

Shuntchirurgie für die Dialyse

T. Ghadban, V. Weissmann, H. Ittrich, M. Janneck, A. König

Zentrum für Operative Medizin, Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral- und Thoraxchirurgie, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

Die Indikation zur Dialyse wird heute immer häufiger gestellt, vor allem aufgrund der Zunahme von verschiedenen Erkrankungen wie Diabetes mellitus oder auch Arteriosklerose. Um die Hämodialyse als therapeutisches Mittel anzuwenden, muss langfristig ein Dialysezugang etabliert werden. Dies ist die Aufgabe der Shuntchirurgie. Prinzipiell können Shunts als native Fisteln oder Prothesenshunts angelegt werden. Einen weiteren Dialysezugang stellen die zentralen Katheter dar. Für den Erfolg einer Shuntanlage ist eine adäquate präope-

orative Planung Voraussetzung. Meist ist diese durch einfache Mittel wie Anamnese, klinische Untersuchung und Sonografie adäquat durchführbar. Häufige Komplikationen, die eine erneute chirurgische oder endovaskuläre Intervention notwendig machen, sind die Stenose mit konsekutiver Thrombose, insuffizienter Fistelfluss, Aneurysmen, Infektionen, zentralvenöse Obstruktionen, kardiale Komplikationen oder postoperative Blutungen.

Epidemiologie und Ätiologie

Ursächlich für ein chronisches Nierenversagen können unterschiedliche Erkrankungen sein, die häufigsten **Ursachen** sind ein Diabetes und Bluthochdruck. Weitere Ursachen sind die Glomerulonephritis oder interstitielle Nephritis, Zystennieren und eine Vielzahl von Systemerkrankungen.

Laut dem Institut für Gesundheits- und Sozialforschung betrug die Anzahl der dialysepflichtigen Patienten 2014 ca. 83 000 [1]. Bis zum Jahr 2020 wird eine Steigerung der Patientenzahl um ca. 20% auf ca. 100 000 Patienten erwartet.

Für die Dialyse stehen die Peritoneal- und die Hämodialyse zur Verfügung. Die Shuntchirurgie befasst sich mit der operativen **Anlage eines Dialysezugangs**. Das terminale bzw. progrediente präterminale Nierenversagen stellt die Hauptindikation zur Anlage eines arteriovenösen Zugangs dar, seltener ist dieser zur Durchführung einer Lipidapherese bei Hyperlipidämie notwendig.

► **Ein funktionsfähiger Dialysezugang ist die Grundvoraussetzung für die Hämodialyse.**

Indikation

Unter **Shuntchirurgie** werden alle chirurgischen Maßnahmen verstanden, die sich mit der Neuanlage von arteriovenösen Gefäßzugängen oder auch mit deren operativen Revisionen im Fall von Komplikationen befassen. Meist stellt die Notwendigkeit einer Hämodialyse aufgrund einer chronischen Niereninsuffizienz die **Indikation zur Shuntchirurgie** dar.

Prinzip der Shuntanlage ist die Schaffung einer arteriovenösen Verbindung und somit Ausbildung einer Shuntvene mit ausreichendem Fluss für eine Dialyse. Diese sollte für Punktionen einfach zugänglich sein.

Zur Neuanlage eines arteriovenösen Gefäßzugangs kommen sowohl native Venen als auch Prothesenshunts infrage. Zudem stellt die Anlage eines zentralen Katheters

Abkürzungen

AV	arteriovenös
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PTA	perkutane transluminale Angioplastie
PTFE	Polytetrafluorethylen

eine Alternative dar. Grundsätzlich muss, wie bei allen chirurgischen Eingriffen, die **Indikation** sorgfältig **geprüft** werden und es müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein. Des Weiteren müssen mögliche **Komplikationen** und deren Therapien bei der Indikationsstellung **berücksichtigt** werden. Dies setzt eine enge Kooperation zwischen Chirurgen, Nephrologen und Radiologen voraus.

► **Gefäßzugang der 1. Wahl ist der arteriovenöse Shunt.**

Beachtet werden sollte beim **arteriovenösen Shunt**, dass dieser bis zur Punktionsfähigkeit ca. 6–8 Wochen „reifen“ muss, weshalb möglichst schnell nach **Indikationsstellung** eine **Operationsplanung** erfolgen sollte. Gegebenenfalls muss gerade auch bei schwierigen Verhältnissen die Notwendigkeit für Korrekturen mit eingeplant werden. Zur sicheren Planung sollte somit mindestens 3 Monate vor dem geplanten Therapiebeginn die **1. Vorstellung in einem Shuntzentrum** erfolgen, wobei sich bei Patienten mit Niereninsuffizienz die glomeruläre Filtrationsrate als klinischer Parameter eignet.

Weiterhin sollten die **Gefäße der Extremitäten des Patienten geschont** werden. Hierzu sollten unnötige Punktationen der Venen vermieden werden und diese, z. B. bei Blutentnahmen, Infusionen oder auch Transfusionen, eher am Handrücken vorgenommen werden.

► **Vor einer Shuntanlage sollten potenzielle Shuntvenen geschont werden.**

Hinweis

Zeitpunkt der Shuntplanung

Eine Vorstellung erfolgt auf individueller Basis, sobald die glomeruläre Filtrationsrate ca. 30 ml/min unterschreitet. Falls ein schwieriger Gefäßstatus, multimorbide Grunderkrankungen (Diabetes mellitus, Arteriosklerose, koronare Herzkrankheit) oder auch Verletzungen der Extremitäten sowie eine schnell progrediente Niereninsuffizienz vorliegen, ist eine noch frühere Vorstellung der Patienten angeraten.

Diagnostisches Vorgehen

Wie bei allen chirurgischen Eingriffen stellen die Anamnese, klinische und gegebenenfalls auch ergänzende apparative Diagnostik wichtige Grundvoraussetzungen dar.

In der **Anamnese** müssen zum einen Grunderkrankungen wie Diabetes mellitus, Arteriosklerose oder auch kardiologische Erkrankungen abgeklärt werden. Weiterhin müssen Katheter, implantierte Schrittmacher, Portallagen, Frakturen oder Voroperationen der Extremitäten, der Schulter und der oberen Thoraxapertur abgefragt werden. Diese können wichtige Hinweise auf mögliche Schwierigkeiten bei der chirurgischen Anlage eines Gefäßzugangs geben und weitere diagnostische Maßnahmen erforderlich machen.

Bei der **klinischen körperlichen Untersuchung** können mit einfachen Maßnahmen wie Inspektion, Palpation, Auskultation und Blutdruckmessung Gefäßstatus und -verlauf der oberen Extremität beurteilt werden. Besonders wichtig bei der Beurteilung ist der Seitenvergleich beider Extremitäten. Bei der Inspektion sollte man auf Narben, die auf Verletzungen oder Voroperationen hinweisen können, achten, zusätzlich auch auf mögliche sichtbare Gefäßanomalien, Kollateralen oder auch Hämatome. Bei unauffälligen Befunden und schlanken Patienten reicht dies meist schon zur Festlegung der Region der Anastomose aus.

Als **weiterführende apparative Diagnostik** stehen die Duplexsonografie, Phlebografie und Magnetresonanztomografie zur Verfügung, die sich vor allem bei Patienten mit schwieriger klinischer Beurteilbarkeit der anatomischen Verhältnisse empfehlen.

► **Eine präoperative sonografische Untersuchung der Gefäße führt zu einer besseren postoperativen Erfolgsrate und kann möglichen Komplikationen vorbeugen, indem mögliche Stenosen, Verkalkungen oder auch eine Mediasklerose der Gefäße präoperativ festgestellt werden können.**

Die **Duplexsonografie** sollte stets durch einen erfahrenen Untersucher vorgenommen werden. Allerdings ist die diagnostische Aussagekraft dadurch eingeschränkt, dass beispielsweise zentrale Stenosen nicht erkannt werden können. Daher können auch weitere apparative diagnostische Verfahren genutzt werden. Grundsätzlich muss darauf geachtet werden, dass im Rahmen dieser Diagnostik die noch vorhandene Nierenfunktion durch eine mögliche Applikation von Kontrastmittel nicht weiter

eingeschränkt wird. Dementsprechend kann die Technik der digitalen Subtraktionsangiografie mit jodhaltigem Kontrastmittel oder die Magnetresonanztomografie unter Nutzung von gadoliniumhaltigen Kontrastmitteln nur eingeschränkt genutzt werden. Als **alternative Maßnahmen** können die CO₂-Angiografie mit oft jedoch begrenztem Kontrast, die Time-of-Flight- oder Phasenkontrastangiografie zur Darstellung der Gefäße ohne Risiko einer Nierenfunktionsbeeinträchtigung eingesetzt werden.

