

Komplikationen unterteilen [127]. Durch Manipulation der steifen Führungsdrähte im Aortenbogen kann es zu einem Ablösen von Plaque kommen mit der Folge einer zentralnervösen Ischämie.

### 3.3.2 Aorta descendens abdominalis

Anne-Katrin Wenstrup, Martin Austermann

#### Anatomie

Die Aorta abdominalis schließt sich unmittelbar der Aorta thoracalis an und reicht vom Hiatus aor-

tae (Höhe ca. 12. Brustwirbelkörper, BWK) bis zum 4. bzw. 5. Lendenwirbelkörper (LWK) (► Abb. 3.29). Danach teilt sie sich in die beiden Aa. iliacae communes auf. Üblicherweise erfolgt eine Unterteilung der abdominalen Aorta in einen **suprarenalen** und **infrarenalen** Abschnitt. Der Abgang der Nierenarterien erfolgt in Höhe des 1.–2. LWK. Der Durchmesser im abdominellen Teil der Aorta beträgt innerhalb der Normgrenzen 2–2,9 cm. Auf die viszeralen Abgänge der Aorta abdominalis und deren Erkrankungen wird in Kap. 3.3.3 eingegangen.

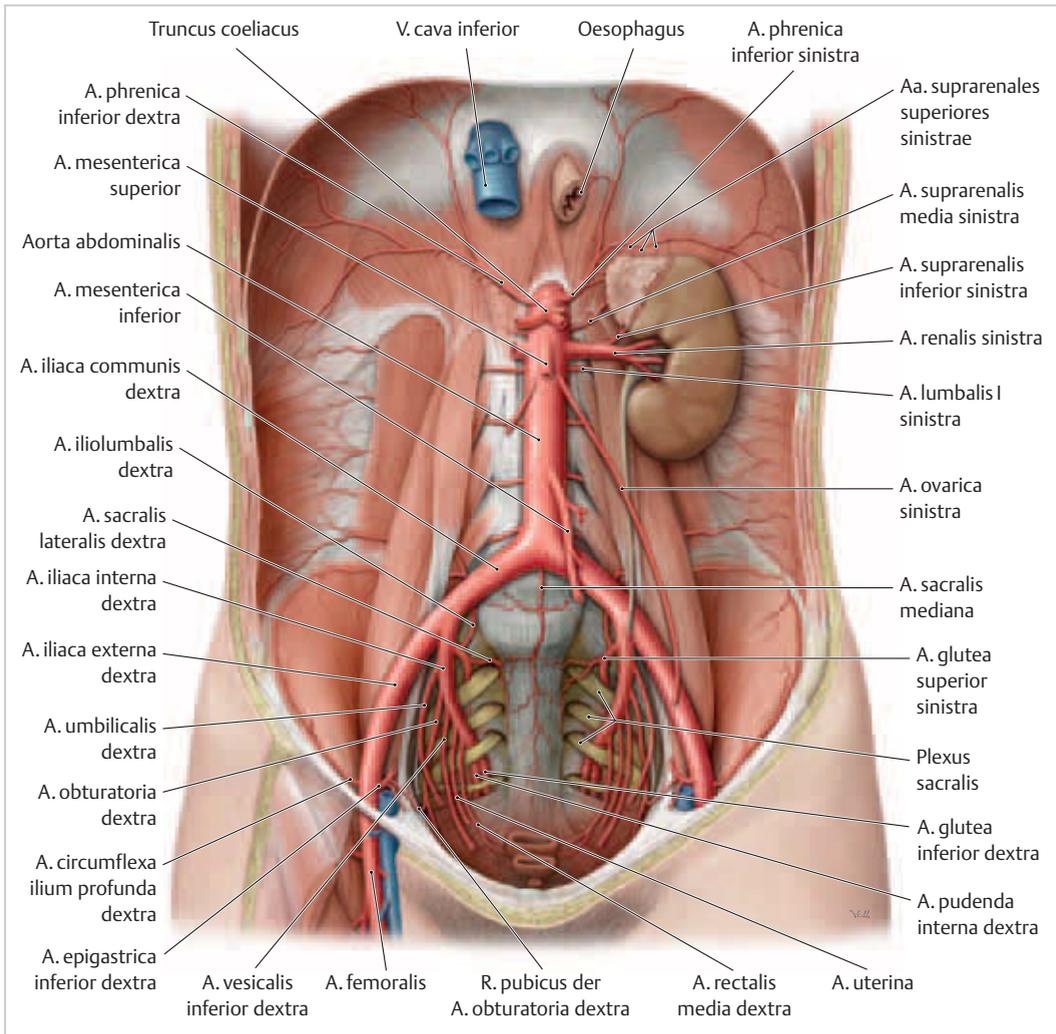


Abb. 3.29 Lage und Verlauf der Aorta descendens abdominalis. (Quelle: [244]).

