

Die endovaskuläre Therapie gastrointestinaler Blutungen

Endovascular Therapy of Gastrointestinal Bleeding

Autoren

Anne Marie Augustin, Friederika Fluck, Thorsten Bley, Ralph Kickuth

Institut

Department of Diagnostic and Interventional Radiology,
University-Hospital of Würzburg, Germany

Key words

abdomen, angiography, embolization, interventional procedures, hemorrhage

eingereicht 15.12.2018

akzeptiert 19.03.2019

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0891-1116>

Online-Publikation: 26.4.2019

Fortschr Röntgenstr 2019; 191: 1073–1082

© Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart · New York

ISSN 1438-9029

Korrespondenzadresse

Dr. Anne Marie Augustin

Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des
Universitätsklinikums, Universitätsklinikum Würzburg,
Oberdürrbacher Straße 6, 97080 Würzburg, Germany

Tel.: ++49/931 20 10

augustin_a@ukw.de

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund Bei den gastrointestinalen (GI) Blutungen handelt es sich um ein relativ häufig auftretendes Krankheitsbild mit einem breiten Spektrum an zugrunde liegenden Ursachen. In einem Großteil der Fälle sind diese akuten Blutungen mit konservativen, medikamentösen oder endoskopischen Verfahren gut zu therapieren. Jedoch erfordert ein Anteil endoskopisch nicht identifizierbarer oder beherrschbarer nichtvariköser GI-Blutungen nach wie vor alternative, teils chirurgische Therapiekonzepte. Die aktuelle S2k-Leitlinie „Gastrointestinale Blutung“ räumt dabei der interventionellen Radiologie mit ihren minimalinvasiven endovaskulären Verfahren einen wichtigen Stellenwert ein.

Methodik In dieser Übersichtsarbeit wird die Rolle der interventionellen Radiologie in der Therapie nichtvariköser oberer und unterer gastrointestinaler Blutungen anhand der aktuellen Literatur sowie der neuen Leitlinie diskutiert. In diesem Kontext werden Indikationen, technische Durchführung, Ergebnisse und Komplikationen endovaskulärer Therapieverfahren thematisiert.

Ergebnisse und Schlussfolgerung Unter Abwägung interdisziplinärer Therapieoptionen stellt die leitlinienorientierte

endovaskuläre Versorgung gastrointestinaler Blutungen mittels Embolisation und Implantation gecoverter Stents einen Behandlungsansatz mit guten technischen und klinischen Erfolgsraten sowie einer geringen Rate an Komplikationen dar. In diesem Zusammenhang sind fundierte Kenntnisse der Gefäßanatomie essenziell, um eine adäquate Hämostase herbeizuführen.

Kernaussagen:

- Die interventionelle Radiologie kann in der Diagnostik und Therapie nichtvariköser gastrointestinaler Blutungen unterschiedlicher Ätiologie einen wichtigen Beitrag leisten.
- Die S2k-Leitlinie „Gastrointestinale Blutung“ stellt hierbei die Grundlage für die Entscheidungsfindung zu einer endovaskulären Hämostase-Therapie dar.
- Die Embolisation ist das Verfahren der ersten Wahl zur endovaskulären Behandlung gastrointestinaler Blutungen.
- Ein adäquates periinterventionelles Management erhöht die Erfolgchancen der endovaskulären Therapie.

Zitierweise

- Augustin AM, Fluck F, Bley T et al. Endovascular therapy of gastrointestinal bleeding. *Fortschr Röntgenstr* 2019; 191: 1073–1082

ABSTRACT

Background Gastrointestinal (GI) bleeding is a frequently occurring disease pattern, with a broad variety of possible causes. The most acute bleeding responds well to conservative, medicinal and endoscopic therapies. Nevertheless, a certain amount of endoscopically not-identifiable or controllable non-varicose GI-bleeding requires alternative, sometimes surgical, therapy concepts. The updated S2k guideline “gastrointestinal bleeding” makes the case for interventional radiology with its minimally invasive endovascular techniques.

Methods This review article discusses the role of interventional radiology in the therapy of non-variceal upper and lower gastrointestinal bleeding according to the current literature and updated guideline. In this regard it covers the indications, techniques, results and complications of endovascular therapy.

Results and conclusion Considering interdisciplinary therapy options, the guideline-oriented endovascular treatment of gastrointestinal bleeding, using embolization and implantation of covered stents, shows to be a reasonable option with good technical and clinical success rates and a low rate of complications. In this context solid knowledge of vascular anatomy is essential to acquire adequate hemostasis.

Einleitung

Bei den nichtvarikösen gastrointestinalen Blutungen handelt es sich oftmals um dringliche, potenziell lebensbedrohliche Notfälle [1]. In 75–85 % der Fälle finden sich diese im oberen Gastrointestinaltrakt (GI-Trakt) [2, 3]. Ihre Behandlung erfordert generell eine strukturierte, interdisziplinäre Vorgehensweise. Diesbezüglich stehen Therapieoptionen zur Verfügung, die von einer konservativen, chirurgischen, endoskopischen bis hin zu einer endovaskulären Vorgehensweise reichen. Die Indikation zu einer endovaskulären Therapie orientiert sich dabei eng an der kürzlich veröffentlichten S2k-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Gastroenterologie, Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS) [4].

Einteilung, Epidemiologie und Ätiologie

Als obere gastrointestinale Blutung (OGIB) bezeichnet man eine Blutung oberhalb des Treitz-Bandes. Sie ist mit einer Inzidenz von 50 bis 100/100 000 Einwohner ein häufiges Krankheitsbild mit einem medianen Erkrankungsalter von 60–70 Jahren [5]. Eine OGIB sistiert in 70–75 % der Fälle spontan. Ihre Mortalitätsrate liegt zwischen 3 und 14 %, bei Intensivpflichtigen zwischen 42 und 64 % [1]. In ca. 50 % der Fälle liegt der OGIB eine Ulkus-Erkrankung im Sinne eines *Ulcus ventriculi* oder *duodeni* zugrunde. Weitere Ursachen sind ösophageale oder gastrale Tumorblutungen, das Mallory-Weiss-Syndrom, die erosive Gastritis oder Duodenitis, Refluxösophagiten, Angiodysplasien und iatrogene oder posttraumatische Veränderungen.

Einen Sonderfall der OGIB stellt die akute Hämorrhagie der peripankreatischen Gefäßäste bzw. -kollateralen dar, der ätiologisch oftmals Pankreatitiden, Tumoren und Traumata zugrunde liegen. Hämorrhagien nach Pankreaschirurgie aufgrund von Insuffizienzen der Pankreatikojejunostomie oder aber auch der biliodigestiven Anastomose zählen mit einer Mortalitätsrate von 11–38 % aufgrund einer Gefäßbandauung zu den komplexesten und nur schwer zu behandelnden Komplikationen. In vielen Fällen sind derartige postoperative Komplikationen der endovaskulären Therapie gut zugänglich, wodurch die Morbiditäts- und Mortalitätsraten erheblich reduziert werden können [6].

Die untere gastrointestinale Blutung (UGIB) jenseits des Treitz-Bandes mit einer Inzidenz von etwa 20 bis 30/100 000 Einwohnern und einem medianen Alter von 65–80 Jahren steigt mit zunehmendem Alter dramatisch an [7]. Eine UGIB sistiert in 80–85 % der Fälle spontan. Neueren Studien zufolge liegt ihre Mortalität zwischen 2 und 5 % [1]. Ätiologisch ist eine UGIB auf Ursachen wie Divertikulitiden, Angiodysplasien, Polypen, Tumoren, Proktitiden oder chronisch entzündliche Darmerkrankungen zurückzuführen [8].

