

Die iatrogene Gefäßverletzung der Extremitäten

Yvonne Goßlau · Tobias Dominik Warm · Alexander Hyhlik-Dürr

Gefäßchirurgie und endovaskuläre Chirurgie, Medizinische Fakultät, Universität Augsburg, Augsburg, Deutschland

Zusammenfassung

Iatrogene Gefäßverletzungen der Extremitäten sind eine seltene aber mitunter schwerwiegende Komplikation. Sie können für den Patienten mit erheblichen Folgen für Funktion und Lebensqualität verbunden sein. Im schlimmsten Fall können sie mit einer Majoramputation einhergehen oder sogar tödlich enden.

Am häufigsten werden iatrogene Gefäßverletzungen im Rahmen von Punktionen für endovaskuläre Prozeduren beobachtet. Des Weiteren sind die Extremitätenarterien hauptsächlich bei unfallchirurgischen oder orthopädischen Prozeduren exponiert. Die vorliegende Übersichtsarbeit soll einen Überblick über die am häufigsten betroffenen Gefäßprovinzen mit Vorschlägen zu diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten bieten.

Schlüsselwörter

Gefäßverletzung · Iatrogene Verletzung · Operative Komplikationen · Gefäßtrauma · Punktionskomplikation

Hinführung zum Thema

Gefäßverletzungen der Extremitäten sind eine seltene, jedoch häufig schwerwiegende Komplikation im Rahmen von ärztlichen Handlungen. Genaue epidemiologische Daten sind nicht verfügbar und können nur grob geschätzt werden. In der Literatur wird der Anteil von iatrogenen Läsionen an allen Gefäßverletzungen mit 5–75 % vermutet [23].

Bereits bei der Planung von medizinischen Prozeduren kann durch Ausschluss möglicher Differenzialdiagnosen und Darstellung von anatomischen Lagebeziehungen die Komplikationsrate gesenkt werden [11].

Um im Komplikationsfall Folgeschäden für den Patienten zu vermeiden oder möglichst gering zu halten, ist ein schnelles Handeln mit dem Einleiten weiterer diagnostischer und therapeutischer Schritte mit kurzer Latenzzeit essenziell. Dies beginnt bereits beim frühzeitigen Erkennen der Verletzung. Das Hinzuziehen gefäßchirurgischer Expertise ist unserer Mei-

nung nach bereits ab der Verdachtsdiagnose empfohlen.

Für iatrogene Verletzungen gilt auch die klassische Einteilung in eine direkte und indirekte Verletzungsgenese nach Vollmar. Direkte Läsionen sind stumpfer oder scharfer Genese [32]. Klinisch präsentieren sich die Verletzungen je nach Ausprägung durch Blutung, Ischämie oder eine Kombination aus beidem. Scharfe Verletzungen entstehen direkt durch beispielsweise chirurgische Instrumente oder spitze Frakturfragmente im Rahmen der Reposition. Stumpfe Läsionen können ebenfalls durch die Anwendung von Instrumenten entstehen, wie beispielsweise eine Gefäßkompression durch Haken. Auch extreme Lagerungsmaßnahmen sind als indirekte Genese möglich. Besonders gefährdet sind Patienten mit einer vorbestehenden peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (PAVK). Durch die Manipulation können Plaqueanteile gelöst und eine lokale Thrombose oder periphere Embolisation induziert werden [24]. Thermische Schäden sind im Rahmen der Endoprotektik bei der Aushärtung von Knochen-