## Pathologie und Pathophysiologie

### Abdominelles Aortenaneurysma

Als abdominelles Aortenaneurysma (AAA) wird eine umschriebene Erweiterung des Gefäßes auf mehr als 3 cm bzw. mehr als das 1,5-fache im Vergleich zum gesunden Gefäßabschnitt bezeichnet. Morphologisch unterscheidet man **sackförmige** von **spindelförmigen** Aneurysmen [148]. Je nach

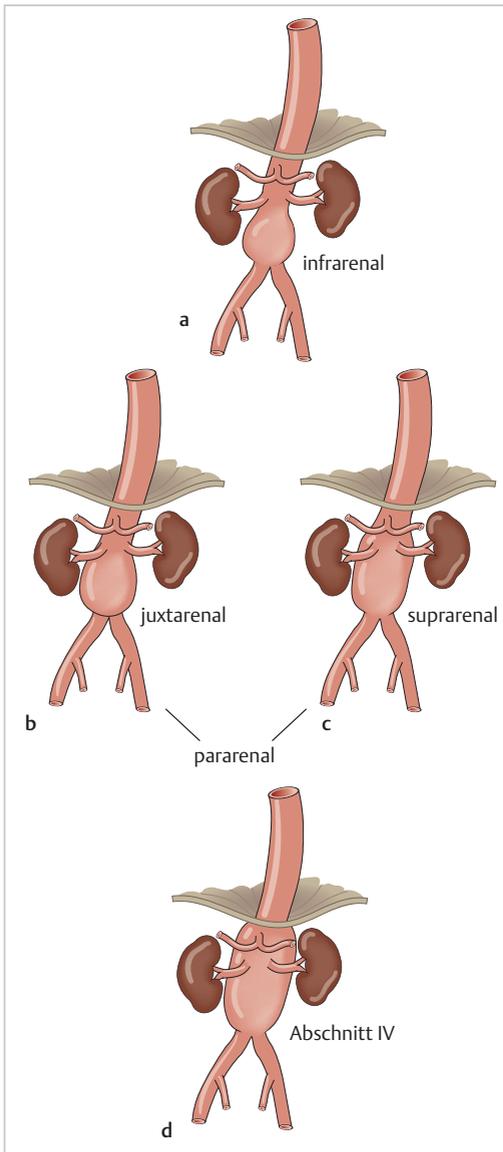


Abb. 3.30 Klassifikation der abdominellen Aortenaneurysmen (AAA) nach Ausdehnung und Lokalisation.

Ausdehnung lassen sich AAA in **infrarenal**, **juxtarenal** (bis an die Nierenarterien reichend), **suprarenal** (über die Nierenarterien reichend (► Abb. 3.29)), und Aneurysmen im Abschnitt IV einteilen (entsprechend der Crawford-Einteilung; s. Kap. Nicht dissezierende Aortenaneurysmen (S.109), (► Abb. 3.30). Häufig werden die juxta- und suprarenalen AAA noch als pararenale AAA zusammengefasst [136].

► **Risikofaktoren.** Ein AAA entsteht meist auf dem Boden einer Arteriosklerose. Weitere Risikofaktoren sind:

- Nikotinabusus
- arterieller Hypertonus
- pAVK
- Alter > 65 Jahre
- familiäre Häufung
- COPD

Seltener treten AAA im Zusammenhang mit angeborenen Kollagenosen (Marfan-Syndrom, Ehlers-Danlos-Syndrom), Mykosen oder Inflammation auf [267].

► **Lokalisation.** In 95% der Fälle ist der **infrarenale Abschnitt** erkrankt. Bei 3% der Patienten sind die Nierenarterien mit einbezogen, 2% der Aneurysmen liegen suprarenal und betreffen die Nieren- und Intestinalarterien.

► **Häufigkeit und Klinik.** Die Prävalenz beträgt 3–7% der über 64-Jährigen, dabei sind Männer mit einem Verhältnis von 6:1 deutlich häufiger betroffen als Frauen. Die Inzidenz beläuft sich auf 40 Erkrankungen pro 100.000 Einwohner pro Jahr [148].

Klinisch lassen sich symptomatische, asymptotische sowie frei und gedeckt rupturierte Aneurysmen unterscheiden.

### Symptomatisches Aortenaneurysma

► **Unspezifische Symptome.** Die Symptome können von **anfallsartigen Bauch- und Rückenschmerzen** bis zum akuten **Vernichtungsschmerz mit Schocksymptomatik** bei Ruptur variieren. Der Pulsstatus kann Hinweise geben, aber auch eine urologische Symptomatik durch Kompression der Ureteren oder **Parästhesien** und Schwächegefühl in den Beinen sind möglich ([148], [236]).



### Klinik des symptomatischen AAA

- Rücken- und Flankenschmerz (durch Kompression von Nerven und Wirbelkörpern)
- diffuser Bauchschmerz
- seitendifferenzierter Leistenpuls
- ggf. pulsierender Tumor
- ggf. distale Embolien mit Schmerzen und/oder Parästhesie in der unteren Extremität
- bei Ruptur:
  - Vernichtungsschmerz
  - Todesangst
  - Luftnot
  - Schocksymptomatik (Tachykardie/Hypotonie, Somnolenz)

### Asymptomatisches Aortenaneurysma

Weit häufiger sind AAA (► Abb. 3.31) asymptomatisch und stellen Zufallsbefunde im Rahmen einer Ultraschalluntersuchung des Abdomens dar. Gelegentlich ist ein pulsierender Tumor tastbar.

### Ruptur

► **Hohe Letalität.** Eine Ruptur bezeichnet per Definition das Auftreten von Blut außerhalb der Adventitia. Nur ca. 50% der Patienten erreichen das

Krankenhaus lebend, die Gesamtleletalität ist mit ca. 80% sehr hoch [139].

► **Gedeckt rupturiertes Aortenaneurysma.** Man unterscheidet **gedeckt** von **frei rupturierten** Aortenaneurysmen. Bei gedeckt rupturierten Aneurysmen ist das Peritoneum intakt, d.h. die Blutungsquelle liegt retroperitoneal. Dadurch kann es zu einer Eigentamponade kommen. Sie verursachen eine dauerhaft schmerzende, pulsierende Resistenz im Abdomen mit Ausstrahlung in den Rücken- und Flankenbereich, meist mit plötzlichem Beginn. Die Kreislaufparameter können sich durch die Tamponade im Retroperitoneum zwischenzeitlich wieder annähernd normalisieren.