Aufgrund der durch die präoperative Duplexsonografie deutlich höheren Erfolgsraten und Raten an radiozephalen Shunts im Vergleich zur alleinigen körperlichen Untersuchung gilt diese heutzutage als Standard im Rahmen der Shuntplanung.

► **Als Prädiktor für eine erfolgreiche Shuntanlage gelten ein arterieller Durchmesser von mindestens 1,6 mm, der Venendurchmesser am Unterarm sollte mindestens 2 mm und am Oberarm 3 mm betragen. Für Prothesenshunts wird ein venöser Durchmesser von 4 mm empfohlen.**

Nach Durchführung von Anamnese, klinischer Untersuchung und gegebenenfalls weiterer Diagnostik kann die **Region und Lage der Fistel** geplant werden. Diese sollte so distal wie möglich und so zentral wie nötig gewählt werden und nach Möglichkeit am nicht dominanten Arm liegen, da eine langjährige Dialyse häufig zu einer Neuanlage oder späterer Proximalisierung des Shunts zwingt.

► **Merke: Ein Shunt sollte so distal wie möglich und so zentral wie nötig angelegt werden.**

Kontraindikationen und Anästhesie

Durch die Veränderungen der Flussverhältnisse durch einen Shunt zählen **arterielle Durchblutungsstörungen** und **venöse Abflussstörungen** aufgrund der Gefahr der peripheren Ischämie und der Extremitätenschwellung zu den Kontraindikationen einer Shuntanlage.

Die Durchblutungsstörungen spielen vor allem beim Diabetiker und Langzeitdialysepatienten eine Rolle. Eine weitere Kontraindikation kann die **Herzinsuffizienz** aufgrund des erhöhten Herzminutenvolumens durch den Shunt sein.

Der Eingriff kann meist in **Lokal- oder Regionalanästhesie** erfolgen. Die Regionalanästhesie zeigt zudem den Vorteil der Prophylaxe von Gefäßspasmen. Aber auch eine Anästhesie in Vollnarkose ist bei Kindern oder auch bei

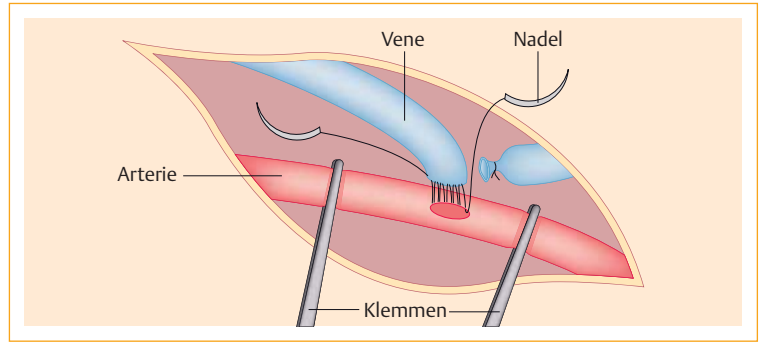


Abb. 1 ■ Darstellung einer lateroterminalen arteriovenösen Anastomose in fortlaufender Nahttechnik.

ängstlichen Patienten oder bei ausgedehnten Eingriffen möglich. Grundsätzlich ist eine präoperative anästhesiologische Vorstellung unabdingbar.

Varianten des arteriovenösen Shunts

Gefäßzugänge der 1. Wahl stellt die **native AV-Fistel** dar. Die primären Offenheitsraten liegen nach 1 und 2 Jahren bei 90 bzw. 85%. Als 2. Wahl werden **Prothesenshunts** verwendet, deren primäre Offenheitsraten nach 1 und 2 Jahren bei 60 bzw. 40% liegen.

Als **native AV-Fistel** können verschiedene Regionen bzw. Gefäße verwendet werden. Grundsätzlich wird die Nahtverbindung zwischen Arterie und Vene als Seit-zu-End-Anastomose in fortlaufender Nahttechnik durchgeführt (Abb. 1). Hierbei wird die Arterie seitwärts mit dem Endstück der Vene verbunden. Arterie und Vene sollten möglichst nah beieinanderliegen, um eine unnötige Mobilisierung und damit eine mögliche Stenosebildung durch Zerstörung der Gewebefähigung und nutritiven Vasa vasorum, wodurch der mobilisierte Venenabschnitt durch den narbigen Umbau sklerotisch fixiert wird, zu vermeiden. Der Anastomosendurchmesser sollte distal der Brachialisbifurkation 4–6 mm betragen, im Bereich der A. brachialis sollte die Anastomose den Durchmesser der Arterie nicht überschreiten. Hierfür bieten sich prinzipiell die V. cephalica und V. basilica an (Abb. 2).

Varianten der arteriovenösen Fistel

■ *Tabatière-Shunt*

Hier erfolgt die **arteriovenöse Anastomose zwischen A. radialis und V. cephalica im Bereich der Tabatière**. Hier wird die Anastomose am weitesten distal gelegenen Punkt am Unterarm angelegt und die V. cephalica kann am gesamten

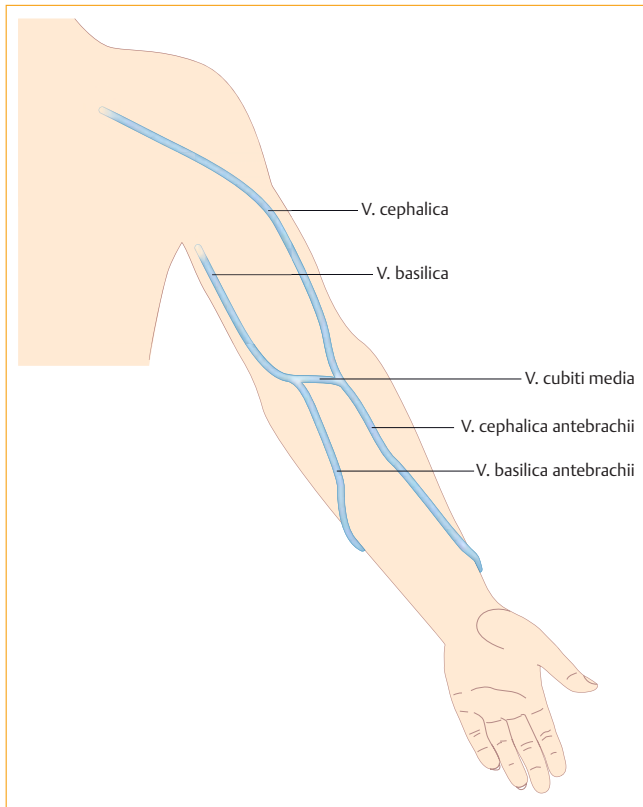


Abb. 2 ■ Darstellung der shuntrelevanten oberflächlichen Venen der oberen Extremitäten.

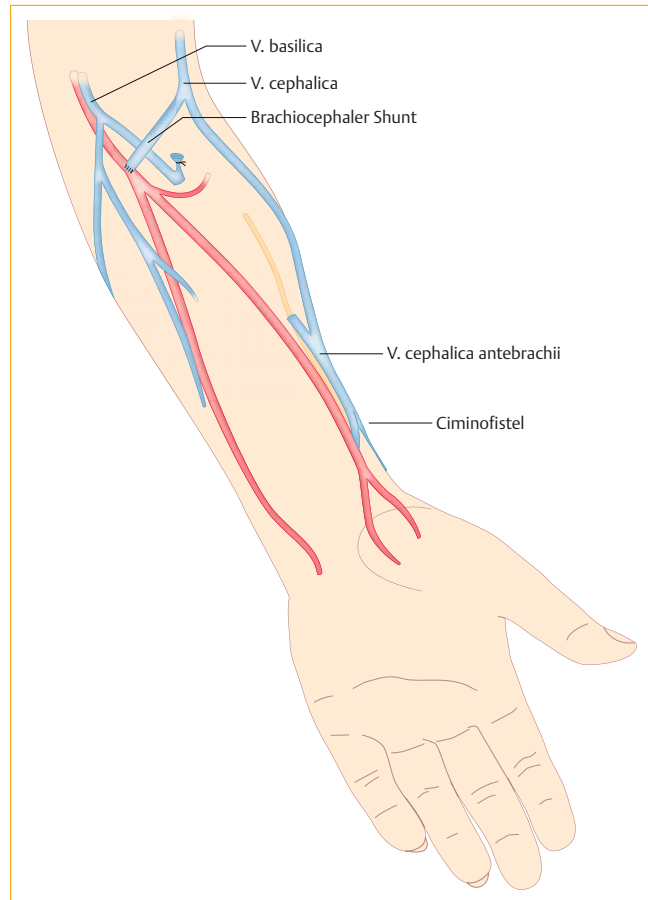


Abb. 3 ■ Darstellung eines radiozephalischen Unterarmshunts und einer brachiozephalischen Ellenbeugenfistel.