Anatomie

Der obere Gastrointestinaltrakt weist ausgeprägte Gefäßanastomosen bzw. physiologische Kollateralen auf, wodurch die betreffenden Darmsegmente einerseits weniger anfällig für postembolische Ischämien sind, sich andererseits jedoch eine Blutungskontrolle aufgrund der Unterhaltung der Blutung über die „Hintertür“ und

der Notwendigkeit einer Okklusion des Feedergefäßes proximal und distal der Blutungsquelle bzw. des Auftretens von Rezidiv-Blutungen erschwert gestalten kann. Zwischen Truncus coeliacus und A. mesenterica superior bestehen diese Gefäßanastomosen aus Ästen der Aa. pancreaticoduodenales. Der Riolan-Bogen sowie die Drummond-Anastomose verbinden A. mesenterica superior und inferior. Über Äste der A. rectalis superior und media existieren Anastomosen zwischen dem Stromgebiet der A. mesenterica inferior und A. iliaca interna. Eine Vielzahl anatomischer Varianten, insbesondere der Äste des Truncus coeliacus, machen vor geplanter Embolisation eine gründliche Evaluation der Gefäßanatomie erforderlich [9].

Klinik

Die klinische Präsentation der gastrointestinalen Blutungen variiert in Abhängigkeit des Schweregrads sowie der Blutungslokalisation. Okkulte Blutungen können sich als Eisenmangelanämie manifestieren oder bei sonstiger Beschwerdefreiheit zu einem positiven Hämocult-Test führen. Bei stärkeren Blutungen des oberen GI-Trakts stehen klinische Zeichen wie eine Regurgitation von Blut oder eine Hämatemesis im Vordergrund, des Weiteren kann es zu Meläna kommen. Die Hämatochezie weist auf eine starke Blutung des oberen GI-Trakts oder eine Blutung des unteren GI-Trakts hin. Bei chronischen Verlaufsformen können unspezifische Zeichen wie Abgeschlagenheit, Müdigkeit oder Atemnot auftreten. Die akute Blutung führt je nach Ausprägung zu Symptomen einer Kreislaufinsuffizienz bzw. eines hypovolämischen Schocks mit Tachykardie, Hypotonie und Kollaps.

Klinische Evaluation und Diagnostik

Das initiale und präinterventionelle Management umfasst neben der Anamnese der klinischen Manifestation und Blutungsdauer die Erhebung von Begleitsymptomen, Medikation, Begleit- und Vorerkrankungen sowie stattgehabten Interventionen wie z. B. Polypektomie oder chirurgischen Eingriffen.

Das weitere Prozedere erfolgt in Abhängigkeit vom hämodynamischen Status des Patienten und der verdächtigten Blutungslokalisation. Zur initialen Einschätzung des Schweregrads der Blutung und klinischen Entscheidungsfindung können der Hämoglobin-Wert sowie der (modifizierte) Glasgow-Blatchford-Score Verwendung finden, in welchem Vitalparameter, Laborwerte und Vorerkrankungen zur Risikostratifizierung miteinbezogen werden (offene Empfehlung, starker Konsens) [4, 10–12].

Hämodynamisch instabile Patienten mit nichtvariköser OGIB sollten laut Leitlinie intensivmedizinisch betreut und nach Stabilisierung zeitnah (< 12 h) einer ÖGD zugeführt werden (starke Empfehlung, starker Konsens) [4, 12]. Beim hämodynamisch stabilen Patienten sollte nach kontinuierlicher Überwachung der Vitalparameter die Endoskopie innerhalb der ersten 72 Stunden erfolgen (offene Empfehlung, starker Konsens) [4, 13]. Da schwere Verläufe einer UGIB seltener und die Mortalität und blutungsassoziierte Letalität geringer sind, ist hier häufig eine ambulante Versorgung möglich [14]. Schwere Hämorrhagien des unteren GI-Trakts mit

hämodynamischer Kompromittierung sollten nach medikamentöser Stabilisierung zeitnah der Koloskopie zugeführt werden (Empfehlung, starker Konsens). Aufgrund der im Notfallmanagement ungenügenden Darmvorbereitung und der auf das Kolon und proximale Ileum limitierten Einsehbarkeit gelingt eine Blutungsdetektion in diesen Situationen jedoch nur in etwa 42 % der Fälle [15].

Eine endoskopische Hämostase kann je nach Blutungstyp und -genese durch Einsatz verschiedener mechanischer (Gummibandligatur, Hämoclips) und thermischer Verfahren (Elektrokoagulation), die Injektionstherapie (z. B. mit Adrenalin) und die Verwendung von Hämospray erreicht werden (offene Empfehlung, starker Konsens) [4]. Sollte ein endoskopischer Hämostase-Versuch frustrieren bleiben, kann die Endoskopie dennoch zu einer präzisen endovaskulären Interventionsplanung beitragen und mittels Clipmarkierung der detektierten Blutungsquelle die superselektive Katheterisierung des entsprechenden blutenden Gefäßastes erleichtern, insbesondere wenn angiografisch keine aktive Kontrastmittelextravasation nachgewiesen werden kann [16].

Bei frustrierender Identifikation der Blutungsquelle im Rahmen der Endoskopie stehen je nach Blutungsdynamik und Verfügbarkeit weitere diagnostische Verfahren zur Verfügung, sofern die betreffenden Patienten hämodynamisch stabil bzw. stabilisiert sind. Bereits ab Blutungsraten von 0,5 ml/Minute kann eine Detektion mittels kontrastmittelverstärkter Mehrzeilen-Computertomografie erfolgen [17]. In mehrphasiger Technik erlaubt die CT als nichtinvasive Bildgebung eine schnelle Diagnostik bei guter Sensitivität und Spezifität und kann neben der Blutungslokalisation zur Planung des weiteren Therapieregimes beitragen [18]. Nach aktueller Datenlage erlaubt die digitale Subtraktionsangiografie (DSA) aufgrund der hohen Ortsauflösung die Identifikation einer Blutungsquelle bei Blutungsraten zwischen 0,5 und 1 ml/Minute [21]. Bezüglich Sensitivität und Spezifität der Katheter-Angiografie findet sich in der Literatur eine hohe Variabilität [22]. Dem als nachteilig zu wertendem invasivem Charakter der DSA ist die Möglichkeit der simultanen Behandlung einer GI-Blutung entgegenzuhalten. Im direkten Vergleich mit der CTA zeigte sich in mehreren Studien eine Überlegenheit dieser in Bezug auf Sensitivität der Detektion von Blutungsquelle und Blutungsursache [22, 23]. Zusammenfassend kann die Empfehlung ausgesprochen werden, Patienten nach frustrierender endoskopischer Blutungssuche, im Falle hämodynamischer Stabilität, zunächst der mehrphasigen CT-Diagnostik zuzuführen, da hier wichtige Informationen bezüglich der Blutungsursache, eventueller Gefäßanomalien und -varianten gewonnen werden können. Dies kann zu einer exakten Planung der anschließenden (endovaskulären) Therapie und konsekutiv Verkürzung der Interventionsdauer beitragen [19, 22]. Zudem deckt sich dieses Vorgehen mit den Empfehlungen der aktuellen S2k-Leitlinie [4]. Die Blutungsszintigrafie mittels Tc-99m-markierten Erythrozyten ermöglicht mit einer Sensitivität von 93 % und Spezifität von 95 % die Lokalisation von intermittierend auftretenden GI-Blutungen bereits ab niedrigen Blutungsraten von 0,2 ml/Minute [20].

Präinterventionelle Vorbereitung

Präinterventionell sollte im Fall einer hämodynamischen Instabilität ein Ausgleich der Hypovolämie mit Erythrozytenkonzentraten, Kristalloiden oder Kolloiden und einer Katecholamin- bzw. Vaso-konstriktor-Therapie erfolgen [12, 24, 25].

