang offen (%)
<b>Banding</b>	Odland et al., 1991 [233]	16	100	40
	DeCaprio et al., 1997 [233]	11	91	10
	Morsy et al., 1998 [233]	6	100	33
	Aschwanden et al., 2003 [233]	3	100	100
	Zanow et al., 2006 [233]	77	86	91 <sup>a</sup> 58 <sup>b</sup>
	Tellioglu et al., 2008 [233]	30	100	100 <sup>a</sup> 80 <sup>b</sup>
<b>DRIL</b>	Schanzer et al., 1992 [233]	14	93	82
	Haimov et al., 1996 [233]	23	96	73
	Katz et al., 1996 [233]	6	83	100
	Berman et al., 1997 [233]	21	100	94
	Lazarides et al., 1998 [233]	7	94	–
	Stierli et al., 1998 [233]	6	100	100
	Knox et al., 2002 [233]	52	90	83
	Korzetz et al., 2003 [233]	9	89	100
	Sessa et al., 2004 [233]	18	100	94
<b>PAVA</b>	Zanow et al., 2006 [233]	30	84	87

<sup>a</sup>Ein-Jahres-Offenheitsraten gedrosselter AVF; <sup>b</sup>Ein-Jahres-Offenheitsraten gedrosselter Prothesenshunts.

krankheit neigen eher zur Entwicklung einer shuntinduzierten Ischämie. Darüber hinaus erhöht ein früherer ipsilateraler Gefäßzugang das Risiko. Die shuntinduzierte Ischämie kommt häufiger bei proximal gelegenen Fisteln vor [216]. Hier können Hochfluss-AV-Fisteln ein Anzapfphänomen mit Absenkung des distalen Perfusionsdruckes verursachen; bei unzureichendem Kollateralkreislauf können Symptome auftreten [217, 218, 219, 220]. Zur Beschreibung des Schweregrades der shuntinduzierten Ischämie kann eine Grad-1–4-Klassifikation verwendet werden (Grad 1: aschfahle/blau und/oder kalte Hand ohne Schmerzen; Grad 2: Schmerzen unter Belastung und/oder Hämodialyse; Grad 3: Ruheschmerz; Grad 4: Ulzeration, Nekrose, Gangrän). Während für die Grad-1- und -2-Ischämie ein beobachtendes Abwarten gerechtfertigt sein kann, ist bei einer Grad-3- und -4-Ischämie die Indikation zur Intervention gegeben [221].

### Diagnose der shuntinduzierten Ischämie

Durch eine körperliche Untersuchung unter Einschluss der Palpation der peripheren Gefäße kann die Diagnose einer shuntinduzierten Ischämie meist sicher gestellt werden. Die Diagnose kann durch zusätzliche nichtinvasive Untersuchungen

wie die Messung der Fingerarteriendrucke, die Bestimmung des Finger-Arm-Indexes und die transkutane Sauerstoffmessung weiter untermauert werden.

Zur Therapieplanung ist eine Sonographie der Arm- und Fingerarterien, die Messung des Shuntflusses und meist auch eine angiographische Darstellung erforderlich [222, 223, 224]. Bei der Angiographie ist der arterielle Gefäßstatus der oberen Extremität von der proximalen A. subclavia bis zu den Fingerarterien darzustellen. Zur vollständigen Darstellung der peripheren Arterien ist meist eine Shuntkompression erforderlich [225].

### Therapie der shuntinduzierten Ischämie

Die Behandlungsmöglichkeiten hängen von der Ätiologie der Ischämie ab; arterielle Einstromstenosen und/oder distale arterielle Läsionen können meist interventionell behandelt werden [226, 227, 228]. Bei Hochfluss-AV-Fisteln sind flussmindernde Maßnahmen (Drosselung oder Verlagerung der Anastomose nach distal) indiziert [229, 230, 231]. Eine shuntinduzierte Ischämie bei normalem Shuntfluss kann durch eine Ligatur der Arterie distal der arteriovenösen Anastomose behandelt werden [232]. Dies kann als Einzelmaßnahme bei distalen radiocephalen