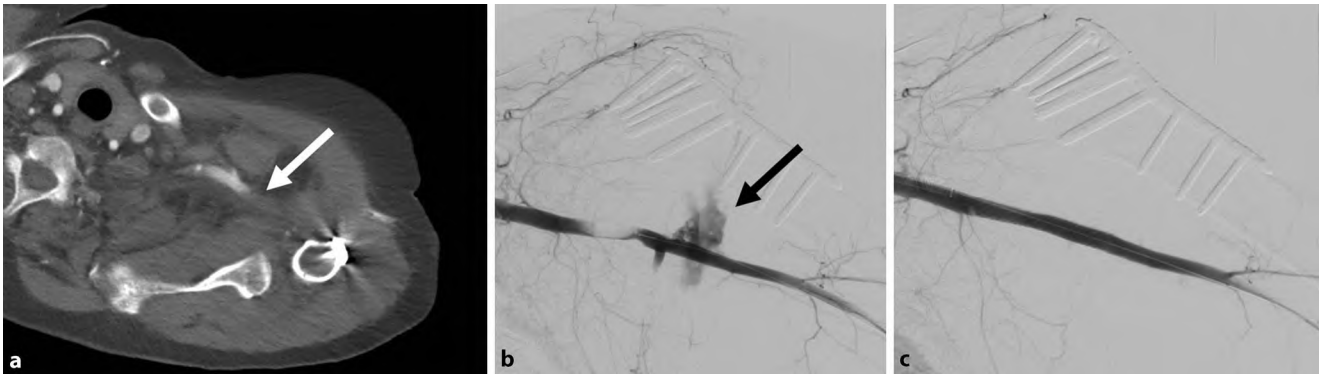


Abb. 1 ▲ Ruptur der A. axillaris. Weitere Erläuterungen im Text

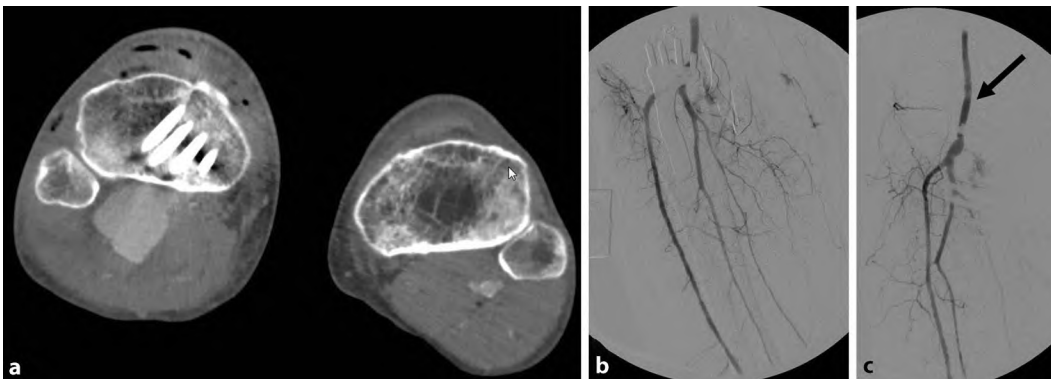


Abb. 2 ◀ Perforation der A. poplitea. Weitere Erläuterungen im Text

zement und bei Verwendung von Hochfrequenzinstrumenten ebenfalls möglich.

» Besonders gefährdet sind Patienten mit einer vorbekannten PAVK

Die folgende Arbeit gibt einen Überblick über typische Verletzungsmuster an den Extremitätenarterien und stellt mögliche Versorgungsstrategien exemplarisch anhand von Fallbeispielen dar.

Verletzungen der oberen Extremität

Iatrogene Verletzungen der oberen Extremität treten außerhalb von arteriellen Punktionen selten auf. Epidemiologische Daten hierzu sind bisher nicht erhoben worden. Bei der Implantation von totalen Endoprothesen (TEP) der Schulter wurden intraoperative Verletzungen der A. axillaris in Fallberichten beschrieben [1]. Die Thromboseinzidenz nach diesem Eingriff wird mit 0,3% angegeben [7].

Behandlungsempfehlungen im Komplikationsfall existieren nicht. Analog zur

allgemeinen Traumaversorgung ist die Wahl des Therapieverfahrens von der Verletzungshöhe abhängig. Periphere Extremitätenverletzungen können bei der operativen Therapie von Frakturen entstehen. Eine Abgrenzung zwischen iatrogener Verletzung und Läsion durch die Fraktur ist nicht immer sicher möglich. In den meisten Fällen handelt es sich um Blutungen, die direkt intraoperativ versorgt werden können. Bevorzugte Maßnahme ist die direkte Naht des verletzten Gefäßes, sofern dies spannungsfrei möglich ist. Bei längeren Läsionen kann die Implantation eines Interponats notwendig sein. Kleinere Gefäße distal der Leitarterien können in der Regel folgenlos ligiert werden.