Zudem sollten die relevanten Gerinnungsparameter (INR, PTT) bestimmt und ggf. optimiert werden, da gerade mechanische Embolisate oftmals nur bei einer intakten Gerinnungskaskade eine suffiziente Gefäßokklusion bewirken [21]. Eine Gabe von Glukagon oder Buscopan kann zur Reduktion der intestinalen Peristaltik erwogen werden.

Periinterventionell ist ein Monitoring mit kontinuierlicher Überwachung des Blutdrucks, elektrokardiografischer Parameter, der arteriellen Sauerstoffsättigung und ggf. Respirationsraten durchzuführen. Je nach hämodynamischem Status ist die Anwesenheit eines anästhesiologischen Teams zur Überwachung notwendig. Der Zustand des Patienten bestimmt letztlich auch, ob die Intervention in Lokalanästhesie und Analgosedierung oder in Allgemeinanästhesie erfolgt.

Indikation

Auf Grundlage bisher vorliegender klinischer Daten existiert ein starker Konsens und eine offene Empfehlung hinsichtlich der Behandlung von GI-Blutungen. Diesbezüglich heißt es, dass eine offen-chirurgische oder radiologisch endovaskuläre Intervention bei a) technischem Versagen der endoskopischen Blutstillung inklusive Reserveverfahren; b) Rezidiv-Blutung nach zweiter endoskopischer Intervention und c) endoskopisch nicht lokalisierbarer Blutungsquelle erfolgen kann [4]. Hierunter fallen auch die Blutungen, die aufgrund besonderer Gegebenheiten endoskopisch nicht zugänglich sind (z. B. nach Billroth-II- oder Whipple-Operation). Peripankreatische Blutungen, auf dem Boden von akuten und chronischen Pankreatitiden oder nach pankreaschirurgischen Eingriffen, stellen ein kritisches Szenario mit hohen Mortalitätsraten dar. Die hier zugrunde liegende Freisetzung von proteolytischen Pankreasenzymen führt zu der Schädigung von Gefäßen mit konsekutiver Entstehung von Pseudoaneurysmen und Gefäßrupturen [26, 27]. Die chirurgische Therapie gestaltet sich in diesem Kontext aufgrund der häufig retropankreatischen Blutungslokalisation sowie der inflammatorischen Umgebungsreaktion schwierig. Hohe Mortalitätsraten sowie nicht selten die Notwendigkeit eines radikalen chirurgischen Vorgehens mit z. B. (Hemi-) Pankreatektomie und Splenektomie sind die Folge [28]. In derartigen Situationen stellt die endovaskuläre Therapie eine effektive Alternative mit guten Erfolgsraten dar, deren primärer Einsatz in entsprechenden Zentren erwogen werden sollte [28–30].

Obskure Blutungen umfassen GI-Blutungen, die intermittierend zu für den Patienten wahrnehmbaren Symptomen, wie Hämatemesis, Hämatochezie oder Meläna, führen, sich der Detektion der endoskopischen Diagnostik jedoch entziehen. Okkulte Blutungen fallen lediglich durch das Vorliegen einer Eisenmangelanämie oder das positive Ergebnis eines Hämo-kult-Tests auf. Obskure und okkulte Blutungen können in jedem Abschnitt des GI-Trakts auftreten und stellen eine diagnostische wie therapeu-

tische Herausforderung dar. Dabei hängt das weitere diagnostische Prozedere entscheidend von der klinischen Symptomatik ab, die wiederum eine wiederholte endoskopische Evaluation einschließlich spezieller Techniken wie der tiefen Enteroskopie und der Kapselendoskopie nach sich ziehen kann. Bei dennoch nicht detektierbarer Blutungsquelle und persistierender Symptomatik kann im Falle der obskur-offenen Blutung die Durchführung einer Angiografie mit Interventionsbereitschaft erwogen werden, da hier im Vergleich zu okkulten Hämorrhagien eine zumindest geringe Wahrscheinlichkeit besteht, diese zu identifizieren [31]. Da die angiografische Darstellung einer Blutung eine Blutungsintensität von mindestens 0,5 ml/min voraussetzt, spielt die Angiografie in der Diagnostik und Behandlung okkulten GI-Blutungen eine eher untergeordnete Rolle.

Kontraindikation

Kontraindikationen für eine endovaskuläre Therapie – wie Kontrastmittelallergie, Hyperthyreose, Schwangerschaft, Sepsis, akutes Nierenversagen und die Verbrauchskoagulopathie – sind insbesondere in akut bedrohlichen Situationen als relativ anzusehen. Je nach Blutungsintensität gilt es, die eventuelle Überlegenheit einer chirurgischen Therapie abzuwägen.

Technik

In aller Regel erfolgt die endovaskuläre Versorgung einer OGIB bzw. UGIB in Lokalanästhesie über einen transfemorale Zugangsweg, wobei insbesondere bei ungünstigem Abgangswinkel der Viszeralgefäße auch ein transbrachialer Zugang erwogen werden kann. Je nach Gefäßanatomie kann das Einbringen einer langen armierten Führungsschleuse zur Katheter-Stabilisierung sinnvoll sein. Insbesondere bei fehlender präinterventioneller Bildgebung ermöglicht die maschinelle Anfertigung einer Übersichtsangiografie über einen Mehrlochkatheter, z. B. in Pigtailkonfiguration, die Evaluation der Gefäßanatomie für eine spätere gezielte Gefäßsondierung. Es erfolgt die Sondierung des am ehesten suspeziierten oder identifizierten Viszeralgefäßes mittels präferiertem Selektivkatheter und die Durchführung einer selektiven Angiografie. Im Falle einer OGIB wird primär eine Sondierung des Truncus coeliacus und anschließend der A. mesenterica superior, bei einer UGIB zunächst der A. mesenterica superior und inferior vorgenommen. Für die Durchführung einer ordnungsgemäßen Übersichtsangiografie empfiehlt sich die Verwendung von circa 50 ml 1:1-verdünntem Kontrastmittel bei einer Flussrate von 15 ml/s, für die selektive Angiografie des Truncus coeliacus, der AMS und AMI die Verwendung von 30–50 ml 1:1-verdünntem Kontrastmittel bei Flussraten von etwa 6–7 ml/s [32]. Bei rektaler Blutung und nicht richtungsweisender Darstellung der A. mesenterica inferior sollte eine Angiografie der A. iliaca interna einschließlich der A. rectalis media und inferior angeschlossen werden [33]. Hierbei ist auf eine ausreichende Aufnahmedauer zu achten, um zwischen einem Kontrastmittelextravasat und einem venösen Auswaschen unterscheiden zu können. Der angiografische Nachweis einer GI-Blutung stellt sich im aktiven Blutungsintervall als

Kontrastmittelextravasation in der arteriellen Phase mit Pooling in der venösen Phase dar. Doch auch indirekte Zeichen, wie der Nachweis von Pseudoaneurysmen, Gefäßspasmen oder – im Fall von inflammatorischen Veränderungen – eines Blushings und fokaler Hyperämie, können als angiografischer Nachweis einer (intermittierenden) GI-Blutung gewertet werden [34]. Ein früher venöser Abstrom kann auf eine Angiodysplasie hinweisen.

Um eine OGIB oder UGIB zu identifizieren, ist oftmals eine superselektive Gefäßsondierung und damit die Verwendung einer ko- oder triaxialen Mikrokatheter-Technik erforderlich. Die Koaxialtechnik umfasst dabei die Verwendung eines Mikrokatheters innerhalb eines Selektivkatheters, die Triaxial-Technik den Einsatz eines Mikrokatheters und eines Selektivkatheters innerhalb einer armierten Führungsschleuse bzw. eines Führungskatheters.