Bei einer Fistelung in den Gastrointestinaltrakt treten zusätzlich Meläna und Hämatemesis auf. Im Falle einer aortokavalen Fistelung kommt es zu Symptomen der Rechtsherzinsuffizienz [148].

► **Frei rupturiertes Aortenaneurysma.** Frei rupturierte Aneurysmen sind gekennzeichnet durch plötzlich einsetzende, heftigste Schmerzen, die von einer akuten Schocksymptomatik begleitet sind. Durch die ungehinderte Blutung in die Bauchhöhle bei fehlenden begrenzenden Strukturen (Peritoneum, Darm) führen sie meist innerhalb kürzester Zeit zum Tod.

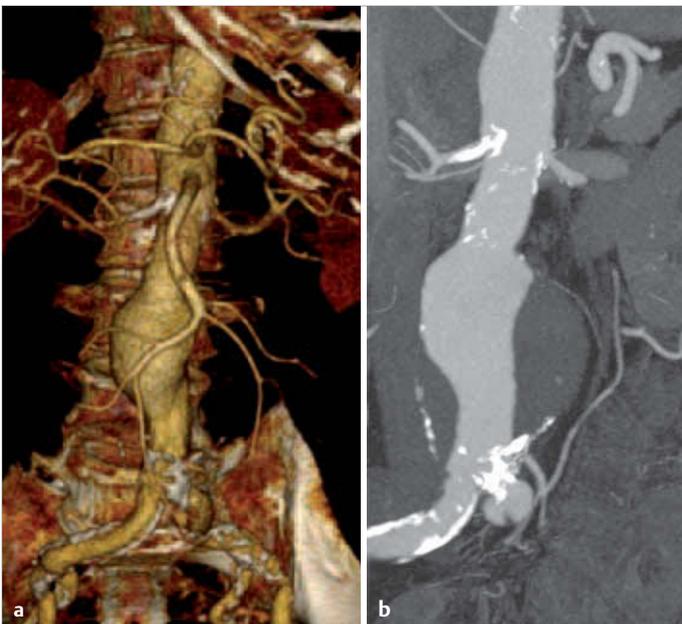


Abb. 3.31 Infrarenales Bauchaortenaneurysma.

- a** 3D-CT-Rekonstruktion des infrarenalen Bauchaortenaneurysmas  
**b** Koronare CT-Schicht des Aneurysmas.

► **Traumatische Aortenruptur.** Abzugrenzen sind die traumatischen Aortenrupturen. Sie treten nach massivem Dezelerations- bzw. Akzelerationstraumen auf und betreffen meist die Aorta descendens im Bereich des Ligamentum arteriosum; s. Kap. Traumatische Aortenrupturen (S.107).

## Leriche-Syndrom

► **Aortenverschluss.** Als Leriche-Syndrom wird ein Verschluss der Aorta unterhalb der Nierenarterien im Bereich der Bifurkation der Beckenarterien bezeichnet. Dieser kann **chronisch** durch Arteriosklerose, oder **akut** durch Embolisation entstehen. Auch eine entzündliche Genese ist möglich. Beim chronischen Verschluss bilden sich Kollateralen aus, sodass sich die Symptomatik langsam entwickelt.

### Merke

Die Betroffenen sind lebensbedrohlich erkrankt und müssen unverzüglich operiert werden.

### Klinik des Leriche-Syndroms

- Schmerzen im Oberschenkel- und Glutealbereich
- Claudicatio intermittens
- Erektions- und Potenzstörungen
- Blasen- und Mastdarminkontinenz
- Bei einem akuten Verschluss imponieren die Symptome nach Pratt (6 P):
  - Pain (Schmerz)
  - Pulselessness (Pulslosigkeit)
  - Pallor (Blässe)
  - Parästhesia (Empfindungsstörung)
  - Prostration (Schock)
  - Paralysis (Lähmung)

## Dissektion

► **Vorkommen und Häufigkeit.** Isolierte Dissektionen der abdominalen Aorta sind mit einem Anteil von 1,3% aller Aortendissektionen sehr selten [103]. Meist ist die abdominale Aorta im Rahmen einer Stanford-B-Dissektion mitbetroffen, die etwa 30% der Aortendissektionen ausmacht. Dissektionen der abdominalen Aorta können iatrogen im Rahmen von Clamping oder auch bei endovaskulärer

Manipulation auftreten [230]; s. Kap. Eingriffsbezogene intraoperative Komplikationen (S.140).

## Operative Maßnahmen und Strategien

► **Rupturrisiko.** Den wichtigsten Parameter zur Operationsindikation stellt der maximale Querdurchmesser eines AAA dar, da das Rupturrisiko mit dessen Zunahme deutlich ansteigt (► Tab. 3.8).

Weitere Faktoren die sich ungünstig auf das Rupturrisiko auswirken sind:

- Hypertonus
- COPD
- weibliches Geschlecht
- Nikotinabusus
- positive Familienanamnese

► **Operationsindikation.** Die Indikation zur elektiven Operation besteht bei **asymptomatischen Aneurysmen** der suprarenalen Aorta ab einem Querdurchmesser > 6 cm. Bei infrarenalen Aneurysmen liegen die Grenzen bei > 5 cm (Männer), bzw. > 4,5 cm (Frauen). Darüber hinaus erhöhen eine rasche Größenprogredienz (> 0,5 cm/6 Monaten oder > 1 cm/Jahr) sowie sackförmige AAA die Rupturgefahr und sollten daher einer Therapie unterzogen werden. **Symptomatische AAA** werden unabhängig von der Größe als dringlich (innerhalb von 24 h), rupturierte oder gedeckt perforierte AAA notfallmäßig behandelt [180].

