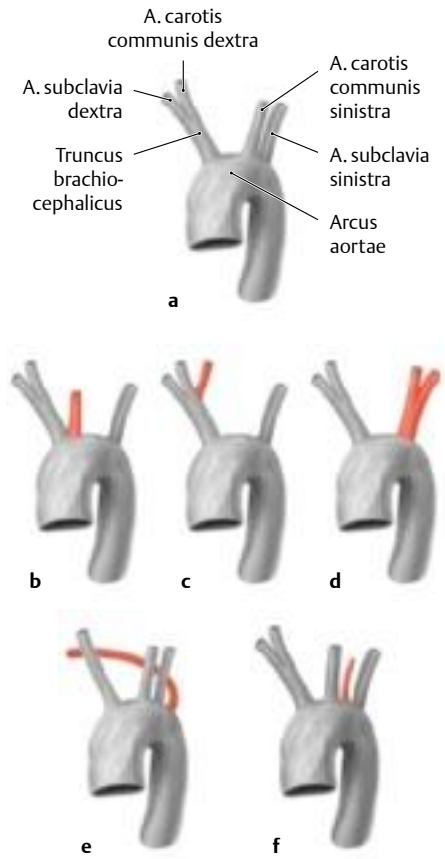
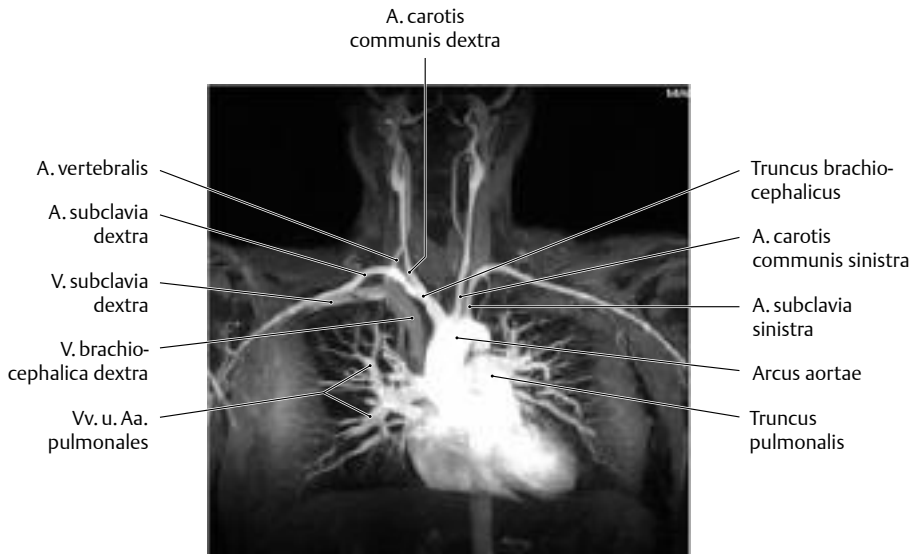


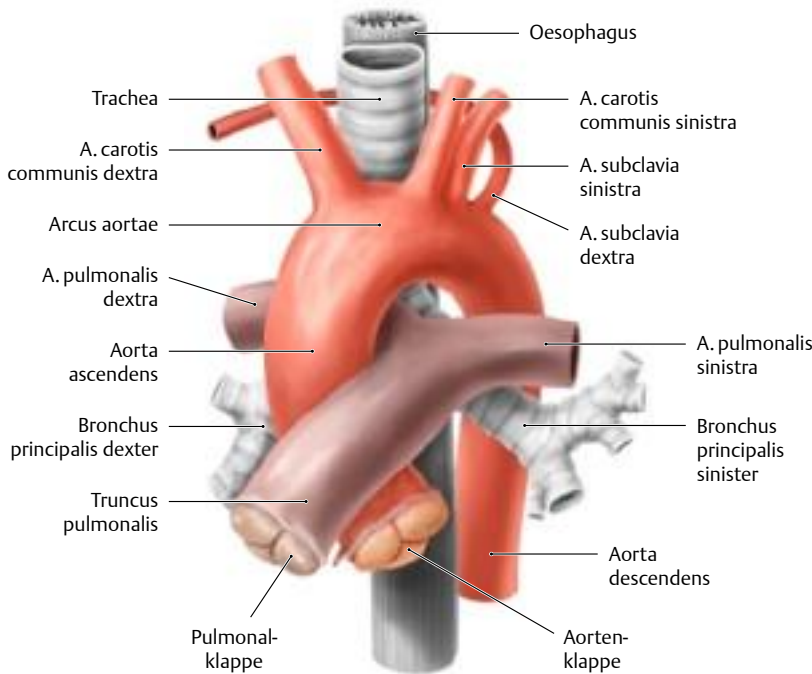
6.10 Aortenbogen und obere Thoraxapertur



A Kontrastmittelverstärkte MR-Angiografie der herznahen GefäÙe

Darstellung der normalen Anatomie der herznahen GefäÙe mittels MR-Angiografie (Kontrastmittelgabe intravenös über die Ellenbeuge) mit der sog. MIP-(Maximum-Intensity-Projektions)-Methode. Grundlage dieser Technik sind schnelle 3D-Gradienten-Echosequenzen, die vor und nach Kontrastmittelgabe an identischer Position durchgeführt

werden. Durch die anschließende Bildsubtraktion wird ein 3D-Datensatz erzeugt, der nur noch die GefäÙinformation enthält. Dadurch sind dynamische Serien, z. B. der Lungendurchblutung, mit einer Zeitauflösung von wenigen Sekunden möglich. (Originalabbildung Prof. Dr. med. S. Müller-Hülsbeck, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie/Neuroradiologie, DIAKO Krankenhaus gGmbH, Flensburg.)