Der häufig intermittierende Charakter gastrointestinaler Blutungen kann trotz kürzlich stattgehabter relevanter Blutung zu einem negativen angiografischen Ergebnis führen. In diesen Fällen kann eine wiederholte Angiografie zu einem späteren Zeitpunkt oder die Blutungsprovokation mittels selektiver intraarterieller Applikation von Nitroglycerin, Heparin oder tPA erwogen werden [35].

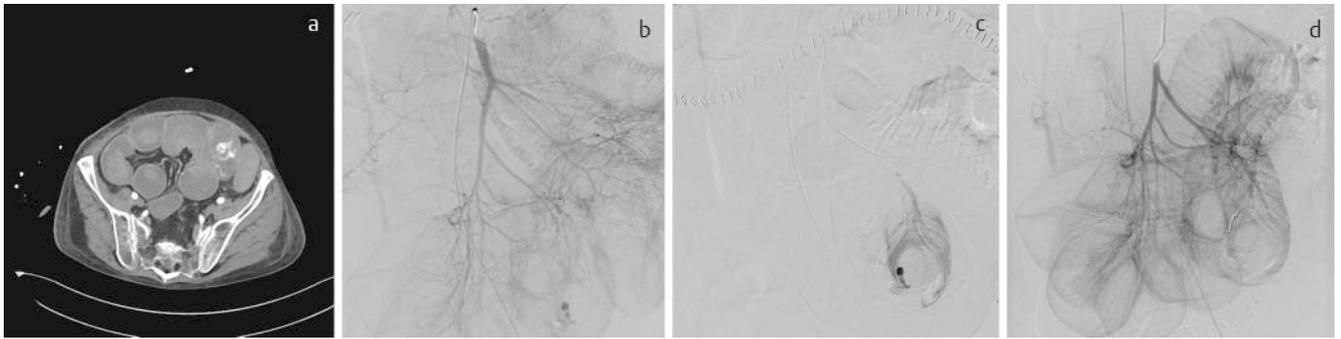
Bei ausbleibendem Nachweis einer aktiven Kontrastmittelextravasation besteht die Möglichkeit einer blinden oder empirischen Embolisation auf der Grundlage eines Endoskopiebefunds, wobei eine zuvor erfolgte endoskopische Clipmarkierung hilfreich sein kann [16, 36].

Bei technisch frustraner Intervention wegen nicht sondierbarer Feederäste oder gar diffuser Blutung sollte der Patient zeitnah der chirurgischen Behandlung zugeführt werden. Um präoperativ bis zur Überführung in den OP eine hämodynamische Stabilisierung herbeizuführen, besteht die Möglichkeit einer Ballonokklusion. Weitere Möglichkeiten zur Erleichterung, Erkennung und Beschleunigung der chirurgischen Therapie sind eine Kathetergestützte Anfärbung des blutenden Darmsegments mit Methylenblau.

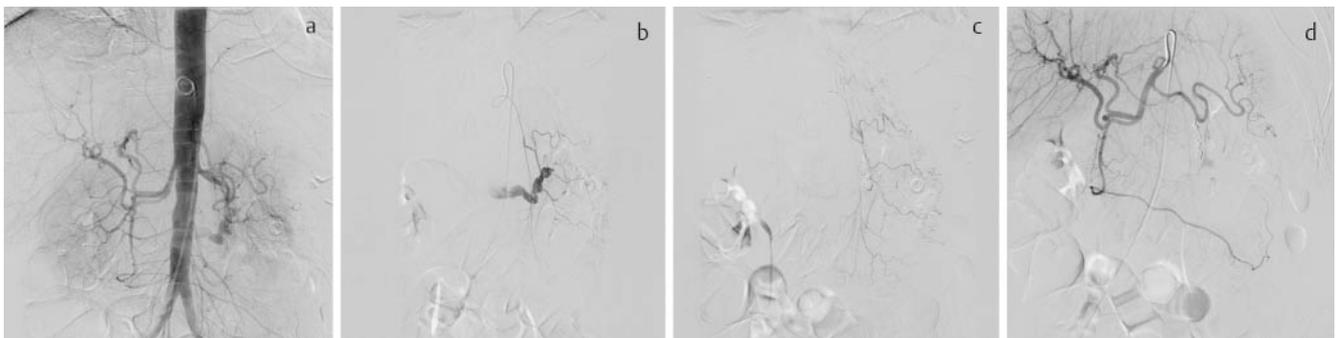
Nach angiografischer Identifikation einer OGIB oder UGIB entscheidet ihre Lokalisation (distal versus proximal) über das anzuwendende endovaskuläre Verfahren.

Embolisation

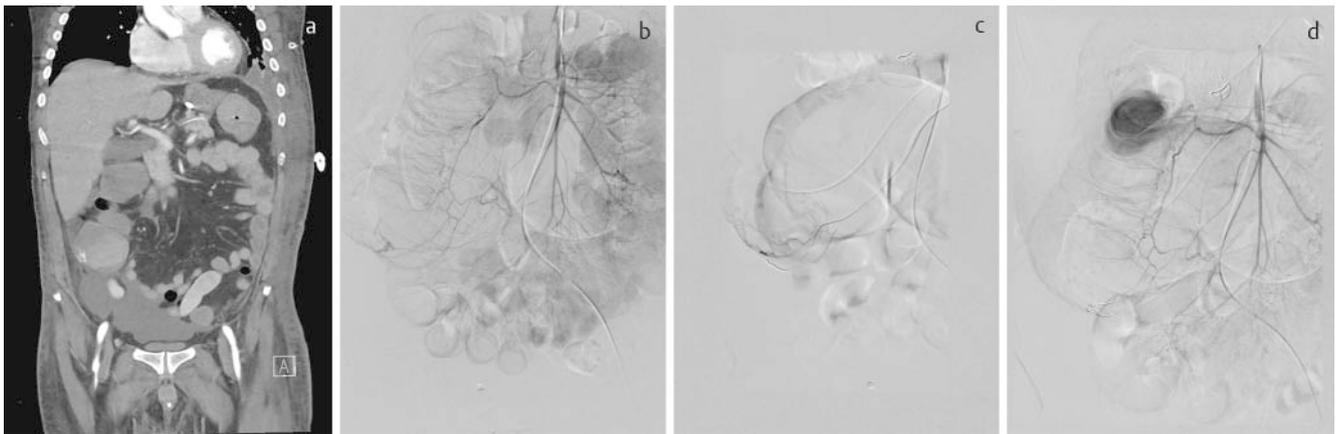
Bei mehr distal gelegenen Blutungen erfolgt die Embolisation in ko- oder triaxialer Mikrokatheter-Technik (► **Abb. 1–4**). Die Wahl des geeigneten Embolisats zur Stillung der jeweiligen Hämorrhagie liegt dabei im Ermessen des jeweiligen Intervenierenden und wird durch dessen Erfahrung, die lokale Materialverfügbarkeit, die Blutungsursache, die Gerinnungssituation und die Ausdehnung des Angiografie-Befunds beeinflusst. Die Verwendung eines temporären Embolisats wie Gelatineschwamm als alleiniges Embolisationsmaterial wurde mit einer erhöhten Rate an Nachblutungen in Zusammenhang gebracht und sollte deshalb vermieden werden [34]. Mikrospiralen sind das am häufigsten eingesetzte mechanische Embolisationsmaterial bei der Behandlung von GI-Blutungen. Bei technischen Erfolgsraten zwischen 80 und 90 % bei der oberen und 40 und 88 % bei der unteren gastrointestinalen Blutung ermöglichen sie bei guter Radioopazität eine praktikable Platzierung und gerade aufgrund ihrer guten Visualisierbarkeit