► **Auswahl des OP-Verfahrens.** Die Wahl des OP-Verfahrens hängt von der Morphologie des Aneurysmas und dem Zustand des Patienten ab (► Abb. 3.32). Hohes Patientenalter, kardiopulmonale Vorerkrankungen sowie Niereninsuffizienz erhöhen das Risiko für einen konventionellen, offenen Eingriff. Sehr adipöse Patienten oder vorangegangene, mehrfache abdominelle Operationen erschweren des Weiteren ein konventionelles Vorgehen, sodass sich hier eine endovaskuläre Versorgung empfiehlt [82].

Tab. 3.8 Rupturrisiko in Relation zum Durchmesser eines Aortenaneurysmas [148].

Aneurysmadurchmesser	Rupturrisiko pro Jahr
4–4,9 cm	3%
5–5,9%	10%
6–6,9%	15%
> 7 cm	> 60%

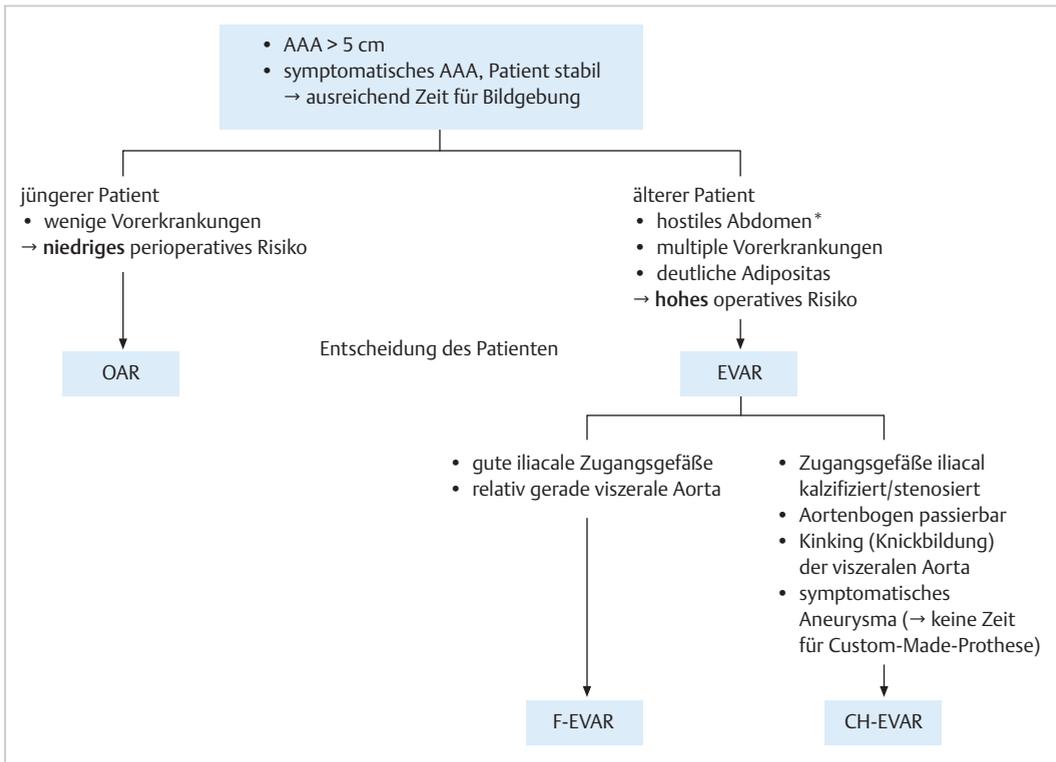


Abb. 3.32 Flussdiagramm zur Entscheidungsfindung der optimalen Versorgung eines abdominalen Aortenaneurysmas. AAA = abdominelles Aortenaneurysma, OAR = offene Aortenreparatur (open abdominal aortic aneurysm repair), EVAR = endovaskuläre Aortenreparatur (endovascular AAA repair), F-EVAR = fenestrierte endovaskuläre Aortenreparatur (fenestrated-EVAR), CH-EVAR = Chimney-EVAR

\* Hostile Abdomen: voroperiertes Abdomen bei Patienten mit multiplen Voroperationen und dadurch bedingten Verwachsungen sowie ggf. Entero- oder Urostomien, die den operativen Zugang massiv erschweren.

Auf der anderen Seite müssen für ein endovaskuläres Vorgehen gewisse anatomische Voraussetzungen vorhanden sein. Die Zugangsgefäße benötigen ein ausreichendes Kaliber und sollten nicht thrombosiert sein. Auch eine deutlich gewinkelte Aorta (Kinking) eignet sich u. U. nicht für eine endovaskuläre Versorgung.

Letztlich muss für jeden Patienten unter Zusammenschau aller Befunde das am besten geeignete Verfahren gewählt werden.

### Konventionelle Operation

► **Eröffnung des Abdomens.** Für die konventionelle Versorgung von Pathologien der abdominalen Aorta erfolgt zunächst die Eröffnung des Abdomens, meistens über eine mediane Laparotomie. Ein retroperitonealer Zugang empfiehlt sich bei sehr adipösen Patienten oder nach mehrfacher abdominaler Operation. Weitere Zugangsoptionen

stellen, je nach Aneurysmaanatomie, die quere Oberbauchlaparotomie oder auch ein thorakoabdomineller Zugang dar. Nach Eröffnung des Abdomens erfolgt die Mobilisierung des Darmes (**CAVE: Eventerationsyndrom!**), Freilegung des Retroperitoneums und dessen Durchtrennung.