B Kongenitale Aortenbogenanomalie: A. lusoria

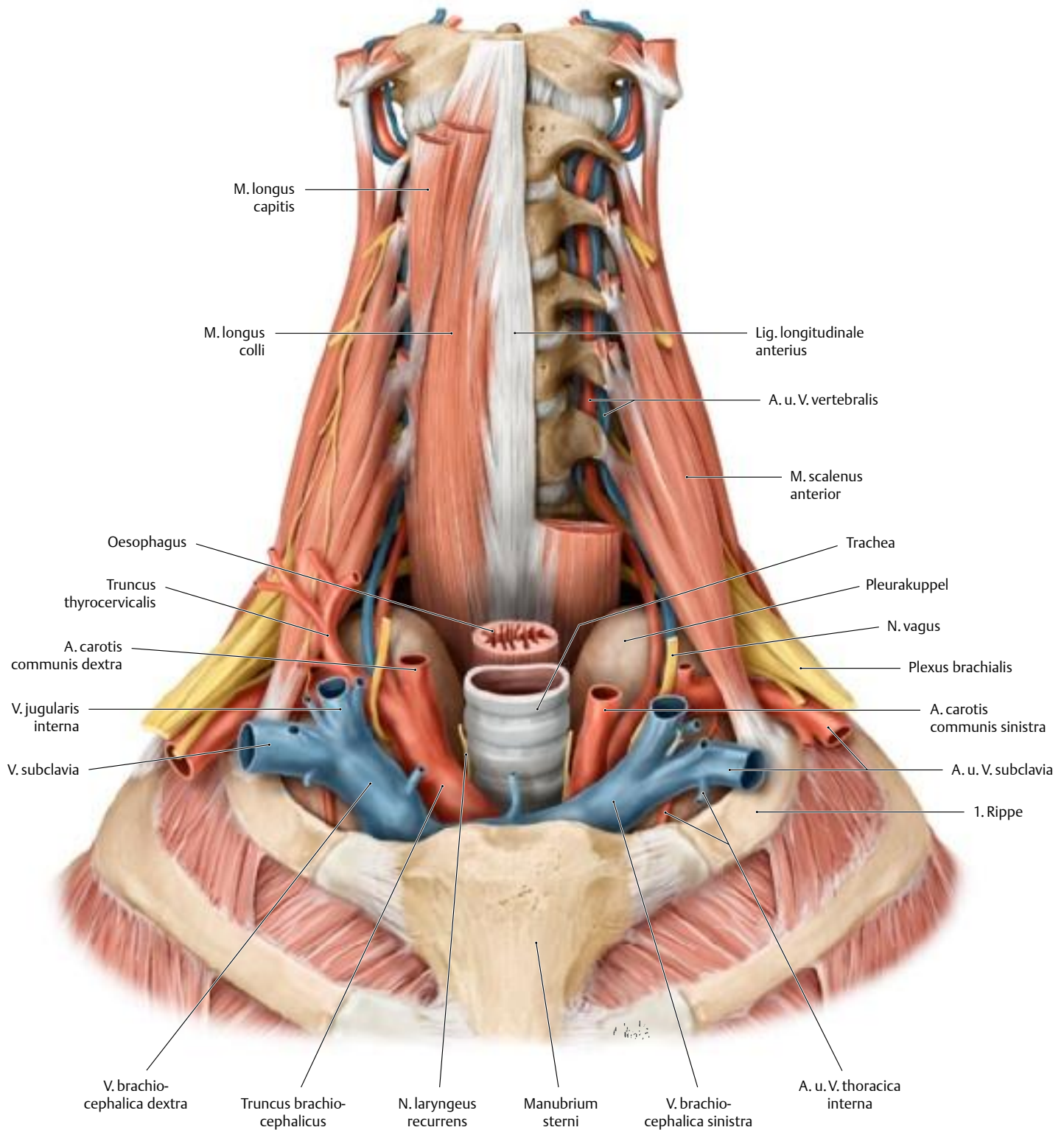
Entspringt die rechte A. subclavia als letztes GefäÙ noch hinter der A. subclavia sinistra aus dem Aortenbogen und zieht dann hinter Tra-

chea und Oesophagus auf die rechte Seite, spricht man von einer A. lusoria (s. auch C). Eine Operationsindikation besteht jedoch nur bei vorhandener klinischer Symptomatik (Dysphagie, Dyspnoe und Stridor).

C Ursprung der AortenbogenäÙe: Regelfall und Varianten (nach Lippert u. Pabst)

Ansicht von ventral.