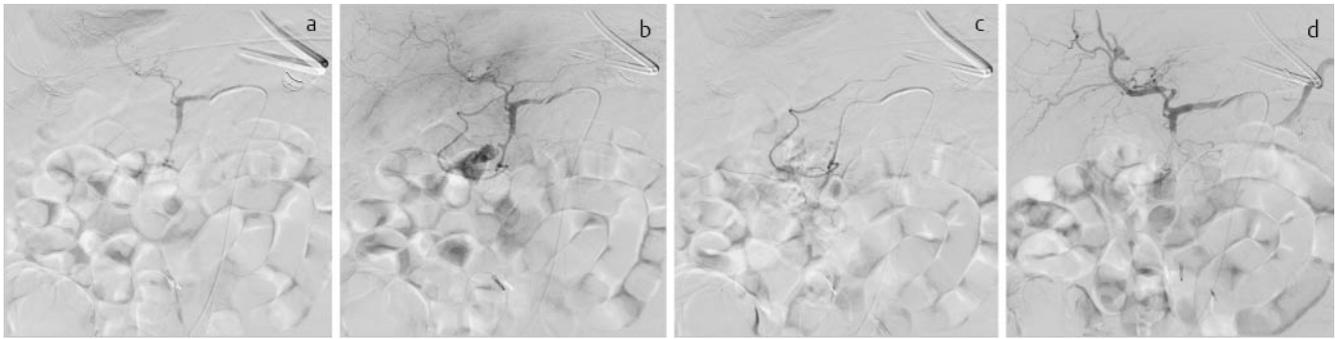
► **Abb. 1** UGIB unklarer Genese bei einem 55-jährigen männlichen Patienten. **a** Eine axiale CTA zeigt schon in der arteriellen Kontrastmittelfase eine intraluminal Kontrastmittelextravasation innerhalb einer Jejunalschlinge im linken unteren Abdomen. **b** Die selektive DSA demonstriert eine aktive Blutung aus einem Vasum rectum der 2. Jejunalarlade. **c** Eine superselektive DSA in koaxialer Mikrokatheter-Technik erlaubt die Identifikation des entsprechenden Feederastes. **d** Selektive DSA nach Mikrospiralembolisation, wobei eine aktive Blutung nun nicht mehr nachzuweisen ist.



► **Abb. 2** Iatrogene OGIB nach PEG-Anlage bei einer 55-jährigen weiblichen Patientin. **a** Die nicht selektive DSA zeigt schon in der Übersicht eine ausgeprägte Kontrastmittelextravasation aus der A. gastrica sinistra. **b** In der superselektiven DSA lässt sich über einen Mikrokatheter das wahre Ausmaß der aktiven Blutung aus der A. gastrica sinistra identifizieren. **c** Die superselektive DSA nach Mikrospiralembolisation zeigt die erfolgreiche Ausschaltung der aktiven Blutung. **d** Die selektive Abschluss-DSA dokumentiert nochmals das Sistieren der iatrogenen OGIB aus der A. gastrica sinistra.



► **Abb. 3** UGIB im Rahmen einer Ulzeration bei einem intensivpflichten, 57-jährigen männlichen Patienten. **a** Eine koronare CTA zeigt in der arteriellen Kontrastmittelfase eine aktive Kontrastmittelextravasation auf Höhe des Zökums. Innerhalb des Kolons ascendens Nachweis reichlich frischer Blutanteile. **b** Eine selektive DSA zeigt eindrücklich eine aktive Blutung im Endstromgebiet der A. ileocolica. **c** Eine superselektive DSA über einen Mikrokatheter nach Spiralembolisation verdeutlicht eine weitere umschriebene aktive Blutung aus einem weiteren Vasum rectum der A. ileocolica. **d** Eine selektive Kontroll-DSA demonstriert die erfolgreiche Blutungsstillung im Endstromgebiet der A. ileocolica.



► **Abb. 4** OGIB eines 73-jährigen männlichen Patienten mit blutendem Duodenalulkus und frustraner endoskopischer Blutstillung. **a, b** Eine selektive DSA zeigt eine ausgedehnte aktive Kontrastmittelextravasation aus der A. gastroduodenalis. **c** Superselektive DSA mit Positionieren eines Mikrokatheters jenseits der Blutungsquelle. **d** Eine selektive Kontroll-DSA zeigt nach Mikrospiralembolisation innerhalb der A. gastroduodenalis in Frontdoor-backdoor-Technik eine erfolgreiche Ausschaltung der Blutungsquelle.

eine sichere Embolisation [37]. Jedoch wurde die alleinige Verwendung von Mikrospiralen, im Vergleich zu einer Kombination mit Cyanoacrylaten oder Partikeln, mit einer signifikant erhöhten Rate an Rezidiv-Blutungen in Zusammenhang gebracht [34]. Cyanoacrylate als alleiniges Flüssigembolisat oder in Kombination mit anderen Agenzien erwiesen sich insbesondere bei Patienten mit eingeschränkter Gerinnung als besonders effizient [34, 38, 39]. Vor allem im Fall einer hämodynamischen Instabilität bieten Cyanoacrylate den Vorteil einer deutlich kürzeren Prozedurdauer [40]. Das Risiko eines Refluxes, einer Fehlembolisation oder des Anhaftens der Katheterspitze am polymerisierten Klebstoff oder der Gefäßwand ist als relativ anzusehen. Als alternatives Flüssigembolisat kann das Ethylen-Vinylalkohol-Copolymer eingesetzt werden [41, 42]. Partikuläre Embolisate wie Polyvinylalkoholpartikel oder Mikrosphären bergen bei Partikeldiametern kleiner als 250 µm aufgrund des Erreichens des intramuralen Gefäßbettes das Risiko von Darminfarzierungen [7]. Nichtsdestotrotz erwiesen sich Partikel bei der Blutungskontrolle auf dem Boden von malignen Tumorerkrankungen als effektiv, ohne dass es hierbei zu einem vermehrten Auftreten postembolisch-ischämischer Komplikationen kam [43]. Die niedrige Radiopazität – trotz Kombination mit Kontrastmittel – und damit nur indirekte Visualisierbarkeit bedingt eine eingeschränkte Kontrolle der Embolisation und erfordert auch für dieses Embolisat ein gewisses Maß an Erfahrung.

Aufgrund ausgeprägter Gefäßanastomosen insbesondere des oberen GI-Trakts ist für eine suffiziente Embolisation häufig die Frontdoor-backdoor-Technik mit Okklusion des Feedergefäßes proximal und distal der Blutungsquelle notwendig. Alternativ kann die Embolisation von 2 zuführenden Gefäßen (zunächst Äste des Truncus coeliacus, später der AMS oder umgekehrt) notwendig sein.

Der Höhe der Embolisation kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu. Da bei zu proximaler Gefäßokklusion die Gefahr einer territorialen Ischämie zunimmt, sollte eine möglichst distale, superselektive Sondierung des die Blutung unterhaltenden Gefäßes angestrebt werden. Dies gilt insbesondere für die endovaskuläre Behandlung unterer gastrointestinaler Blutungen und hier im Speziellen für Blutungen des Colons, da dieses im Vergleich zum

oberen GI-Trakt eine wesentlich geringere Kollateralisierung aufweist [44].