» Kleinere Gefäße distal der Leitarterien können in der Regel folgenlos ligiert werden

Im axillären Bereich und am thorakalen Übergang sollte wegen des möglichen Zugangstraumas wie beispielsweise Sternotomie oder Clavicularesektion sowie aufgrund der Gefahr einer Verletzung umliegender Strukturen wenn möglich eine en-

dovaskuläre Versorgung angestrebt werden [8, 16, 28]. Bei der Behandlung von Blutungen sollte ein gecoverter Stent eingesetzt werden. Auf die erhaltene Perfusion der A. vertebralis sollte wegen Gefahr des Kleinhirnfarktes geachtet werden.

Die Kombination beider Verfahren (Hybrideingriff) ist ebenfalls möglich. So kann vor der offenen Versorgung eine Ballonblockade proximal der Verletzung erfolgen, um den intraoperativen Blutverlust zu minimieren. Hierzu bietet sich die Versorgung in einem Hybridoperationssaal (OP) an [33].

Verletzungen an der unteren Extremität

An der unteren Extremität treten iatrogene Gefäßläsionen außerhalb von Gefäßpunktionen meist bei der Implantation von Endoprothesen oder Umstellungsosteotomien auf. Auch Verletzungen bei Frakturversorgungen sind möglich. Es wird geschätzt, dass bei der Endoprothetik von Knie und Hüfte zusammengefasst in 0,8% der Fälle Gefäßverletzungen auftreten. Ein erhöhtes Risikoprofil bieten Patienten mit

Infobox 1

Fallbeispiel

Bei einem 57-jährigen Patienten mit Humeruskopfluxationsfraktur zeigte sich nach offener Reposition und Philosplatten-Osteosynthese eine kühle Hand mit sensomotorischem Defizit links. Bei Verdacht auf Gefäßverletzung erfolgte eine computertomographische (CT-)Angiographie (Abb. 1a). Es zeigt sich ein Abbruch der A. axillaris (weißer Pfeil). Der Patient wurde im Hybrid-OP vaskulär versorgt. In der retrograden Angiographie zeigte sich ein Gefäßverschluss mit Kontrastmittelaustritt bei lokaler Ruptur (Abb. 1b, schwarzer Pfeil). Über eine weitere Punktion femoral gelang die endovaskuläre Rekanalisation des Verschlusses und die Platzierung eines Stentgrafts (Abb. 1c).

Voroperationen im Zielgebiet sowie bei vorbestehender PAVK [2, 18].

» Bei peripheren Bypassen sollte auf das Anlegen einer Blutsperre verzichtet werden

Beim Vorhandensein von peripheren Bypassen sollte auf das Anlegen einer Blutsperre verzichtet werden, da bereits nach zehn Minuten Graftverschlüsse auftreten können [24]. Die prä- und postoperativen Kontrollen von Durchblutung, Motorik und Sensibilität sind obligat.

A. femoralis

Die Femoralisgabel und ihre Gefäßabgänge können durch eingesetzte Instrumente verletzt werden. Ein bekannter Mechanismus ist die Läsion durch einen Hohmann-Haken bei der Hüft-TEP-Implantation. Fällt die Verletzung nicht direkt intraoperativ durch eine Blutung auf, so kann sie sich postoperativ als Beinischämie bei arterieller Thrombosierung oder durch die Bildung eines Pseudoaneurysmas mit Kompression umliegender Strukturen bemerkbar machen [15, 21]. Die Diagnostik erfolgt in der Regel durch CT-Angiographie.

Verletzungen an der Femoralisgabel werden nach Möglichkeit offen-operativ versorgt. Die Exposition ist über den primären Zugang oftmals nicht ausreichend. In diesem Fall sollte die Leistenfreilegung über einen Standardzugang erfolgen. Das Spektrum der Versorgungsmöglichkeiten reicht je nach Verletzungsausmaß von

Infobox 2

Fallbeispiel

Nach hoher tibialer Umstellungsosteotomie entwickelte der Patient zeitnah eine starke schmerzhafte Schwellung im OP-Gebiet und in der Kniekehle. In der durchgeführten CT-Angiographie zeigt sich eine Perforation der A. poplitea (Abb. 2a). Es erfolgte operativ die Anlage eines poplitealen Interponats mit autologer Vene. Die postoperative Angiographie zeigt ein offenes Interponat ohne Stenosen (schwarzer Pfeil), die wegen Überlagerungen durch das Osteosynthesematerial in zwei Ebenen beurteilt werden muss (Abb. 2b, c).

der Direktnaht über eine Patchplastik bis hin zur kompletten Interposition der Femoralisgabel.