Fisteln ausreichen, wenn der Shunt bei offener A. ulnaris noch über den Hohlhandbogen gespeist wird. Im Falle eines Shunts im Ellenbeugenbereich wird zusätzlich empfohlen, ein V.-saphena-Transplantat als Bypass auf die Unterarmarterien anzuschließen (distale Revaskularisation und Intervall-Ligatur: DRIL). Dieses Verfahren führt meist zu Beschwerdefreiheit bei Erhalt des Shunts (■ **Tab. 2** [233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241]). Eine einfache Alternative zu der DRIL-Operation ist die PAVA-Technik (proximale arteriovenöse Anastomose), bei der die arteriovenöse Anastomose in der Ellenbeuge diskonnektiert und mit Hilfe eines Protheseninterponates in die Achselhöhle verschoben wird [242, 243, 244]. Eine Shuntligatur ist nur bei Versagen der genannten Korrekturmaßnahmen indiziert.

Ein intraoperatives Monitoring ist unverzichtbar. Bei Drosselungsoperationen muss interoperativ der Shuntfluss gemessen werden. Bei den anderen Maßnahmen ist die Messung des Finger-Blutdrucks oder eine transkutane Oxymetrie geeignet, um das Operationsergebnis vorherzusagen. Ein Finger-Arm-Blutdruck-Index  $>0,60$  oder ein  $\text{tcpO}_2$  von  $>40$  mm Hg sind hinweisend auf eine ausreichende distale Perfusion der Hand [245, 246, 247].

### Prävention der durch einen AV-Zugang induzierten Ischämie

Weder durch gründliche präoperative Diagnostik noch durch sorgfältige chirurgische Technik lässt sich das Risiko einer shuntassozierten Ischämie abschätzen oder ihr Auftreten immer verhindern. Allenfalls die präoperative Messung der Finger-Blutdrücke und die Bestimmung des Finger-Arm-Indexes können hilfreich sein, um Patienten mit Ischämierisiko zu erfassen. Patienten mit einem präoperativen Finger-Arm-Index unter 1,0 entwickeln häufiger ein Steal-Syndrom, allerdings gibt es keinen Schwellenwert, unterhalb dessen immer ein Steal-Syndrom auftritt [248].

Ein Steal-Syndrom ist wahrscheinlicher bei Patienten, die eine arteriovenöse Fistel am Oberarm bekommen, als bei Patienten, die mit Prothesenshunt versorgt werden. Um hohe Shuntflussvolumina zu vermeiden, wird die Anlage einer kurzen arteriovenösen Anastomose (10 mm bei

den radiocephalen Fisteln sowie 5–7 mm bei Implantaten und/oder brachiocephalen/basilischen-Fisteln) empfohlen.

## 11. Zentraler Venenzugang

### Empfehlungen

#### Empfehlung 11.1

*Permanente zentrale Venenkatheter zur chronischen Dialysebehandlung sollten als letzte Möglichkeit angelegt werden, falls ein anderer permanenter Zugang oder die Peritonealdialyse nicht möglich ist (Evidenzgrad III). Bei Patienten mit akutem Dialysebedarf sind passagere zentrale Venenkatheter indiziert (Evidenzgrad III).*

#### Empfehlung 11.2

*Die perkutane Anlage akuter und permanenter Katheter sollte ultraschallunterstützt erfolgen. Ein konventionelles Röntgenbild sollte vor Benutzung des Katheters angefertigt werden, um Katheterlage und Komplikationen zu erkennen (Evidenzgrad II).*

#### Empfehlung 11.3

*Die rechte V. jugularis interna ist die empfohlene Insertionsstelle (Evidenzgrad II).*

#### Empfehlung 11.4

*Nicht getunnelte Katheter sollten nur in Akutsituationen benutzt werden oder, wenn die voraussichtliche Liegedauer weniger als 2 Wochen beträgt. In allen anderen Fällen sollten getunnelte Katheter bevorzugt werden (Evidenz III).*

### Indikationen zur Katheteranlage

Eine Katheteranlage ist indiziert bei Patienten mit akuter Dialyseindikation ohne Gefäßzugang. Ein akuter Shuntverschluss stellt nur dann eine Indikation zur Katheteranlage dar, wenn es nicht möglich ist, den Shunt durch Intervention oder Operation kurzfristig wieder nutzbar zu machen. Auch bei Patienten mit Steal-Syndrom besteht eine Indikation zur Katheterimplantation nur dann, wenn der AV-Shunt unterbunden werden muss und andere Gefäßzugangsmöglichkeiten nicht zur Verfügung stehen. Eine Katheteranlage bei Herzinsuffizienz ist nicht generell indiziert [111]. Alternativ zur Katheteranlage kann die Anlage eines Shunts

mit niedrigem Flussvolumen erwogen werden.