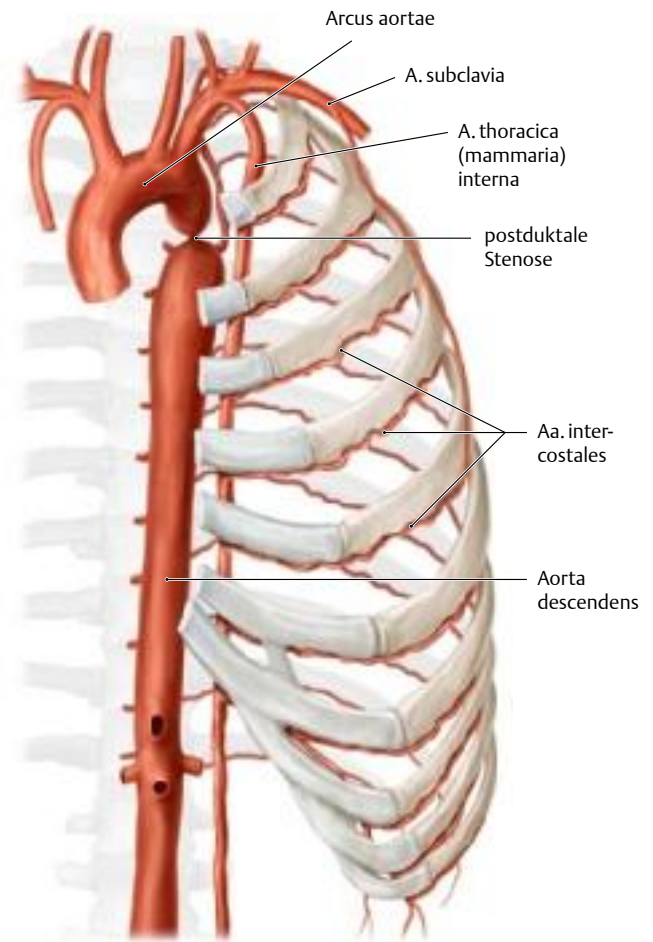
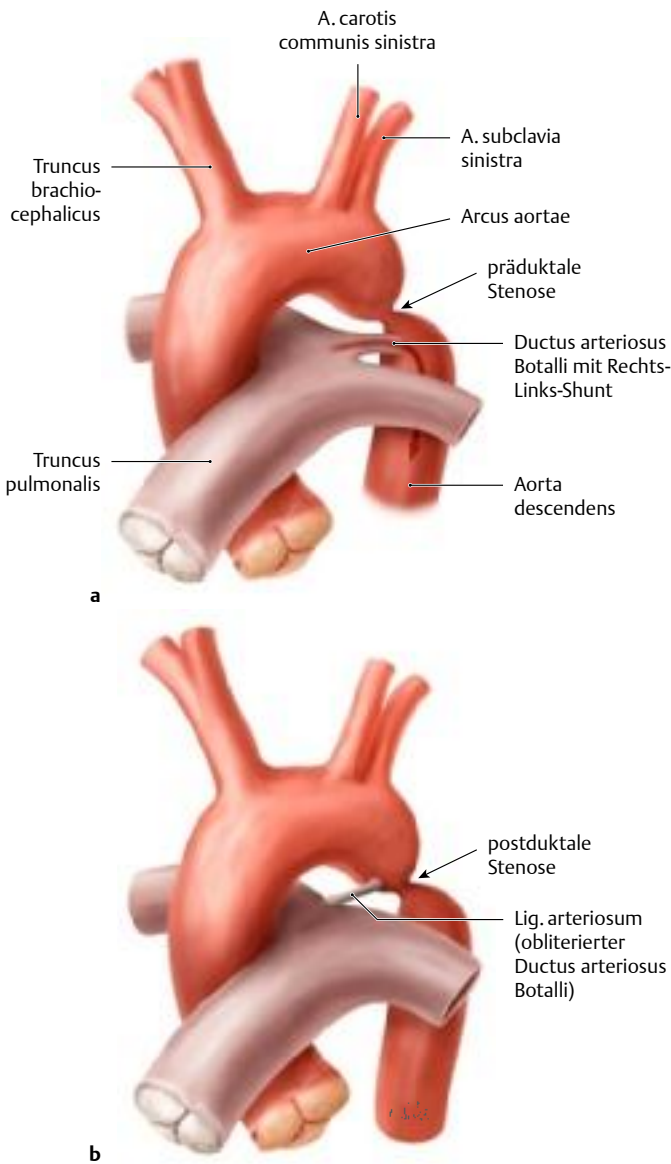
- a** Regelfall (70% der Fälle): A. subclavia dextra und A. carotis communis dextra entspringen gemeinsam dem Truncus brachiocephalicus, der seinerseits aus dem Aortenbogen hervorgeht; A. carotis communis sinistra und A. subclavia sinistra entspringen dagegen direkt dem Aortenbogen.
- b** Variante 1 (13% der Fälle): Truncus brachiocephalicus (mit seinen beiden Verzweigungen A. subclavia dextra und A. carotis communis dextra) und A. carotis communis sinistra entspringen gemeinsam dem Aortenbogen.
- c** Variante 2 (9%): Zusätzlich zu A. subclavia dextra und A. carotis communis dextra geht auch die A. carotis communis sinistra aus dem Truncus brachiocephalicus hervor.
- d** Variante 3 (1%): Es gibt zwei Trunci brachiocephalici, einen mit A. subclavia dextra und A. carotis communis dextra und einen mit A. subclavia sinistra und A. carotis communis sinistra.
- e** Variante 4 (1%): Die A. subclavia dextra entspringt als letzter Ast aus dem Aortenbogen und heißt dann A. lusoria (von lat. lusorius = Spiel).
- f** Variante 5 (1%): Die A. vertebralis sinistra entspringt direkt dem Aortenbogen.



D Topografie der Abgänge des Aortenbogens in der oberen Thoraxapertur

Ansicht von ventral nach Entfernung der Halseingeweide. Um den Verlauf der linken A. vertebralis darzustellen, ist ein Teil der prävertebralen Muskulatur (Mm. longus capitis und longus colli) ebenfalls entfernt worden.

6.11 Klinische Aspekte: Aortenisthmusstenose



A Definition, Einteilung und Epidemiologie

a präduktale Aortenisthmusstenose; **b** postduktale Aortenisthmusstenose.

Bei der Aortenisthmusstenose (Coarctatio aortae) besteht eine umschriebene Engstelle zwischen Arcus aortae und Aorta descendens (Isthmus aortae), d. h. unterhalb des Abgangs der linken A. subclavia, etwa auf Höhe des Lig. arteriosum (= der obliterierte Ductus arteriosus Botalli). Entsprechend der topografischen Beziehung zum Lig. arteriosum unterscheidet man eine sog. prä- und postduktale Form:

- präduktale Form: die Stenose liegt proximal eines in der Regel offen gebliebenen Ductus arteriosus Botalli und
- postduktale Form: die Stenose liegt distal eines in der Regel obliterierten Ductus arteriosus Botalli (= Lig. arteriosum).