Periphere Läsionen können entweder operativ oder endovaskulär versorgt werden, wobei die Wahl des Verfahrens interdisziplinär getroffen werden sollte. Einfluss haben die Lokalisation der Verletzung, der Patientenzustand und lokale Verfügbarkeiten. Blutungen kleinerer Gefäße jenseits der Hauptstrombahn können durch Coil-Embolisation behandelt werden [27].

A. poplitea

Die häufigsten iatrogenen Gefäßverletzungen außerhalb von Punktionskomplikationen betreffen die A. poplitea. Sie treten in 0,03–0,51% bei primären Knie-TEP-Implantationen auf [24]. Auch bei tibialen Umstellungsosteotomien und in seltenen Fällen sogar bei Arthroskopien sind arterielle Verletzungen beschrieben worden. Die Folgen für den Patienten sind häufig schwerwiegend. Im schlimmsten Fall ist die Amputation der betroffenen Extremität notwendig. Das Risiko wird mit bis zu 42% angegeben [17]. Langzeitfolgen wie chronische Wundbehandlung, Funktionseinschränkungen, Schwellneigung und Schmerzchronifizierung sind häufig.

Bessere Ergebnisse können für Patienten erzielt werden, wenn gefäßchirurgische Expertise in der primär versorgenden Einheit vorhanden ist und Zeitverluste möglichst vermieden werden können [5]. Andernfalls stellen Kooperationen eine Möglichkeit dar, die Patienten zeitnah zu versorgen. In den Richtlinien zur Zertifizierung von Endoprothetikzentren wird die

Infobox 3

Fallbeispiel

Hohe Punktion der A. iliaca externa etwa 4 cm oberhalb des Leistenbandes mit aktiver Blutung (weißer Pfeil). Ausbildung eines großen retroperitonealen Hämatoms. Klinisch auffällig wurde die 51-jährige Patientin 24 h nach Herzkatheteruntersuchung durch Unterbauchschmerzen und Kreislaufinstabilität. Retroperitoneale Hämatome können übersehen werden, da die Punktionsstelle meist weniger auffällig ist. Durch einen möglicherweise unbemerkten hohen Blutverlust sind sie umso gefährlicher. Die Intervention der Beispielpatientin erfolgte in einem Haus ohne Gefäßchirurgie oder interventionelle Radiologie. Eine Versorgung vor Ort durch die vorbehandelnden Kollegen war nicht möglich. Sie wurde nach Bildgebung reanimationspflichtig und verstarb bedauerlicherweise auf dem Transportweg im hämorrhagischen Schock (Abb. 3).

Verfügbarkeit eines Gefäßchirurgen gefordert [13].

Bei der Verdachtsdiagnose Gefäßverletzung ist eine orientierende FKDS (farbkodierte Duplexsonographie) empfohlen. Die Auswahl der weiteren bildgebenden Diagnostik sollte die Überlagerung durch mögliche metallische Aufhärtungsartefakte berücksichtigen. Insbesondere nach TEP ist unserer Meinung nach die digitale Subtraktionsangiographie (DSA) dem CT vorzuziehen.