Vasokonstriktion

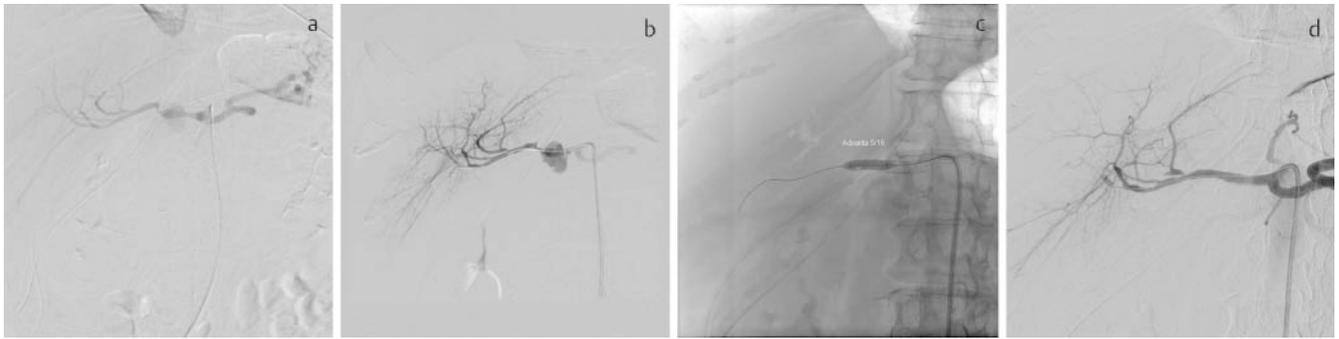
Die selektive intraarterielle Infusion von Vasopressin zur Vasokonstriktion und somit temporären Hämostase ist ein seit den 1970er Jahren genutztes Verfahren, welches aufgrund seiner deutlich erhöhten Rate an Rezidiv-Blutungen und potenziellen Nebenwirkungen jedoch an Relevanz verloren hat [27, 28]. In Situationen, in denen eine superselektive Gefäßsondierung und Embolisation nicht möglich ist, kann diese Technik jedoch erwogen werden [29].

Gecoverte Stents

Gecoverte Stents können insbesondere bei Gefäßverletzungen größerer proximaler Haupt- oder Nebenäste eine geeignete Alternative zur Versorgung einer GI-Blutung darstellen (► **Abb. 5**). Ihr Einsatz ermöglicht bei geeigneter Anatomie und Blutungslokalisation eine Lumen-erhaltende Exklusion der Blutung. Der Auswahl der passenden Stent-Größe kommt eine besondere Bedeutung zu, da ein zu geringer Durchmesser zu Stent-Migration und Ausbildung von Endoleaks, ein zu großer Durchmesser zu einer Gefäßruptur führen kann. Das Vorliegen von Gefäßspasmen sowie reduzierter Gefäßdurchmesser bei Kreislaufinstabilität und Zentralisierung erschweren diese Auswahl. Insgesamt stehen gecoverte Stents als Over-the-Wire- oder Rapid-exchange-Systeme zur Verfügung. Um gecoverte Stent-Systeme zielgerecht und ohne Friktion im Katheter-System zu platzieren, ist die Verwendung von armierten Führungskathetern oder-schleusen empfehlenswert.

Postinterventionelles Prozedere

Der Fokus liegt hier auf dem hämodynamischen Status des Patienten, um festzustellen, inwieweit die endovaskuläre Maßnahme effektiv war. Zudem sollte eine regelmäßige Kontrolle der Laktatwerte erfolgen, deren Erhöhung in Kombination mit abdominalen Beschwerden auf eine Darmischämie hinweisend sein kann. Gegebenenfalls kann die Durchführung einer Kontrollendoskopie sinnvoll sein. Inwiefern die antibiotische Behandlung mit Cephalo-



► **Abb. 5** OGIB einer 70-jährigen weiblichen Patientin nach Pylorus-erhaltender Whipple-Operation. **a** Eine selektive DSA zeigt eine aktive Blutung im Stromgebiet der A. hepatica propria. **b** Eine etwas selektivere DSA über eine armierte Führungsschleuse bestätigt die aktive Kontrastmittelextravasation im Stromgebiet der A. hepatica propria. **c** Die Radiografie stellt die schleusengestützte Platzierung eines ballonexpandierbaren gecoverten Stents dar. **d** Die Abschlussangiografie dokumentiert die Abdichtung des arrodiierten Gefäßsegments.

sporinen der ersten Generation sinnvoll ist, hängt von den jeweiligen klinischen Gegebenheiten ab und sollte daher von Fall zu Fall entschieden werden.

Ergebnisse

Die Datenlage in Bezug auf die endovaskuläre Behandlung oberer und unterer GIBs, insbesondere der Embolisation in koaxialer bzw. triaxialer Mikrokatheter-Technik, steigt stetig, ist jedoch aufgrund ihrer Inhomogenität der zugrunde liegenden Krankheitsbilder mit Einschränkungen zu betrachten. In diesem Zusammenhang stützen sich die bisher publizierten Daten vielfach auf retrospektive Ergebnisse, oftmals kleine bis mittlere Fallserien und allenfalls kurz- bis mittelfristige Nachbeobachtungszeiten. Relevant für die Deutung der klinischen Resultate ist, dass entsprechende Publikationen teils auf unterschiedlichen „Reporting Standards“ beruhen.

Verfolgt man die aktuelle klinische Literatur können mit endovaskulären Verfahren Blutungen des oberen Gastrointestinaltrakts in 69–100 % technisch erfolgreich behandelt werden [34, 45–49]. Dagegen liegen die klinischen Erfolgsraten zwischen 58 und 91 % [34, 49, 50]. Im Vergleich mit chirurgischen Verfahren zeigen interventionell-radiologische Strategien bei der Behandlung der OGIB in Bezug auf den technischen Erfolg und der Rate an Rezidiv-Blutungen eine ähnliche Effizienz bei einer jedoch niedrigeren Mortalität [51–53]. In den betreffenden Kollektiven wiesen allerdings die Patienten, die einer interventionellen Therapie zugeführt wurden, neben einer höheren Rate an Komorbiditäten zudem ein höheres Lebensalter auf, was die verhältnismäßig hohe Mortalitätsrate von bis zu 33 % erklären könnte [34]. Die in etwa einem Drittel der Fälle auftretenden Rezidiv-Blutungen waren in 50 % einer erneuten Intervention zugänglich, bei 20 % der Patienten waren chirurgische Maßnahmen zur endgültigen Blutungskontrolle notwendig [34]. Offenbar kann auch die selektive, empirische arterielle Embolisation ohne angiografisch nachweisbare Kontrastmittelextravasation effektiv sein. So zeigte sich in verschiedenen Studienkollektiven kein Unterschied bezüglich des Outcomes zwischen Patienten, bei welchen eine blinde Embolisation auf der Grundlage des endoskopischen oder chirurgischen Befundes durchgeführt wurde und Patienten, bei welchen die

Embolisation auf der angiografischen Darstellung der Blutung beruhte [24, 26, 47]. Betrachtet man dem entgegen die Publikation von Schenker et al. [48], die innerhalb ihres Patientenkollektivs 103 von 163 Patienten (63 %) aufgrund unterschiedlicher Blutungsätiologien blind embolisierten, so stellt sich die Frage, inwieweit diese therapeutische Herangehensweise zu der hohen Rezidiv-Blutungsrate von 42 % (68 von 163 Patienten) und Mortalitätsrate von 33 % (54 von 163 Patienten) beigetragen haben könnte.

Betrachtet man die endovaskulären Ergebnisse der nur schwer zu behandelnden akuten Blutungen der peripankreatischen Gefäße, der oftmals Arrosionen aufgrund freigesetzter proteolytischer Enzyme im Rahmen einer akuten Pankreatitis oder eines chirurgischen Eingriffs zugrunde liegen, so basieren diese auf einer nur spärlichen Datenlage. Immerhin werden diesbezüglich technische Erfolgsraten bis zu 93 % bei klinischen Erfolgsraten bis zu 91 % beschrieben, wobei die Mortalitätsraten im Vergleich zu den operativen Verfahren um bis zu 60 % gesenkt werden konnten [54–57].

Es besteht Einigkeit darüber, dass das Überleben der Patienten nach endovaskulärer Therapie einer OGIB im hohen Maße durch den Allgemeinzustand des Patienten zum Zeitpunkt der Intervention beeinflusst wird [48, 58]. Mithin weisen Patienten bei Vorliegen eines Multiorganversagens deutlich höhere Mortalitätsraten auf. In diesem Kontext ist die Mortalität vom primären technischen Erfolg der endovaskulären Behandlung stark abhängig mit Mortalitätsraten von bis zu 96 % im Falle eines Therapieversagens [48].