Unterarm punktiert werden. Bei einem Fistelverschluss oder einer Stenose sind alle Rekonstruktionsmöglichkeiten am Unterarm gegeben. In kleinen Serien war die Offenheitsrate bei Männern ähnlich wie beim distalen Unterarmshunt, bei Frauen deutlich schlechter.

■ Cimino-Fistel

Die Cimino-Fistel (auch: Cimino-Brescia-Fistel) bezeichnet eine **Anastomose zwischen A. radialis und V. cephalica am distalen Unterarm knapp proximal des Processus styloideus radii**. Die Cimino-Fistel kann nach Ausreifungszeit und bei guter klinischer Handhabung über Jahre hinweg genutzt werden.

■ Proximale radiozephalige Fistel

Falls eine distale Fistel (Cimino-Fistel) nicht möglich ist, beispielsweise aufgrund eines zu geringen Gefäßdurchmessers, einer Thrombophlebitis oder auch zu zarten distalen Gefäßen, können **A. radialis und V. cephalica weiter proximal bis zur Ellenbeuge anastomosiert** werden (Abb. 3).

■ Fisteln der Ellenbeuge

In der anatomischen Region der Ellenbeuge stehen verschiedene Varianten zur Verfügung. Auch hier sollte am ehesten die **V. cephalica** verwendet werden. Als Alternative stehen die V. basilica, V. mediana cubiti oder V. communicans zur Verfügung. Als Arterie dient die **A. brachialis**.

► **Eine Fistel in der Ellenbeuge findet Verwendung bei nicht (mehr) nutzbaren oder zuvor verwendeten distalen Gefäßen.**

Ellenbeugenfisteln (Abb. 3) erzeugen einen hohen Blutfluss und ermöglichen so eine hocheffiziente Dialyse. Die **Inzidenz** thrombotischer und infektiöser Komplikationen ist gering und die langfristigen Ergebnisse sind gewöhnlich gut. **Hauptnachteile** dieser Hochflusshunts sind das Risiko der distalen Hypoperfusion, die zu einer symptomatischen Handischämie führen kann, sowie hyperzirkulatorisches Herzversagen, speziell bei Patienten mit Koronarerkrankungen oder Herzinsuffizienz.

■ Periphere Basilikafisteln (Ulnarisfisteln)

Periphere Basilikafisteln stellen **Anastomosen zwischen A. ulnaris und V. basilica am distalen Unterarm** dar und sind eine Alternative zur Cimino-Fistel. Sie kommen jedoch nur selten zum Einsatz aufgrund des meist geringen Venendurchmessers.

■ Zentrale Basilikafistel

Hierbei handelt es sich um eine Variante der Ellenbogenfistel, bei der die Drainage ausschließlich über die **V. basilica** erfolgt. Da die **Vene tiefer im Subkutangewebe** liegt, muss eine Vorverlagerung in das Subkutangewebe erfolgen, um die Punktion zu ermöglichen. Das kann einzeitig oder zweizeitig erfolgen, indem zunächst die Anlage der Anastomose und im 2. Schritt die Mobilisierung der dann bereits dilatierten und vergrößerten Fistel aus dem Subkutangewebe heraus durchgeführt wird.

Operatives Vorgehen zur Anlage einer AV-Fistel

Die Infobox „OP-Schritte und Tricks“ erläutert das operative Vorgehen bei Anlage einer AV-Fistel.

Varianten und operatives Vorgehen von Prothesenshunts

► **AV-Fisteln stellen die 1. Wahl eines Shunts dar. Die meisten Patienten können damit versorgt werden. Ist dies nicht möglich, muss eine Gefäßprothese eingesetzt werden.**

Ein Prothesenshunt kann in den bereits erwähnten anatomischen Regionen verwendet werden. Als Voraussetzung muss jedoch eine Arterie mit einem Durchmesser von 3 mm und eine Vene mit einem Mindestdurchmesser von 4 mm zur Verfügung stehen, die mit der Prothese verbunden werden können. Zum Einsatz kommt dieser, falls die für native Shuntanlagen einsetzbaren Venen bereits durch vorangegangene Shuntanlagen verbraucht wurden oder diese aufgrund eines zu geringen Durchmessers oder aufgrund von Thrombosen oder Stenosen nicht benutzbar sind. Hier erfolgt der venöse Anschluss an tiefe Venen, den sogenannten **Drainagevenen**, oder **weiter zentral** wie an die V. axillaris.

Die **am häufigsten genutzten Prothesen** bestehen aus expanded Polytetrafluorethylen (ePTFE). Zudem gibt es weitere biologische und synthetische Materialien, die sich durch Resistenz gegenüber Infekten, Stabilität und Handhabung, Wanddicke, geradem oder gebogenem Verlauf differenzieren lassen. Ein **Vorteil von Prothesen-**

OP-Schritte und Tricks

Operatives Vorgehen zur Anlage einer AV-Fistel

1. Wählen eines adäquaten Zugangs: Voraussetzung hierfür ist die Möglichkeit zur guten Exploration der Arterie und Vene. In der Regel erfolgt diese im Unterarm längs zwischen Arterie und Vene, bei der Ellenbogenfistel quer oder S-förmig knapp unterhalb der Ellenbeuge (Abb. 3).
2. Darstellen der Vene: Im 2. Schritt wird die Abflussvene aufgesucht und ihre Beschaffenheit untersucht, diese sollte nur so gering wie möglich mobilisiert werden, um eine Sklerosierung zu vermeiden. Für eine End-zu-Seit-Anastomose wird diese nun abgesetzt und das distale Ende ligiert. Als Besonderheit muss bei der Basilikafistel diese, falls ein einzeitiges Verfahren geplant ist, bis zur Axilla dargestellt werden und nach subkutan vorverlagert werden. Beim zweizeitigen Verfahren erfolgt zunächst die Anastomosierung und im Verlauf nach Ausreifung der Vene die Vorverlagerung nach subkutan.
3. Aufsuchen der Arterie: Im 3. Schritt erfolgt die Darstellung der Arterie. Diese wird proximal und distal der Anastomosenregion umfahren, um eine Ausklemmung zu ermöglichen. Eine Anastomosierung direkt am Gelenk sollte vermieden werden, um eine Abknickung zu verhindern.
4. Herstellung der arteriovenösen Anastomose: Nach Ausklemmen der Arterie wird die Arteriotomie (am Unterarm 4–6 mm, im Bereich der A. brachialis passend zum Durchmesser) und das Anfertigen einer fortlaufenden Gefäßanastomose mit monophilem, nicht resorbierbarem Faden der Stärke 7/0 oder 6/0 durchgeführt.
5. Beurteilung des Shunts: Nach Herstellen der Anastomose erfolgt die Flussfreigabe und Beurteilung des Shunts durch Inspektion und Palpation. Hierbei lässt sich das Operationsergebnis überprüfen, um gegebenenfalls Veränderungen am Shunt vornehmen zu können.

shunts gegenüber nativen AV-Fisteln stellt eine mögliche zügige Erstkanülierung bereits 2–3 Wochen nach Anlage dar. Des Weiteren kann ein Prothesenshunt auch an der unteren Extremität angelegt werden, falls eine beidseitige zentralvenöse oder kavale Obstruktion besteht.

Als **Formen** des Prothesenshunts kommen ein **Straight-Shunt** mit distaler arterieller Anastomose und proximaler venöser Anastomose oder ein **Loop-Shunt** mit beiden Anastomosen proximal zum Einsatz (Abb. 4).

