

# Interdisziplinäre Empfehlungen deutscher Fachgesellschaften zum Gefäßzugang zur Hämodialyse

Markus Hollenbeck<sup>1a</sup>, Volker Mickley<sup>2b</sup>, Jan Brunkwall<sup>3b</sup>, Harald Daum<sup>4b</sup>, Patrick Haage<sup>5c</sup>, Jürgen Ranft<sup>6d</sup>, Ralf Schindler<sup>7a</sup>, Peter Thon<sup>8a</sup>, Dierk Vorwerk<sup>9c</sup>

- 1 Klinik für Nephrologie und Rheumatologie, Knappschafts Krankenhaus Bottrop
  - 2 Fachbereich Gefäßchirurgie, Kreiskrankenhaus Rastatt Klinikum Mittelbaden gGmbH
  - 3 Klinik für Visceral- und Gefäßchirurgie, Universität zu Köln
  - 4 Klinik für Allgemein-, Gefäß- und Thoraxchirurgie, Allgemeines Krankenhaus Hamburg-Harburg
  - 5 Radiologie Region West, HELIOS Klinikum Wuppertal
  - 6 Klinik für Angiologie, Knappschafts Krankenhaus Bottrop
  - 7 Nephrologie Charite, Campus Virchow-Klinikum, Berlin
  - 8 Klinik für Nephrologie, Diabetologie und Shuntoperationen, Klinikum Bad Hersfeld
  - 9 Radiologische Klinik, Klinikum Ingolstadt
- 
- a Deutsche Gesellschaft für Nephrologie
  - b Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie
  - c Deutsche Röntgengesellschaft, Deutsche Gesellschaft für interventionelle Radiologie und minimalinvasive Therapie
  - d Deutsche Gesellschaft für Angiologie

## Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Markus Hollenbeck  
Klinik für Nephrologie und Rheumatologie  
Knappschafts Krankenhaus Bottrop  
Osterfelderstrasse 155a  
46242 Bottrop  
E-mail: markus.hollenbeck@kk-bottrop.de  
Tel.: 02041 / 151601  
Fax: 02041 / 151602

## 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 „**G**efäßzugänge für die **H**ämodialyse: **I**nterdisziplinäre **A**rbeitsgruppe“ „GHIA“.

Ziel der GHIA ist die Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit zum Zwecke der landesweiten Verbesserung der Versorgung unserer Hämodialysepatienten im Hinblick auf zugangs-assoziierte 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<sup>1</sup>, 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 ist die Formulierung der strukturellen und qualitativen Anforderungen an Shuntschwerpunktzentren sowie deren Zertifizierung.

Parallel zu unseren Arbeiten werden von den Pflegeverbänden Empfehlungen zum Umgang mit Dialysezugängen aus pflegerischer Sicht erarbeitet. Wir haben diese Arbeiten von Seiten der GHIA begleitet. Auf die mehr pflegerischen Aspekte wird aus diesem Grunde hier nicht näher eingegangen. Eine Publikation der pflegerischen Empfehlungen 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 unter der Adresse [www.springer.com/xyz](http://www.springer.com/xyz) zur Diskussion stellen 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

**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** Potentielle Hämodialysepatienten sollten einem Chirurgen bzw. Nephrologen zur Vorbereitung der Anlage eines Gefäßzugangs vorgestellt werden sobald die GFR weniger als 30 ml/min beträgt. Eine frühere Vorstellung ist indiziert bei schwierigen Gefäßverhältnissen oder rapid sich 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<sup>2-5</sup>. Eine AV-Fistel kann erst nach Ausreifung, die mehrere Wochen benötigt, erstmals punktiert werden (siehe 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 2-3 Wochen nach Implantation kanüliert werden, sie gelten aber nicht als Zugang der ersten Wahl (siehe Empfehlung 3.2). Durch frühzeitige Vorstellung und Operation soll die Notwendigkeit einer Katheteranlage vermieden werden. Frühe Vorstellung beim Nephrologen soll darüber hinaus Gelegenheit zur Diskussion aller Optionen der Nierenersatztherapie, für Interventionen zur Progressionsverlangsamung und Korrektur der metabolischen Folgen der Niereninsuffizienz gewährleisten.

## **2. Präoperative Untersuchungen**

### **Empfehlung 2.1.**

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

### **Empfehlung 2.2.**

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

Shuntverschlüsse bei AV Fisteln treten mit einer Frequenz von 0,2/Patientenjahr auf. Für Prothesenshunts liegt diese Rate bei 0,8-1,0 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%<sup>6</sup>. 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 Parametern 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 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 rein klinischer Untersuchung auf 6% signifikant reduziert werden, wenn Ultraschall zusätzlich benutzt wurde<sup>7</sup>. In einer Studie von Silva et al<sup>8</sup> 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% anstatt 14%). Die Frühverschlussrate sank von 36% auf 8%<sup>8</sup>. In anderen Studien stieg die Rate an AV

Fisteln durch die zusätzlich durchgeführte Ultraschalluntersuchung von 17% bis 35% auf 58% bis 85%<sup>9-12</sup>. All diese Studien wurden jedoch in amerikanischen Zentren durchgeführt, die historisch sehr niedrige Raten an nativen AV-Fisteln in den vorangegangenen Jahren aufwiesen.

In einer anderen Studie war nach Einführung einer präoperativen Ultraschalluntersuchung ebenfalls die AV Fistelrate von 61% auf 73% gesteigert worden, dies allerdings auf Kosten einer niedrigeren Rate an funktionstüchtigen AV Fisteln<sup>13</sup>. 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<sup>14</sup>.

Venendurchmesser von weniger als 1,6 mm zeigen häufige Frühverschlüsse<sup>15</sup>, 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 oder bei Oberarmvenen mehr als 3 mm betrug<sup>16</sup>.

### 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 beeinflusst die Strategie der Shuntanlage. Wong et al<sup>15</sup> 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 zeigte sich der durchschnittliche A. radialis-Durchmesser bei erfolgreichen radiocephalen AV Fistelanlagen mit 2,7 mm im Vergleich zu 1,9 mm bei den frustranen Anlagen<sup>17</sup>. Malovrh 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 ab 1,6 mm 92% gegenüber einer nur 45%igen Erfolgsrate in der Gruppe unter 1,6 mm. Die Offenheitsraten nach 12 Wochen waren 82% bzw. 36%<sup>18</sup>. Der prädiktive Wert der Spitzenfussgeschwindigkeit in der A. radialis und des Resistance Index (RI) in Ruhe ist unsicher<sup>15;19;20</sup>. Signifikante Korrelationen ergaben sich zwischen dem postischämisch gemessenen radialen RI (0,50 vs 0,70), dem radialen Durchmesser (0,294cm vs 0,171cm) und dem radialen Blutfluss (90ml/min vs 33ml/min)<sup>21</sup>. 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.

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

Autor	Arteria radialis (mm)	Vena cephalica (mm)
Wong et al. <sup>15</sup>	1,6	1,6
Malovrh <sup>18</sup>	1,6	1,6
Silva et al. <sup>8</sup>	2,0	2,5
Ascher et al. <sup>22</sup>	-	2,5

### **Selektion der arteriellen und venösen Gefäße:**

Wir empfehlen nach derzeitigem Wissenstand (Tabelle 1) 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. 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<sup>23</sup>.

### **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 ebenfalls wegen der Gefahr einer nephrogenen systemischen Fibrose nicht anzuraten<sup>24;25</sup>. Die CO<sub>2</sub>-Angiographie und MR-Angiographie ohne Gadolinium<sup>26;27</sup> (siehe Empfehlung 6) können als sichere Methode 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<sup>28</sup>.

### 3. Strategien zur Anlage des Gefäßzugangs

**Empfehlung 3.1. Der Gefäßzugang muss einen ausreichenden Blutfluss bieten, denn nur so ist eine adäquate Hämodialyse möglich. (Evidence level II)**

**Empfehlung 3.2. Native arteriovenöse Fisteln sollten Prothesenshunts vorgezogen werden und Prothesenshunts den Kathetern. (Evidence level III)**

**Empfehlung 3.3. Die arteriovenöse Fistel am Arm sollte der bevorzugte Gefäßzugang sein und so distal wie möglich angelegt werden. (Evidence level III)**

**Empfehlung 3.4. Die Reifung der Fistel sollte überwacht werden, um, falls erforderlich, frühzeitig korrigierend eingreifen zu können. (Evidence level III)**

Die primären Offenheitsraten von AVF und Prothesenshunt unterscheiden sich signifikant: sie liegen nach 1 und 2 Jahren für AVF bei 90% bzw. 85%, für Prothesenshunts bei 60% bzw. 40%<sup>29</sup>. Mit intensivem Zugangsmonitoring unter Einschluss präemptiver Stenostherapiekonzepte 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**

*Radio-cephale AVF.* Die radio-cephale (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, welche gewöhnlich durch Patienteneigene Faktoren wie Alter, Diabetes mellitus und das Vorhandensein kardiovaskulärer Erkrankungen beeinflusst wird. Die Frühverschlussraten liegen bei 5% bis 30%<sup>6;30</sup>, die Langzeitfunktionsraten zwischen 65% und 90% nach einem Jahr sowie 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.* Wenn eine Handgelenks-nahe AVF bei unzureichenden Gefäßverhältnissen nicht möglich ist, kann am mittleren Unterarm bis zur Ellenbeuge eine weitere proximale Anastomose zwischen A. radialis und V. cephalica angelegt werden.

*AVF in der Ellenbeuge.* Wenn die peripheren Gefäße zu zart oder zu krank für die Anlage einer RCAVF sind, ist die Anlage einer proximaleren Fistel in der Ellenbeuge indiziert. Diese AVF (brachio-cubital = Gracz; brachio-cephal und brachio-basilical) erzeugen einen hohen Blutfluss und ermöglichen so eine hoch-effiziente Dialyse. Die Inzidenz thrombotischer und infektiöser Komplikationen ist gering, und die langfristigen Ergebnisse sind gewöhnlich gut<sup>31-41</sup>. Hauptnachteile dieser Hochfluss-AVF sind das Risiko der distalen Hypoperfusion, die zu einer symptomatischen

Handischämie führen kann, sowie hyperzirkulatorisches Herzversagen, speziell bei Patienten mit Koronarerkrankungen oder Herzinsuffizienz<sup>42</sup>.

*Frühverschluss und Interventionen:* Die Erfolgsrate der Anlage von AVF kann und sollte durch präoperative Gefäßdiagnostik verbessert werden (vgl. Empfehlung 2), durch perioperative Vasodilatation<sup>43</sup> und 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<sup>15;44</sup>. Der erhöhte postoperative Blutfluss durch die AVF mit hohem shear stress an der Gefäßwand initiiert den Prozess der Gefäßadaptation („remodelling“) mit dem Ergebnis der Gefäßerweiterung 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<sup>45-47</sup> (siehe Kapitel 7).

## **Gefäßzugang der Zweiten Wahl: Anlage eines Prothesenshundes**

Falls die Anlage einer nativen AVF nicht oder nicht mehr möglich ist, kann man sich zum Einsatz von Implantaten (alloplastisch, xenogen, autolog) als Gefäßzugang entscheiden. Shuntprothesen sind verfügbar aus Polyurethan<sup>48</sup>, 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% bis 90% nach einem und von 50% bis 70% nach zwei Jahren<sup>49-53</sup>. 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<sup>54-58</sup>.

V. saphena magna als körpereigenes (autologes) Transplantat wurde über einige Zeit mit mäßigen Ergebnissen eingesetzt<sup>59</sup>. Heutzutage sind bovine Mesenterialvene oder boviner Ureter als xenogene Materialien für einen alternativen Gefäßzugang mit akzeptabler Offenheits- und geringer Infektionsrate am Markt<sup>60</sup>.

### *Prothesenshunts an der unteren Extremität*

Die typische Indikation für den Gefäßzugang an der unteren Extremität ist die beidseitige zentralvenöse oder cavale 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<sup>61;62</sup>. Obwohl dies native AV Fisteln sind, werden sie unter den Zugängen der zweiten Wahl eingereicht.



## *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 bulbüs-förmigen Prothese<sup>57;63-66</sup>. Querelastische Prothesen könnten möglicherweise die Intimahyperplasie durch eine bessere Anpassung der Prothese an die nachgiebige Vene im Anastomosensbereich beeinflussen. Allerdings konnte dies in klinischen Studien nicht belegt werden<sup>67</sup>.

Externe Richtstrahlbestrahlung und Endo-Brachytherapie haben bei Prothesenshunts klinisch keine durchgreifenden Verbesserungen der Durchgängigkeitsraten gezeigt<sup>68-71</sup>.

## **Gefäßzugang der Dritten Wahl: Zentralvenöse Katheter**

Es gibt wenige Indikationen für den getunnelten zentralvenösen Katheter als dauerhafte Möglichkeit des Gefäßzugangs. Dies betrifft vornehmlich Patienten mit einer schweren zugangsbedingten Ischämie der oberen Extremität, einer schweren Herzinsuffizienz oder einem disseminierten Karzinom (siehe Kapitel 10).

## **Prognose nach Shuntanlage**

### *Patienten-abhängige Einflussfaktoren auf die Offenheitsrate der AVF-Anlage*

Mehrere Studien haben gezeigt, dass Patienten-abhängige Variablen einen 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 zu jungen Patienten zu einer leicht erhöhten Verschlussrate führen (18,9% vs. 13,6%<sup>48</sup>). Die Kombination von Alter und Diabetes jedoch hat einen 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-45jährigen Patienten auf 8,8% bei Patienten älter als 75 Jahre<sup>72;73</sup>. 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<sup>74-77</sup>. Auf der anderen Seite können Prothesenshunts in der Altersgruppe über 70 Jahren auch gut funktionieren. Stamos et al. zeigten nach 2 und 3 Jahren im Vergleich zu AVF bessere Offenheitsraten für Prothesenshunts<sup>78</sup>. 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.<sup>79</sup> 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 Frauen 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<sup>6</sup>.