### Technik der Katheteranlage

Die Katheteranlage ist eine Hochrisikoprozedur, die hohe Aufmerksamkeit erfordert. Sie sollte unter aseptischen Bedingungen von einem erfahrenen Arzt vorgenommen werden. Die perkutane Implantation ist der offen-chirurgischen vorzuziehen. Die bevorzugte Insertionsstelle ist die rechte V. jugularis interna, gefolgt von der linken. Die Femoralvenen sollten nur für Zugänge genutzt werden, die weniger als eine Woche benötigt werden. Die V. subclavia sollte nicht benutzt werden.

Die Insertion sollte unter Ultraschallführung erfolgen, um arterielle Fehlpunktionen zu vermeiden [252]. Zusätzlich ist eine Durchleuchtung ratsam, um den Verlauf und die Lage des Führungsdrahtes zu beurteilen. In einer neueren Studie erfolgte bei 60 Patienten die Katheteranlage randomisiert mit oder ohne Ultraschallkontrolle [253]. Die Erfolgsrate beim ersten Punktionsversuch betrug 87% bei Verwendung von Ultraschall, 57% bei Punktion ohne Ultraschall. Auch die Komplikationsrate war bei der Verwendung von Ultraschall geringer [253]. Für Patienten, die sich in einer lebensbedrohlichen Situation befinden, die eine sofortige Hämodialyse erfordert, ist die Femoralvene die bevorzugte Insertionsstelle. Aufgrund des hohen Risikos von Stenosen wird die V. subclavia nicht mehr für Katheter benutzt [254].

### Katheterleistung und -pflege

Der Katheter sollte eine ausreichende Dialyseeffektivität ermöglichen, ohne dass die Behandlungsmodalitäten (Frequenz, Dauer) geändert werden müssen. Getunnelte Katheter sind den nicht-getunnelten Kathetern in vielen Aspekten überlegen (Dysfunktion, Thrombose, Infektion, Morbidität) und sollten prinzipiell bei allen Patienten bevorzugt werden.

Es sind jedoch auch einige Nachteile zu berücksichtigen, wie etwa größeres Trauma der Insertionsstelle aufgrund des größeren Durchmessers und der eventuell zurückhaltenderen und verspäteten Entscheidung zur Entfernung bei Infektionsverdacht gegenüber nichtgetunnelten Ka-

thetern (s. Kapitel 12). Daher sollte ein getunnelter Katheter insbesondere dann gewählt werden, wenn die Zeit bis zur voraussichtlichen Nutzbarkeit eines definitiven Zugangs (Shunt) länger als 2 Wochen beträgt [255]. Port-Katheter-Systeme bieten ähnlich hohe Flussraten und Effektivität wie getunnelte Katheter und bessere kosmetische Ergebnisse. Leider ist das Infektrisiko auch bei Portsystemen ähnlich hoch wie bei zentralvenösen Kathetern [256, 257].

Katheterpflege sowie sämtliche Manipulationen sollten nach aseptischen Standards erfolgen.

## 12. Management von Komplikationen zentraler Venenkatheter

### Empfehlungen

#### Empfehlung 12.1

*Eine Katheterdysfunktion sollte durch lokale Fibrinolyse therapiert werden, um einen ausreichenden Fluss wiederherzustellen. Rezidivierende Katheterdysfunktionen erfordern neben der lokalen Lyse eine Bildgebung des Katheters, mikrobiologische Untersuchung und Evaluation der Indikation zur systemischen Koagulation (Evidenz III).*

Katheterdysfunktionen sind relativ häufig. Die Minderung des Blutflusses führt zur Reduzierung der Dialysedosis. Eine Katheterdysfunktion kann durch geeignetes Material, korrekte Insertionstechnik und strikte Protokolle bei der Katheteranlage minimiert werden. Getunnelte Katheter mit zwei unabhängigen Lumina und seitlichen Löchern („Split-Katheter“) bieten höhere Flussraten und weniger Rezirkulation als konventionelle Doppellumenkatheter [258]. Die Insertion in der rechten V. jugularis bietet die besten Flussraten [258].