► **Favorisiert werden sollte ein Loop-Shunt, da dieser über eine längere Punktionsstrecke verfügt und bessere hämodynamische Eigenschaften aufweist.**

Aufgrund der häufig auftretenden Intimahyperplasie im Bereich der venösen Anastomose mit konsekutiver Shuntthrombose wurden neue Formen der Prothesen entwickelt, z. B. die **Hybridprothese** mit einem integrierenden Stent im venösen Abschnitt und Verzicht auf die

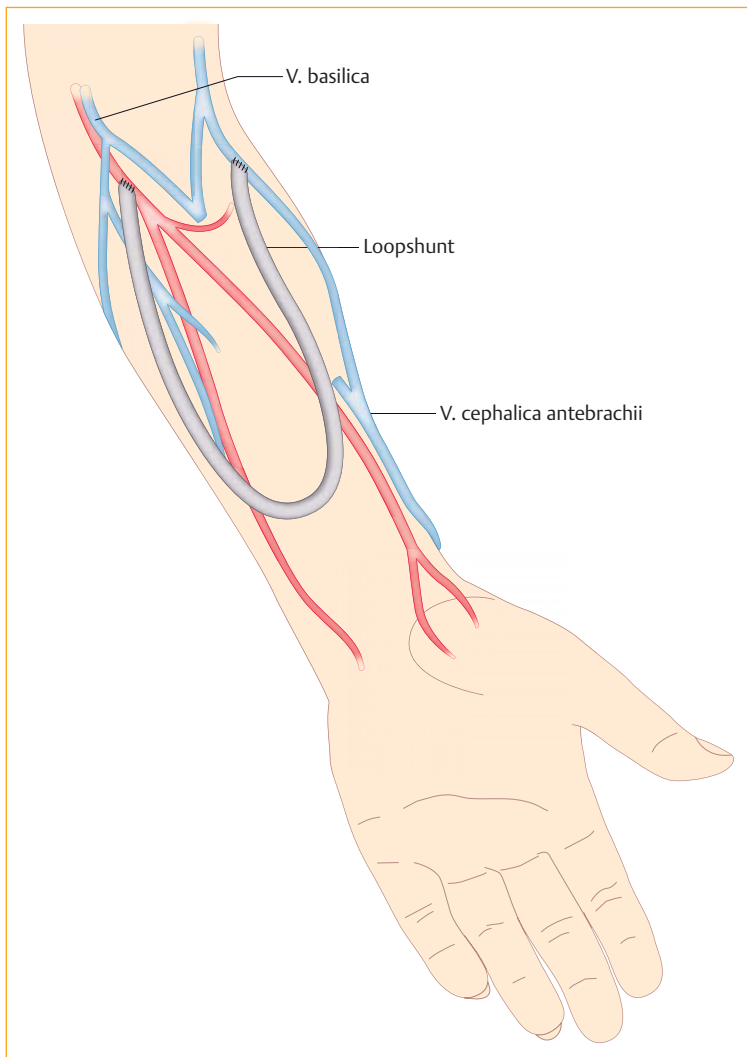


Abb. 4 ■ Schematische Darstellung eines Unterarm-Loop-Shunts zwischen A. brachialis und V. cephalica.

venöse Anastomosierung. Vorteil dieser Prothesen sind die bessere Einsetzbarkeit bei schwieriger Anatomie und die geringere Intimahyperplasie. Weitere Beispiele sind Prothesen mit veränderter Geometrie, die ebenfalls zu einer Vermeidung der Intimahyperplasie führen. Klare Empfehlungen sind aufgrund der schlechten Evidenzlage kaum zu treffen.

Die Infobox „OP-Schritte und Tricks“ erläutert das operative Vorgehen.

OP-Schritte und Tricks

Operatives Vorgehen zur Anlage eines Prothesenshunts

1. Wählen eines adäquaten Zugangs: Voraussetzung hierfür ist, dass eine gute Exploration der Arterie und Vene möglich ist. In der Regel erfolgt dieser bei Unterarm-Loop-Shunts S-förmig knapp unterhalb der Ellenbeuge. Bei Straight-Shunts sind 2 Inzisionen notwendig.
2. Darstellen der Vene: Im 2. Schritt wird die Abflussvene aufgesucht und ihre Beschaffenheit untersucht. Diese sollte auch hier nur so gering wie möglich mobilisiert werden, um eine Sklerosierung zu vermeiden. Für eine End-zu-Seit-Anastomose wird diese nun abgesetzt und das distale Ende ligiert.
3. Aufsuchen der Arterie: Es erfolgt die Darstellung der Arterie. Diese wird proximal und distal der Anastomosenregion umfahren, um eine Ausklemmung zu ermöglichen. Eine Anastomosierung direkt am Gelenk sollte vermieden werden, um eine Abknickung zu verhindern.
4. Einbringen der Prothese: Nun wird die Prothese subkutan eingebracht. In der Regel erfolgt das durch eine stumpfe subkutane Tunnelung, hierfür können auch Hilfsinzisionen notwendig sein. Eine Knickbildung sollte unbedingt vermieden werden. Bei beringten Prothesen sollten diese beim Loop-Shunt nur am distalsten Punkt im Bereich des Bogens zur Vermeidung einer Knickbildung belassen werden sowie im Bereich der Gelenke, um ein Abknicken bei Bewegung zu vermeiden. Gleiches gilt für Straight-Prothesenshunts.
5. Anfertigen der arteriellen Anastomose: Nach Ausklemmen der Arterie wird eine Arteriotomie (am Unterarm 4–6 mm, im Bereich der A. brachialis passend zum Durchmesser) durchgeführt und eine fortlaufende Anastomose mit monophilem, nicht resorbierbarem Faden der Stärke 7/0 oder 6/0 angefertigt. Anschließend erfolgt die Freigabe des Flusses und das Befüllen der Prothese sowie distales Abklemmen der Prothese.
6. Herstellung der venösen Anastomose: Nun wird eine fortlaufende Gefäßanastomose zwischen der Prothese und der Vene angefertigt, ebenfalls mit monophilem, nicht resorbierbarem Faden der Stärke 7/0 oder 6/0. Diese kann als End-zu-End- oder auch als End-zu-Seit-Anastomose erfolgen.
7. Beurteilung des Shunts: Nach Herstellen der Anastomose erfolgt die Flussfreigabe und Beurteilung des Shunts durch Inspektion und Palpation. Hierdurch lassen sich Operationsfehler schnell nachweisen und beheben.

Technisches Vorgehen, wenn keine Venen mehr vorhanden sind

Jeder **Shunt besitzt eine zeitlich limitierte Lebensdauer**, daher sollte die Anlage so peripher wie möglich erfolgen. Nach langjähriger Dialyse und mehrfachen Shuntanlagen kann es vorkommen, dass **keine geeigneten Punktionsvenen** für eine native Shuntanlage und auch **keine geeigneten Drainagevenen** für Prothesenshunts an den Extremitäten vorhanden sind.

In solchen Fällen können **ungewöhnlichere Shunts** zum Einsatz kommen. Da diese jedoch kein Standardverfahren sind, erfordern sie eine große Expertise. Infrage kommen der

- Collier-Shunt (arteriokontralateraler venöser Subclavia-Prothesenshunt),
- brachiojuguläre Shunt,
- femorofemorale Loop oder
- femorokavale Shunt.

Weitere Formen stellen die **arterioarteriellen Shunts** wie der arterioarterielle subclaviosubklaviale Loop dar.

Bei einer Stenosierung des zentralen Veneneinflusses in das rechte Herz kann der venöse Abfluss so stark behindert werden, dass alle bisher zur Verfügung stehenden Shunttechniken nicht mehr genutzt werden können. Ohne Shunt kann nur über großvolumige zentralvenöse Katheter dialysiert werden. In dieser für den Patienten bisher alternativlosen Situation wurden **neuartige Gefäßprothesen** entwickelt, z. B. der HeRO-Graft (HeRO: Hemodialysis reliable Outflow). Dieser verbindet einen subkutanen AV-Shunt direkt mit dem rechten Vorhof und umgeht dadurch die gesamte periphere venöse Abflussstrecke des Shunts. Eine Gefäßprothese mit integriertem Stent dient der Offenhaltung des zentralvenösen Abflusses trotz Stenose.

Zentrale Katheter

Zentrale (getunnelte) Katheter sind 3. Wahl der dauerhaften Gefäßzugänge und sollten als letzte Möglichkeit angelegt werden. Sie finden bei Patienten mit vorbestehenden schweren Ischämien der Extremitäten oder Herzinsuffizienz Verwendung. Eine weitere **Indikation** stellt letztlich auch eine akute Notwendigkeit zur Dialyse dar.

Hierbei wird die rechte V. jugularis interna als primärer **Gefäßzugang** empfohlen, des Weiteren können die linke

V. jugularis interna, die Vv. subclaviae und Vv. femorales genutzt werden. Sobald der Katheter länger als 14 Tage verwendet werden soll, empfiehlt sich ein getunnelter Zugang, z. B. der Demers-Katheter. Nach der operativen Anlage ist ein Röntgenbild zur Lagekontrolle notwendig.

Weiterhin kann sich nach langjähriger Dialyse eine Thrombosierung der zentralen Venen einstellen, im Extremfall können sämtliche Jugular-, Subclavia- und Femoralvenen thrombosiert sein. In einer sogenannten No-Vessel-Situation besteht nur noch die Möglichkeit der Anlage eines arterioarteriellen Shunts. Weitere beschriebene **Alternativen** sind die Anlage subkutan implantierter Dialysekatheter, transhepatisch über die Lebervenen oder translumbal in die untere Hohlvene. Beide sind jedoch bisher nur in kleinen Fallserien beschrieben und keine Standardverfahren.