Andere Studien haben gezeigt, dass das weibliche Geschlecht mit dem vermehrten Einsatz von Shuntprothesen und einer größeren Zahl von Revisionen des Gefäßzugangs assoziiert war<sup>73;75;77;80-83</sup>. In der HEMO-Studie fanden Allon et al.<sup>2</sup>, dass weibliches Geschlecht, pAVK, schwarze Hautfarbe, Body-mass-index (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 zehn 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<sup>81</sup>. Betroffene Patienten haben gewöhnlich schlechte, verdickte und kalzifizierte Arterien mit proximalen und/oder distalen Obstruktionen<sup>84</sup>.

Die Anlage eines Gefäßzugangs ist erschwert, und das Risiko einer Zugangs-assoziierten, 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<sup>85</sup>. Auf der anderen Seite kann bei Diabetikern sicherlich eine native AVF erfolgreich angelegt werden. Bei Diabetikern und Nicht-Diabetikern wurden unter Nutzung von Gefäßen mit vergleichbaren Durchmessern ähnliche Prozentanteile primärer AVF-Anlagen beschrieben, aber bei Diabetikern wurden mehr Gefäßverkalkungen gefunden<sup>86</sup>. Von Konner et al.<sup>41</sup> wurden exzellente Resultate primärer AVF-Anlagen auch bei Diabetikern beschrieben. Drei Fisteltypen wurden angelegt, und kein Patient benötigte eine Prothese. Radio-cephale AVF wurden in 62% und 23% der Patienten (Nicht-Diabetiker vs. Diabetiker) angelegt, während bei Diabetikern häufiger (77%) proximale Unterarmfisteln und Ellenbeugenfisteln benötigt wurden. Die primären Offenheitsraten waren vergleichbar, die sekundären jedoch nach 2 Jahren bei den Nicht-Diabetikern besser. Eine Ischämie trat bei den Diabetikern signifikant häufiger auf (7 vs. 0,6 je 100 Patientenjahre).

Homocysteinwerte haben keinen Einfluss auf das Versagen von Dialysezugängen<sup>87</sup>, während erhöhtes Lipoprotein bei schwarzen Dialysepatienten ein Risikofaktor für das Auftreten von Zugangskomplikationen sein könnte<sup>88</sup>. Chou et al. identifizierten in einer retrospektiven Analyse CRP als unabhängigen Vorhersagefaktor für AVF-Thrombosen<sup>89</sup>.

## *Sekundärprophylaxe zur Verbesserung der Offenheit von Gefäßzugängen*

Der Nutzen von Cumarin oder ASS für die Offenheitsrate von Prothesenshunts wurde mehrfach untersucht<sup>90-92</sup>. 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<sup>93</sup>. In der DOPPS Studie zeigten mit Cumarin behandelte Patienten sogar schlechtere Offenheitsraten der Prothesenshunts, während die Behandlung mit Calciumkanal-Blockern, Aspirin und ACE-Hemmern zu verbesserter Offenheit von AVF und Prothesenshunts führte<sup>94</sup>. In einer anderen Studie 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<sup>95</sup>. Kaufmann et al.<sup>96</sup> 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<sup>97</sup> und in einer neueren Metaanalyse positive Effekte für ASS und Ticlopidin<sup>98</sup>. In einer aktuellen randomisierten kontrollierten Studie haben Dember et al.<sup>99</sup> den Einfluss von Clopidogrel versus Placebo auf AVF untersucht. Bei gleichem Blutungsrisiko senkte Clopidogrel die Frühverschlussrate, hatte aber keinen Einfluss auf die Shuntreife. Die Verabreichung von Pentoxifyllin hingegen steigert die Offenheit von Prothesenshunts nicht<sup>100</sup>.

## *Patienten-unabhängige 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<sup>101;102</sup>. Erfahrung und Engagement des die Shuntchirurgie betreibenden Arztes haben einen bedeutsamen Einfluss auf das Ergebnis. Prischl et al.<sup>103</sup> 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<sup>104;105</sup>.

## *Zugangs-assoziierte Morbidität, Hospitalisation und Mortalität*

Die Wahrscheinlichkeit irgendeiner Zugangs-assoziierten Hospitalisierung ist größer für Patienten mit Prothesenshunt als für diejenigen mit AVF. Die Gründe umfassen Thrombose, Infektion und Septikämie<sup>106-109</sup>. Bei Diabetikern ist die Sterblichkeitsrate größer für diejenigen mit Prothesenshunts oder zentralvenösen Kathetern, verglichen mit denjenigen mit AVF. Insbesondere gab es mehr Infektions-bezogene Todesfälle sowohl bei diabetischen als auch bei nicht-diabetischen 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<sup>110</sup>. Auf der anderen Seite tritt eine linksventrikuläre Hypertrophie bei Patienten mit einem arteriovenösen

Gefäßzugang häufiger auf<sup>111</sup> und kann sich bei Patienten nach Nierentransplantation normalisieren, wenn der Zugang aufgehoben wird<sup>112</sup>.

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

Empfehlung **4.1:** Das ärztliche und pflegerische Team sollte mitverantwortlich eingebunden werden, potentielle Shuntgefäße zu erhalten und ein Shunt-Monitoring durchzuführen. Für jeden Patienten mit chronischer Nierenerkrankung sollte frühzeitig ein entsprechender Plan erarbeitet werden. (Evidence level IV)

Empfehlung **4.2:** Die Punktion von potentiellen Shuntvenen oder Dialyse-Shunts sollte kontinuierlich mit Trainingsprogrammen geschult werden. (Evidence level IV)

Empfehlung **4.3:** Eine autologe, native Fistel sollte erst punktiert werden, wenn sich die Shuntvene ausreichend ausgebildet hat. (Evidence level III)

Empfehlung **4.4:** Prothesen-Shunts sollten in Strickleiter-Technik punktiert werden (Evidence level 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<sup>113</sup>. Nach Anlage eines Dialyse-Shunts, 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<sup>114</sup>. Vor der Punktion des Dialyse-Shunts 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 Dialyse-Shunts geschult werden<sup>115</sup>.

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

Training und Fortbildung zur Punktion von Dialyse-Shunts und Durchführung von Katheter-Dialysen sollten durch Veranstaltungen der Fachgesellschaften, der Pflegevereinigungen und Patientenverbände gefördert und vermittelt werden<sup>116</sup>, um das Verständnis für den Dialyse-Shunt und dessen punktionsbedingte Komplikationen zu vermitteln.

#### **Technik und Zeitpunkt der Shuntpunktion**

Es gibt nur wenige Daten über Punktionstechniken von Dialyse-Shunts. Die Strickleiterpunktion von nativen Fisteln und insbesondere von Prothesen-Shunts verhindert die Bildung von Pseudo-Aneurysmen<sup>117</sup> und stellt die Punktionstechnik dar, die trainiert und durchgeführt werden sollte<sup>117</sup>. Bei sehr kurzer Punktionsstrecke

eines Dialyse-Shunts mit nativen Gefäßen kann die Knopfloch-Punktion an Stelle einer Areal-Punktion durchgeführt werden.

Nach der DOPPS-Studie<sup>118</sup> erfolgt die Punktion einer Shunt-Prothese in den USA bei 62% der Patienten innerhalb von 2-4 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 zwei 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 über 600 ml/min und ein sonographisch gemessener Durchmesser der Shuntvene über 5mm sind Hinweis für eine ausreichende Funktion einer Shuntanlage mit nativen Gefäßen<sup>104;119;120</sup>.

## 5. Shuntmonitoring

### Empfehlung 5.1.

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

### Empfehlung 5.2.

Ein objektives Monitoring der Shuntfunktion sollte durch regelmäßige Flussmessungen erfolgen (Evidenz Level 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 Material-bedingt rigider sind, kann jedoch auch Hinweise auf den Shuntfluss erbringen<sup>121</sup>. Das Ergebnis einer standardisierten klinischen Untersuchung ist in regelmäßigen Abständen und bei jeder Auffälligkeit zu dokumentieren<sup>122</sup>.

Jedem suspekten klinischen Untersuchungsbefund sollte durch objektive Untersuchungsmethoden nachgegangen werden. Verschiedene funktionelle und bildgebende Techniken wie die Shuntflussmessung, Ultraschallsonographie und Angiographie, jeweils mit ihrer eigenen Wertigkeit, stehen zur Verfügung. Ziel der weiterführenden Diagnostik ist die frühe Feststellung einer AV-Fistel- oder Prothesendysfunktion mit dem Ziel einer präemptiven Korrektur<sup>123</sup> (siehe 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 sie weisen im Vergleich mit Shuntflussmessungen nur einen sehr geringen prädiktiven Wert auf<sup>124</sup>. Ein besser standardisierbares Verfahren stellt die Berechnung des „statischen Druckes“ dar<sup>125;126</sup>. Dieses zeigt einige Vorteile gegenüber der Messung von dynamischen Drücken<sup>127;128</sup>. Statische Druckmessungen haben sich insbesondere zum Monitoring von Prothesenshunts bewährt<sup>129</sup>, 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<sup>130</sup>. Andere Verfahren zur Flussmessung stellen Critline III, Critline TQA, „Variabel flow doppler“, Geschwindigkeitsmessung in der Prothese und Glucosepumpentechnik dar. Diese weisen aber entweder größere Messungengenauigkeiten auf, sind aufwendig und weniger gut untersucht als die Duplexsonographie und die Ultraschalldilutionstechnik. Bislang gibt es keine wissenschaftlich belegbare Präferenz für eine dieser Techniken<sup>128</sup>.

Rationale zur Verwendung der Flussmessung als Monitoringverfahren ist die Beobachtung, dass insbesondere Shunts mit geringem Shuntfluss Stenosen aufweisen, die mit häufigeren Shunt-Verschlüssen korrelieren. Eine kontinuierliche Abnahme des Shuntflusses im Vergleich zu Vormessungen ist ebenfalls mit einer höheren Verschlussrate korreliert<sup>130</sup>.

Die EBPG on Vascular Access<sup>1</sup>, Sprengel et al.<sup>124</sup> und andere empfahlen zugunsten der Flussmessung auf jegliche Druckmessungen im Rahmen des Monitoring zu verzichten. Ein Shuntfluss von <600 ml/Minute<sup>129;131;132</sup> bzw. eine Reduktion des Flusses von mehr als 20% pro Monat<sup>131</sup> ist bei Prothesenshunts eine Indikation zur präemptiven Intervention<sup>133</sup>. Für Unterarm-AV-Fisteln werden Flusswerte unter 300 ml/Minute als Indikation zur präemptiven Intervention empfohlen<sup>133</sup>. 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 zu selteneren Krankenhauseinweisungen und zu geringeren Kosten im Gesundheitssystem<sup>134-137</sup>. Auch wenn die vorliegenden Studien keine Verbesserung der Shuntüberlebenszeit nachweisen konnten, sollten Flussmessprogramme integraler Bestandteil der Dialysebehandlung sein<sup>135</sup>.



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

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 (Evidenz Level III)

Empfehlung 6.2. Eine präemptive Intervention sollte ohne Verzögerung perkutan oder operativ durchgeführt werden, und die Bildgebung sollte zeitnah vor dem Eingriff erfolgen (Evidenz Level II)

Die klinische Untersuchung sollte entscheidender Bestandteil der Diagnose einer Stenose von AV Fisteln und Prothesenshunts sein<sup>138</sup>.

Bei perkutaner Behandlung von Stenosen muss eine prä-, intra- und postinterventionelle Bildgebung erfolgen. Bei chirurgischer Revision sollte der Erfolg schon auf dem OP-Tisch 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<sup>139-142</sup>. 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<sup>28</sup>. 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<sup>143</sup>.

#### 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 Thrombolysen 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<sup>144</sup>. Zur Vermeidung einer Verschlechterung der Nierenfunktion kann die Angiographie mit CO<sub>2</sub> oder Gadolinium eine Alternative darstellen<sup>145</sup>. Gadolinium ist kontraindiziert bei Patienten mit schwerer Niereninsuffizienz (GFR < 30 ml/min), da für diese Patientengruppe Fälle von NSF (Nephrogene systemische Fibrose) beschrieben wurden. Als Alternative kann auch verdünntes jodhaltiges Kontrastmittel verwandt werden mit niedrigerem Risiko einer zukünftigen Nierenschädigung.

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

### Kernspinangiographie

Die Kernspinangiographie (MRA) wird als nützliche, sichere und geeignete Bildgebungsmethode auch bei komplexen Fragestellungen angesehen<sup>26</sup>. 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<sup>147</sup>. Bei Verdacht auf eine zentralvenöse Obstruktion ist eine Darstellung der gesamten venösen Ausstrombahn bis zum rechten Vorhof erforderlich. Die Kernspintomographie der zentralen Venen ist der Phlebographie überlegen<sup>148;149</sup>.

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

**Empfehlung 7.1. Für venöse Abflussstenosen ist die perkutane transluminale Angioplastie (PTA) die Therapie der ersten Wahl.( Evidence Grad 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. (Evidence Grad 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 schmerzhafte 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 radio-cephalen AV Fisteln sind Stenosen in 55-75% anastomosennah lokalisiert, 25% im venösen Abstrom<sup>150;151</sup>.

Bei brachio-cephalen, 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<sup>150</sup>.

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 radio-cephalen AV Fisteln führt eine chirurgische Behandlung im Sinne einer Proximalverlagerung der Anastomose meist zu dauerhaften Verbesserungen<sup>152</sup>. Die Restenoseraten nach PTA in dieser Region sind sehr hoch<sup>153</sup>. Dennoch können auch durch PTA in einigen Fällen dauerhafte Verbesserungen erzielt 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 radio-cephalen 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 potentiell die Gefahr der Ausbildung eines Stealsyndroms gegeben<sup>154</sup>. 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<sup>155</sup>.