### Eventerationsyndrom

Durch Manipulation am Dünndarm und Traktion am Mesenterium kommt es zu einem vermehrten Ausschütten von Prostaglandinen. Dies bedingt eine periphere Vasodilatation mit Reduktion der Nachlast, Hypotension, Tachykardie und Flush-Symptomatik. Das Ausmaß reicht von mäßiger Kreislaufreaktion bis zur prolongierten Hypotension, die eine Katecholamintherapie notwendig macht [246], [146].

► **Identifikation des viszeralen Aortensegments.** Die Darstellung der linken V. renalis ist zur eindeutigen Identifikation des viszeralen Aortensegments von Bedeutung. Beim infrarenalen AAA genügt die Sichtung der linken V. renalis und der Nierenarterie, um die Klemme sicher infrarenal zu setzen. Bei suprarenaler Ausklemmung (also bei juxta- und suprarenalen AAA) kann es zwecks besserer Übersicht notwendig sein, die linke V. renalis zu durchtrennen. Diese wird nach erfolgter aortaler Rekonstruktion möglichst reanastomosiert, kann aber auch unter Erhalt der Seitenäste der linken Nierenvene ligiert werden.

Nach Präparation der Aorta erhält der Patient 5.000 IE Heparin (bei Normalgewicht) systemisch [83].

► **Ausklemmen der Aorta.** Je nach Anatomie des Aneurysmas erfolgt nun das Ausklemmen der Aorta proximal supra- oder infrarenal. Die distale Klemme wird im Falle einer Rohrprothese oberhalb der Aortenbifurkation gesetzt, beim Einbringen einer Y-Prothese in Höhe der Iliakal- bzw. Femoralgefäße. Das distale Klemmen kann auch endoluminal mittels Ballonkatheter erfolgen. So können Klemmschäden, etwa bei stark verkalkten Gefäßen, vermieden werden. Das Ausklemmen der Aorta bedingt folgende hämodynamische Veränderungen:

- plötzliche Zunahme des peripheren Widerstandes
- Erhöhung des mittleren arteriellen Druckes
- Anstieg der linksventrikulären Nachlast
- Abfall des Herz-Zeit-Volumens (HZV)
- Abfall des zirkulierenden Blutvolumens

Die Auswirkungen auf die Hämodynamik sind umso gravierender, je proximaler die Klemme gesetzt wird.

Insbesondere Patienten mit kardialen Vorerkrankungen sind in dieser Phase gefährdet Myokardischämien, Rhythmusstörungen und letztlich eine linksventrikuläre Dekompensation zu erleiden. Bei Stenosen der Aorta sind diese Veränderungen deutlich geringer ausgeprägt, da es hier bereits aufgrund der langsamen Reduktion des Lumens zu einer Adaptation gekommen ist.

Beim suprarenalen Ausklemmen und erwarteter Klemmzeit > 15 min wird vor der Clamping-Phase eine **Kaltperfusion der Nieren** als Ischämieprotektion durchgeführt (11 NaCl 0,9% mit 1.000 IE Heparin und 1 Ampulle (20 µg) Alprostadil) [82]. Für

thorakoabdominelle und rupturierte juxtarenale AA konnten für dieses Verfahren positive Effekte gezeigt werden, eine Metaanalyse erzielte keine eindeutige Schlussfolgerung ([191], [273], [169]).

### Ischämietoleranz

Die Ischämietoleranz der Nieren und des Rückenmarks beträgt ca. 30 min, die der unteren Extremitäten ca. 6 h. Die Ausklemmzeit sollte aufgrund der begrenzten Ischämiezeit möglichst kurz sein und exakt dokumentiert werden.

► **Thrombusausschälung.** Nach Längseröffnung der Aorta wird der Thrombus ausgeschält und es erfolgt die Naht zurückblutender Lumbalarterien. Mesenteriale Gefäße werden mittels Fogarty-Katheter blockiert oder man lässt diese bei geringer Blutungsmenge zurückbluten.

► **Einbringen der Prothese.** Diese Maßnahme erfolgt mittels Inlay-Technik. Zunächst wird die proximale Anastomose eingenäht, gefolgt von einer Dichtigkeitsprüfung.

### CAVE

Das kurzzeitige Öffnen der Prothese kann zu einem Blutdruckabfall führen.

Die Prothese wird mit einer heparinisierten Kochsalzlösung gespült, gefolgt von einer anastomosennahen Abklemmung. Im Anschluss wird die distale Anastomose eingenäht. Vor Vollendung der Naht wird aus der Peripherie und aus der Aorta bzw. der Prothese geflusht, um evtl. vorhandene Thromben oder Luft zu entfernen.

► **Verschluss der Arterie.** Bei Verschluss der A. mesenterica superior (AMS) und/oder der A. iliaca interna erfolgt die Re-Implantation einer offenen A. mesenterica inferior (AMI). Ebenso werden Nierenpolararterien reimplantiert, wenn sie über ein ausreichendes Kaliber verfügen (> 2 mm).

► **Declamping.** Sind proximale und distale Anastomose suffizient, kann die Aortenklemme entfernt und der antegrade Blutfluss wieder freigegeben werden [125].