Komplikationen

Übersicht

Übersicht der mit Shunts verbundenen Komplikationen

- Shuntstenose
- Shuntthrombose
- Shuntaneurysma
- zentralvenöse Abflussstörung
- Infektionen
- Ischämie
- kardiale Komplikationen
- unzureichende Shuntentwicklung
- hyperdynamer Shuntfluss

Die häufigste Komplikation stellt die Stenose mit konsekutiver Thrombose dar. Weitere Komplikationen sind Aneurysmen, Infektionen, zentralvenöse Obstruktionen, kardiale Komplikationen oder postoperative Blutungen. Solche **Komplikationen machen häufig eine Revision notwendig**, wobei der Erhalt des Gefäßzugangs Priorität hat. Revisionen können grundsätzlich operativ oder minimal-invasiv endovaskulär vorgenommen werden.

Stenosen

Häufig stellen sich bei Shunts Stenosen ein. Diese können durch Vernarbungen aufgrund der Punktionen oder auch durch die Mobilisierung der Vene und damit fehlender

Fallbeispiel

Implantation eines transhepatischen Demers-Katheters

Die Abb. 5 demonstriert den Fall einer 43-jährigen Patientin mit langjähriger Dialyse. Nach mehreren Shuntanlagen an beiden Armen bestand keine suffiziente

Vene für eine weitere Shuntanlage, zudem entwickelte die Patientin thrombotische Verschlüsse sämtlicher Jugular-, Subclavia- und Femoralvenen, sodass eine Standardkatheter-

anlage nicht möglich war. In diesem Fall erfolgte die Implantation eines transhepatischen Demers-Katheters, worüber bis zur Transplantation eine suffiziente Dialyse möglich war.

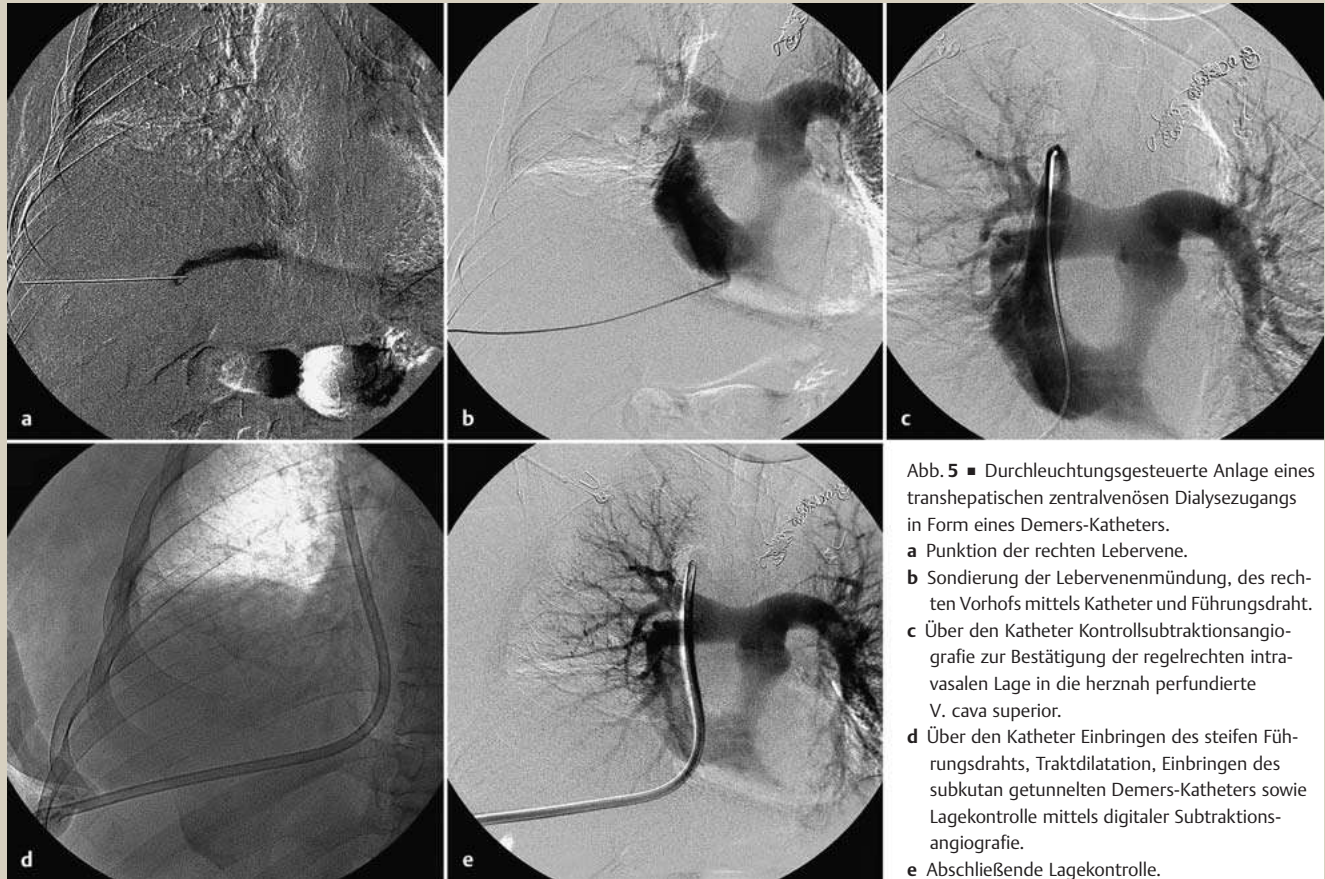


Abb. 5 ■ Durchleuchtungsgesteuerte Anlage eines transhepatischen zentralvenösen Dialysezugangs in Form eines Demers-Katheters.

a Punktion der rechten Lebervene.

b Sondierung der Lebervenenmündung, des rechten Vorhofs mittels Katheter und Führungsdraht.

c Über den Katheter Kontrollsubtraktionsangiografie zur Bestätigung der regelrechten intravasalen Lage in die herznah perfundierte V. cava superior.

d Über den Katheter Einbringen des steifen Führungsdrahts, Traktildilatation, Einbringen des subkutan getunnelten Demers-Katheters sowie Lagekontrolle mittels digitaler Subtraktionsangiografie.

e Abschließende Lagekontrolle.

Aufhängung und Strikturbildung verursacht sein. Stenosen können in **verschiedene Typen** eingeteilt werden, die wiederum eine bessere Therapieplanung ermöglichen.

■ Arteriovenöse Fistelstenosen

Eine AV-Fistelstenose sollte ab einer Lumeneinengung von über 50% therapiert werden. Weitere **Therapieindikationen** sind

- Schwierigkeiten bei der Punktion,
- Aneurysmabildung,
- Schwellung des Armes,
- prolongierte Blutungsneigung nach der Dekanülierung und

- Ischämie der Extremität aufgrund einer Hypoperfusion.

■ Typ-I-Stenose

Das sind Stenosen der Fistelvene in unmittelbarer Nähe zur AV-Anastomose. Diese ist meist durch die Zerstörung der Gewebeaufhängung und nutritiven Vasa vasorum der Vene durch die Mobilisierung verursacht, wodurch der mobilisierte Venenabschnitt durch den narbigen Umbau sklerotisch fixiert wird.

Hier besteht die **Therapie** der Wahl in der chirurgischen Neuanlage einer proximalen AV-Anastomose (ggf. mit

Protheseninterponat). Eine interventionelle Therapie (z.B. endovaskuläre Ballonangioplastie) kann ebenfalls erfolgen, hat jedoch schlechtere Langzeitergebnisse.

■ Typ-II-Stenose

Das sind Stenosen der Fistelvene im Punktionsbereich (Abb. 6, Abb. 7). **Therapie:** Interventionell mit PTA (perkutane transluminale Angioplastie) oder bei erneuter Stenose chirurgische Revision, z.B. mittels Patch oder Interponat.

■ Typ-III-Stenosen

Das sind Stenosen der Fistelvenen an der Einmündung ins tiefe Venensystem (Abb. 8). Hier sollte eine **interventionelle Therapie mittels Angioplastie und gegebenenfalls Stentimplantation** erfolgen. Aufgrund der schweren Zugänglichkeit ist eine chirurgische Therapie eher zweitrangig.

Stenosen von Prothesenshunts

Stenosen des Prothesenshunts werden analog der Stenosen des Nativshunts unterteilt.

Typ-I-Stenosen. Diese sind Stenosen der arteriellen Anastomose. Therapie: bevorzugt chirurgische Neuanlage der Anastomose durch Proximalisierung oder Protheseninterponat.

Typ-II-Stenosen. Diese sind Stenosen im Punktionsbereich durch Narbengewebe. Therapie: segmentaler Austausch der Shuntprothese.