Bei der Stent-gestützten PTA ist einerseits 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<sup>156</sup>.

### *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<sup>127;157</sup>, bevorzugen andere die radiologische Intervention<sup>158</sup>. Bisher gibt es keine Studien, welche die Überlegenheit einer dieser beiden Behandlungsoptionen bei langstreckigen Stenosen belegen. Allerdings wird durch PTA bei kurzstreckigen Stenosen (<2cm) ein besseres Ergebnis erzielt, als bei langstreckigen Stenosen (>2cm)<sup>159</sup>.

### *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<sup>160;161</sup>.

### *Rezidivierende Stenosen*

Rezidivierende Stenosen können radiologisch mit oder ohne Stent-Implantation oder chirurgisch behandelt werden<sup>150</sup>. 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 Stent-Implantation verhindert werden<sup>162</sup>.

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

## **Behandlung von Thrombosen bei AV Fisteln**

Die 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 Kollateralffluss 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 Kollateralffluss offen geblieben ist<sup>157;163</sup>. Bei brachio-basilicalen Fisteln, die durch Transposition mit Durchtrennung aller Seitenäste vorverlagert wurden, betrifft die Thrombose in der Regel die gesamte Vene.

### *Interventionelle Thrombolyse, interventionelle Thromektomie 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<sup>46;150;156;164-172</sup>. 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 zugrunde liegenden Stenose integraler Bestandteil jeder Thrombosetherapie ist. Die Wahl der Therapieform sollte sich daher nach der (wahrscheinlichen) Stenoselokalisierung richten (s.o.), 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<sup>173</sup>, Prothesencurettag<sup>174</sup> oder chirurgischem Teilersatz der Prothese behandelt werden. Wenn nur ein Teil des für die Punktion 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<sup>173;175;176</sup>. 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 Stent-Implantation zu erwägen<sup>151;177-180</sup>. Sollte ein Stent oder ein Patch nicht zum gewünschten Erfolg führen, besteht immer noch die Möglichkeit einer Prothesenverlängerung. Solch eine Stufentherapie kann die kumulative Funktion des Interponates verbessern. In 20% bis 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 Ballon-Katheter, auf ein sofortiges Wiederauftreten der Stenose oder auf das Vorliegen einer nicht identifizierten oder nicht korrigierten Zweit-Stenose 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<sup>181-192</sup>. 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 zugrunde liegenden Stenose ist integraler Bestandteil einer jeden operativen oder interventionellen Revaskularisation<sup>175;176</sup>.

## *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<sup>183-194</sup>. Smits et al.<sup>195</sup> haben unterschiedliche perkutane Thrombektomieverfahren verglichen und sind zu dem Schluss gekommen, dass nur die erfolgreiche Behandlung der zugrunde liegenden Stenose für das Therapieergebnis entscheidend ist. Jedes Zentrum sollte daher seine Technik nach vorhandener Expertise wählen.

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

## **8. Aneurysmata von Fistelvene und Prothesenshunt**

Empfehlung 8.1. Die sukzessive Dilatation der Fistelvene im Rahmen der Shuntreife 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 ist ein ausreichender av Blutfluss und eine qualitativ gute Hämodialyse gewährleistet. Umschriebene aneurysmatische Dilatationen können jedoch gelegentlich Anlass zur Intervention geben, und zwar bei rascher Progredienz, Perforationsgefahr, Entwicklung wandständiger Thromben und Infektzeichen<sup>196</sup>, 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 post-aneurysmatische Stenose kann unter Verzicht auf Fremdmaterial auch mittels Patchplastik aus der im Sinne einer Aneurysmorrhaphie teilexzidierten Aneurysmawand behandelt werden.

***Aneurysmen bei Prothesenshunts.*** 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<sup>196</sup>.



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

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<sup>197</sup>. 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<sup>198</sup>. Bei vermuteter zentral-venöser Obstruktion muss neben der angiographischen Darstellung des Shunts die Darstellung des kompletten venösen Abstroms bis zum rechten Vorhof erfolgen<sup>144;199</sup>. Die sonographische Darstellung der zentralen Venen ist nur unvollständig möglich und daher nicht ausreichend aussagekräftig.

Bei der Mehrzahl der Patienten beruht eine zentral-venöse Obstruktion auf der vorherigen Einführung zentral-venöser Katheter. Bei 40 Prozent der Patienten mit Subclavia-Katheter entwickelt sich eine zentral-venöse Obstruktion im Vergleich zu lediglich 10 Prozent der Patienten, welche einen Jugularvenen-Katheter erhalten haben<sup>200</sup>. Bei Patienten ohne Katheter-Anamnese können Schrittmacherdrähte oder Kompression der mediastinalen Venen ursächlich für die Obstruktion sein. In solchen Fällen können Röntgenübersichtsaufnahmen, Computertomographie oder Kernspintomographie zur differenzialdiagnostischen Beurteilung sinnvoll sein. Ist eine Behandlung der zugrunde liegenden Erkrankung nicht möglich oder nicht ausreichend, um die Armschwellung in solchen Fällen zu beheben, ist eine Ballonangioplastie ggf. mit Stentimplantation angezeigt<sup>182</sup>.

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 Prozent und zahlreiche Restenosen wurden berichtet<sup>197;201;202</sup>. Die Stentimplantation hat zu einer Verbesserung der primären 1-Jahres Durchgängigkeitsrate auf 56 Prozent und besser geführt<sup>144;197;203</sup>.

Eine regelmäßige Kontrolle und erneute Interventionen sind notwendig um die Durchgängigkeit zu erhalten und einen klinischen Langzeiterfolg zu erreichen (10-12).

Diese Zahlen sind nicht wesentlich unterschiedlich von denen einer chirurgischen Intervention<sup>197;203</sup>. Wegen der größeren Invasivität der Chirurgie sollten die interventionellen Verfahren (PTA mit Stentimplantation) als primäre Behandlungsoption angesehen werden<sup>144;204;205</sup>.

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-venösen Dialysekatheter zu erhalten. Gleichmaßen 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<sup>144</sup>.

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 erwogen werden. Hierbei sollten das generelle Narkose- und Operationsrisiko nach der ASA-Klassifikation<sup>206</sup>, die Lebenserwartung des Patienten sowie die Gefäßsituation berücksichtigt werden. Eine Shuntligatur sollte dabei 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 subclavio-subclavialer bzw. ein subclavio-jugulärer cross over-Bypass möglich sind<sup>207-209</sup>. Sollte eine beidseitige Obstruktion der mediastinalen Venen unter Einschluss der V. cava superior vorliegen, ist eine sonographische Untersuchung der ilio-cavalen Venen angezeigt, um die Möglichkeiten für einen Oberschenkelshunt zu prüfen. Alternativ kann bei Verschluss der V. cava superior die Anlage eines axillo-femorales bzw. -iliacales oder rechts-atriales Bypass<sup>210;211</sup> erwogen werden. Bei Verschluss sämtlicher zentraler Venen bzw. der oberen und der unteren Hohlvene kann ein arterio-arterielles Schleifeninterponat in axillärer oder femoraler Position angelegt und zur Dialyse punktiert werden<sup>212</sup>.

## 10. Diagnostik und Behandlung der Shunt-induzierten Ischämie

Empfehlung **10.1.** Die Shunt-induzierte Ischämie sollte durch die klinische Untersuchung erkannt werden. Ihre Ursache sollte sowohl durch nicht-invasive Bildgebung als auch durch eine Angiographie identifiziert werden (Evidenz-Level 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 Shunt-Ligatur in Betracht gezogen werden (Evidenz-Level II).

### Rationale

Die Shunt-induzierte Ischämie der oberen Extremitäten ist eine gravierende Komplikation, die, wenn sie nicht rechtzeitig behandelt wird, eine Amputation zur Folge haben kann<sup>213</sup>. Ausgehend von der veröffentlichten Datenlage variiert die Häufigkeit einer symptomatischen Ischämie in der dialysepflichtigen Bevölkerung zwischen 2% und 8%<sup>214;215</sup>. Ältere Patienten, Diabetiker und Patienten mit peripherer und / oder koronarer Verschlusskrankheit neigen eher zur Entwicklung einer Shunt-induzierten Ischämie. Darüber hinaus erhöht ein früherer ipsilateraler Gefäßzugang das Risiko. Die Shunt-induzierte Ischämie kommt häufiger bei proximal gelegenen Fisteln vor<sup>216</sup>. Hier können Hochfluss-AV-Fisteln ein Anzapf-Phänomen mit Absenkung des distalen Perfusionsdruckes verursachen; bei unzureichendem Kollateralkreislauf können Symptome auftreten<sup>217-220</sup>. Zur Beschreibung des Schweregrades der Shunt-induzierten 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 und Grad 4: Ulceration, Nekrose, Gangrän). Während für die Grad 1- und Grad 2-Ischämie ein beobachtendes Abwarten gerechtfertigt sein kann, ist bei einer Grad 3- und Grad 4-Ischämie die Indikation zur Intervention gegeben<sup>221</sup>.

### Diagnose der Shunt-induzierten Ischämie

Durch eine körperliche Untersuchung unter Einschluss der Palpation der peripheren Gefäße kann die Diagnose einer Shunt-induzierten Ischämie meist sicher gestellt werden. Die Diagnose kann durch zusätzliche nicht-invasive 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<sup>222-224</sup>. 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<sup>225</sup>.

### Therapie der Shunt-induzierten Ischämie

Die Behandlungsmöglichkeiten hängen von der Ätiologie der Ischämie ab; arterielle Einstromstenosen und/oder distale arterielle Läsionen können meist interventionell behandelt werden<sup>226-228</sup>. Bei Hochfluss-AV-Fisteln sind flussmindernde Maßnahmen (Drosselung oder Verlagerung der Anastomose nach distal) indiziert<sup>229-231</sup>. Eine Shunt-induzierte Ischämie bei normalem Shuntfluss kann durch eine Ligatur der Arterie distal der arteriovenösen Anastomose behandelt werden<sup>232</sup>. 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 (DRIL = distale Revaskularisation + Intervall-Ligatur). Dieses Verfahren führt meist zu Beschwerdefreiheit bei Erhalt des Shunts (Tabelle 1)<sup>233-241</sup>. 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<sup>242-244</sup>. 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-Blutdruckes oder eine transkutane Oxymetrie geeignet, um das Operationsergebnis vorherzusagen. Ein Finger-Arm-Blutdruck-Index > 0,60 oder ein tcpO<sub>2</sub> von > 40 mm Hg sind hinweisend auf eine ausreichende distale Perfusion der Hand<sup>245-247</sup>.

### Prävention der AV-Zugang-induzierten Ischämie

Weder durch gründliche präoperative Diagnostik noch durch sorgfältige chirurgische Technik lässt sich das Risiko einer Shunt-assoziierten Ischämie abschätzen oder ihr Auftreten immer verhindern. Allenfalls die präoperative Messung der Finger-Blutdrücke und die Bestimmung des Finger-Arm-Index 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<sup>248</sup>.

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 radio-cephalen Fisteln sowie 5-7 mm bei Implantaten und / oder brachio-cephalen/basilischen-Fisteln).

**Tabelle 1. Behandlungsergebnisse bei der AV-Zugang-assoziierten Ischämie**

	Autor, Jahr	#	Symptom-frei	Zugang offen
<b>Banding</b>	Odland et al., 1991 <sup>245</sup>	16	100%	40%
	DeCaprio et al., 1997 <sup>229</sup>	11	91%	10%
	Morsy et al., 1998 <sup>214</sup>	6	100%	33%
	Aschwanden et al., 2003 <sup>247</sup>	3	100%	100%
	Zanow et al., 2006 <sup>249</sup>	77	86%	91% <sup>1</sup> 58% <sup>2</sup>
	Tellioglu et al., 2008 <sup>250</sup>	30	100%	100% <sup>1</sup> 80% <sup>2</sup>
<b>DRIL</b>	Schanzer et al., 1992 <sup>233</sup>	14	93%	82%
	Haimov et al., 1996 <sup>234</sup>	23	96%	73%

	Katz et al., 1996 <sup>235</sup>	6	83%	100%
	Berman et al., 1997 <sup>236</sup>	21	100%	94%
	Lazarides et al., 1998 <sup>215</sup>	7	94%	---
	Stierli et al., 1998 <sup>237</sup>	6	100%	100%
	Knox et al., 2002 <sup>238</sup>	52	90%	83%
	Korzetz et al., 2003 <sup>251</sup>	9	89%	100%
	Sessa et al., 2004 <sup>240</sup>	18	100%	94%
<b>PAVA</b>	Zanow et al., 2006 <sup>243</sup>	30	84%	87%

1 Ein-Jahres-Offenheitsraten gedrosselter AVF

2 Ein-Jahres-Offenheitsraten gedrosselter Prothesenshunts

## 11. Zentraler Venenzugang

**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 sind. (Evidenz III). Bei Patienten mit akutem Dialysebedarf sind passagere zentrale Venenkatheter indiziert. (Evidenz III).

**Empfehlung 11.2** Die perkutane Anlage akuter und permanenter Katheter sollte ultraschall-unterstützt erfolgen. Ein konventionelles Röntgenbild sollte vor Benutzung des Katheters angefertigt werden, um Katheterlage und Komplikationen zu erkennen (Evidenz II).

**Empfehlung 11.3** Die rechte V. jugularis interna ist die empfohlene Insertionsstelle (Evidenz 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 Gefäßzugangs-Möglichkeiten nicht zur Verfügung stehen. Eine Katheteranlage bei Herzinsuffizienz ist nicht generell indiziert<sup>111</sup>. Alternativ zur Katheteranlage kann die Anlage eines Shunts mit niedrigem Flussvolumen erwogen werden.