Das weitere therapeutische Vorgehen richtet sich nach Kriterien des Patientenzustandes, des Verletzungsausmaßes sowie der lokal vorhandenen Infrastruktur. Eine direkte endovaskuläre Versorgung angeschlossen an die DSA ist häufig möglich und zeitsparend durchführbar [16, 31]. Die offene Versorgung kann wiederum durch lokale Naht, Patchplastik oder Interponat erfolgen. Sie ist vor allem bei kreislaufinstabilen Patienten, kompletter Transsektion des Gefäßes oder massiver Einblutung zu bevorzugen. Als Graftmaterial bietet sich die V. saphena magna an, ggf. auch von der Gegenseite. Bei sterilem Situs erscheint jedoch auch die Verwendung von alloplastischem Gefäßersatz vertretbar. Die Versorgung im Hybrid-OP bietet möglicherweise Vorteile, da nach initialer Diagnostik mittels DSA alle Therapieverfahren zeitnah möglich sind [31]. Die Entscheidung über das Therapieverfahren sollte indivi-

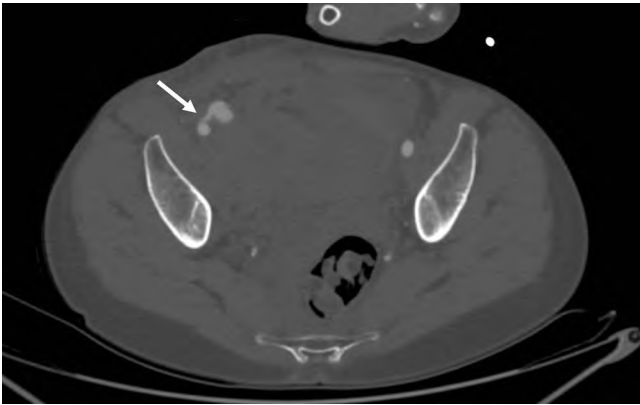


Abb. 3 ◀ Hohe Punktion der A. iliaca externa. Weitere Erläuterungen im Text

duell getroffen werden und lokale Gegebenheiten berücksichtigen.

Zum bevorzugten Zugangsweg gibt es keine Empfehlungen in der Literatur. Kurzstreckige Verletzungen auf Höhe P2 wie beispielsweise nach Knie-TEP sind über einen dorsalen Zugang gut exponierbar. Bei längerstreckiger Verletzung oder vorbestehender PAVK bevorzugen wir jedoch den medialen Zugang mit der Möglichkeit einer kniegelenksüberschreitenden Bypassanlage. Auch bei der hohen tibialen Umstellungsosteotomie ist die Darstellung der Verletzung über einen medialen Zugang auf Höhe P3 aufgrund des tieferen Sägeschnitts oft besser geeignet.

» Bei venösen Verletzungen ist der Blutverlust häufig hoch

Die Indikation zur Kompartmentspaltung sollte nach peripherer traumatischer Gefäßverletzung großzügig gestellt werden [2].

Eine weitere Entität nach Gefäßtrauma stellt das Pseudoaneurysma dar. Es entsteht bei subtotaler Verletzung der Gefäßwand und wird in der Regel durch Kompression der umgebenden neurovaskulären Strukturen oder durch schmerzhafte pulsierende Schwellung symptomatisch. Diagnostiziert wird es mit einer zeitlichen Latenz von durchschnittlich 15 Tagen [4].

V. iliaca/-femoralis

Die tiefen Beinvenen können insbesondere bei orthopädischen Operationen, gefäßchirurgischen Eingriffen oder bei Operationen an Varizen verletzt werden. Für letztgenannte Entität wird das Risiko mit

deutlich unter 1% angegeben [26]. Bei venösen Verletzungen ist der Blutverlust häufig hoch und die Exposition wegen schlechter Übersicht erschwert. Sollte eine lokale Rekonstruktion nicht möglich sein, ist die Ligatur des Gefäßes ab der V. femoralis communis möglich. Hierbei sollte jedoch der Erhalt eines der beiden Gefäße (Vena femoralis superficialis oder -profunda) angestrebt werden. Zentraler gelegene Venen sollten, wenn möglich, erhalten werden. Für operative Venenrekonstruktionen ist eine postoperative Thrombose rate von bis zu 50% beschrieben worden [19].