Die endovaskuläre Behandlung einer UGIB ist insbesondere nach Scheitern eines endoskopischen Stillungsversuchs mit einem technischen Erfolg zwischen 89 und 100 % und klinischen Erfolgsraten zwischen 81 und 90 % möglich [7, 21, 29, 44]. Die Verbesserung der superselektiven Embolisationstechnik durch Entwicklung von Mikrokatheter-Systemen mit einem Außendiameter bis hinunter zu 1,8 French spielt in diesem Zusammenhang eine tragende Rolle, da hierdurch eine zielgenaue Sondierung von kleinsten Feederarterien (Vasa recta) möglich wird. Hierdurch kann die Rate an Fehlembolisationen minimiert werden, zumal die Behandlung sich überwiegend in Endstromästen abspielt. Äußerst wichtig erscheint in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass Rezidiv-Blutungen im Sinne eines klinischen Misserfolgs

häufig in anderen Darmsegmenten als dem eigentlichen Embolisationsareal lokalisiert sind [59, 60]. Dies dürfte in erster Linie auf die jeweilige Blutungsätiologie zurückzuführen sein. So sprechen Divertikel-Blutungen besser auf eine Embolisation an als Hämorrhagien des unteren Gastrointestinaltrakts anderer Ätiologie wie z. B. Tumor- oder Angiodysplasie-Blutungen [60]. Möglicherweise ist in diesem Zusammenhang die Unterscheidung zwischen einer frühen Rezidiv-Blutung innerhalb von 30 Tagen und einer späten Rezidiv-Blutung > 30 Tage nach Embolisation, wie von d'Othee et al. [59] suggeriert, sinnvoll.

Im Rahmen verschiedener Studien wurden technische und klinische Prädiktoren für ein negatives Outcome im Sinne eines technischen Misserfolges und einer Rezidiv-Blutung im Rahmen der endovaskulären Behandlung oberer und unterer GI-Blutungen identifiziert. Eine zuvor nicht behandelte Koagulopathie zeigte eine starke Beeinflussung des Behandlungserfolgs, wodurch die Wichtigkeit der adäquaten periinterventionellen Behandlung von Gerinnungsstörungen unterstrichen wird [48, 61]. Als weitere Risikofaktoren für ein interventionelles Therapieversagen gelten Multimorbidität, niedrige Hämoglobinwerte, ein hämorrhagischer Schock, eine Behandlung mit Kortikoiden, eine längere Interventionsdauer sowie ein vermehrter Transfusionsbedarf von Blutprodukten [46, 47].

Komplikationen

Zu den potenziellen Komplikationen zählen die allgemeinen Risiken der endovaskulären Therapie, wie z. B. Hämatome im Zugangsbereich, Gefäßdissektionen oder kontrastmittelassoziierte Komplikationen (Allergie, Nephropathie) [34]. Ferner kann es zum Auftreten von Fieber, Leukozytose, Sepsis und abdominalen Schmerzen im Rahmen eines Postembolisationssyndroms kommen. Das Risiko einer relevanten intestinalen Ischämie nach Embolisation zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Lokalisation und dem verwendeten Embolisationsmaterial und liegt bei der OGIB zwischen 0 und 20 % und bei der UGIB zwischen 0 und 22 % [29, 33, 34, 44, 59, 62].

Arterielle Embolisierungen des oberen Gastrointestinaltrakts sind aufgrund der ausgeprägten Umgehungskreisläufe als sehr sicher zu bezeichnen und führen nur selten zu ischämischen Komplikationen. Agenzien, die das distale Gefäßbett erreichen, wie Flüssigembolisate oder kleine Partikel, gehen hierbei mit einem erhöhten Risiko einer signifikanten Ischämie mit Gastroparese, Darmgangrän und nekrotisierender Pankreatitis einher [63]. Darüber hinaus konnten zuvor stattgehabte chirurgische Eingriffe im Embolisationsareal mit erhöhten Raten an schweren ischämischen Komplikationen nach Embolisation einer OGIB in Zusammenhang gebracht werden [46]. Zudem konnten symptomatische Duodenal-Stenosen als Langzeitkomplikation nach Embolisation terminaler Äste des oberen Gastrointestinaltrakts beobachtet werden [45].

Der untere GI-Trakt ist aufgrund der weniger ausgeprägten Kollateralisierung deutlich empfindlicher für postprozedurale Darmischämien, welche sich in Abhängigkeit von der Ausdehnung des Embolisationsareals als Minorischämien (mukosale Ischämie) mit transienten abdominalen Beschwerden und Anstieg der

Laktatwerte oder in ca. 1–5 % der Fälle als Majorischämie (transmurale Infarzierung) mit der Notwendigkeit einer chirurgischen Resektion manifestieren können [29, 64, 65]. Dennoch hat die Entwicklung und Verbesserung der Mikrokatheter-Technik und -embolisation zu einer Minimierung der Raten an postembolischen Minor- und Majorischämien geführt [44, 66]. Eine möglichst distale Embolisation auf Niveau der Vasa recta oder Marginalarterien trägt hierbei zu einer deutlichen Reduktion des Risikos kritischer ischämischer Komplikationen bei [41–43]. Ischämische Majorkomplika-tionen, die einer chirurgischen Maßnahme bedürfen, treten in diesem Zusammenhang nur in Einzelfällen auf und sind meist darauf zurückzuführen, dass eine superselektive Sondierung des betreffenden Feederastes insbesondere im Rahmen einer generalisierten Atherosklerose misslingt [67]. In Ausnahmefällen ist die klinische Relevanz einer intestinalen Ischämie jedoch zu relativieren, nämlich dann, wenn die Blutungsstillung einem präoperativen „Bridging“ dient. Innerhalb solch eines Szenarios kann nach endovaskulärer Intervention mit hämodynamischer Stabilisierung eine medizinische Optimierung in Bezug auf den Allgemeinzustand des Patienten und eine Risikostratifikation erfolgen.

Zusammenfassung

Die endovaskuläre Therapie der OGIB und UGIB stellt eine minimalinvasive Maßnahme dar, die leitlinienorientiert und in enger interdisziplinärer Zusammenarbeit erfolgen sollte. Die zugrunde liegende Blutungsätiologie, die Blutungslokalisation und -dynamik fließen hierbei ebenso maßgeblich in die Wahl diagnostischer und therapeutischer Schritte ein wie die strukturellen, personellen und apparativen Gegebenheiten des jeweiligen Standortes. Bisherige Daten weisen darauf hin, dass sich endovaskuläre Strategien gerade bei Patienten mit hohem operativem Risiko als vorteilhaft im Hinblick auf die Morbidität und Mortalität erweisen können.