### Technik der Katheteranlage

Die Katheteranlage ist eine Hochrisiko-Prozedur, die hohe Aufmerksamkeit erfordert, und die aseptisch sowie von einem erfahrenen Arzt vorgenommen werden sollte. 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 1 Woche benötigt werden. Die V. subclavia sollte nicht benutzt werden.

Die Insertion sollte unter Ultraschall-Führung erfolgen, um arterielle Fehlpunktionen zu vermeiden<sup>252</sup>. 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<sup>253</sup>. Die Erfolgsrate beim ersten Punktionsversuch betrug 87% bei Verwendung von Ultraschall vs. 57% ohne Ultraschall. Auch die Komplikationsrate war bei der Verwendung von Ultraschall geringer<sup>253</sup>. 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<sup>254</sup>.

## Katheterleistung und –pflege

Der Katheter sollte eine ausreichende Dialyseeffektivität ermöglichen, ohne die Behandlungsmodalitäten (Frequenz, Dauer) ändern zu 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 nicht-getunnelten Kathetern (siehe 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<sup>255</sup>. Port-Kathetersysteme 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<sup>256;257</sup>. Katheterpflege sowie sämtliche Manipulationen sollten nach aseptischen Standards erfolgen.

## 12. Management von Komplikationen zentraler Venenkatheter

**Empfehlung 12.1** Eine Katheter-Dysfunktion sollte durch lokale Fibrinolyse therapiert werden, um einen ausreichenden Fluss wieder herzustellen. Rezidivierende Katheter-Dysfunktionen 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 Dialyseeffektivität. 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<sup>258</sup>. Die Insertion in der rechten V. jugularis bietet die besten Flussraten<sup>258</sup>.

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 oder als externe Fibrinscheide die Seit- und Austrittslöcher obstruierend wirken.

Zur Verhinderung der Katheterdysfunktion durch Thrombosierung können antikoagulatorisch wirksame Locklösungen mit Heparin oder Zitrat verwendet werden<sup>259;260</sup>. Ein gewisser Anteil der Locklösung kann in die systemische Zirkulation entweichen. Dies kann zur Thrombosierung des Katheters und zu systemischen Blutungskomplikationen führen. Die Effektivität von anti-thrombogenen 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<sup>261;262</sup>.

Demgegenüber wurde die Effektivität einer oralen Antikoagulation zur Vermeidung von Katheterthrombosen in einer neueren Studie bejaht<sup>263</sup>. Die Autoren beobachteten eine deutliche Reduktion von Thrombosen unter niedrig dosiertem Vitamin-K-Antagonist (INR 1.8 bis 2.5) plus Ticlopidine (12% vs. 52%) ohne wesentliche Blutungskomplikationen<sup>263</sup>. Eine endgültige Beurteilung zur Wirkung systemischer Antikoagulation bei Katheterthrombosen ist derzeit nicht zu treffen. Unter Vitamin-K-Antagonisten ist das Risiko für das Auftreten einer Calciphylaxie erhöht<sup>264</sup>.

Zur Verhinderung einer Katheter-induzierten Infektion ist Heparin nicht geeignet. Hierfür eignen sich hochprozentige Zitratlösung, Taurolidin<sup>265</sup> oder Antibiotika-haltige Lösungen, eventuell in Kombination mit Heparin. Für die Prophylaxe von Infektionen sind sowohl 30% Zitrat<sup>260</sup> als auch Antibiotika-haltige Lösungen<sup>266</sup> den alleinigen Heparin-Lösungen deutlich überlegen<sup>265</sup>. Es existieren keine ausreichenden Studien, die unterschiedliche Lösungen zur Infektions-Prophylaxe vergleichen.

Die Katheter-Effektivität 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 3-6 Stunden) wieder eröffnet werden. Eine Alternative stellt das Wechseln des Katheters über Führungsdraht dar.



### **13. Management des infizierten Gefäßzugangs**

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 umgehende Entfernung ist in jedem Fall bei Septikämie erforderlich.

#### AV-Fistel- und Prothesen- Infektionen

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 Prothesenshunts sind zwei- bis viermal häufiger als die von AV-Fisteln<sup>267</sup>. 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<sup>268;269</sup>. 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 ist die Explantation des infizierten Prothesensegmentes und Anlage einer aseptischen Umgehung mit einer neuen Prothese indiziert<sup>268</sup>. Ein derartiger Erhaltungsversuch kann durch eine lokale Reinfektion oder eine generalisierte Infektion mit Septikämie kompliziert werden.

Dann ist gewöhnlich die komplette Explantation des Fremdmaterials mit anschließender Drainage erforderlich.

## **Infektionen zentraler Venenkatheter**

Katheter-bedingte Infektionen stellen die häufigste Ursache für Erkrankungen bei Patienten dar, die mit einem zentral-venösen Zugang zur Hämodialyse versorgt sind<sup>270;271</sup>. Eine Katheter-Infektion ist immer ein schwerwiegendes Ereignis und erfordert eine frühzeitige Diagnose und angemessene Therapie, um weitere Komplikationen zu vermeiden. Die Diagnose einer Katheterinfektion 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 selbst eine Diagnose ermöglichen<sup>272</sup>.

Infektionen des Katheter-Austritts oder des Tunnels werden in der Regel von den Pflegekräften bei der klinischen Untersuchung vor dem Anschluss 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. Katheter-bedingte Septikämien sind häufig assoziiert mit Komplikationen wie Endokarditis, Arthritis, Spondylodiszitis oder Osteomyelitis.

Blutuntersuchungen wie Leukozytenzahl, Differenzialblutbild, C-reaktives Protein (CRP), Procalcitonin (PCT) oder Interleukin-1 sind bei der Diagnose einer Katheter-Infektion hilfreich.

Gründliche Schulung des Personals, geeignete Kleidung, Beachtung hygienischer Maßnahmen und ein striktes und schriftlich festgelegtes Protokoll für den Katheter-Anschluss und -Abschluss sind unerlässliche Maßnahmen, um das Auftreten von Katheter-Infektionen zu reduzieren<sup>273-275</sup>. 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.

Citrat als Lock-Lösung ist wegen seiner antibakteriellen und antithrombotischen Eigenschaften zur Infektionsprophylaxe geeignet<sup>260;276-278</sup> (siehe auch Empfehlung 12).

Eine lokale Behandlung des Katheter-Austritts mit topischen antimikrobiellen Substanzen verringert zwar das Auftreten von Bakteriämien, erhöht allerdings auch das Risiko für das Auftreten antibiotika-resistenter Keime<sup>279-281</sup>.

Ob Antibiotika- oder silberbeschichtete Katheter das Auftreten einer Katheter-Infektion verringern, ist unklar<sup>282-284</sup>.

Die Identifikation von Patienten mit einer Kolonisierung mit einem methicillin-resistenten Staphylokokkus aureus (MRSA) im Nasen-Rachenraum ist wichtig, die Eradikation mit einem topischen Antibiotikum führt zu einer Reduktion von Katheter-assoziierten Bakteriämien<sup>285;286</sup>.

Therapie der ersten Wahl bei Katheter-assoziierten Infekten ist die Entfernung des Katheters. Nicht-getunnelte Kathetern sind bei jeder katheterassoziierte Infektion sofort zu entfernen. Bei getunnelten Kathetern mit katheterassoziiertes Infektion 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 Antibiotika-Therapie einzuleiten, die sowohl gegen gram-positive als auch gram-negative Keime wirksam ist<sup>287-289</sup>. 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 Ultraschall-Untersuchungen des Katheter-Verlaufs 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, potentiell infizierte Thromben oder thrombotische Umscheidungen des Katheters zu erkennen<sup>290</sup>.

## Literatur:

1. Tordoir J, Canaud B, Haage P *et al.* EBPG on Vascular Access. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2007; 22 Suppl 2:ii88-117.: ii88-117
2. Allon M, Ornt DB, Schwab SJ *et al.* Factors associated with the prevalence of arteriovenous fistulas in hemodialysis patients in the HEMO study. Hemodialysis (HEMO) Study Group. *Kidney Int.* 2000; 58: 2178-2185
3. Jungers P, Massy ZA, Nguyen-Khoa T *et al.* Longer duration of predialysis nephrological care is associated with improved long-term survival of dialysis patients. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2001; 16: 2357-2364
4. Ortega T, Ortega F, Diaz-Corte C *et al.* The timely construction of arteriovenous fistulae: a key to reducing morbidity and mortality and to improving cost management. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2005; 20: 598-603
5. Schwenger V, Morath C, Hofmann A *et al.* Late referral--a major cause of poor outcome in the very elderly dialysis patient. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2006; 21: 962-967
6. Rooijens PP, Tordoir JH, Stijnen T *et al.* Radiocephalic wrist arteriovenous fistula for hemodialysis: meta-analysis indicates a high primary failure rate. *Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg.* 2004; 28: 583-589
7. Mihmanli I, Besirli K, Kurugoglu S *et al.* Cephalic vein and hemodialysis fistula: surgeon's observation versus color Doppler ultrasonographic findings. *J.Ultrasound Med.* 2001; 20: 217-222
8. Silva MB, Jr., Hobson RW, Pappas PJ *et al.* A strategy for increasing use of autogenous hemodialysis access procedures: impact of preoperative noninvasive evaluation. *J.Vasc.Surg.* 1998; 27: 302-307
9. Robbin ML, Gallichio MH, Deierhoi MH *et al.* US vascular mapping before hemodialysis access placement. *Radiology.* 2000; 217: 83-88
10. Allon M, Lockhart ME, Lilly RZ *et al.* Effect of preoperative sonographic mapping on vascular access outcomes in hemodialysis patients. *Kidney Int.* 2001; 60: 2013-2020
11. Dalman RL, Harris EJ, Jr., Victor BJ, Coogan SM. Transition to all-autogenous hemodialysis access: the role of preoperative vein mapping. *Ann.Vasc.Surg.* 2002; 16: 624-630
12. Schuman E, Standage BA, Ragsdale JW, Heintz P. Achieving vascular access success in the quality outcomes era. *Am.J.Surg.* 2004; 187: 585-589
13. Patel ST, Hughes J, Mills JL, Sr. Failure of arteriovenous fistula maturation: an unintended consequence of exceeding dialysis outcome quality Initiative guidelines for hemodialysis access. *J.Vasc.Surg.* 2003; 38: 439-445
14. Vassalotti JA, Falk A, Cohl ED, Uribarri J, Teodorescu V. Obese and non-obese hemodialysis patients have a similar prevalence of functioning arteriovenous fistula using pre-operative vein mapping. *Clin.Nephrol.* 2002; 58: 211-214
15. Wong V, Ward R, Taylor J *et al.* Factors associated with early failure of arteriovenous fistulae for haemodialysis access. *Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg.* 1996; 12: 207-213

16. Brimble KS, Rabbat C, Treleaven DJ, Ingram AJ. Utility of ultrasonographic venous assessment prior to forearm arteriovenous fistula creation. *Clin.Nephrol.* 2002; 58: 122-127
17. Lemson MS, Leunissen KM, Tordoir JH. Does pre-operative duplex examination improve patency rates of Brescia-Cimino fistulas? *Nephrol.Dial.Transplant.* 1998; 13: 1360-1361
18. Malovrh M. Non-invasive evaluation of vessels by duplex sonography prior to construction of arteriovenous fistulas for haemodialysis. *Nephrol.Dial.Transplant.* 1998; 13: 125-129
19. Lockhart ME, Robbin ML, Allon M. Preoperative sonographic radial artery evaluation and correlation with subsequent radiocephalic fistula outcome. *J.Ultrasound Med.* 2004; 23: 161-168
20. Chiang WC, Lin SL, Tsai TJ, Hsieh BS. High resistive index of the radial artery is related to early primary radiocephalic hemodialysis fistula failure. *Clin.Nephrol.* 2001; 56: 236-240
21. Malovrh M. Native arteriovenous fistula: preoperative evaluation. *Am.J.Kidney Dis.* 2002; 39: 1218-1225
22. Ascher E, Gade P, Hingorani A *et al.* Changes in the practice of angioaccess surgery: impact of dialysis outcome and quality initiative recommendations. *J.Vasc.Surg.* 2000; 31: 84-92
23. Rus RR, Ponikvar R, Kenda RB, Buturovic-Ponikvar J. Effect of local physical training on the forearm arteries and veins in patients with end-stage renal disease. *Blood Purif.* 2003; 21: 389-394
24. Witzke O, Hillen U, Barkhausen J, Daul A, Kribben A. [Nephrogenic systemic fibrosis--a new interdisciplinary challenge]. *Dtsch.Med.Wochenschr.* 2007; 132: 2706-2710
25. Grebe SO, Borrmann M, Altenburg A *et al.* Chronic inflammation and accelerated atherosclerosis as important cofactors in nephrogenic systemic fibrosis following intravenous gadolinium exposure. *Clin.Exp.Nephrol.* 2008; 12: 403-406
26. Menegazzo D, Laissy JP, Durrbach A *et al.* Hemodialysis access fistula creation: preoperative assessment with MR venography and comparison with conventional venography. *Radiology.* 1998; 209: 723-728
27. Paksoy Y, Gormus N, Tercan MA. Three-dimensional contrast-enhanced magnetic resonance angiography (3-D CE-MRA) in the evaluation of hemodialysis access complications, and the condition of central veins in patients who are candidates for hemodialysis access. *J.Nephrol.* 2004; 17: 57-65
28. Mac Donald MJ, Martin LG, Hughes JD *et al.* Distribution and severity of stenoses in functioning arteriovenous grafts: a duplex and angiographic study. *J Vasc.Technol.* 1996; 20: 131-136
29. Hodges TC, Fillingner MF, Zwolak RM *et al.* Longitudinal comparison of dialysis access methods: risk factors for failure. *J.Vasc.Surg.* 1997; 26: 1009-1019
30. Kherlakian GM, Roedersheimer LR, Arbaugh JJ, Newmark KJ, King LR. Comparison of autogenous fistula versus expanded polytetrafluoroethylene graft fistula for angioaccess in hemodialysis. *Am.J.Surg.* 1986; 152: 238-243