Punktionskomplikationen

Mit bis zu 85% machen Punktionskomplikationen den größten Teil aller iatrogenen Gefäßverletzungen aus [25]. Das Risiko für ein Aneurysma spurium steigt von 2% im Rahmen diagnostischer Punktationen auf 6%, wenn eine interventionelle Prozedur angeschlossen wird [34]. Klinische Kontrollen der Punktionsstellen sind daher essenziell, um zeitnah Komplikationen zu diagnostizieren. Verschlussysteme („vascular closure devices“) werden aufgrund des positiven Effekts auf die Prozedurdauer häufig angewendet. Es sind transmurale oder extravasale zu applizierende Systeme verfügbar [22]. Beim Versagen der Produkte können relevante Blutungen auftreten. Auch Gefäßverschlüsse durch Einengung des Lumens oder periphere Embolisierung von Plaqueanteilen sind möglich. Die Komplikationsraten wurden in einer aktuellen Metaanalyse als vergleichbar mit der manuellen Kompression angegeben und liegen bei 12% [22]. Insbesondere bei Verwendung von Verschlussystemen

kommt es häufig zu Verzögerungen in der Diagnosestellung.

Transfemoraler Zugangsweg

Ein häufiges Punktionsgefäß stellt die kaliberstarke A. femoralis communis wegen ihrer oberflächlichen Lage und der guten Komprimierbarkeit gegen knöcherne Strukturen dar. Man schätzt das Risiko für eine Notfalloperation nach Punktion auf unter 1% [30]. Risikofaktoren für das Auftreten eines Aneurysma spuriums sind unter anderem Adipositas, weibliches Geschlecht und das Vorhandensein von Arteriosklerose [20, 30]. Die klinische Verdachtsdiagnose wird mittels FKDS oder CT-Angiographie bestätigt. Arteriovenöse (AV)-Fisteln treten bei bis zu 6% der Punktationen auf, besonders wenn die Zugangshöhe in der Nähe der V. profunda femoris liegt [14].

» Bei bis zu 6% der Punktationen treten AV-Fisteln auf

Um Komplikationen zu vermeiden, sollte die Punktion auf Höhe der Hüftkopfmittelpunkte erfolgen und möglichst sonographisch geführt sein [29, 34].

Bei hoher Punktion besteht die Gefahr der retroperitonealen Einblutung aufgrund der schlechteren Komprimierbarkeit.

Ein Aneurysma spurium kann durch protrahierte manuelle Kompression und Druckverband behandelt werden. Führt dies nicht zum Therapieerfolg, steht bei geeigneter Anatomie die sonographisch kontrollierte Thrombininjektion zur Verfügung [30]. Bei flächigen Befunden, großen Hämatomen mit Kompression der Umgebungsstrukturen oder freier Blutung mit Kreislaufinsuffizienz ist die (notfallmäßige) operative Revision indiziert. Das Ausmaß der Therapie richtet sich nach Ausdehnung der Läsion und Punktionshöhe. Kann eine Direktnaht durchgeführt werden, ist dies zu bevorzugen. Bei größeren Befunden kann eine Patchplastik oder die Implantation eines Interponats notwendig werden. Durch die Kompression der Weichteile sind Wundheilungsstörungen mit langwierigem Verlauf möglich. Bei sehr hoher Punktion außerhalb des Bewegungssegments ist mitunter auch die

endovaskuläre Versorgung der A. iliaca externa durch einen Stentgraft möglich. Als Zugangsgefäß bietet sich dann die kontralaterale A. femoralis communis an.

Durch punktionsassoziierte lokale Dissektion oder Plaquedislokationen, aber auch durch die Verschlussysteme selbst bedingt, können Patienten mit Extremitätenischämie symptomatisch werden. Die Behandlung erfolgt in der Regel operativ [12].

Transbrachialer/Transradialer Zugangsweg

Die Punktion der A. radialis oder A. brachialis an der oberen Extremität insbesondere für kardiologische Interventionen hat in den letzten Jahren stetig zugenommen und wird an manchen Zentren bereits heute als Standardzugang verwendet. Der Vorteil liegt in der geringeren Morbidität bei schweren Blutungen. Von Nachteil kann der geringere Gefäßdurchmesser sein, was die Arterie für Dissektionen prädisponiert. In 5–15% der radialen Punktionen sind postinterventionelle Gefäßverschlüsse beschrieben worden, die jedoch häufig symptomfrei geblieben sind. Gefäßspasmen peripher der Punktion sind meist reversibel und können medikamentös durch Vasodilatoren behandelt werden. Blutungskomplikationen werden in unter 1% beschrieben [3, 6]. Die meisten können konservativ durch Kompression therapiert werden. Die Thrombininjektion stellt auch an der oberen Extremität eine Option dar [10]. Bei neurologischen Komplikationen durch lokale Kompression, Befundpersistenz oder bei peripherer Embolisation kann die chirurgische Therapie indiziert sein. Eine Rekonstruktion des Gefäßes sollte angestrebt werden. Bei offenem Hohlhandbogen ist die Ligatur der A. radialis vertretbar [9].