Da die präduktale Form meist schon in den ersten Lebensjahren zu Symptomen führt, wird sie auch als „infantile Form“ bezeichnet; die postduktale Form, die meistens erst im Erwachsenenalter Symptome verursacht, auch als adulte oder „Erwachsenen-Form“. Eine Verengung des Aortenbogens im Isthmus aortae ist eine relativ häufige Anomalie (5–7% aller kongenitalen Herz- und Gefäßfehlbildungen; Verhältnis Jungen: Mädchen = 3:1). Da sie jedoch nicht zwangsläufig klinische Symptome verursacht (s. B), ist sie als Krankheitsbild insgesamt selten.

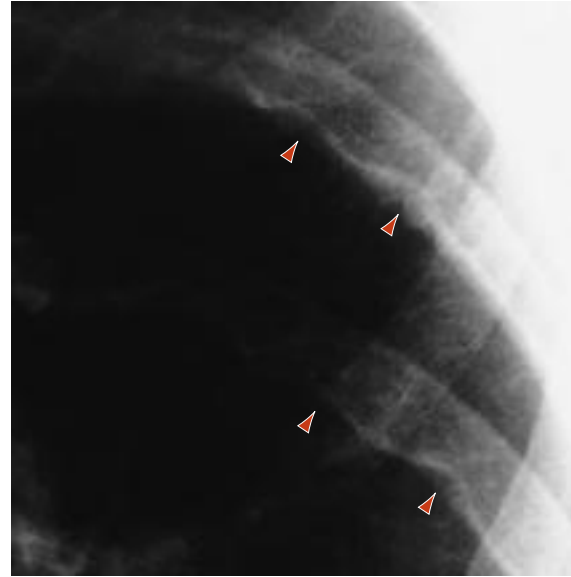
B Pathophysiologie und klinische Symptome

Die Verengung der Aorta führt zu einer charakteristischen Drucksteigerung (Hypertonie) im oberen Körperkreislauf bei gleichzeitiger Druckminderung (Hypotonie) in der unteren Körperhälfte. Leitsymptom ist die arterielle Druckdifferenz zwischen oberer und unterer Extremität (schwache bzw. fehlende Femoralispulse) sowie kalte Füße und Symptome einer Claudicatio intermittens aufgrund der Minderperfusion.

- Bei der **präduktalen Stenose** und offenem Ductus arteriosus Botalli entsteht infolge des niedrigen Drucks in der unteren Körperhälfte ein funktioneller *Rechts-Links-Shunt* mit Zyanose der unteren Körperhälfte und Rechtsherzbelastung (Dyspnoe, Tachypnoe). Hierdurch kommt es frühzeitig zu einer bedrohlichen Situation des Kleinkindes und der Notwendigkeit der operativen Korrektur (Resektion des stenosierten Segments und End-zu-End-Anastomose).
- Bei der **postduktalen Stenose** mit obliteriertem Ductus arteriosus Botalli (hier dargestellt) bilden sich typische Kollateralkreisläufe zwischen Aorta thoracica und Aorta abdominalis aus (über die A. subclavia, A. mammaria interna und/oder Interkostalararterien). In Abhängigkeit davon, wie gut diese Kollateralkreisläufe funktionieren, können die Patienten beschwerdearm oder sogar beschwerdefrei sein. Wenn Beschwerden bestehen, ist das Leitsymptom oft ein therapieresistenter Bluthochdruck, in jungen Lebensjahren mit Begleitsymptomen wie Kopfschmerzen, Ohrensausen, Schwindel und Nasenbluten. Erst im höheren Lebensalter wird die Klinik durch Komplikationen der chronischen Hypertonie der oberen Körperhälfte (linksventrikuläre Myokardhypertroie, koronare Herzerkrankung, zerebrale Blutungen) dominiert.



a



b

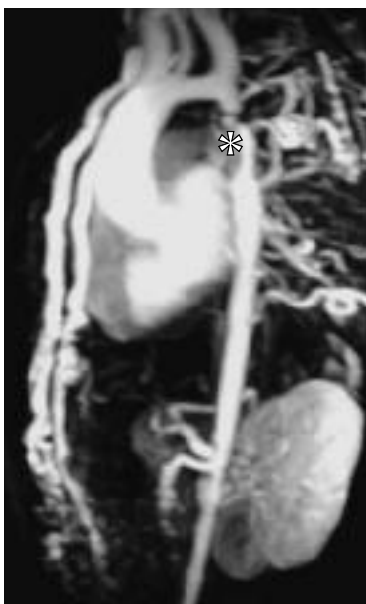
C Konventionelle Röntgendiagnostik

a u. b Postduktale Aortenisthmusstenose im anterior-posterioren Strahlengang (aus: Reiser M, Kuhn F, Debus J, Hrsg. Duale Reihe Radiologie. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2017).

Die thorakale Aorta zeigt geringgradige Konturveränderungen in Form einer dilatierten Aorta ascendens, eines schmalen Aortenbogens sowie einer deutlichen Kerbe am Außenrand der Aorta auf Höhe der Stenose (Pfeil). Typischerweise erkennt man am Unterrand der Rippen sog.

Rippenusuren (s. Ausschnittsvergrößerung b, rote Pfeilspitzen), das sind knöcherne Veränderungen im Bereich des Sulcus costae, die durch Dilatation und Elongation der kollateral erweiterten Interkostalgefäße verursacht werden.