Eine Katheterdysfunktion muss frühzeitig entdeckt und korrigiert werden, um eine ausreichende Dialyseeffektivität wieder herzustellen. Die Katheterdysfunktion kann als komplette oder inkomplette Obstruktion auftreten. Letztere kommt oft durch Fibrinauflagerungen zustande, die entweder luminal verschließend wirken oder als externe

Fibrinscheide Seit- und Austrittslöcher obstruieren.

Zur Verhinderung der Katheterdysfunktion durch Thrombosierung können antikoagulatorisch wirksame Lock-Lösungen mit Heparin oder Zitrat verwendet werden [259, 260]. Ein gewisser Anteil der Lock-Lösung kann in die systemische Zirkulation entweichen. Dies kann zur Thrombosierung des Katheters und zu systemischen Blutungskomplikationen führen. Die Effektivität von antithrombogenen Medikamenten wie Vitamin-K-Antagonisten oder Thrombozytenfunktionshemmern zur Vermeidung der Katheterdysfunktion ist nicht hinreichend belegt. Frühere Studien konnten keinerlei Nutzen von Vitamin-K-Antagonisten aufzeigen [261, 262]. Demgegenüber wurde die Effektivität einer oralen Antikoagulation zur Vermeidung von Kathetherthrombosen in einer neueren Studie bejaht [263]. Die Autoren beobachteten eine deutliche Reduktion von Thrombosen unter niedrig dosiertem Vitamin-K-Antagonist (INR 1,8–2,5) in Kombination mit Ticlopidin (12 vs. 52%) ohne wesentliche Blutungskomplikationen [263]. Eine endgültige Beurteilung zur Wirkung systemischer Antikoagulation bei Kathetherthrombosen ist derzeit nicht zu treffen. Unter Behandlung mit Vitamin-K-Antagonisten ist das Risiko für das Auftreten einer Kalziphylaxie erhöht [264].

Zur Verhinderung einer katheterinduzierten Infektion ist Heparin nicht geeignet. Hierfür eignen sich hochprozentige Zitratlösungen, Taurolidin [265] oder antibiotikahaltige Lösungen, eventuell in Kombination mit Heparin. Für die Prophylaxe von Infektionen sind sowohl 30% Zitrat [260] als auch antibiotikahaltige Lösungen [266] den alleinigen Heparin-Lösungen deutlich überlegen [265]. Es gibt keine ausreichenden Studien, die unterschiedliche Lösungen zur Infektionsprophylaxe vergleichen.

Die Kathetereffektivität muss kontrolliert werden, um eine Dysfunktion zu erkennen. Dies kann durch Bestimmung von Flussrate, Rezirkulation oder Messung des Kt/V erfolgen. Zur Prävention von Thrombosen kann eine periodische lokale Lyse erwogen werden. Diese kann mittels Urokinase oder rTPA erfolgen,

entweder durch Auffüllen des Katheters oder durch kontinuierliche Infusion. Okkludierte Katheter können durch mechanische oder medikamentöse Maßnahmen (Instillation oder Infusion von Urokinase bzw. rTPA über 3 bis 6 Stunden) wieder eröffnet werden. Eine Alternative ist das Wechseln des Katheters über einen Führungsdraht.