31. Murphy GJ, Saunders R, Metcalfe M, Nicholson ML. Elbow fistulas using autogeneous vein: patency rates and results of revision. *Postgrad.Med.J.* 2002; 78: 483-486
32. Murphy GJ, Nicholson ML. Autogeneous elbow fistulas: the effect of diabetes mellitus on maturation, patency, and complication rates. *Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg.* 2002; 23: 452-457
33. Tordoir JH, Dammers R, de Brauw M. Video-assisted basilic vein transposition for haemodialysis vascular access: preliminary experience with a new technique. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2001; 16: 391-394
34. Fitzgerald JT, Schanzer A, Chin AI *et al.* Outcomes of upper arm arteriovenous fistulas for maintenance hemodialysis access. *Arch.Surg.* 2004; 139: 201-208
35. Matsuura JH, Rosenthal D, Clark M *et al.* Transposed basilic vein versus polytetrafluoroethylene for brachial-axillary arteriovenous fistulas. *Am.J Surg.* 1998; 176: 219-221
36. El Mallah S. Staged basilic vein transposition for dialysis angioaccess. *Int.Angiol.* 1998; 17: 65-68
37. Oliver MJ, McCann RL, Indridason OS, Butterly DW, Schwab SJ. Comparison of transposed brachio basilic fistulas to upper arm grafts and brachiocephalic fistulas. *Kidney Int.* 2001; 60: 1532-1539
38. Taghizadeh A, Dasgupta P, Khan MS, Taylor J, Koffman G. Long-term outcomes of brachio basilic transposition fistula for haemodialysis. *Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg.* 2003; 26: 670-672
39. Segal JH, Kayler LK, Henke P *et al.* Vascular access outcomes using the transposed basilic vein arteriovenous fistula. *Am.J.Kidney Dis.* 2003; 42: 151-157
40. Huber TS, Carter JW, Carter RL, Seeger JM. Patency of autogenous and polytetrafluoroethylene upper extremity arteriovenous hemodialysis accesses: a systematic review. *J.Vasc.Surg.* 2003; 38: 1005-1011
41. Konner K, Hulbert-Shearon TE, Roys EC, Port FK. Tailoring the initial vascular access for dialysis patients. *Kidney Int.* 2002; 62: 329-338
42. van Hoek F, Scheltinga MR, Kouwenberg I *et al.* Steal in hemodialysis patients depends on type of vascular access. *Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg.* 2006; 32: 710-717
43. Thomsen MB, Bengtsson M, Lassvik C, Alm A, Elfstrom J. Adjuvant intravenous sympathetic block with guanethidine in construction of arteriovenous fistulas for blood access. *Acta Chir Scand.* 1983; 149: 141-145
44. Tordoir JH, Rooyens P, Dammers R *et al.* Prospective evaluation of failure modes in autogenous radiocephalic wrist access for haemodialysis. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2003; 18: 378-383
45. Turmel-Rodrigues L, Pengloan J, Rodrigue H *et al.* Treatment of failed native arteriovenous fistulae for hemodialysis by interventional radiology. *Kidney Int.* 2000; 57: 1124-1140
46. Hingorani A, Ascher E, Kallakuri S, Greenberg S, Khanimov Y. Impact of reintervention for failing upper-extremity arteriovenous autogenous access for hemodialysis. *J.Vasc.Surg.* 2001; 34: 1004-1009

47. Beathard GA, Arnold P, Jackson J, Litchfield T. Aggressive treatment of early fistula failure. *Kidney Int.* 2003; 64: 1487-1494
48. Glickman MH, Stokes GK, Ross JR *et al.* Multicenter evaluation of a polytetrafluoroethylene vascular access graft as compared with the expanded polytetrafluoroethylene vascular access graft in hemodialysis applications. *J.Vasc.Surg.* 2001; 34: 465-472
49. Barron PT, Wellington JL, Lorimer JW, Cole CW, Moher D. A comparison between expanded polytetrafluoroethylene and plasma tetrafluoroethylene grafts for hemodialysis access. *Can.J.Surg.* 1993; 36: 184-186
50. Kaufman JL, Garb JL, Berman JA *et al.* A prospective comparison of two expanded polytetrafluoroethylene grafts for linear forearm hemodialysis access: does the manufacturer matter? *J.Am.Coll.Surg.* 1997; 185: 74-79
51. Tordoir JH, Hofstra L, Leunissen KM, Kitslaar PJ. Early experience with stretch polytetrafluoroethylene grafts for haemodialysis access surgery: results of a prospective randomised study. *Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg.* 1995; 9: 305-309
52. Lenz BJ, Veldenz HC, Dennis JW, Khansarinia S, Atteberry LR. A three-year follow-up on standard versus thin wall ePTFE grafts for hemodialysis. *J.Vasc.Surg.* 1998; 28: 464-470
53. Garcia-Pajares R, Polo JR, Flores A, Gonzalez-Tabares E, Solis JV. Upper arm polytetrafluoroethylene grafts for dialysis access. Analysis of two different graft sizes: 6 mm and 6-8 mm. *Vasc.Endovascular.Surg.* 2003; 37: 335-343
54. Hofstra L, Bergmans DC, Leunissen KM *et al.* Anastomotic intimal hyperplasia in prosthetic arteriovenous fistulas for hemodialysis is associated with initial high flow velocity and not with mismatch in elastic properties. *J.Am.Soc.Nephrol.* 1995; 6: 1625-1633
55. Hofstra L, Bergmans DC, Leunissen KM *et al.* Prosthetic arteriovenous fistulas and venous anastomotic stenosis: influence of a high flow velocity on the development of intimal hyperplasia. *Blood Purif.* 1996; 14: 345-349
56. Roy-Chaudhury P, Kelly BS, Narayana A *et al.* Hemodialysis vascular access dysfunction from basic biology to clinical intervention. *Adv.Ren Replace.Ther.* 2002; 9: 74-84
57. Lemson MS, Tordoir JH, van Det RJ *et al.* Effects of a venous cuff at the venous anastomosis of polytetrafluoroethylene grafts for hemodialysis vascular access. *J.Vasc.Surg.* 2000; 32: 1155-1163
58. Hofstra L, Tordoir JH, Kitslaar PJ, Hoeks AP, Daemen MJ. Enhanced cellular proliferation in intact stenotic lesions derived from human arteriovenous fistulas and peripheral bypass grafts. Does it correlate with flow parameters? *Circulation.* 1996; 94: 1283-1290
59. Heintjes RJ, Eikelboom BC, Steijling JJ *et al.* The results of denatured homologous vein grafts as conduits for secondary haemodialysis access surgery. *Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg.* 1995; 9: 58-63
60. Widmer MK, Aregger F, Stauffer E *et al.* Intermediate outcome and risk factor assessment of bovine vascular heterografts used as AV-fistulas for hemodialysis access. *Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg.* 2004; 27: 660-665

61. Pierre-Paul D, Williams S, Lee T, Gahtan V. Saphenous vein loop to femoral artery arteriovenous fistula: a practical alternative. *Ann.Vasc.Surg.* 2004; 18: 223-227
62. Gradman WS, Laub J, Cohen W. Femoral vein transposition for arteriovenous hemodialysis access: improved patient selection and intraoperative measures reduce postoperative ischemia. *J.Vasc.Surg.* 2005; 41: 279-284
63. Dammers R, Planken RN, Pouls KP *et al.* Evaluation of 4-mm to 7-mm versus 6-mm prosthetic brachial-antecubital forearm loop access for hemodialysis: results of a randomized multicenter clinical trial. *J.Vasc.Surg.* 2003; 37: 143-148
64. Gagne PJ, Martinez J, DeMassi R *et al.* The effect of a venous anastomosis Tyrell vein collar on the primary patency of arteriovenous grafts in patients undergoing hemodialysis. *J Vasc.Surg.* 2000; 32: 1149-1154
65. Lemson S, Tordoir JH, Ezzahiri R *et al.* Hemodynamics of venous cuff interposition in prosthetic arteriovenous fistulas for hemodialysis. *Blood Purif.* 2002; 20: 557-562
66. Sorom AJ, Hughes CB, McCarthy JT *et al.* Prospective, randomized evaluation of a cuffed expanded polytetrafluoroethylene graft for hemodialysis vascular access. *Surgery.* 2002; 132: 135-140
67. Hofstra L, Bergmans DC, Hoeks AP *et al.* Mismatch in elastic properties around anastomoses of interposition grafts for hemodialysis access. *J Am.Soc.Nephrol.* 1994; 5: 1243-1250
68. Cohen GS, Freeman H, Ringold MA *et al.* External beam irradiation as an adjunctive treatment in failing dialysis shunts. *J.Vasc.Interv.Radiol.* 2000; 11: 321-326
69. El Sharouni SY, Smits HF, Wust AF, Battermann JJ, Blankestijn PJ. Endovascular brachytherapy in arteriovenous grafts for haemodialysis does not prevent development of stenosis. *Radiother.Oncol.* 1998; 49: 199-200
70. van Tongeren RB, Levendag PC, Coen VL *et al.* External beam radiation therapy to prevent anastomotic intimal hyperplasia in prosthetic arteriovenous fistulas: results of a randomized trial. *Radiother.Oncol.* 2003; 69: 73-77
71. Roy-Chaudhury P, Kelly BS, Melhem M *et al.* Novel therapies for hemodialysis vascular access dysfunction: fact or fiction! *Blood Purif.* 2005; 23: 29-35
72. Ridao-Cano N, Polo JR, Polo J *et al.* Vascular access for dialysis in the elderly. *Blood Purif.* 2002; 20: 563-568
73. Rodriguez JA, Lopez J, Cleries M, Vela E. Vascular access for haemodialysis--an epidemiological study of the Catalan Renal Registry. *Nephrol.Dial.Transplant.* 1999; 14: 1651-1657
74. Culp K, Taylor L, Hulme PA. Geriatric hemodialysis patients: a comparative study of vascular access. *ANNA.J.* 1996; 23: 583-90, 622
75. Gibson KD, Gillen DL, Caps MT *et al.* Vascular access survival and incidence of revisions: a comparison of prosthetic grafts, simple autogenous fistulas, and venous transposition fistulas from the United States Renal Data System Dialysis Morbidity and Mortality Study. *J.Vasc.Surg.* 2001; 34: 694-700
76. Polkinghorne KR, McDonald SP, Atkins RC, Kerr PG. Epidemiology of vascular access in the Australian hemodialysis population. *Kidney Int.* 2003; 64: 1893-1902



77. Polkinghorne KR, McDonald SP, Marshall MR, Atkins RC, Kerr PG. Vascular access practice patterns in the New Zealand hemodialysis population. *Am.J.Kidney Dis.* 2004; 43: 696-704
78. Staramos DN, Lazarides MK, Tzilalis VD *et al.* Patency of autologous and prosthetic arteriovenous fistulas in elderly patients. *Eur.J.Surg.* 2000; 166: 777-781
79. Caplin N, Sedlacek M, Teodorescu V, Falk A, Uribarri J. Venous access: women are equal. *Am.J.Kidney Dis.* 2003; 41: 429-432
80. Enzler MA, Rajmon T, Lachat M, Largiader F. Long-term function of vascular access for hemodialysis. *Clin.Transplant.* 1996; 10: 511-515
81. Hirth RA, Turenne MN, Woods JD *et al.* Predictors of type of vascular access in hemodialysis patients. *JAMA.* 1996; 276: 1303-1308
82. Kalman PG, Pope M, Bholra C, Richardson R, Sniderman KW. A practical approach to vascular access for hemodialysis and predictors of success. *J.Vasc.Surg.* 1999; 30: 727-733
83. Fisher CM, Neale ML. Outcome of surgery for vascular access in patients commencing haemodialysis. *Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg.* 2003; 25: 342-349
84. Kim YO, Song HC, Yoon SA *et al.* Preexisting intimal hyperplasia of radial artery is associated with early failure of radiocephalic arteriovenous fistula in hemodialysis patients. *Am.J.Kidney Dis.* 2003; 41: 422-428
85. Windus DW. Permanent vascular access: a nephrologist's view. *Am.J.Kidney Dis.* 1993; 21: 457-471
86. Sedlacek M, Teodorescu V, Falk A, Vassalotti JA, Uribarri J. Hemodialysis access placement with preoperative noninvasive vascular mapping: comparison between patients with and without diabetes. *Am.J.Kidney Dis.* 2001; 38: 560-564
87. Sirrs S, Duncan L, Djurdjev O *et al.* Homocyst(e)ine and vascular access complications in haemodialysis patients: insights into a complex metabolic relationship. *Nephrol.Dial.Transplant.* 1999; 14: 738-743
88. Astor BC, Eustace JA, Powe NR *et al.* Timing of nephrologist referral and arteriovenous access use: the CHOICE Study. *Am.J.Kidney Dis.* 2001; 38: 494-501
89. Chou CY, Kuo HL, Yung YF, Liu YL, Huang CC. C-reactive protein predicts vascular access thrombosis in hemodialysis patients. *Blood Purif.* 2006; 24: 342-346
90. Sreedhara R, Himmelfarb J, Lazarus JM, Hakim RM. Anti-platelet therapy in graft thrombosis: results of a prospective, randomized, double-blind study. *Kidney Int.* 1994; 45: 1477-1483
91. Grontoft KC, Mulec H, Gutierrez A, Olander R. Thromboprophylactic effect of ticlopidine in arteriovenous fistulas for haemodialysis. *Scand.J.Urol.Nephrol.* 1985; 19: 55-57
92. Grontoft KC, Larsson R, Mulec H, Weiss LG, Dickinson JP. Effects of ticlopidine in AV-fistula surgery in uremia. Fistula Study Group. *Scand.J.Urol.Nephrol.* 1998; 32: 276-283
93. Crowther MA, Clase CM, Margetts PJ *et al.* Low-intensity warfarin is ineffective for the prevention of PTFE graft failure in patients on hemodialysis: a randomized controlled trial. *J Am.Soc.Nephrol.* 2002; 13: 2331-2337