Die Freigabe der distalen Anastomose erfolgt, wie das Setzen der aortalen Klemme, in möglichst enger Absprache mit der Anästhesie, um rechtzeitig entsprechende Therapiemaßnahmen einleiten zu können. So sollte an dieser Stelle der Blutdruck hochnormal eingestellt werden, um nach Öffnen der aortalen Klemme massive Blutdruckabfälle zu vermeiden. Im Falle einer Y-Prothese erfolgt die Freigabe der Prothesenschenkel nacheinander. Hierbei sind die hämodynamischen Auswirkungen geringer ausgeprägt. Hämodynamische Veränderungen beim Declamping sind [89]:

- Abfall des arteriellen Mitteldrucks
- Abfall der Nachlast
- pulmonalarterielle Hypertension
- reaktive Hyperämie distal der Klemme (durch saure Metabolite und Hyperkaliämie)
- venöses Pooling
- metabolische Azidose

► **Verschluss des Aneurysmas.** Sind nach Declamping die Kreislaufverhältnisse stabil und stellen sich auch bei höheren Blutdrücken (um 140 mmHg systolisch) die Anastomosen als suffizient dar, erfolgt der Verschluss des Aneurysmasackes über der Prothese. Anschließend wird das Abdomen schichtweise verschlossen. Als letzter Schritt der Operation erfolgt die Kontrolle der peripheren Durchblutung mittels Palpation der Fußpulse und ggf. Doppler-Sonografie.

## Endovaskuläres Vorgehen

► **Vorgehen.** Der Eingriff beginnt mit dem Schaffen der Zugänge entweder durch Punktion mit entsprechendem Nahtsystem oder durch Freilegung der Leisten.

Anschließend werden Schleusen eingebracht und auf einer Seite ein Angiografiekatheter und auf der anderen Seite ein steifer Draht platziert. Die Endoprothese wird dann in modularer Technik implantiert und bildet am Ende i. d. R. eine Y-Prothese (► Abb. 3.33a). Die Abschlussangiografie zeigt das Resultat (► Abb. 3.33b). Der Eingriff wird beendet mit dem Entfernen der Schleusen und Verschluss der Zugänge entweder endovaskulär oder offen.

► **Ausschaltung mittels Endograft.** Abhängig von der Anatomie des AAA erfolgt die endovaskuläre Ausschaltung mittels unterschiedlichen Endografts. Im Falle eines infrarenalen Aortenaneurys-

mas wird in den meisten Fällen modular eine Endo-Bifurkationsprothese (sog. EVAR) implantiert (► Abb. 3.33). Wir sprechen von einer sogenannten EVAR.

Handelt es sich um ein supra- oder juxtarenales Aneurysma müssen die viszerale Gefäße und die Nierenarterien mit in die Versorgung einbezogen werden. Dies lässt sich durch unterschiedliche Techniken erreichen, die in den folgenden Abschnitten erläutert werden:

## Fenestrierte EVAR

► **Endovaskuläre Versorgung von juxta- und suparenalen AAA (► Abb. 3.34).** Die fenestrierte endovaskuläre Aortenreparatur wurde Ende der 90er-Jahre entwickelt, um auch juxta- und suparenale AAA endovaskulär versorgen zu können. Dies war bis dahin durch einfache Endografts nicht möglich, da diese einen infrarenalen Aneurysmahals als proximale Landungszone benötigen.

► **Verfahren.** Es befinden sich im aortalen Graft Fenestrierungen (► Abb. 3.34a), die über den Ostien der Gefäßabgänge platziert werden. Die Abgänge lassen sich vom Inneren des Endografts sondieren und mit speziellen Stents anschließen.