## 13. Management des infizierten Gefäßzugangs

### Empfehlungen

#### Empfehlung 13.1

*Die Infektion von AV-Fisteln ohne Fieber oder Bakteriämie soll über mindestens 2 Wochen mit geeigneten Antibiotika behandelt werden (Evidenzlevel III).*

#### Empfehlung 13.2

*Die Infektion von AV-Fisteln mit Fieber und/oder Bakteriämie sollte mit der intravenösen Gabe geeigneter Antibiotika über mindestens 2 Wochen behandelt werden. Eine Exzision der Fistel ist im Falle von septischen Thromben und/oder septischen Embolien erforderlich (Evidenzlevel IV).*

#### Empfehlung 13.3

*Lokal infizierte Prothesenshunts können durch segmentale Resektion und Umgehung im infektfreien Bereich erhalten werden. Eine langfristige geeignete Antibiotikatherapie (2 Wochen intravenös und anschließend Fortführung per os über weitere 4 Wochen) wird empfohlen (Evidenzlevel III).*

#### Empfehlung 13.4

*Die Anastomoseninfektion ist eine Indikation für den totalen Ausbau der Prothese (Evidenzlevel II).*

#### Empfehlung 13.5

*Bei vermuteter Katheterinfektion ist eine Entfernung des Katheters zu erwägen.*

*Bei gesicherter Katheterinfektion sollten nicht getunnelte Katheter sofort entfernt werden (Evidenzlevel III).*

#### Empfehlung 13.6

*Bei gesicherter Katheterinfektion bei getunnelten Kathetern kann eine verzögerte Entfernung bei kurzer febriler Reaktion vertreten werden (Evidenzlevel III). Eine umge-*

hende Entfernung ist in jedem Fall bei Sepsis erforderlich.

## AV-Fistel- und Protheseninfektionen

Infektionen von AV-Fisteln sprechen gewöhnlich gut auf geeignete Antibiotika an, die abhängig vom Auftreten von Fieber und/oder Bakteriämie oral oder intravenös verabreicht werden. Eine chirurgische Revision oder die Exzision der Fistel ist erforderlich, wenn infizierte Thromben, Aneurysmen und/oder septische Embolien nachgewiesen wurden.

Infektionen von Prothesen shunts sind 2- bis 4-mal häufiger als die von AV-Fisteln [267]. Die Infektion einer Prothese hat eine schlechte Prognose und erfordert üblicherweise eine chirurgische Revision und/oder eine Explantation in Ergänzung zur antibiotischen Therapie. Bei schwereren Infektionen mit systemischen oder lokalen Komplikationen (z. B. Anastomosenblutung) sollte die Prothese unmittelbar explantiert werden [268, 269]. Die Erhaltung einer Shuntprothese kann nur unter besonderen Umständen und unter konsequenter antibiotischer Abdeckung versucht werden. Verschiedene chirurgische Techniken sind in Kombination mit einer Antibiotikatherapie beschrieben worden. Bei infizierten Thromben, falschen Aneurysmen und Weichteilentzündung sind die Explantation des infizierten Prothesensegmentes und die Anlage einer aseptischen Umgehung mit einer neuen Prothese indiziert [268]. Ein derartiger Erhaltungsversuch kann durch eine lokale Reinfektion oder eine generalisierte Infektion mit Sepsis kompliziert werden. Dann ist gewöhnlich die komplette Explantation des Fremdmaterials mit anschließender Drainage erforderlich.

## Infektionen zentraler Venenkatheter

Katheterbedingte Infektionen stellen die häufigste Ursache für Erkrankungen bei Patienten dar, die mit einem zentral-venösen Zugang zur Hämodialyse versorgt sind [270, 271]. Eine Katheterinfektion ist immer ein schwerwiegendes Ereignis und erfordert eine frühzeitige Diagnose und angemessene Therapie, um weitere Komplikationen zu vermeiden. Die Diagnose einer Katheter-

infektion ist immer dann leicht zu stellen, wenn Fieber gemeinsam mit Schmerz und einer Katheteraustritts- bzw. Tunnelinfektion auftritt. Die Diagnose einer Katheterinfektion ist viel schwieriger bei endoluminaler Kontamination oder nur geringen Zeichen einer Entzündung. In diesen Fällen können nur Blutkulturen oder Kulturen aus dem Katheter eine Diagnose ermöglichen [272].

Infektionen des Katheteraustritts oder des Tunnels werden in der Regel von den Pflegekräften bei der klinischen Untersuchung vor dem Anschließen an die Dialyse entdeckt. An eine endoluminale Katheterinfektion muss dann gedacht werden, wenn Fieberschübe unter der Dialysetherapie auftreten und ein Keimnachweis in der Blutkultur gelingt. Katheterbedingte Sepsis sind häufig assoziiert mit Komplikationen wie Endokarditis, Arthritis, Spondylodiszitis oder Osteomyelitis.