94. Saran R, Dykstra DM, Wolfe RA *et al.* Association between vascular access failure and the use of specific drugs: the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS). *Am.J.Kidney Dis.* 2002; 40: 1255-1263
95. Fiskerstrand CE, Thompson IW, Burnet ME, Williams P, Anderton JL. Double-blind randomized trial of the effect of ticlopidine in arteriovenous fistulas for hemodialysis. *Artif.Organs.* 1985; 9: 61-63
96. Kaufman JS, O'Connor TZ, Zhang JH *et al.* Randomized controlled trial of clopidogrel plus aspirin to prevent hemodialysis access graft thrombosis. *J.Am.Soc.Nephrol.* 2003; 14: 2313-2321
97. Da Silva AF, Escofet X, Rutherford PA. Medical adjuvant treatment to increase patency of arteriovenous fistulae and grafts. *Cochrane.Database.Syst.Rev.* 2003; CD002786
98. Osborn G, Escofet X, Da Silva A. Medical adjuvant treatment to increase patency of arteriovenous fistulae and grafts. *Cochrane.Database.Syst.Rev.* 2008; CD002786
99. Dember LM, Beck GJ, Allon M *et al.* Effect of clopidogrel on early failure of arteriovenous fistulas for hemodialysis: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2008; 299: 2164-2171
100. Radmilovic A, Boric Z, Naumovic T, Stamenkovic M, Musikic P. Shunt thrombosis prevention in hemodialysis patients--a double-blind, randomized study: pentoxifylline vs placebo. *Angiology.* 1987; 38: 499-506
101. Avorn J, Winkelmayer WC, Bohn RL *et al.* Delayed nephrologist referral and inadequate vascular access in patients with advanced chronic kidney failure. *J.Clin.Epidemiol.* 2002; 55: 711-716
102. Roubicek C, Brunet P, Huiart L *et al.* Timing of nephrology referral: influence on mortality and morbidity. *Am.J.Kidney Dis.* 2000; 36: 35-41
103. Prischl FC, Kirchgatterer A, Brandstatter E *et al.* Parameters of prognostic relevance to the patency of vascular access in hemodialysis patients. *J.Am.Soc.Nephrol.* 1995; 6: 1613-1618
104. Ravani P, Brunori G, Mandolfo S *et al.* Cardiovascular comorbidity and late referral impact arteriovenous fistula survival: a prospective multicenter study. *J.Am.Soc.Nephrol.* 2004; 15: 204-209
105. Churchill DN, Taylor DW, Cook RJ *et al.* Canadian Hemodialysis Morbidity Study. *Am.J.Kidney Dis.* 1992; 19: 214-234
106. Di Iorio BR, Bellizzi V, Cillo N *et al.* Vascular access for hemodialysis: the impact on morbidity and mortality. *J.Nephrol.* 2004; 17: 19-25
107. Woods JD, Turenne MN, Strawderman RL *et al.* Vascular access survival among incident hemodialysis patients in the United States. *Am.J.Kidney Dis.* 1997; 30: 50-57
108. Astor BC, Eustace JA, Powe NR *et al.* 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.* 2005; 16: 1449-1455
109. Dhingra RK, Young EW, Hulbert-Shearon TE, Leavey SF, Port FK. Type of vascular access and mortality in U.S. hemodialysis patients. *Kidney Int.* 2001; 60: 1443-1451

110. Abbott KC, Trespalacios FC, Agodoa LY. Arteriovenous fistula use and heart disease in long-term elderly hemodialysis patients: analysis of United States Renal Data System Dialysis Morbidity and Mortality Wave II. *J.Nephrol.* 2003; 16: 822-830
111. Ori Y, Korzets A, Katz M *et al.* The contribution of an arteriovenous access for hemodialysis to left ventricular hypertrophy. *Am.J.Kidney Dis.* 2002; 40: 745-752
112. van Duijnhoven EC, Cheriex EC, Tordoir JH, Kooman JP, van Hooff JP. Effect of closure of the arteriovenous fistula on left ventricular dimensions in renal transplant patients. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2001; 16: 368-372
113. Konner K. Venous preservation. *Blood Purif.* 2002; 19: 115
114. Leitch R, Ouwendyk M, Ferguson E *et al.* Nursing issues related to patient selection, vascular access, and education in quotidian hemodialysis. *Am.J.Kidney Dis.* 2003; 42: 56-60
115. Hayes J. Prolonging access function and survival, the nurse's role. *EDTNA.ERCA.J.* 1998; 24: 7-10
116. Gelmez M, Akcaoglu T. Effect of integrated education on nurses' knowledge of haemodialysis vascular access. *EDTNA.ERCA.J.* 2002; 28: 33-35
117. Hartigan MF. Vascular access and nephrology nursing practice: existing views and rationales for change. *Adv.Ren Replace.Theor.* 1994; 1: 155-162
118. Saran R, Dykstra DM, Pisoni RL *et al.* Timing of first cannulation and vascular access failure in haemodialysis: an analysis of practice patterns at dialysis facilities in the DOPPS. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2004; 19: 2334-2340
119. Brunori G, Ravani P, Mandolfo S *et al.* Fistula maturation: doesn't time matter at all? *Nephrol.Dial.Transplant.* 2005; 20: 684-687
120. Basile C, Casucci F, Lomonte C. Timing of first cannulation of arteriovenous fistula: time matters, but there is also something else. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2005; 20: 1519-1520
121. Trerotola SO, Ponce P, Stavropoulos SW *et al.* Physical examination versus normalized pressure ratio for predicting outcomes of hemodialysis access interventions. *J.Vasc.Interv.Radiol.* 2003; 14: 1387-1394
122. Vascular Access 2006 Work Group. Clinical practice guidelines for vascular access. *Am.J.Kidney Dis.* 2006; 48 Suppl 1:S176-273.: S176-S273
123. Sands JJ, Jabyac PA, Miranda CL, Kapsick BJ. Intervention based on monthly monitoring decreases hemodialysis access thrombosis. *ASAIO J.* 1999; 45: 147-150
124. Spergel LM, Holland JE, Fadem SZ, McAllister CJ, Peacock EJ. Static intra-access pressure ratio does not correlate with access blood flow. *Kidney Int.* 2004; 66: 1512-1516
125. Schwab SJ, Raymond JR, Saeed M *et al.* Prevention of hemodialysis fistula thrombosis. Early detection of venous stenoses. *Kidney Int.* 1989; 36: 707-711
126. Sullivan KL, Besarab A, Dorrell S, Moritz MJ. The relationship between dialysis graft pressure and stenosis. *Invest Radiol.* 1992; 27: 352-355

127. Besarab A. Preventing vascular access dysfunction: which policy to follow. *Blood Purif.* 2002; 20: 26-35
128. McCarley P, Wingard RL, Shyr Y *et al.* Vascular access blood flow monitoring reduces access morbidity and costs. *Kidney Int.* 2001; 60: 1164-1172
129. Smits JH, van der LJ, Hagen EC *et al.* Graft surveillance: venous pressure, access flow, or the combination? *Kidney Int.* 2001; 59: 1551-1558
130. Schwarz C, Mitterbauer C, Boczula M *et al.* Flow monitoring: performance characteristics of ultrasound dilution versus color Doppler ultrasound compared with fistulography. *Am.J.Kidney Dis.* 2003; 42: 539-545
131. May RE, Himmelfarb J, Yenicesu M *et al.* Predictive measures of vascular access thrombosis: a prospective study. *Kidney Int.* 1997; 52: 1656-1662
132. Kim YO, Yang CW, Yoon SA *et al.* Access blood flow as a predictor of early failures of native arteriovenous fistulas in hemodialysis patients. *Am.J.Nephrol.* 2001; 21: 221-225
133. Tessitore N, Mansueto G, Bedogna V *et al.* A prospective controlled trial on effect of percutaneous transluminal angioplasty on functioning arteriovenous fistulae survival. *J.Am.Soc.Nephrol.* 2003; 14: 1623-1627
134. Tonelli M, Jindal K, Hirsch D *et al.* Screening for subclinical stenosis in native vessel arteriovenous fistulae. *J.Am.Soc.Nephrol.* 2001; 12: 1729-1733
135. Sands JJ. Vascular access monitoring improves outcomes. *Blood Purif.* 2005; 23: 45-49
136. Besarab A. Access monitoring is worthwhile and valuable. *Blood Purif.* 2006; 24: 77-89
137. Wijnen E, Planken N, Keuter X *et al.* Impact of a quality improvement programme based on vascular access flow monitoring on costs, access occlusion and access failure. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2006; 21: 3514-3519
138. Turmel-Rodrigues L, Pengloan J, Bourquelot P. Interventional radiology in hemodialysis fistulae and grafts: a multidisciplinary approach. *Cardiovasc.Intervent.Radiol.* 2002; 25: 3-16
139. Tordoir JH, de Bruin HG, Hoeneveld H, Eikelboom BC, Kitslaar PJ. Duplex ultrasound scanning in the assessment of arteriovenous fistulas created for hemodialysis access: comparison with digital subtraction angiography. *J.Vasc.Surg.* 1989; 10: 122-128
140. Gadallah MF, Paulson WD, Vickers B, Work J. Accuracy of Doppler ultrasound in diagnosing anatomic stenosis of hemodialysis arteriovenous access as compared with fistulography. *Am.J.Kidney Dis.* 1998; 32: 273-277
141. Shackleton CR, Taylor DC, Buckley AR *et al.* Predicting failure in polytetrafluoroethylene vascular access grafts for hemodialysis: a pilot study. *Can.J.Surg.* 1987; 30: 442-444
142. Tordoir JH, Hoeneveld H, Eikelboom BC, Kitslaar PJ. The correlation between clinical and duplex ultrasound parameters and the development of complications in arteriovenous fistulae for haemodialysis. *Eur.J.Vasc.Surg.* 1990; 4: 179-184
143. Doelman C, Duijm LE, Liem YS *et al.* Stenosis detection in failing hemodialysis access fistulas and grafts: comparison of color Doppler ultrasonography, contrast-enhanced

- magnetic resonance angiography, and digital subtraction angiography. *J.Vasc.Surg.* 2005; 42: 739-746
144. Haage P, Vorwerk D, Piroth W, Schuermann K, Guenther RW. Treatment of hemodialysis-related central venous stenosis or occlusion: results of primary Wallstent placement and follow-up in 50 patients. *Radiology.* 1999; 212: 175-180
  145. Le Blanche AF, Tassart M, Deux JF *et al.* Gadolinium-enhanced digital subtraction angiography of hemodialysis fistulas: a diagnostic and therapeutic approach. *AJR Am.J.Roentgenol.* 2002; 179: 1023-1028
  146. Duijm LE, Liem YS, van der Rijt RH *et al.* Inflow stenoses in dysfunctional hemodialysis access fistulae and grafts. *Am.J.Kidney Dis.* 2006; 48: 98-105
  147. Han KM, Duijm LE, Thelissen GR *et al.* Failing hemodialysis access grafts: evaluation of complete vascular tree with 3D contrast-enhanced MR angiography with high spatial resolution: initial results in 10 patients. *Radiology.* 2003; 227: 601-605
  148. Hartnell GG, Hughes LA, Finn JP, Longmaid HE, III. Magnetic resonance angiography of the central chest veins. A new gold standard? *Chest.* 1995; 107: 1053-1057
  149. Bacchini G, Cappello A, La M, V, Andrulli S, Locatelli F. Color doppler ultrasonography imaging to guide transluminal angioplasty of venous stenosis. *Kidney Int.* 2000; 58: 1810-1813
  150. Turmel-Rodrigues L, Pengloan J, Baudin S *et al.* Treatment of stenosis and thrombosis in haemodialysis fistulas and grafts by interventional radiology. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2000; 15: 2029-2036
  151. Turmel-Rodrigues L, Pengloan J, Blanchier D *et al.* Insufficient dialysis shunts: improved long-term patency rates with close hemodynamic monitoring, repeated percutaneous balloon angioplasty, and stent placement. *Radiology.* 1993; 187: 273-278
  152. Lipari G, Tessitore N, Poli A *et al.* Outcomes of surgical revision of stenosed and thrombosed forearm arteriovenous fistulae for haemodialysis. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2007; 22: 2605-2612
  153. Mickley V, Cazzonelli M, Bossinger A. [The stenosed Brescia-Cimino fistula: operation or intervention?]. *Zentralbl.Chir.* 2003; 128: 757-761
  154. Mickley V. Steal syndrome--strategies to preserve vascular access and extremity. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2008; 23: 19-24
  155. Lay JP, Ashleigh RJ, Tranconi L, Ackrill P, Al Khaffaf H. Result of angioplasty of brescia-cimino haemodialysis fistulae: medium-term follow-up. *Clin.Radiol.* 1998; 53: 608-611
  156. Haage P, Vorwerk D, Wildberger JE *et al.* Percutaneous treatment of thrombosed primary arteriovenous hemodialysis access fistulae. *Kidney Int.* 2000; 57: 1169-1175
  157. Romero A, Polo JR, Garcia ME *et al.* Salvage of angioaccess after late thrombosis of radiocephalic fistulas for hemodialysis. *Int.Surg.* 1986; 71: 122-124
  158. Sugimoto K, Higashino T, Kuwata Y *et al.* Percutaneous transluminal angioplasty of malfunctioning Brescia-Cimino arteriovenous fistula: analysis of factors adversely affecting long-term patency. *Eur.Radiol.* 2003; 13: 1615-1619