Fazit für die Praxis

- Bereits bei der Verdachtsdiagnose auf eine Gefäßverletzung ist das zeitnahe Hinzuziehen gefäßchirurgischer Expertise essenziell.
- Prä- und postoperative Kontrollen von Durchblutung, Motorik und Sensibilität sind obligat und müssen dokumentiert werden.
- Bei Gefäßpunktionen empfiehlt sich der routinemäßige Einsatz des Ultraschalls,

um Fehl- oder Mehrfachpunktionen zu vermeiden.

Korrespondenzadresse



Dr. Yvonne Goßlau

Gefäßchirurgie und endovaskuläre Chirurgie, Medizinische Fakultät, Universität Augsburg Stenglinstr. 2, 86156 Augsburg, Deutschland yvonne.gosslau@uk-augsburg.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Y. Goßlau, T.D. Warm und A. Hyhlik-Dürr geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

1. Abbenhaus E, Kamineni S (2020) Shoulder arthroplasty death with axillary artery and brachial plexus damage: lessons from a tragedy. *JSES Int* 4:133–137
2. Abullarrage CJ, Weiswasser JM, Dezee KJ et al (2008) Predictors of lower extremity arterial injury after total knee or total hip arthroplasty. *J Vasc Surg* 47:803–807 (discussion 807–808)
3. Alvarez-Tostado JA, Moise MA, Bena JF et al (2009) The brachial artery: a critical access for endovascular procedures. *J Vasc Surg* 49:378–385 (discussion 385)
4. Ammori MB, Evans AR, McClain AD (2016) Popliteal artery pseudoaneurysm after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 31:2004–2007
5. Bernhoff K, Rudstrom H, Gedeborg R et al (2013) Popliteal artery injury during knee replacement: a population-based nationwide study. *Bone Joint J* 95:1645–1649
6. Bhat T, Teli S, Bhat H et al (2012) Access-site complications and their management during transradial cardiac catheterization. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 10:627–634
7. Bohsali KI, Bois AJ, Wirth MA (2017) Complications of shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 99:256–269
8. Branco BC, Boutros ML, Dubose JJ et al (2016) Outcome comparison between open and endovascular management of axillosubclavian arterial injuries. *J Vasc Surg* 63:702–709
9. Coghil EM, Johnson T, Morris RE et al (2020) Radial artery access site complications during cardiac procedures, clinical implications and potential solutions: the role of nitric oxide. *World J Cardiol* 12:26–34
10. Cope C, Zeit R (1986) Coagulation of aneurysms by direct percutaneous thrombin injection. *AJR Am J Roentgenol* 147:383–387
11. Fukunishi S, Okahisa S, Fukui T et al (2014) Significance of preoperative 3D-CT angiography for localization of the femoral artery in complicated THA. *J Orthop Sci* 19:457–464
12. Gosslau Y, Warm T, Hyhlik-Dürr A (2020) 8 latrogene Gefäßverletzungen. In: Engelhardt M, Orend K-H (Hrsg) *Gefäß- und Thoraxverletzungen*. De Gruyter, S 277–294
13. Haas H, Grifka J, Günther KP et al (2013) EndoCert® – Zertifizierung von Endoprothetischen Versorgungszentren in Deutschland
14. Hürlimann V, Clemens RK, Jacomella V et al (2012) Vascular complications after endovascular interventions. *Dtsch Med Wochenschr* 137:535–542 (quiz 543–536)
15. Huynh S, Kayssi A, Koo K et al (2016) Avulsion injury to the profunda femoris artery after total hip arthroplasty. *J Vasc Surg* 64:494–496
16. Johnson CA (2010) Endovascular management of peripheral vascular trauma. *Semin Intervent Radiol* 27:38–43
17. Kehagias E, Ioannou CV, Kontopodis N et al (2015) Intraoperative endovascular stent-graft repair of a popliteal artery laceration and occlusion during total knee arthroplasty. *Ann Vasc Surg* 29:1453.e9–1453.e14
18. Ko LJ, Dehart ML, Yoo JU et al (2014) Popliteal artery injury associated with total knee arthroplasty: trends, costs and risk factors. *J Arthroplasty* 29:1181–1184
19. Maciej Z, Jakub K, Nicholas I et al (2018) Posttraumatic reconstruction of external iliac and common femoral veins using femoral vein interposition autograft. *Ann Vasc Surg* 53:266.e9–266.e11
20. Mlekusch W, Haumer M, Mlekusch I et al (2006) Prediction of iatrogenic pseudoaneurysm after percutaneous endovascular procedures. *Radiology* 240:597–602
21. Mortazavi SMJ, Kazemi M, Noaparast M (2019) Femoral artery intimal injury following total hip arthroplasty through the direct anterior approach: a rare but potential complication. *Arthroplast Today* 5:288–291
22. Noori VJ, Eldrup-Jørgensen J (2018) A systematic review of vascular closure devices for femoral artery puncture sites. *J Vasc Surg* 68:887–899
23. Oderich GS, Panneton JM, Hofer J et al (2004) Iatrogenic operative injuries of abdominal and pelvic veins: a potentially lethal complication. *J Vasc Surg* 39:931–936
24. Pal A, Clarke JM, Cameron AE (2010) Case series and literature review: popliteal artery injury following total knee replacement. *Int J Surg* 8:430–435
25. Pongratz J, Reeps C, Eckstein HH (2011) Frequency and causes of vascular complications requiring surgery in patients without primary vascular disease. *Zentralbl Chir* 136:485–490
26. Rudström H, Björck M, Bergqvist D (2007) Iatrogenic vascular injuries in varicose vein surgery: a systematic review. *World J Surg* 31:228–233
27. Sandri A, Regis D, Marino MA et al (2012) Deep external pudendal artery injury after percutaneous adductor tenotomy during THA in ankylosing spondylitis. *Orthopedics* 35:e566–569