Typ-III-Stenosen. Diese sind Stenosen der venösen Anastomose. Therapie: Hier sollte ein venensparendes bzw. -schonendes Verfahren zum Einsatz kommen. Zum Beispiel kann eine PTA erfolgen oder eine Patchplastik. Des Weiteren kann eine Proximalisierung der Anastomose oder Stentimplantation erfolgen.

Thrombosen

Bei Thrombosen fehlt bei AV-Fisteln und Prothesenshunts das typische palpatorische „Schwirren“ wie auch das auskultatorische Fistelgeräusch. So können sie **palpatorisch relativ einfach diagnostiziert** werden. Im Fall einer Thrombose verbessert die zügige Einleitung einer Therapie die Chancen, den Gefäßzugang erhalten zu können. Optimalerweise sollte die Therapie innerhalb von 48 h erfolgen. Als **Therapieformen** einer Thrombose stehen folgende zur Verfügung:

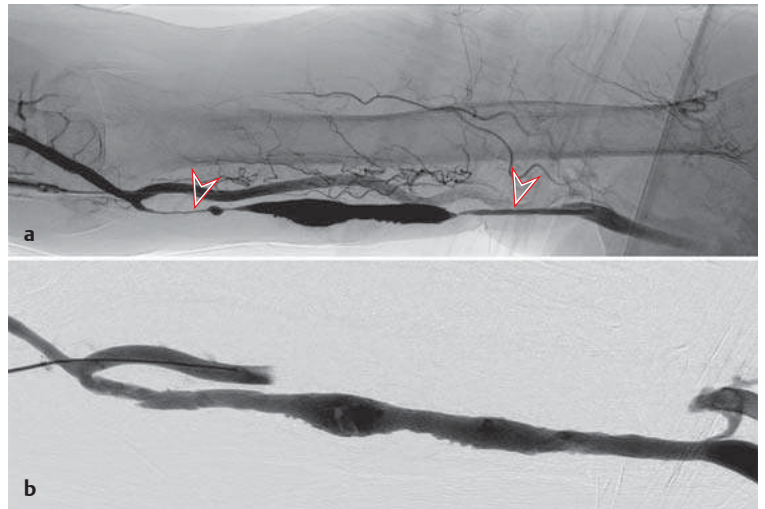


Abb. 6 ■ Beispiel einer Typ-II-Stenose. **a** Oberarmshunt mit Nachweis zweier langstreckiger hochgradiger Stenosen der Shuntvene. **b** Ergebnis nach Ballonangioplastie mit erfolgreicher Dilatation der Stenosen.

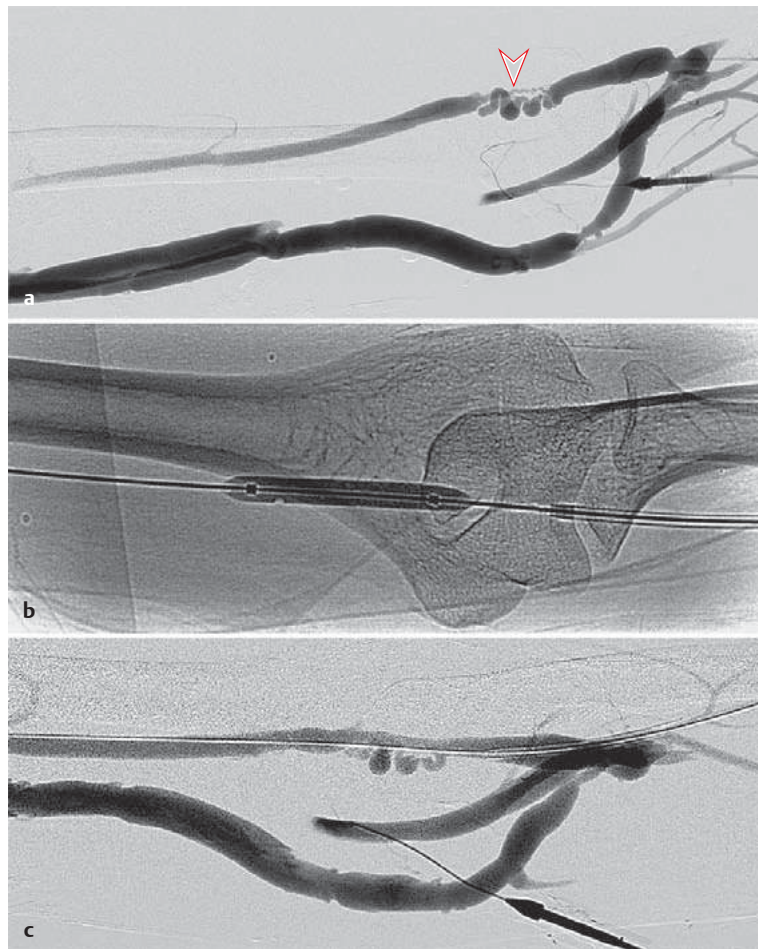


Abb. 7 ■ Beispiel einer Typ-II-Stenose. **a** Oberarmshunt mit Nachweis einer filiformen Stenose und Ausbildung einer Umgehungsvene. **b** Ballonangioplastie. **c** Ergebnis nach Ballonangioplastie mit erfolgreicher Dilatation der Stenosen.

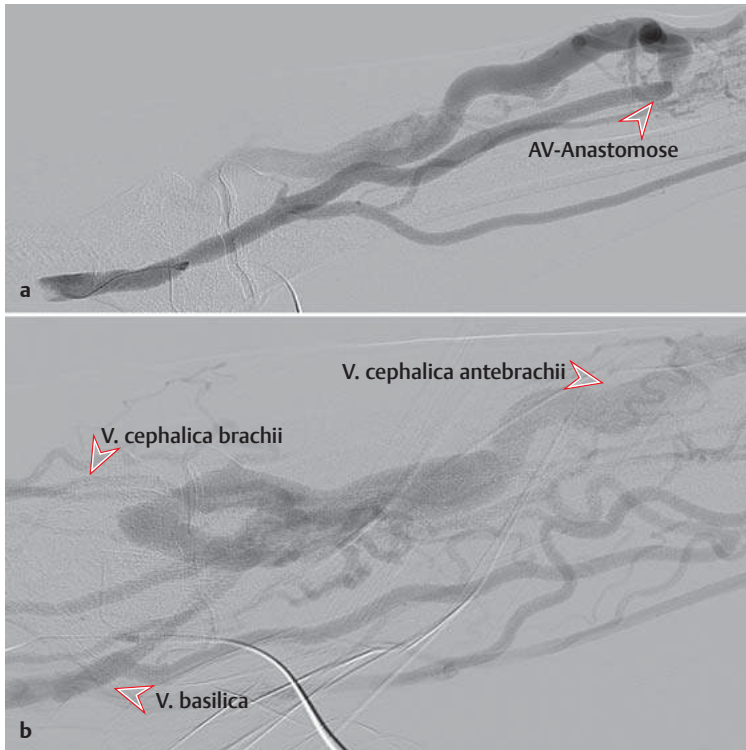


Abb. 8 ■ Darstellung eines radiozephalischen Unterarmshunts mit subtotalem Verschluss der V. cephalica am Oberarm und ausgeprägter Kollateralisierung zur V. basilica und hierüber ausreichendem Fluss. **a** Angiografie der Unterarmvenen. **b** Angiografie der Oberarmvenen.



Abb. 9 ■ Beispiel eines deutlich aneurysmatisch veränderten und elongierten Unterarmshunts mit hohem Fluss und hierdurch bedingter Herzbelastung.

- endovaskuläre lokale, medikamentöse Thrombolyse
 - endovaskuläre, mechanische, katheterbasierte Thrombektomie
 - chirurgische Thrombektomie mittel Fogarty-Katheter
- Meist bildet sich eine Thrombose aufgrund einer prä-existenten Stenose aus. Somit ist eine zeitgleiche Therapie der zugrunde liegenden Stenose zielführend.

Aneurysmen

■ Bei arteriovenösen Fisteln

Falls die eigentlich gewünschte Gefäßdilataion eine zu schnelle Progredienz zeigt sowie Perforations-, Infektions- oder Thrombosegefahr besteht, sollte dies eine gezielte Therapie mit sich bringen. Therapeutisch kann hier eine **Resektion** und im Fall einer Elongation (Abb. 9) der Vene eine **erneute End-zu-End-Anastomose** durchgeführt werden. Zusätzlich steht auch der Einsatz einer Prothese zur Verfügung.

■ Bei Prothesenshunts

In Prothesenshunts bilden sich aufgrund der sukzessiven Wandverdünnung der Prothese meist an den Punktionsstellen **Pseudoaneurysmen**. Therapeutisch werden diese endovaskulär mittels Stentgrafts oder mit einem segmentalen Wechsel der Prothese behandelt.