Blutuntersuchungen wie Leukozytenzahl, Differenzialblutbild, CRP, Procalcitonin (PCT) oder Interleukin-1 sind bei der Diagnose einer Katheterinfektion hilfreich.

Gründliche Schulung des Personals, geeignete Kleidung, Beachtung hygienischer Maßnahmen und ein striktes und schriftlich festgelegtes Protokoll für den Katheteranschluss und -abschluss sind unerlässliche Maßnahmen, um das Auftreten von Katheterinfektionen zu reduzieren [273, 274, 275]. In diesem Zusammenhang sei auch auf die aktuellen Hygiene-Leitlinien der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Klinische Nephrologie ([www.nephrologie.de/leitlinie.pdf](http://www.nephrologie.de/leitlinie.pdf)) verwiesen.

Zitrat als Lock-Lösung ist wegen seiner antibakteriellen und antithrombotischen Eigenschaften zur Infektionsprophylaxe geeignet ([260, 276, 277, 278]; s. auch Empfehlung 12).

Eine lokale Behandlung des Katheteraustritts mit topischen antimikrobiellen Substanzen verringert zwar das Auftreten von Bakteriämien, erhöht allerdings auch das Risiko für das Auftreten antibiotikaresistenter Keime [279, 280, 281].

Ob antibiotika- oder silberbeschichtete Katheter das Auftreten einer Katheterinfektion verringern, ist unklar [282, 283, 284].

Die Identifikation von Patienten mit einer Kolonisierung mit einem Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA) im Nasen-Rachen-Raum ist wichtig, die Eradikation mit einem topischen Anti-

biotikum führt zu einer Reduktion von katheterassoziierten Bakteriämien [285, 286].

Therapie der ersten Wahl bei katheterassoziierten Infekten ist die Entfernung des Katheters. Nichtgetunnelte Katheter sind bei jeder katheterassoziierten Infektion sofort zu entfernen. Bei getunnelten Kathetern mit katheterassoziierten Infektionen sollte sorgfältig abgewogen werden, ob der Katheter entfernt werden muss oder erhalten werden kann. In jedem Fall ist der betroffene Patient engmaschig zu überwachen. Eine sofortige Entfernung ist bei Sepsis indiziert. Bei weniger schweren Infektionen kann versucht werden, den Katheter zu erhalten. In allen Fällen ist unverzüglich eine intravenöse Antibiotikatherapie einzuleiten, die sowohl gegen gram-positive als auch gram-negative Keime wirksam ist [287, 288, 289]. Parallel sollte eine antimikrobiell wirksame Lock-Lösung eingesetzt werden. Falls das Fieber trotz dieser Therapie nach 2 Tagen persistiert, ist der Katheter zu entfernen. Die antimikrobielle Therapie sollte mindestens über 2 Wochen intravenös erfolgen, um den Infekt zu beseitigen.

In allen Fällen sollten Ultraschalluntersuchungen des Katheterverlaufs durchgeführt werden, um Tunnelinfektionen zu diagnostizieren. Im Falle einer katheterassoziierten Infektion mit Tunnelinfekt ist immer eine Entfernung des Katheters indiziert. Dies trifft auch für rekurrende Infektionen nach Absetzen der antibiotischen Therapie zu.

Eine Darstellung der zentralen Venen durch Phlebographie, eine Katheter-Angiographie, eine transösophageale Sonographie oder PET-Untersuchung stellen technische Möglichkeiten dar, potenziell infizierte Thromben oder thrombotische Umscheidungen des Katheters zu erkennen [290].

## Korrespondenzadresse

**Prof. Dr. M. Hollenbeck**

Klinik für Nephrologie und Rheumatologie,  
Knappschaftskrankenhaus Bottrop  
Osterfelderstr. 155a, 46242 Bottrop  
[markus.hollenbeck@kk-bottrop.de](mailto:markus.hollenbeck@kk-bottrop.de)

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Das Literaturverzeichnis ...

... finden Sie in der html-Version dieses Beitrags im Online-Archiv auf der Zeitschriftenhomepage [www.DerNephrologe.de](http://www.DerNephrologe.de)