Abstract

iatrogenic vascular injury of the extremities

Iatrogenic vascular injuries of the extremities are rare but sometimes result in severe complications. They can be associated with significant consequences for the patient in terms of function and quality of life. In worst case scenarios they can be accompanied by major amputation or even be fatal.

Iatrogenic vascular injuries most frequently occur during punctures for endovascular procedures. Furthermore, the extremity arteries are mainly exposed during trauma surgery or orthopedic procedures.

The purpose of this review is to provide an overview of the most commonly affected vascular provinces with suggestions for diagnostic and therapeutic options.

Keywords

Vascular injury · Iatrogenic injury · Surgical complications · Vascular trauma · Puncture complication

28. Sinha S, Patterson BO, Ma J et al (2013) Systematic review and meta-analysis of open surgical and endovascular management of thoracic outlet vascular injuries. *J Vasc Surg* 57:547–567.e8
29. Sobolev M, Slovut DP, Lee Chang A et al (2015) Ultrasound-guided catheterization of the femoral artery: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Invasive Cardiol* 27:318–323
30. Stone PA, Campbell JE, Aburahma AF (2014) Femoral pseudoaneurysms after percutaneous access. *J Vasc Surg* 60:1359–1366
31. Troutman DA, Dougherty MJ, Spivack AI et al (2013) Updated strategies to treat acute arterial complications associated with total knee and hip arthroplasty. *J Vasc Surg* 58:1037–1042
32. Vollmar J (1996) *Rekonstruktive Chirurgie der Arterien*. Thieme, Stuttgart, New York
33. Waller CJ, Cogbill TH, Kallies KJ et al (2017) Contemporary management of subclavian and axillary artery injuries—a western trauma association multicenter review. *J Trauma Acute Care Surg* 83:1023–1031
34. Webber GW, Jang J, Gustavson S et al (2007) Contemporary management of postcatheterization pseudoaneurysms. *Circulation* 115:2666–2674