Ausmaß und Lokalisation der Stenose werden am besten angiografisch mit der MRT oder Spiral-CT einschließlich dreidimensionaler Rekonstruktion dargestellt (s. S. 164).



a



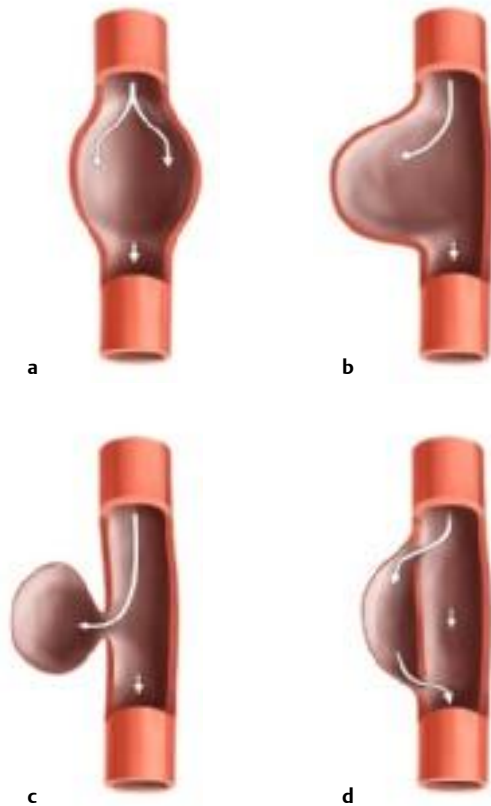
b

D Interventionelle Therapie einer Aortenisthmusstenose

Im Unterschied zur operativen Therapie der infantilen Aortenisthmusstenose werden die adulten Formen in den letzten Jahren zunehmend mit minimalinvasiven, interventionellen Techniken (Ballondilatation und Stent-Implantation) therapiert.

a 3D-MIP-Rekonstruktion einer kontrastmittelgestützten MR-Angiografie einer adulten Aortenisthmusstenose mit hochgradiger Stenose (*) und ausgeprägten Kollateralen vor Implantation; b 3D-Volume-Rendering einer CT-Angiografie nach Stent-Implantation (aus: Gutberlet M. Bildgebende Diagnostik angeborener Herzfehler. Stuttgart: Thieme; 2017).

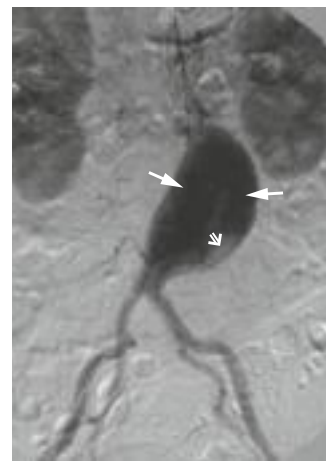
6.12 Klinische Aspekte: Aortenaneurysma



A Definition und Klassifikation

Ein Aneurysma ist eine krankhafte, meist arteriosklerotisch bedingte Erweiterung einer Arterie, die prinzipiell in jeder Arterie auftreten kann. Bevorzugte Lokalisation ist jedoch die infrarenale Aorta abdominalis (in 90 % der Fälle); periphere Aneurysmen betreffen überwiegend die A. poplitea. Unterschieden werden:

- **Echtes Aneurysma (Aneurysma verum) (a, b):** Erweiterung des Gefäßlumens unter Beteiligung aller Wandschichten, wobei die Kontinuität der Gefäßwand erhalten bleibt. Morphologisch werden spindelförmige (= *fusiforme*) Aneurysmen mit einer zirkulären Einbeziehung der gesamten Gefäßwand und sackförmige (= *sacciforme*) Aneurysmen unterschieden, die nur einen umschriebenen Bereich betreffen.
- **Falsches Aneurysma (Aneurysma spurium) (c):** perivaskuläres Hämatom, das gehäuft nach perforierenden Gefäßverletzungen (z. B. nach arteriellen Punktionen) sowie im Anastomosenbereich nach Gefäßoperationen entsteht. Durch den fehlenden Verschluss der Gefäßöffnung kommt es zu einer Blutzirkulation in das perivaskuläre Bindegewebe mit Bildung einer Aneurysmahöhle, die mit thrombotischem Material ausgekleidet ist.
- **Dissezierendes Aneurysma (Aneurysma dissecans) (d):** durch Einriss der Intima/Media und nachfolgender Dilatation der Media/Adventitia entsteht ein 2., „falsches“ Lumen in der Gefäßwand. Auf diese Weise bildet sich ein Gefäß mit zwei Kanälen, einem durchströmten und einem nicht durchströmten. Je nach Lokalisation des initialen Intimaeinrisses (sog. „Entry“) ist z. B. die gesamte Aorta oder nur die Aorta abdominalis betroffen. Im weiteren Verlauf kann eine Perforation nach außen (Ruptur mit nachfolgender Blutung) oder nach innen zurück durch die Dissektionsmembran in das durchströmte Lumen (sog. „Re-Entry“) auftreten, s. C.



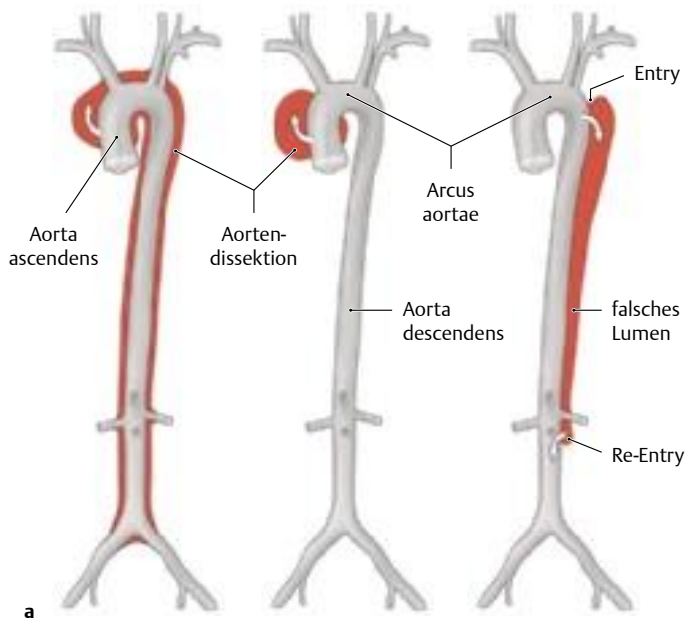
B Infrarenales Aortenaneurysma: Symptome, Diagnostik und Therapie