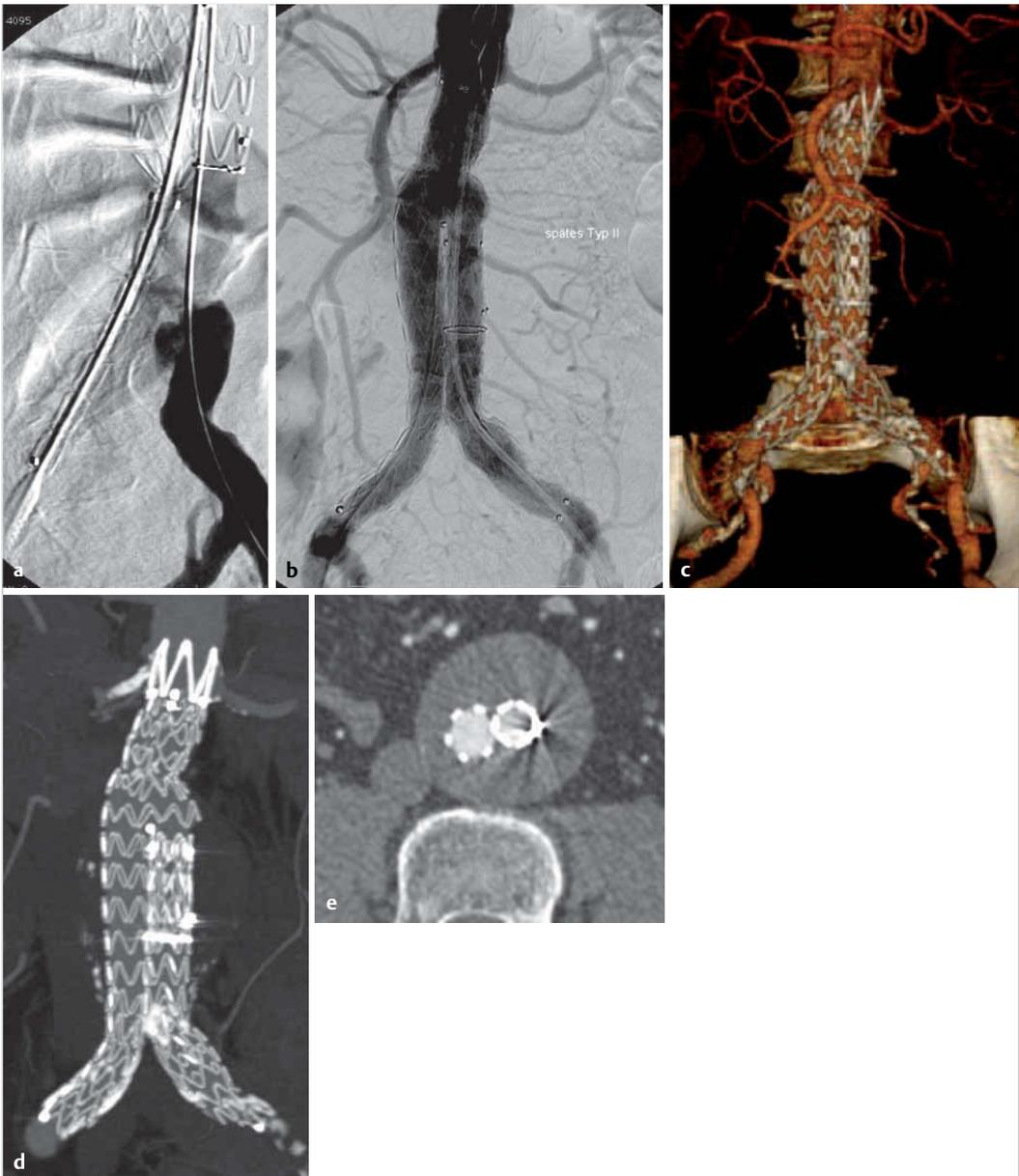
## Chimney-EVAR

► **Chimney-Technik.** Bei diesem Vorgehen wird die A. brachialis oder A. axillaris (i. d. R. links, bei mehrfachem Chimney aber auch beidseits) punktiert und eine Schleuse eingebracht (► Abb. 3.35). Die entsprechenden Zielgefäße werden von kranial aus sondiert und mit gecoverten Stents versorgt. Anschließend werden die Zielgefäße mittels einer Rohrprothese überstentet. Im Endergebnis liegen die Stents zwischen Aortenwand und aortalem Graft. Proximal enden sie oberhalb des Endografts (wie ein Kamin) und erhalten so den Blutfluss zu den abhängigen Organen (► Abb. 3.35).

### Merke

Die Sondierung der Zielgefäße stellt sich mitunter sehr schwierig dar. Gerade bei komplexen Aneurysmen kann sich hierdurch die OP-Dauer deutlich verlängern.





**Abb. 3.33** Endovaskuläre Behandlung eines infrarenalen Aortenaneurysmas.

- a** Modulare Implantation des Endografthauptkörperd mit schon sondiertem kontralateralen Schenkel
- b** Abschlussangiografie nach Endografthimplantation
- c** 3D-VRT-CT-Rekonstruktion des endovaskulär ausgeschalteten Aneurysmas
- d** MIP-Rekonstruktion
- e** Quer-CT-Schicht des endovaskulär behandelten Aneurysmas mit den Prothesenschenkeln und dem thrombosierten Aneurysmasack.