159. Clark TW, Hirsch DA, Jindal KJ, Veugelers PJ, LeBlanc J. Outcome and prognostic factors of restenosis after percutaneous treatment of native hemodialysis fistulas. *J.Vasc.Interv.Radiol.* 2002; 13: 51-59
160. Vorwerk D, Adam G, Muller-Leisse C, Guenther RW. Hemodialysis fistulas and grafts: use of cutting balloons to dilate venous stenoses. *Radiology.* 1996; 201: 864-867
161. Trerotola SO, Stavropoulos SW, Shlansky-Goldberg R *et al.* Hemodialysis-related venous stenosis: treatment with ultrahigh-pressure angioplasty balloons. *Radiology.* 2004; 231: 259-262
162. Vorwerk D, Bucker A, Alzen G *et al.* Chronic venous occlusions in haemodialysis shunts: efficacy of percutaneous treatment. *Nephrol.Dial.Transplant.* 1995; 10: 1869-1873
163. Oakes DD, Sherck JP, Cobb LF. Surgical salvage of failed radiocephalic arteriovenous fistulae: techniques and results in 29 patients. *Kidney Int.* 1998; 53: 480-487
164. Schon D, Mishler R. Salvage of occluded autologous arteriovenous fistulae. *Am.J.Kidney Dis.* 2000; 36: 804-810
165. Schmitz-Rode T, Wildberger JE, Hubner D *et al.* Recanalization of thrombosed dialysis access with use of a rotating mini-pigtail catheter: follow-up study. *J.Vasc.Interv.Radiol.* 2000; 11: 721-727
166. Rocek M, Peregrin JH, Lasovickova J, Krajickova D, Slaviokova M. Mechanical thrombolysis of thrombosed hemodialysis native fistulas with use of the Arrow-Trerotola percutaneous thrombolytic device: our preliminary experience. *J.Vasc.Interv.Radiol.* 2000; 11: 1153-1158
167. Zaleski GX, Funaki B, Kenney S, Lorenz JM, Garofalo R. Angioplasty and bolus urokinase infusion for the restoration of function in thrombosed Brescia-Cimino dialysis fistulas. *J.Vasc.Interv.Radiol.* 1999; 10: 129-136
168. Rousseau H, Sapoval M, Ballini P *et al.* Percutaneous recanalization of acutely thrombosed vessels by hydrodynamic thrombectomy (Hydrolyser). *Eur.Radiol.* 1997; 7: 935-941
169. Overbosch EH, Pattynama PM, Aarts HJ *et al.* Occluded hemodialysis shunts: Dutch multicenter experience with the hydrolyser catheter. *Radiology.* 1996; 201: 485-488
170. Liang HL, Pan HB, Chung HM *et al.* Restoration of thrombosed Brescia-Cimino dialysis fistulas by using percutaneous transluminal angioplasty. *Radiology.* 2002; 223: 339-344
171. Manninen HI, Kaukanen ET, Ikaheimo R *et al.* Brachial arterial access: endovascular treatment of failing Brescia-Cimino hemodialysis fistulas--initial success and long-term results. *Radiology.* 2001; 218: 711-718
172. Sidawy AN, Spergel LM, Besarab A *et al.* The Society for Vascular Surgery: clinical practice guidelines for the surgical placement and maintenance of arteriovenous hemodialysis access. *J Vasc.Surg.* 2008; 48: 2S-25S
173. Beathard GA. Percutaneous transvenous angioplasty in the treatment of vascular access stenosis. *Kidney Int.* 1992; 42: 1390-1397

174. Puckett JW, Lindsay SF. Midgraft curettage as a routine adjunct to salvage operations for thrombosed polytetrafluoroethylene hemodialysis access grafts. *Am.J.Surg.* 1988; 156: 139-143
175. Dougherty MJ, Calligaro KD, Schindler N, Raviola CA, Ntoso A. Endovascular versus surgical treatment for thrombosed hemodialysis grafts: A prospective, randomized study. *J.Vasc.Surg.* 1999; 30: 1016-1023
176. Marston WA, Criado E, Jaques PF *et al.* Prospective randomized comparison of surgical versus endovascular management of thrombosed dialysis access grafts. *J.Vasc.Surg.* 1997; 26: 373-380
177. Vorwerk D, Guenther RW, Mann H *et al.* Venous stenosis and occlusion in hemodialysis shunts: follow-up results of stent placement in 65 patients. *Radiology.* 1995; 195: 140-146
178. Beathard GA. Gianturco self-expanding stent in the treatment of stenosis in dialysis access grafts. *Kidney Int.* 1993; 43: 872-877
179. Maya ID, Allon M. Outcomes of thrombosed arteriovenous grafts: comparison of stents vs angioplasty. *Kidney Int.* 2006; 69: 934-937
180. Sreenarasimhaiah VP, Margassery SK, Martin KJ, Bander SJ. Salvage of thrombosed dialysis access grafts with venous anastomosis stents. *Kidney Int.* 2005; 67: 678-684
181. Barth KH, Gosnell MR, Palestrant AM *et al.* Hydrodynamic thrombectomy system versus pulse-spray thrombolysis for thrombosed hemodialysis grafts: a multicenter prospective randomized comparison. *Radiology.* 2000; 217: 678-684
182. Beathard GA. Mechanical versus pharmacomechanical thrombolysis for the treatment of thrombosed dialysis access grafts. *Kidney Int.* 1994; 45: 1401-1406
183. Goodwin SC, Arora LC, Razavi MK *et al.* Dialysis access graft thrombolysis: randomized study of pulse-spray versus continuous urokinase infusion. *Cardiovasc.Intervent.Radiol.* 1998; 21: 135-137
184. Schwartz CI, McBrayer CV, Sloan JH, Meneses P, Ennis WJ. Thrombosed dialysis grafts: comparison of treatment with transluminal angioplasty and surgical revision. *Radiology.* 1995; 194: 337-341
185. Trerotola SO, Vesely TM, Lund GB *et al.* Treatment of thrombosed hemodialysis access grafts: Arrow-Trerotola percutaneous thrombolytic device versus pulse-spray thrombolysis. Arrow-Trerotola Percutaneous Thrombolytic Device Clinical Trial. *Radiology.* 1998; 206: 403-414
186. Uflacker R, Rajagopalan PR, Vujic I, Stutley JE. Treatment of thrombosed dialysis access grafts: randomized trial of surgical thrombectomy versus mechanical thrombectomy with the Amplatz device. *J.Vasc.Interv.Radiol.* 1996; 7: 185-192
187. Vesely TM, Williams D, Weiss M *et al.* Comparison of the angiojet rheolytic catheter to surgical thrombectomy for the treatment of thrombosed hemodialysis grafts. Peripheral AngioJet Clinical Trial. *J.Vasc.Interv.Radiol.* 1999; 10: 1195-1205
188. Beathard GA. Thrombolysis versus surgery for the treatment of thrombosed dialysis access grafts. *J.Am.Soc.Nephrol.* 1995; 6: 1619-1624

189. Beathard GA, Welch BR, Maidment HJ. Mechanical thrombolysis for the treatment of thrombosed hemodialysis access grafts. *Radiology*. 1996; 200: 711-716
190. Gray RJ, Dolmatch BL, Horton KM *et al*. Phase I results of pullback atherectomy for hemodialysis access. *J.Vasc.Interv.Radiol*. 1994; 5: 581-586
191. Polak JF, Berger MF, Pagan-Marin H, Aruny JE, Meyerovitz MF. Comparative efficacy of pulse-spray thrombolysis and angioplasty versus surgical salvage procedures for treatment of recurrent occlusion of PTFE dialysis access grafts. *Cardiovasc.Intervent.Radiol*. 1998; 21: 314-318
192. Sands JJ, Patel S, Plaviak DJ, Miranda CL. Pharmacomechanical thrombolysis with urokinase for treatment of thrombosed hemodialysis access grafts. A comparison with surgical thrombectomy. *ASAIO J*. 1994; 40: M886-M888
193. Soulen MC, Zaetta JM, Amygdalos MA *et al*. Mechanical declotting of thrombosed dialysis grafts: experience in 86 cases. *J.Vasc.Interv.Radiol*. 1997; 8: 563-567
194. Farner MC. Regarding "Endovascular versus surgical treatment for thrombosed hemodialysis: a prospective, randomized study". *J.Vasc.Surg*. 2000; 32: 1038-1039
195. Smits HF, Smits JH, Wust AF, Buskens E, Blankestijn PJ. Percutaneous thrombolysis of thrombosed haemodialysis access grafts: comparison of three mechanical devices. *Nephrol.Dial.Transplant*. 2002; 17: 467-473
196. Bakran A, Mickley V, Passlick-Deetjen J. Management of the Renal Patient: Clinical Algorithms on Vascular Access for Haemodialysis. In: Bakran A, Mickley V, Passlick-Deetjen J, eds. *Management of the Renal Patient: Clinical Algorithms on Vascular Access for Haemodialysis*. Pabst Science Publishers, Lengerich: 2003:
197. Bhatia DS, Money SR, Ochsner JL *et al*. Comparison of surgical bypass and percutaneous balloon dilatation with primary stent placement in the treatment of central venous obstruction in the dialysis patient: one-year follow-up. *Ann.Vasc.Surg*. 1996; 10: 452-455
198. Kalman PG, Lindsay TF, Clarke K, Sniderman KW, Vanderburgh L. Management of upper extremity central venous obstruction using interventional radiology. *Ann.Vasc.Surg*. 1998; 12: 202-206
199. Landwehr P, Tschammler A, Schaefer RM, Lackner K. [The value of color-coded duplex sonography of a dialysis shunt]. *Rofo.Fortschr.Geb.Rontgenstr.Neuem.Bildgeb.Verfahr*. 1990; 153: 185-191
200. Schwab SJ, Quarles LD, Middleton JP *et al*. Hemodialysis-associated subclavian vein stenosis. *Kidney Int*. 1988; 33: 1156-1159
201. Quinn SF, Schuman ES, Demlow TA *et al*. Percutaneous transluminal angioplasty versus endovascular stent placement in the treatment of venous stenoses in patients undergoing hemodialysis: intermediate results. *J.Vasc.Interv.Radiol*. 1995; 6: 851-855
202. Sprouse LR, LeSar CJ, Meier GH, III *et al*. Percutaneous treatment of symptomatic central venous stenosis [corrected]. *J.Vasc.Surg*. 2004; 39: 578-582
203. Mickley V. [Stent or bypass? Treatment results in benign central venous obstruction]. *Zentralbl.Chir*. 2001; 126: 445-449



204. Dammers R, de Haan MW, Planken NR, van der Sande FM, Tordoir JH. Central vein obstruction in hemodialysis patients: results of radiological and surgical intervention. *Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg.* 2003; 26: 317-321
205. Kovalik EC, Newman GE, Suhocki P, Knelson M, Schwab SJ. Correction of central venous stenoses: use of angioplasty and vascular Wallstents. *Kidney Int.* 1994; 45: 1177-1181
206. Davis JE, Sugioka K. Selecting the patient for major ambulatory surgery. Surgical and anesthesiology evaluations. *Surg.Clin.North Am.* 1987; 67: 721-732
207. Dracon M, Watine O, Pruvot F, Noel C, Lelievre G. [Axillo-axillary access in hemodialysis]. *Nephrologie.* 1994; 15: 175-176
208. Ono K, Muto Y, Yano K, Yukizane T. Anterior chest wall axillary artery to contralateral axillary vein graft for vascular access in hemodialysis. *Artif.Organs.* 1995; 19: 1233-1236
209. Sottiurai VS, Lyon R, Ross C, Cooper M, Gonzales J. Surgical management of brachioaxillary-subclavian vein occlusion. *Eur.J Vasc.Endovasc.Surg.* 1996; 11: 225-229
210. Kavallieratos N, Kokkinos A, Kalocheritis P. Axillary to saphenous vein bypass for treatment of central venous obstruction in patients receiving dialysis. *J.Vasc.Surg.* 2004; 40: 640-643
211. El Sabrout RA, Duncan JM. Right atrial bypass grafting for central venous obstruction associated with dialysis access: another treatment option. *J.Vasc.Surg.* 1999; 29: 472-478
212. Zanol J, Kruger U, Petzold M *et al.* Arterioarterial prosthetic loop: a new approach for hemodialysis access. *J.Vasc.Surg.* 2005; 41: 1007-1012
213. Levine MP. The hemodialysis patient and hand amputation. *Am.J.Nephrol.* 2001; 21: 498-501
214. 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: 8-10
215. Lazarides MK, Stamos DN, Panagopoulos GN *et al.* Indications for surgical treatment of angioaccess-induced arterial "steal". *J Am.Coll.Surg.* 1998; 187: 422-426
216. Lazarides MK, Stamos DN, Kopadis G *et al.* Onset of arterial 'steal' following proximal angioaccess: immediate and delayed types. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2003; 18: 2387-2390
217. Yeager RA, Moneta GL, Edwards JM *et al.* Relationship of hemodialysis access to finger gangrene in patients with end-stage renal disease. *J.Vasc.Surg.* 2002; 36: 245-249
218. Davidson D, Louridas G, Guzman R *et al.* Steal syndrome complicating upper extremity hemoaccess procedures: incidence and risk factors. *Can.J.Surg.* 2003; 46: 408-412
219. 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: 144-147