- a** Nachweis eines infrarenalen sackförmigen Aortenaneurysmas mit Hilfe der digitalen Subtraktionsangiografie (DSA) ohne Beteiligung der Nieren- und Beckenarterien. Im Bereich der Wand des Aneurysmas sind thrombotische Ablagerungen sichtbar (aus: Reiser M, Kuhn F, Debus J, Hrsg. Duale Reihe Radiologie. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2017);
- b** Schema einer Gefäßprothese zur Überbrückung infrarenaler Aortenaneurysmen (sog. „aortoiliakale Bifurkationsinterpositionsprothese“).

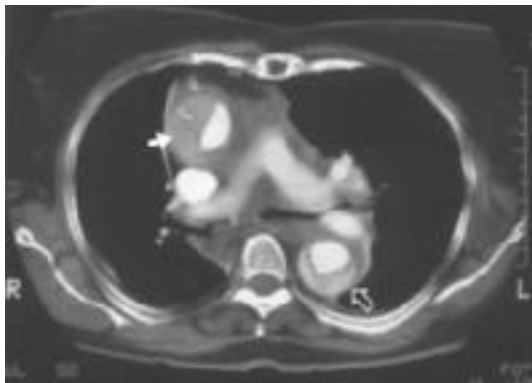
Symptome: Abdominelle Aortenaneurysmen verursachen Symptome, wenn das erweiterte Gefäß andere Strukturen (benachbarte Wirbelkörper) bzw. Organe (Ureter, Nerven etc.) komprimiert (typisch sind Thorax- und/oder Bauchschmerzen sowie gürtelförmige ausstrahlende Rückenschmerzen) oder wenn wandständige Thromben zur Embolie mit akuten ischämischen Beschwerden in der peripheren Strombahn führen. Eine Ruptur des Aneurysmas hingegen äußert sich in Form eines starken Dauerschmerzes (akutes Abdomen) und Schocksymptomatik. *Beachte:* Die Ruptur eines Aortenaneurysmas ist ein schwerer und akuter lebensbedrohlicher Notfall. Nur ein sofortiger Eingriff kann das Leben des Patienten retten (Operationsletalität zwischen 30 und 50 %).

Diagnostik: Die meisten Aortenaneurysmen werden durch eine Ultraschalluntersuchung diagnostiziert. Mit dieser am wenigsten invasiven Methode ist eine sichere Beurteilung nach Lokalisation und Ausdehnung praktisch immer möglich. Bei thorakalen und abdominellen Aneurysmen ist die CT-Untersuchung mit Kontrastmittel zur genauen Größenbestimmung (z. B. Relation von durchströmtem Lumen und Wandthrombosierung) und zur Abklärung der anatomischen Lagebeziehungen das Verfahren der Wahl. Die transarterielle digitale Subtraktionsangiografie (i. Allg. DSA) gibt v. a. Auskunft über die Gefäßabgänge, insbesondere der Nierenarterien.

Therapie: Die Indikation zur Therapie wird bestimmt durch den Grad der Rupturgefährdung. Typische Beschwerdesymptomatik, ausgeprägte Asymmetrie (wie hier dargestellt) sowie ein Querdurchmesser von mehr als 5 cm und ein rasches Wachstum (= mehr als 1 cm pro Jahr) stellen eine absolute Operationsindikation dar. Das Operationsprinzip besteht in der Resektion des Aneurysmas und dem nachfolgenden Gefäßersatz. Vor allem das infrarenale Aortenaneurysma wird heute zunehmend interventionell behandelt, d. h. über einen femoralen Zugang wird mit Hilfe eines Kathetersystems eine gecoverte stentfixierte Kunststoffprothese endoluminal implantiert (sog. endoluminale Aortenstentimplantation).



DeBakey:	I	II	III
Stanford:	Typ A		Typ B



b

C Aortendissektion: Klassifikation nach der anatomischen Lokalisation

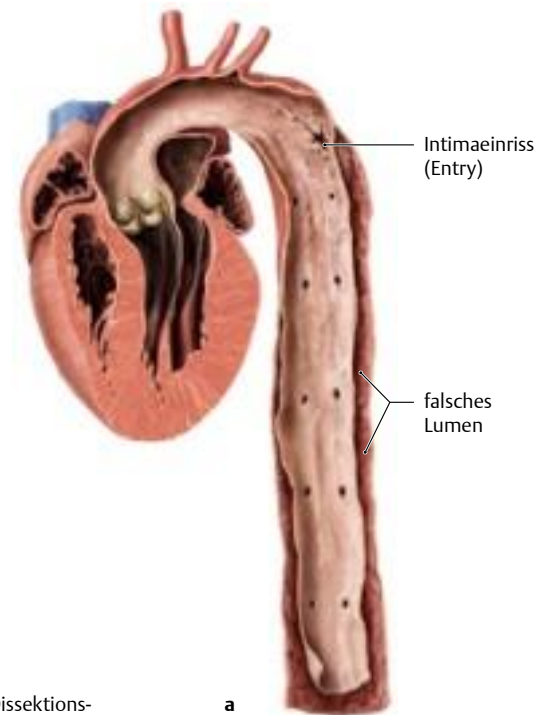
a Aortendissektionen lassen sich entsprechend ihrer anatomischen Lokalisation in die Stanford- und die DeBakey-Klassifikation einteilen. Am gebräuchlichsten ist die **Stanford-Klassifikation**, bei der die Aortendissektionen nach der Lage des Einrisses („Entry“) unterschieden werden:

- Einriss im Bereich der Aorta ascendens (Stanford Typ A, etwa 80 % der Fälle) bzw.
- Einriss im Bereich der Aorta descendens (Stanford Typ B, etwa 20 % der Fälle).