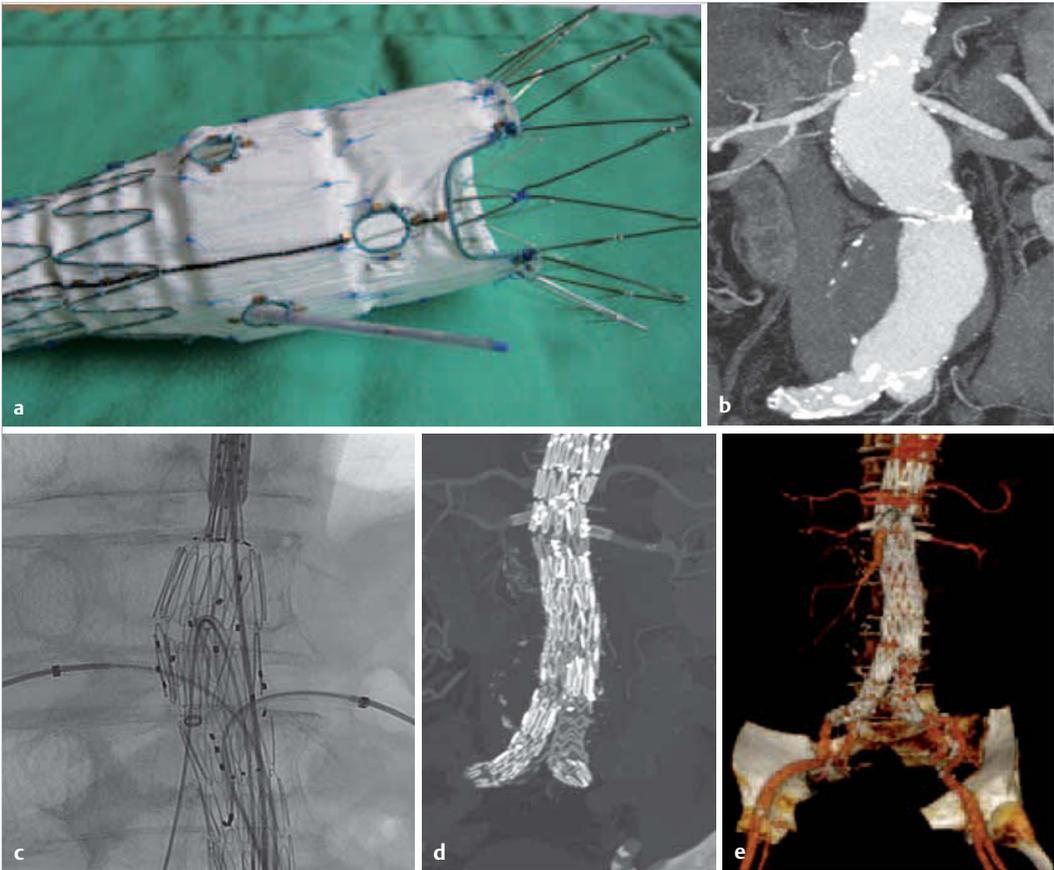
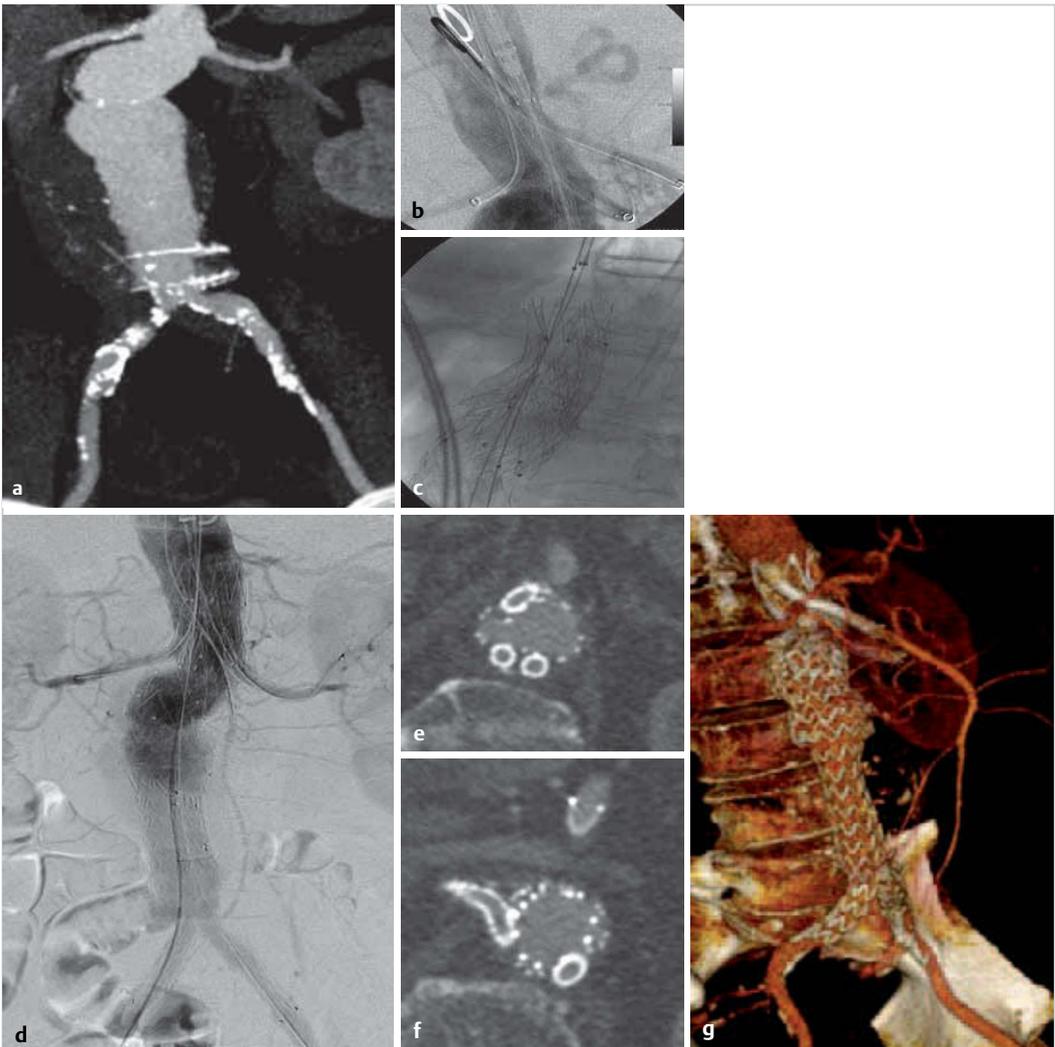


Abb. 3.34 Fenestrierter, spezialangefertigter Endograft im Einsatz. CT-Rekonstruktionen und intraoperatives Bild eines juxtarenalen Aortenaneurysmas, behandelt mit einer 3-fach fenestrierten CMD-Endoprothese.

- a fenestrierter, spezialangefertigter Endograft (CMD, Zenith™ der Firma Cook Medical)
- b präoperative MIP
- c intraoperativer Screenshot
- d postoperative MIP
- e postoperative 3D-Rekonstruktion.

► **Auswahl des Verfahrens.** Welches Verfahren zum Einsatz kommt, hängt von der Beschaffenheit der Zugangs- und Zielgefäße ab. Die Zugangsgefäße müssen einen Durchmesser von mindestens 8 mm aufweisen, des Weiteren ist eine sichere Verankerungszone gefordert (Aneurysmahals mind. 15 mm, Halsdurchmesser nicht größer als 30–34 mm) [147].

Andererseits spielt auch der Zeitfaktor eine entscheidende Rolle. Fenestrierte Prothesen werden i. d. R. individuell für einen Patienten angefertigt, was mehrere Wochen dauern kann. Dadurch kommen sie für die Versorgung symptomatischer oder sehr großer pararenaler Aneurysmen nicht infrage. Hier stellt die Chimney-Technik eine Alternative dar [148].



**Abb. 3.35** Endovaskuläre Aneurysmabehandlung mit der Chimney-Technik.

- a präoperative MIP, angulierter Aneurysmahals
- b von brachial aus sondierte Zielgefäße, vorgelegter Endograft
- c Screenshot nach Implantation des Endografts und der Chimney-Stents
- d Abschlussangiografie mit noch Endoleakage über die Gutters
- e + f Querschnitte der Chimney-Stents neben dem Endograft
- g Rekonstruktion der postoperativen Computertomografie ohne Endoleak.