Zentralvenöse Abflussstörung

Zentralvenöse Abflussstörungen (Abb. 10, Abb. 11) fallen häufig durch Schwellungen des Shuntarms oder auch zervikale Schwellungen sowie durch die Ausbildung von Umgehungskreisläufen bzw. Kollateralen auf. **Diagnostisch** sollten bei Verdacht auf eine zentralvenöse Abflussstauung apparative Mittel wie eine konventionelle Phlebografie oder Magnetresonanztomografie verwendet werden. Die Patienten klagen häufig über Schmerzen, Hautulzerationen oder auch Schwierigkeiten während der Dialyse bzw. bei der Punktion des Shunts. Ist dies der Fall, sollten unbedingt **therapeutische Maßnahmen** eingeleitet werden. Zur Verfügung stehen auch hier die PTA, die Implantation eines Stents oder auch chirurgische Interventionen.

Infektionen

Eine Infektion stellt immer eine **dringliche Indikation zur schnellen Therapieeinleitung** dar. Die Infektion eines Shunts bzw. Gefäßzugangs kann zu einer septischen Embolisation oder einer Arrosionsblutung führen. Grundsätzlich wird eine Antibiotikatherapie sowie gegebenenfalls eine stationäre Therapie empfohlen. Falls die Infektion noch nicht systemisch fortgeschritten sein sollte, kann die Erhaltung des Shunts gewagt werden. Sobald ein septisches Geschehen vorliegt, kann der Gefäßzugang nicht erhalten werden und muss chirurgisch entfernt werden. In diesem Fall muss bei einer weiterhin bestehenden Indikation zur Dialyse ein vorübergehender Dialysekatheter eingesetzt werden (z. B. ein Shaldon-

Katheter). Erst nach vollkommenem Abklingen der Infektion kann eine Neuanlage in Betracht gezogen werden.

Ischämie

Ischämien bei Gefäßzugängen bzw. Shuntanlagen treten gehäuft bei multimorbiden Patienten oder bei Patienten mit bereits vorangegangenen Shuntanlagen auf. Hierbei wird, wie auch bei der pAVK (periphere arterielle Verschlusskrankheit), die **Einteilung der Ischämie nach Fontaine** zu Hilfe genommen (Tab. 1). Diese reicht von Grad I mit kühlen und blassen Extremitäten ohne Schmerzen bis hin zu Grad IV mit Ulzerationen, Nekrosen und Gangrän.

Tabelle 1

Einteilung der Ischämie nach Fontaine.

Stadium	Beschreibung
I	blasse/livide Haut, kühl, kein Schmerz
II	Schmerzen bei Belastung oder auch während der Dialyse
III	Ruhschmerz
IV	Ulzeration, Nekrose, Gangrän



Abb. 10 ■ Beispiel für eine zentralvenöse Abflussstauung. **a** Angiografische Darstellung eines deutlich aneurysmatisch veränderten und elongierten Oberarmshunts auf dem Boden einer Stenose der V. subclavia unmittelbar vor dem Übergang in die V. brachiocephalica. **b** Angiografische Darstellung der Stenose der V. subclavia (Pfeil).



Abb. 11 ■ Beispiel für eine zentralvenöse Abflussstauung.

a Angiografische Darstellung einer hochgradigen Stenose der V. brachiocephalica links kurz vor Einmündung in die V. cava superior (Pfeil).

b Angiografische Darstellung nach erfolgreicher Ballonangioplastie.

c Stentimplantation aufgrund einer Rezidivstenose 5 Wochen nach Ballonangioplastie.

Die Leitlinien empfehlen, **Stadien I und II zu beobachten** und eine **Therapie erst ab Stadium III** einzuleiten [2]. Der Erhalt des Gefäßzugangs ist zwar wünschenswert, wesentliches und primäres Ziel der Therapie ist der **Erhalt der Extremität**. Therapeutisch stehen auch in diesem Fall die bereits erwähnten interventionell endovaskulären und chirurgischen Maßnahmen zur Verfügung, allerdings ist hier eine Flussmessung zur Einschätzung der notwendigen Therapie unabdingbar.

► **Generell sollten bei einem zunehmend älteren und multimorbiden Patientenklientel endovaskuläre Therapieansätze den chirurgischen Interventionen vorgezogen werden.**

Kardiale Komplikationen

Die Dialyse führt zu einer kardialen Belastung und kann letztlich zu einer **Einschränkung der Pumpfunktion** wie auch zu einer **Linksherzhypertrophie** führen. Auch dies muss als mögliche Komplikation bedacht werden. In diesem Fall kann die Dialyse zu Beginn mittels eines Katheters eingeleitet und bei Spätkomplikationen gegebenenfalls die Flussrate des Shunts reduziert werden.

Unzureichende Shuntentwicklung

Die arteriovenöse Fistel muss über mehrere Wochen „reifen“, bis es zur wiederholten sicheren Kanülierung kommen kann. Dabei lässt sich die Shuntentwicklung an der Vergrößerung der Shuntvene bewerten. Diese Vergrößerung ist auf die Scherkräfte auf die Venenwand zurückzuführen. Im 1. Jahr nach der Shuntanlage können sich bis zu 54% der Shuntvenen nicht zu funktionsfähigen Shuntvenen entwickeln. Falls dies noch nach 6 Wochen nach der Neuanlage der Fall sein sollte, ist eine **erneute chirurgische Vorstellung** unabdingbar, da vor allem in den ersten Wochen die stärkste Rate an Flussanstieg zu verzeichnen ist. Diagnostisch wird hier erneut vor allem die Duplexsonografie verwendet. Fisteln mit einem Durchmesser von > 4 mm und einem Blutfluss von > 500 ml/min haben eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine ausreichende Reifung (> 95%). Im Fall einer nicht ausreichenden Reifung kann ein **neuer Versuch der Anlage einer arteriovenösen Fistel** erfolgen. Wenn nicht genügend verwertbares Venenmaterial vorhanden ist, besteht am Ende noch die Möglichkeit einer **Gefäßprothese**.

Hyperdynamer Shuntfluss

Falls es zu einer schnellen Progredienz des Shuntgefäßes kommt und ein hyperdynamer Blutfluss vorliegt mit zunehmender kardialer Belastung oder Steal-Syndrom mit peripherer Minderperfusion, sollte eine **Reduktion des Shuntvolumens** durchgeführt werden.

Prinzipien

Indikation zur Flussreduktion

- Eine Flussreduktion aus kardialer Indikation ist indiziert bei
- einem Shuntfluss > 2 l/min,
 - Symptomen einer Herzinsuffizienz,
 - steigendem linksventrikulärem enddiastolischem Volumen oder
 - Linksherzhypertrophie.

Therapeutisch setzt man in diesem Fall das **duplexsonografische Shunt-Banding** ein. Da meist zusätzlich zur erhöhten Flussrate eine aneurysmatische Erweiterung vorliegt, sollte eine **Lumenreduktion des Shuntvenendurchmessers** vorgenommen werden. Danach erfolgt duplexsonografisch gesteuert das Banding, um die richtige Flussrate einzustellen. Dies ermöglicht eine relativ genaue Volumenreduktion.

Hierfür stehen **unterschiedliche operative Methoden** zur Verfügung, wobei die passende abhängig vom vorhandenen Shunt, der Anatomie und der Expertise gewählt werden sollte. Zum Beispiel kann die Neuanlage einer kleineren Anastomose erfolgen, eine anastomosennahe Raffnaht oder Banding, die Interposition eines engen PTFE-Segments oder auch ein T-Banding (Abb. 12) [3].

Erhaltung der Shunts/Shuntpflege

Um Komplikationen vorzubeugen bzw. rechtzeitig zu erkennen, kommt dem Handling der Shunts eine wichtige Rolle zu und setzt ein hohes Maß an Routine und klinischer Erfahrung voraus. Dabei steht auch hier die sorgfältige Untersuchung im Vordergrund. Diese sollte vor jeder Kanülierung erfolgen und muss eine **Untersuchung auf oberflächlich palpierbare Stenosen, Aneurysmen, Hämatome oder Anzeichen für eine Infektion** beinhalten. Typischerweise tastet man hierzu ein Schwirren sowie den intravasalen Druck. Der **intravasale Druck** ist bei einer Stenose prä- und poststenotisch unterschiedlich

und der Palpation häufig gut zugänglich. Auch die **Auskultation** gibt wertvolle Hinweise auf eine mögliche Stenose. Die verschiedenen Shuntvarianten unterscheiden sich dabei: AV-Fisteln sind dabei einfacher klinisch auf Komplikationen zu untersuchen als Prothesenshunts.