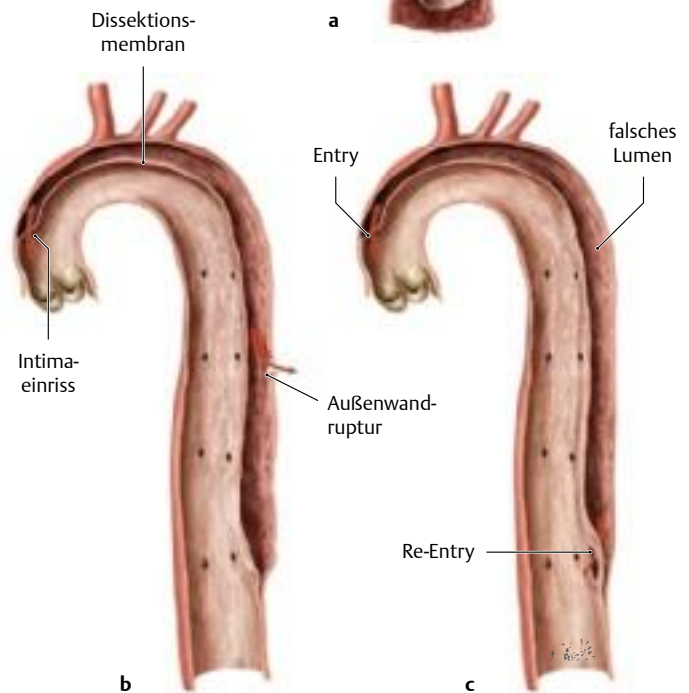
Bei der **DeBakey-Klassifikation** wird der Stanford Typ A weiter unterteilt:

- DeBakey Typ I (kompletter Befall der Aorta) und
- DeBakey Typ II (isolierter Befall der Aorta ascendens);
- DeBakey Typ III entspricht dem Stanford Typ B (Aortendissektion beschränkt sich auf die Aorta descendens).

b Axiales Computertomogramm (Ansicht von kaudal) einer Aortendissektion Typ I nach DeBakey (Stanford Typ A) mit Beteiligung der Aorta ascendens (weißer Pfeil) und descendens (offener Pfeil): Das falsche Lumen wird verzögert gefüllt und stellt sich daher weniger dicht dar als das wahre Lumen (aus: Reiser M, Kuhn F, Debus J, Hrsg. Duale Reihe Radiologie. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2017).