220. van Gemert MJ, Bruyninckx CM. Simulated hemodynamic comparison of arteriovenous fistulas. *J.Vasc.Surg.* 1987; 6: 39-44
221. Tordoir JH, Dammers R, van der Sande FM. Upper extremity ischemia and hemodialysis vascular access. *Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg.* 2004; 27: 1-5
222. Henriksson AE, Bergqvist D. Steal syndrome of the hemodialysis vascular access: diagnosis and treatment. *J.Vasc.Access.* 2004; 5: 62-68
223. Rutherford RB. The value of noninvasive testing before and after hemodialysis access in the prevention and management of complications. *Semin.Vasc.Surg.* 1997; 10: 157-161
224. Schanzer A, Nguyen LL, Owens CD, Schanzer H. Use of digital pressure measurements for the diagnosis of AV access-induced hand ischemia. *Vasc.Med.* 2006; 11: 227-231
225. Khan FA, Vesely TM. Arterial problems associated with dysfunctional hemodialysis grafts: evaluation of patients at high risk for arterial disease. *J.Vasc.Interv.Radiol.* 2002; 13: 1109-1114
226. Valji K, Hye RJ, Roberts AC *et al.* Hand ischemia in patients with hemodialysis access grafts: angiographic diagnosis and treatment. *Radiology.* 1995; 196: 697-701
227. Trerotola SO, Shah H, Johnson MS *et al.* Hemodialysis graft: use as access for upper and lower extremity arteriography and interventional procedures--initial experience. *Radiology.* 1999; 213: 301-302
228. Guerra A, Raynaud A, Beyssen B *et al.* Arterial percutaneous angioplasty in upper limbs with vascular access devices for haemodialysis. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2002; 17: 843-851
229. DeCaprio JD, Valentine RJ, Kakish HB *et al.* Steal syndrome complicating hemodialysis access. *Cardiovasc.Surg.* 1997; 5: 648-653
230. Ebeid A, Saranchak HJ. Banding of a PTFE hemodialysis fistula in the treatment of steal syndrome. *Clin.Exp.Dial.Apheresis.* 1981; 5: 251-257
231. Mattson WJ. Recognition and treatment of vascular steal secondary to hemodialysis prostheses. *Am.J Surg.* 1987; 154: 198-201
232. Balaji S, Evans JM, Roberts DE, Gibbons CP. Treatment of steal syndrome complicating a proximal arteriovenous bridge graft fistula by simple distal artery ligation without revascularization using intraoperative pressure measurements. *Ann.Vasc.Surg.* 2003; 17: 320-322
233. Schanzer H, Skladany M, Haimov M. Treatment of angioaccess-induced ischemia by revascularization. *J.Vasc.Surg.* 1992; 16: 861-864
234. Haimov M, Schanzer H, Skladani M. Pathogenesis and management of upper-extremity ischemia following angioaccess surgery. *Blood Purif.* 1996; 14: 350-354
235. 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: 239-242

236. Berman SS, Gentile AT, Glickman MH *et al.* Distal revascularization-interval ligation for limb salvage and maintenance of dialysis access in ischemic steal syndrome. *J.Vasc.Surg.* 1997; 26: 393-402
237. Stierli P, Blumberg A, Pfister J, Zehnder C. Surgical treatment of "steal syndrome" induced by arteriovenous grafts for hemodialysis. *J.Cardiovasc.Surg.(Torino).* 1998; 39: 441-443
238. 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; 36: 250-255
239. Diehl L, Johansen K, Watson J. Operative management of distal ischemia complicating upper extremity dialysis access. *Am.J.Surg.* 2003; 186: 17-19
240. Sessa C, Riehl G, Porcu P *et al.* 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; 18: 685-694
241. Tynan-Cuisinier GS, Berman SS. Strategies for predicting and treating access induced ischemic steal syndrome. *Eur.J.Vasc.Endovasc.Surg.* 2006; 32: 309-315
242. Gradman WS, Pozrikidis C. Analysis of options for mitigating hemodialysis access-related ischemic steal phenomena. *Ann.Vasc.Surg.* 2004; 18: 59-65
243. Zanol J, Kruger U, Scholz H. Proximalization of the arterial inflow: a new technique to treat access-related ischemia. *J.Vasc.Surg.* 2006; 43: 1216-1221
244. Schanzer H, Eisenberg D. Management of steal syndrome resulting from dialysis access. *Semin.Vasc.Surg.* 2004; 17: 45-49
245. Odland MD, Kelly PH, Ney AL, Andersen RC, Bubrick MP. Management of dialysis-associated steal syndrome complicating upper extremity arteriovenous fistulas: use of intraoperative digital photoplethysmography. *Surgery.* 1991; 110: 664-669
246. 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
247. Aschwanden M, Hess P, Labs KH, Dickenmann M, Jaeger KA. Dialysis access-associated steal syndrome: the intraoperative use of duplex ultrasound scan. *J.Vasc.Surg.* 2003; 37: 211-213
248. Valentine RJ, Bouch CW, Scott DJ *et al.* Do preoperative finger pressures predict early arterial steal in hemodialysis access patients? A prospective analysis. *J.Vasc.Surg.* 2002; 36: 351-356
249. Zanol J, Petzold K, Petzold M, Krueger U, Scholz H. Flow reduction in high-flow arteriovenous access using intraoperative flow monitoring. *J Vasc.Surg.* 2006; 44: 1273-1278
250. Tellioglu G, Berber I, Kilicoglu G *et al.* Doppler ultrasonography-guided surgery for high-flow hemodialysis vascular access: preliminary results. *Transplant.Proc.* 2008; 40: 87-89

251. Korzets A, Kantarovsky A, Lehmann J *et al.* The "DRIL" procedure--a neglected way to treat the "steal" syndrome of the hemodialysed patient. *Isr.Med.Assoc.J.* 2003; 5: 782-785
252. Nadig C, Leidig M, Schmiedeke T, Hoffken B. The use of ultrasound for the placement of dialysis catheters. *Nephrol.Dial.Transplant.* 1998; 13: 978-981
253. Bansal R, Agarwal SK, Tiwari SC, Dash SC. A prospective randomized study to compare ultrasound-guided with nonultrasound-guided double lumen internal jugular catheter insertion as a temporary hemodialysis access. *Ren Fail.* 2005; 27: 561-564
254. Macrae JM, Ahmed A, Johnson N, Levin A, Kiaii M. Central vein stenosis: a common problem in patients on hemodialysis. *ASAIO J.* 2005; 51: 77-81
255. Weijmer MC, Vervloet MG, ter Wee PM. Compared to tunnelled cuffed haemodialysis catheters, temporary untunnelled catheters are associated with more complications already within 2 weeks of use. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2004; 19: 670-677
256. Schwab SJ, Weiss MA, Rushton F *et al.* Multicenter clinical trial results with the LifeSite hemodialysis access system. *Kidney Int.* 2002; 62: 1026-1033
257. Hollenbeck M, Zolotov D, Debusmann ER, Koch M, Wozniak G. Use of LifeSite port systems for hemodialysis in Germany. *Clin.Nephrol.* 2005; 64: 138-143
258. Trerotola SO, Kraus M, Shah H *et al.* Randomized comparison of split tip versus step tip high-flow hemodialysis catheters. *Kidney Int.* 2002; 62: 282-289
259. Jaffer Y, Selby NM, Taal MW, Fluck RJ, McIntyre CW. A meta-analysis of hemodialysis catheter locking solutions in the prevention of catheter-related infection. *Am.J.Kidney Dis.* 2008; 51: 233-241
260. Weijmer MC, van den Dorpel MA, Van de Ven PJ *et al.* Randomized, clinical trial comparison of trisodium citrate 30% and heparin as catheter-locking solution in hemodialysis patients. *J.Am.Soc.Nephrol.* 2005; 16: 2769-2777
261. Mokrzycki MH, Jean-Jerome K, Rush H, Zdunek MP, Rosenberg SO. A randomized trial of minidose warfarin for the prevention of late malfunction in tunneled, cuffed hemodialysis catheters. *Kidney Int.* 2001; 59: 1935-1942
262. Traynor JP, Walbaum D, Woo YM *et al.* Low-dose warfarin fails to prolong survival of dual lumen venous dialysis catheters. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2001; 16: 645
263. Coli L, Donati G, Cianciolo G *et al.* Anticoagulation therapy for the prevention of hemodialysis tunneled cuffed catheters (TCC) thrombosis. *J Vasc.Access.* 2006; 7: 118-122
264. Rogers NM, Coates PT. Calcific uraemic arteriolopathy: an update. *Curr.Opin.Nephrol.Hypertens.* 2008; 17: 629-634
265. Allon M. Current management of vascular access. *Clin.J.Am.Soc.Nephrol.* 2007; 2: 786-800
266. Yahav D, Rozen-Zvi B, Gafter-Gvili A *et al.* Antimicrobial lock solutions for the prevention of infections associated with intravascular catheters in patients undergoing hemodialysis: systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials. *Clin.Infect.Dis.* 2008; 47: 83-93

267. Kessler M, Hoen B, Mayeux D, Hestin D, Fontenaille C. Bacteremia in patients on chronic hemodialysis. A multicenter prospective survey. *Nephron*. 1993; 64: 95-100
268. Ryan SV, Calligaro KD, Scharff J, Dougherty MJ. Management of infected prosthetic dialysis arteriovenous grafts. *J.Vasc.Surg.* 2004; 39: 73-78
269. Schanzer A, Ciaranello AL, Schanzer H. Brachial artery ligation with total graft excision is a safe and effective approach to prosthetic arteriovenous graft infections. *J Vasc.Surg.* 2008; 48: 655-658
270. Cheesbrough JS, Finch RG, Burden RP. A prospective study of the mechanisms of infection associated with hemodialysis catheters. *J.Infect.Dis.* 1986; 154: 579-589
271. Hoen B, Paul-Dauphin A, Hestin D, Kessler M. EPIBACDIAL: a multicenter prospective study of risk factors for bacteremia in chronic hemodialysis patients. *J.Am.Soc.Nephrol.* 1998; 9: 869-876
272. Maki DG, Weise CE, Sarafin HW. A semiquantitative culture method for identifying intravenous-catheter-related infection. *N.Engl.J Med.* 1977; 296: 1305-1309
273. Kaplowitz LG, Comstock JA, Landwehr DM, Dalton HP, Mayhall CG. A prospective study of infections in hemodialysis patients: patient hygiene and other risk factors for infection. *Infect.Control Hosp.Epidemiol.* 1988; 9: 534-541
274. Mermel LA, Farr BM, Sherertz RJ *et al.* Guidelines for the management of intravascular catheter-related infections. *Clin.Infect.Dis.* 2001; 32: 1249-1272
275. European Best Practice Guidelines for Haemodialysis Expert Group. VI.1 Prevention of infection. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2002; 17: 72-87
276. Betjes MG, van Agteren M. Prevention of dialysis catheter-related sepsis with a citrate-taurolidine-containing lock solution. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2004; 19: 1546-1551
277. McIntyre CW, Hulme LJ, Taal M, Fluck RJ. Locking of tunneled hemodialysis catheters with gentamicin and heparin. *Kidney Int.* 2004; 66: 801-805
278. Dogra GK, Herson H, Hutchison B *et al.* Prevention of tunneled hemodialysis catheter-related infections using catheter-restricted filling with gentamicin and citrate: a randomized controlled study. *J.Am.Soc.Nephrol.* 2002; 13: 2133-2139
279. Maki DG, Stolz SS, Wheeler S, Mermel LA. A prospective, randomized trial of gauze and two polyurethane dressings for site care of pulmonary artery catheters: implications for catheter management. *Crit Care Med.* 1994; 22: 1729-1737
280. Levin A, Mason AJ, Jindal KK, Fong IW, Goldstein MB. Prevention of hemodialysis subclavian vein catheter infections by topical povidone-iodine. *Kidney Int.* 1991; 40: 934-938
281. Sesso R, Barbosa D, Leme IL *et al.* Staphylococcus aureus prophylaxis in hemodialysis patients using central venous catheter: effect of mupirocin ointment. *J.Am.Soc.Nephrol.* 1998; 9: 1085-1092
282. Dahlberg PJ, Agger WA, Singer JR *et al.* Subclavian hemodialysis catheter infections: a prospective, randomized trial of an attachable silver-impregnated cuff for prevention of catheter-related infections. *Infect.Control Hosp.Epidemiol.* 1995; 16: 506-511

283. Trerotola SO, Johnson MS, Shah H *et al.* Tunneled hemodialysis catheters: use of a silver-coated catheter for prevention of infection--a randomized study. *Radiology.* 1998; 207: 491-496
284. Chatzinikolaou I, Finkel K, Hanna H *et al.* Antibiotic-coated hemodialysis catheters for the prevention of vascular catheter-related infections: a prospective, randomized study. *Am.J.Med.* 2003; 115: 352-357
285. Johnson DW, MacGinley R, Kay TD *et al.* A randomized controlled trial of topical exit site mupirocin application in patients with tunnelled, cuffed haemodialysis catheters. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2002; 17: 1802-1807
286. Lok CE, Stanley KE, Hux JE *et al.* Hemodialysis infection prevention with polysporin ointment. *J.Am.Soc.Nephrol.* 2003; 14: 169-179
287. Mokrzycki MH, Zhang M, Cohen H *et al.* Tunnelled haemodialysis catheter bacteraemia: risk factors for bacteraemia recurrence, infectious complications and mortality. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2006; 21: 1024-1031
288. Maya ID, Carlton D, Estrada E, Allon M. Treatment of dialysis catheter-related *Staphylococcus aureus* bacteremia with an antibiotic lock: a quality improvement report. *Am.J.Kidney Dis.* 2007; 50: 289-295
289. Katneni R, Hedayati SS. Central venous catheter-related bacteremia in chronic hemodialysis patients: epidemiology and evidence-based management. *Nat.Clin.Pract.Nephrol.* 2007; 3: 256-266
290. Miceli MH, Jones Jackson LB, Walker RC *et al.* Diagnosis of infection of implantable central venous catheters by [<sup>18</sup>F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *Nucl.Med.Commun.* 2004; 25: 813-818