Im Fall eines Verdachts auf eine Komplikation stehen weitere apparative Untersuchungsmethoden zur Verfügung, im Vordergrund die **Duplexsonografie** oder in Ausnahmefällen eine **Magnetresonanztangiografie**. Dies erlaubt eine genaue Lokalisierung der Stenose oder Thrombose und vereinfacht die weiterführende Therapieplanung. Eine **Angiografie** in Interventionsbereitschaft kann zudem eine schnelle Therapieform darstellen. Des Weiteren ist bereits die frühzeitige **postoperative Kontrolle** ein wichtiger prognostischer Faktor für eine erfolgreiche Shuntanlage, wobei erfolgreiche Reifung und Gefäßadaptation abgeschätzt werden können. Dies sollte am 1. und 7. postoperativen Tag mittels Duplexsonografie durchgeführt werden.

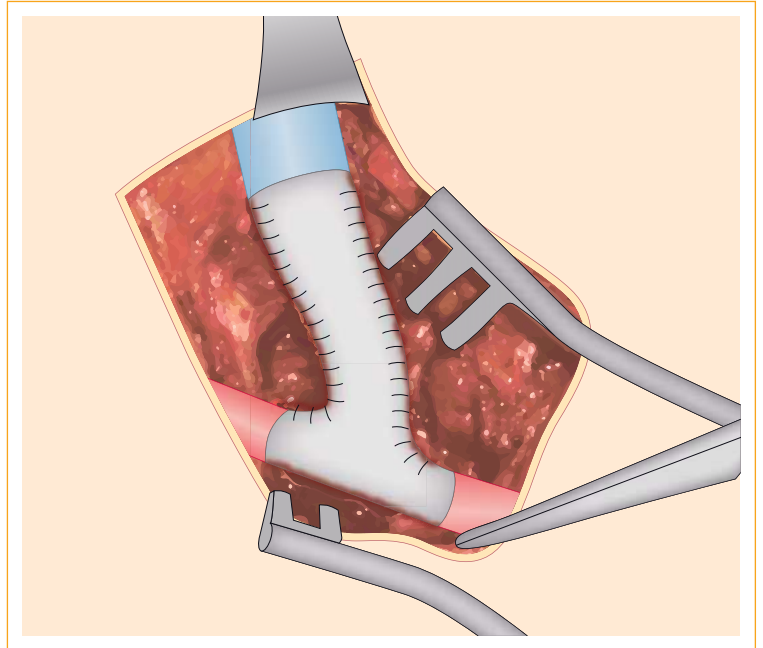


Abb. 12 ■ Beispiel eines T-Bandings bei hohem Flussvolumen.

Prinzipien

Grundsätze der Shuntchirurgie nach Leitlinie

- Der Gefäßzugang muss einen ausreichenden Blutfluss bieten, um eine adäquate Hämodialyse zu ermöglichen.
- Native AV-Fisteln sollten Prothesenshunts vorgezogen werden und Prothesenshunts den Kathetern.
- Die AV-Fistel am nicht dominanten Arm sollte der bevorzugte Gefäßzugang sein und so distal wie möglich angelegt werden.
- Die Reifung der Fistel sollte überwacht werden, um, falls erforderlich, frühzeitig korrigierend eingreifen zu können.

Interessenkonflikt: Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Checkliste

Voraussetzungen für eine AV-Fistel

- Die AV-Fistel sollte in sitzender Position zugänglich sein.
- Am Unterarm sollte die AV-Fistel aufseiten der Hohlhand liegen, am Oberarm an der anterioren oder lateralen Seite.
- Die AV-Fistel muss so weit ausgereift sein, dass eine mehrfache Kanülierung möglich ist.
- Die AV-Fistel sollte, wenn möglich, maximal 1 cm unter der Hautoberfläche liegen.
- Man benötigt zur Kanülierung ein relativ gerades Segment.
- Der Blutfluss muss adäquat sein.

Literatur

- 1 Klein S, Lottmann K, Gierling P et al. Status quo und Zukunft der Hemodialyse. In: Häussler B, Albrecht M, Hrsg. Forschung und Entwicklung im Gesundheitswesen. Bd. 5. Baden-Baden: Nomos; 2014
- 2 Deutschen Gesellschaft für Gefäßchirurgie (vaskuläre und endovaskuläre Chirurgie) (DGG). Leitlinie Shuntchirurgie. AWMF-Registernummer 004/029, 08/2008
- 3 Schneider CG, Gawad KA, Strate T et al. T-banding: a technique for flow reduction of a hyperfunctioning arteriovenous fistula. J Vasc Surg 2006; 43: 402–405

Korrespondenzadresse

Dr. med. Tarik Ghadban
Zentrum für Operative Medizin, Klinik und Poliklinik
für Allgemein-, Viszeral- und Thoraxchirurgie
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Martinistraße 52
20246 Hamburg
Telefon: 040/7410-50162
Fax: 040/7410-44995
E-Mail: t.ghadban@uke.de

Zum Weiterlesen und Vertiefen

- Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie. Shuntchirurgie. Im Internet: www.gefaesschirurgie.de/fileadmin/websites/dgg/download/LL_Shuntchirurgie_2011.pdf; Stand: 21.04.2016
- Deutsche Gesellschaft für Nephrologie. Interdisziplinäre Empfehlung deutscher Fachgesellschaften zum Gefäßzugang zur Hämodialyse; 2011. Im Internet: http://www.nephro-fachverband.de/fileadmin/user_upload/buecher/GHIA_Empfehlungen_Dialysezugang_2009.pdf; Stand: Mai 2016
- KDOQI, National Kidney Foundation. Clinical Practice Guidelines for Vascular Access. Im Internet: http://www2.kidney.org/professionals/KDOQI/guideline_upHD_PD_VA/; Stand: Mai 2016
- Mirzaie M. Komplexe Gefäßchirurgie – Probleme und Lösungen. Stuttgart: Thieme; 2013
- Scholz H. AV-Shuntchirurgie. Berlin, Heidelberg: Springer; 2012

CME-Fragen

CME.thieme.de

CME-Teilnahme

- ▶ Viel Erfolg bei Ihrer CME-Teilnahme unter <http://cme.thieme.de>
- ▶ Bitte informieren Sie sich vorab online über die Gültigkeitsdauer.
- ▶ Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, unter <http://cme.thieme.de/hilfe> finden Sie eine ausführliche Anleitung.

Welches diagnostische Mittel gehört nicht zu den relevanten Maßnahmen der präoperativen Diagnostik?

1

- A klinische Untersuchung
- B Duplexsonografie
- C Anamnese
- D Inspektion
- E Röntgen

Was ist die 1. Wahl eines AV-Zugangs?

2

- A Prothesenshunt der unteren Extremität
- B Tabatière-Shunt
- C Basilikafistel
- D distale Cimino-Brescia-Fistel
- E Demers-Katheter

Was ist keine typische Komplikation einer AV-Fistel?

3

- A Aneurysma
- B Ischämie
- C Thrombose
- D Infektion
- E Luftembolie

Welches Verfahren sollte mit Bedacht auf die Nierenfunktion nur eingeschränkt in der präoperativen Diagnostik verwendet werden?

4

- A Duplexsonografie
- B Phlebografie
- C CO₂-Angiografie
- D Phasenkontrastangiografie
- E Magnetresonanztangiografie unter Nutzung von gadoliniumhaltigen Kontrastmitteln

Was gehört zu den möglichen Therapieformen einer Stenose?

5

- A Teilamputation des Armes
- B Ballondilatation
- C prästenotische Stenteinlage
- D poststenotische Stenteinlage
- E einmalige Gabe von Azetylsalizylsäure

Was ist keine mögliche Variante eines Gefäßzugangs?

6

- A Tabatière-Fistel
- B Ulnaris-subclavia-Fistel
- C Ellenbeugenfistel
- D Demers-Katheter
- E Cimino-Brescia-Fistel

Was beeinflusst die Offenheitsrate eines Shunts am wenigsten?

7

- A Flussrate
- B Art des Shunts
- C Vorerkrankungen
- D Voroperationen auf der Seite des Shuntarms
- E die Shuntseite

Was stellt eine Leitlinie zur Shuntchirurgie dar?

8

- A so kurz wie möglich und peripher wie nötig
- B so distal wie möglich und zentral wie nötig
- C je größer, umso besser
- D so gerade wie möglich und kurvig wie nötig
- E je blutiger, umso besser

Was gehört nicht zu den Risikofaktoren eines möglichen Shuntverschlusses?

9

- A Diabetes mellitus
- B Arteriosklerose
- C zu geringe Flussrate
- D bekannte pAVK
- E Alter des Patienten unter 30 Jahre

Was stellt keine Methode zur Behandlung von möglichen Komplikationen eines Shunts dar?

10

- A Stentimplantation
- B Patchversorgung
- C Protheseninterponat
- D Ballondilatation
- E Varizenstripping