a



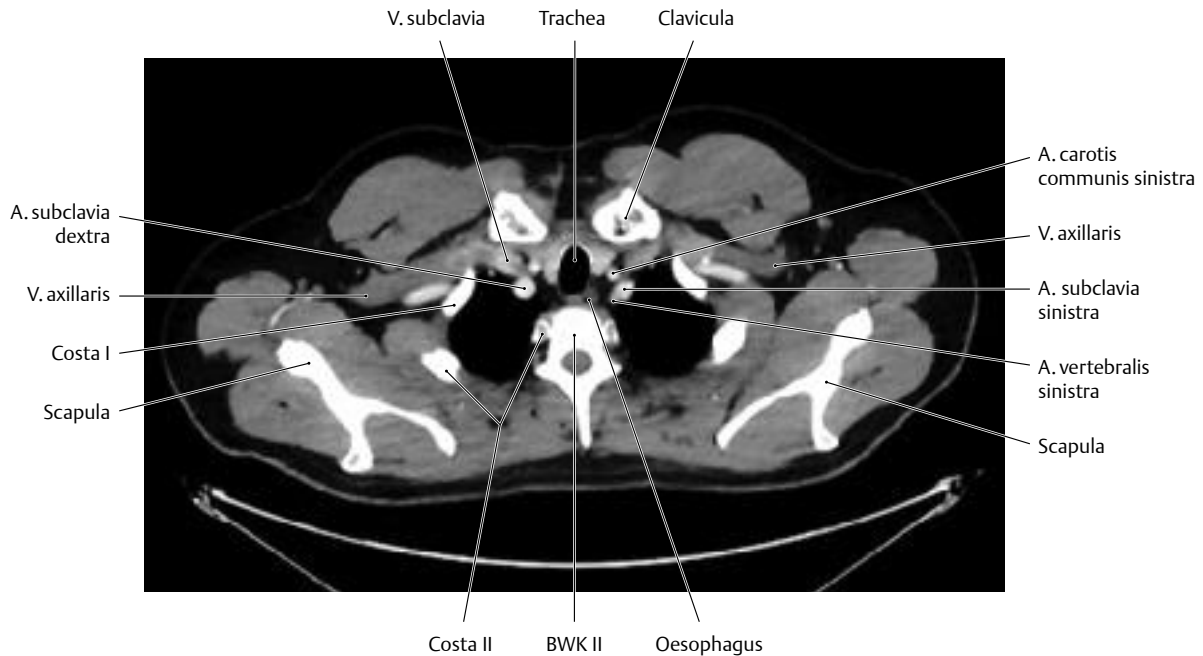
b

c

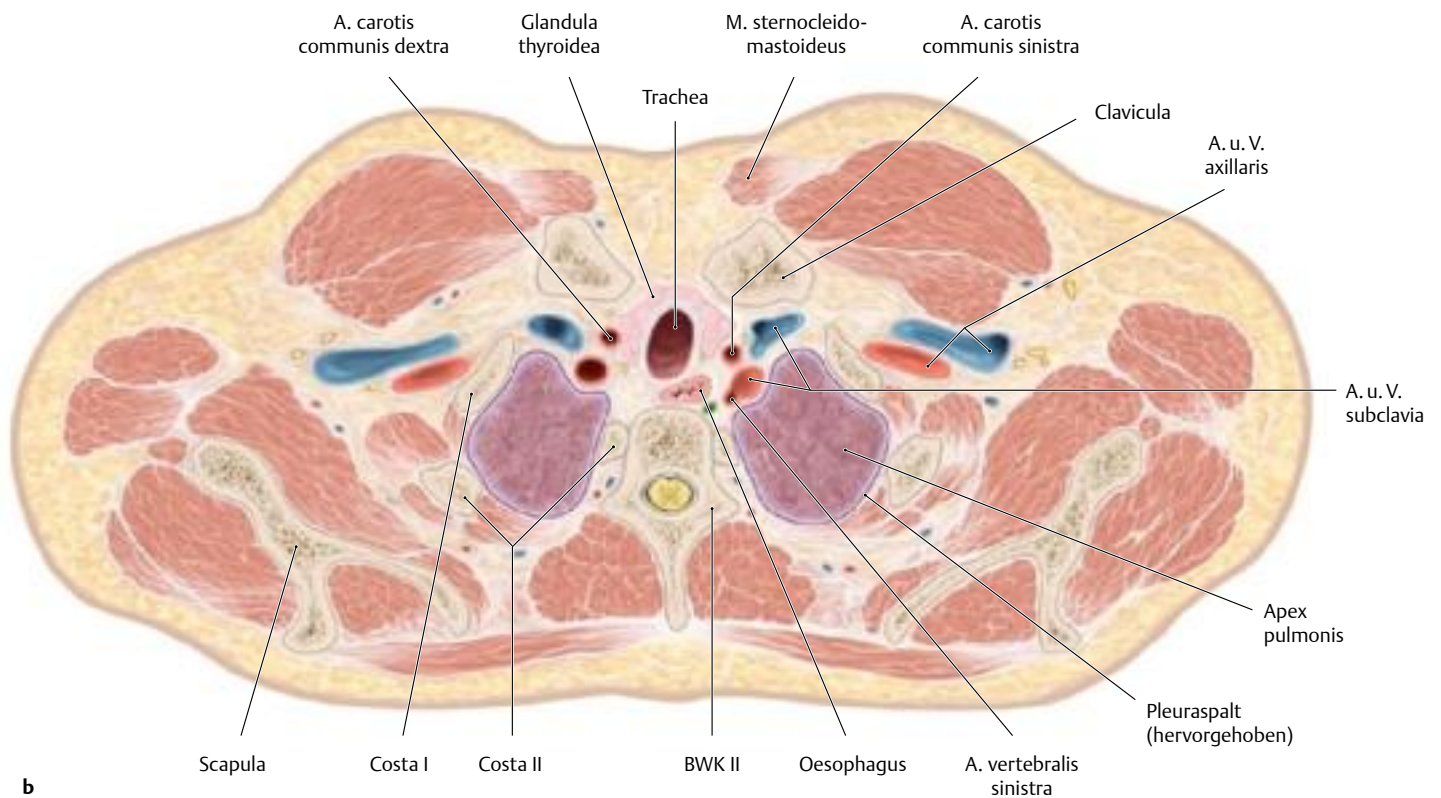
D Pathophysiologie der Aortendissektion

a Aortendissektion mit Intima-Entry und falschem Lumen; **b** Aortendissektion mit Intima-Entry und Außenwandruptur; **c** Aortendissektion mit Intima-Entry (Entry) und Re-Entry.

Bei der klassischen Aortendissektion (Inzidenz von 2,6–3,5/100000 Einwohner) führt eine arterielle Hypertonie zunächst zu degenerativen Veränderungen der einzelnen Aortenwandschichten. Durch den so entstandenen Substanzdefekt der Aortenwand reißt die Intima und zum Teil die Media (Entry) ein. Dabei spaltet sich die Aortenwand auf, und es bildet sich ein wahres und ein falsches Lumen; beide sind durch eine sog. Dissektionsmembran voneinander getrennt. Je nach Lokalisation des initialen Intima-Entry ist die gesamte Aorta (bei Intima-Entry auf Höhe der thorakalen Aorta) oder nur die Aorta abdominalis betroffen. Durch Vorwölbung der Dissektionsmembran können v. a. viszerale Gefäßabgänge sekundär okkludiert werden und entsprechende Ischämiesyndrome verursachen. Im weiteren Verlauf kann eine Perforation nach außen (Ruptur und Blutung) oder zurück in das wahre Lumen (prognostisch günstiges Re-Entry) auftreten.



a



b

B Thoraxquerschnitt auf Höhe der Oberkante des 2. Brustwirbelkörpers

a Horizontales (axiales) CT-Schnittbild (Weichteilfenster); **b** Horizontalschnitt, Ansicht jeweils von kaudal. Clavicula sowie 1. und 2. Rippe sind aufgrund der Thorakalkyphose angeschnitten, das Sternum jedoch nicht. Wir befinden uns also im oberen Abschnitt der schräg verlaufenden Ebene der oberen Thoraxapertur. Der untere Pol der beiden Schilddrüsenlappen wird ventral beiderseits von den Mm. sternocleidomasto-

idei bedeckt. Von beiden Lungen sind jeweils die Apices pulmonis, die beiderseits die obere Thoraxapertur überragen, angeschnitten. Die A. und V. subclavia ziehen von medial nach lateral. Etwas oberhalb dieser Ebene zieht die V. subclavia direkt über die Lungenspitzen, die dort nur durch die Sibson-Faszie von der V. subclavia getrennt sind. Diese enge topografische Beziehung bedingt, dass bei etwa jeder 10. Subklaviapunktion ein Pneumothorax gesetzt wird (deshalb Röntgenkontrolle nach Legen des Subklaviakatheters!).