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Manning-Dimmitt LL, Dimmitt SG, Wilson GR. Diagnosis of gastrointestinal bleeding in adults. *Am Fam Physician* 2005; 71: 1339–1346
- [2] Barnert J, Messmann H. Diagnosis and management of lower gastrointestinal bleeding. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 2009; 6: 637–646
- [3] Zuckerman GR, Prakash C. Acute lower intestinal bleeding. Part II: etiology, therapy, and outcomes. *Gastrointest Endosc* 1999; 49: 228–238
- [4] Gotz M, Anders M, Biecker E et al. S2k Guideline Gastrointestinal Bleeding – Guideline of the German Society of Gastroenterology DGVS. *Z Gastroenterol* 2017; 55: 883–936
- [5] Hreinsson JP, Kalaitzakis E, Gudmundsson S et al. Upper gastrointestinal bleeding: incidence, etiology and outcomes in a population-based setting. *Scand J Gastroenterol* 2013; 48: 439–447
- [6] Sanjay P, Kellner M, Tait IS. The role of interventional radiology in the management of surgical complications after pancreatoduodenectomy. *HPB (Oxford)* 2012; 14: 812–817

- [7] Navuluri R, Kang L, Patel J et al. Acute lower gastrointestinal bleeding. *Semin Intervent Radiol* 2012; 29: 178–186
- [8] Zhang BL, Chen CX, Li YM. Capsule endoscopy examination identifies different leading causes of obscure gastrointestinal bleeding in patients of different ages. *Turk J Gastroenterol* 2012; 23: 220–225
- [9] Song SY, Chung JW, Yin YH et al. Celiac axis and common hepatic artery variations in 5002 patients: systematic analysis with spiral CT and DSA. *Radiology* 2010; 255: 278–288
- [10] Blatchford O, Murray WR, Blatchford M. A risk score to predict need for treatment for upper-gastrointestinal haemorrhage. *Lancet* 2000; 356: 1318–1321
- [11] Cheng DW, Lu YW, Teller T et al. A modified Glasgow Blatchford Score improves risk stratification in upper gastrointestinal bleed: a prospective comparison of scoring systems. *Aliment Pharmacol Ther* 2012; 36: 782–789
- [12] Gralnek IM, Dumonceau JM, Kuipers EJ et al. Diagnosis and management of nonvariceal upper gastrointestinal hemorrhage: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline. *Endoscopy* 2015; 47: a1–a46
- [13] Denzer U, Beilenhoff U, Eickhoff A et al. S2k guideline: quality requirements for gastrointestinal endoscopy, AWMF registry no. 021–022. *Z Gastroenterol* 2015; 53: E1–E227
- [14] Koch A, Buendgens L, Duckers H et al. Bleeding origin, patient-related risk factors, and prognostic indicators in patients with acute gastrointestinal hemorrhages requiring intensive care treatment. A retrospective analysis from 1999 to 2010. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2013; 108: 214–222
- [15] Green BT, Rockey DC, Portwood G et al. Urgent colonoscopy for evaluation and management of acute lower gastrointestinal hemorrhage: a randomized controlled trial. *Am J Gastroenterol* 2005; 100: 2395–2402
- [16] Eriksson LG, Sundbom M, Gustavsson S et al. Endoscopic marking with a metallic clip facilitates transcatheter arterial embolization in upper peptic ulcer bleeding. *J Vasc Interv Radiol* 2006; 17: 959–964
- [17] Acute Upper Gastrointestinal Bleeding: Management. National Institute for Health and Clinical Excellence: Guidance. London, 2012
- [18] Garcia-Blazquez V, Vicente-Bartulos A, Olavarria-Delgado A et al. Accuracy of CT angiography in the diagnosis of acute gastrointestinal bleeding: systematic review and meta-analysis. *European radiology* 2013; 23: 1181–1190
- [19] Chua AE, Ridley LJ. Diagnostic accuracy of CT angiography in acute gastrointestinal bleeding. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2008; 52: 333–338
- [20] Gunderman R, Leef J, Ong K et al. Scintigraphic screening prior to visceral arteriography in acute lower gastrointestinal bleeding. *J Nucl Med* 1998; 39: 1081–1083
- [21] Miller M Jr, Smith TP. Angiographic diagnosis and endovascular management of nonvariceal gastrointestinal hemorrhage. *Gastroenterol Clin North Am* 2005; 34: 735–752
- [22] Wortman JR, Landman W, Fulwadhva UP et al. CT angiography for acute gastrointestinal bleeding: what the radiologist needs to know. *Br J Radiol* 2017; 90: 20170076
- [23] Wildgruber M, Wrede CE, Zorger N et al. Computed tomography versus digital subtraction angiography for the diagnosis of obscure gastrointestinal bleeding. *Eur J Radiol* 2017; 88: 8–14
- [24] Marx G, Schindler AW, Mosch C et al. Intravascular volume therapy in adults: Guidelines from the Association of the Scientific Medical Societies in Germany. *Eur J Anaesthesiol* 2016; 33: 488–521
- [25] Wells M, Chande N, Adams P et al. Meta-analysis: vasoactive medications for the management of acute variceal bleeds. *Aliment Pharmacol Ther* 2012; 35: 1267–1278
- [26] Gambiez LP, Ernst OJ, Merlier OA et al. Arterial embolization for bleeding pseudocysts complicating chronic pancreatitis. *Arch Surg* 1997; 132: 1016–1021
- [27] Wente MN, Veit JA, Bassi C et al. Postpancreatectomy hemorrhage (PPH): an International Study Group of Pancreatic Surgery (ISGPS) definition. *Surgery* 2007; 142: 20–25
- [28] Kim J, Shin JH, Yoon HK et al. Endovascular intervention for management of pancreatitis-related bleeding: a retrospective analysis of thirty-seven patients at a single institution. *Diagn Interv Radiol* 2015; 21: 140–147
- [29] Kickuth R, Rattunde H, Gschossmann J et al. Acute lower gastrointestinal hemorrhage: minimally invasive management with microcatheter embolization. *J Vasc Interv Radiol* 2008; 19: 1289–1296 e2
- [30] Wildgruber M, Huff M, Meier R et al. Embolization Therapy for Pancreas-Related Bleeding: A Retrospective Analysis With Focus on End-Organ Ischemia. *Pancreas* 2017; 46: e22–e23
- [31] Scharinger L, Aigner E, Datz C. Diagnostik der obskuren gastrointestinalen Blutung-Stellenwert von Kapselendoskopie und Doppelballonenteroskopie. *Journal für gastroenterologische und hepatologische Erkrankungen* 2007; 5: 22–27
- [32] Radeleff B. Gastrointestinale Blutungen. In: Radeleff B, editor *Angiofibel*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 272–274
- [33] Maleux G, Roeflaer F, Heye S et al. Long-term outcome of transcatheter embolotherapy for acute lower gastrointestinal hemorrhage. *Am J Gastroenterol* 2009; 104: 2042–2046
- [34] Loffroy R, Rao P, Ota S et al. Embolization of acute nonvariceal upper gastrointestinal hemorrhage resistant to endoscopic treatment: results and predictors of recurrent bleeding. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2010; 33: 1088–1100
- [35] Ryan JM, Key SM, Dumbleton SA et al. Nonlocalized lower gastrointestinal bleeding: provocative bleeding studies with intraarterial tPA, heparin, and tolazoline. *J Vasc Interv Radiol* 2001; 12: 1273–1277
- [36] Aina R, Oliva VL, Therasse E et al. Arterial embolotherapy for upper gastrointestinal hemorrhage: outcome assessment. *J Vasc Interv Radiol* 2001; 12: 195–200
- [37] Mensel B, Kuhn JP, Kraft M et al. Selective microcoil embolization of arterial gastrointestinal bleeding in the acute situation: outcome, complications, and factors affecting treatment success. *Eur J Gastroenterol Hepatol* 2012; 24: 155–163
- [38] Koo HJ, Shin JH, Kim HJ et al. Clinical outcome of transcatheter arterial embolization with N-butyl-2-cyanoacrylate for control of acute gastrointestinal tract bleeding. *Am J Roentgenol* 2015; 204: 662–668
- [39] Loffroy R, Guiu B, D'Athis P et al. Arterial embolotherapy for endoscopically unmanageable acute gastroduodenal hemorrhage: predictors of early rebleeding. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2009; 7: 515–523
- [40] Toyoda H, Nakano S, Kumada T et al. Estimation of usefulness of N-butyl-2-cyanoacrylate-lipiodol mixture in transcatheter arterial embolization for urgent control of life-threatening massive bleeding from gastric or duodenal ulcer. *J Gastroenterol Hepatol* 1996; 11: 252–258
- [41] Urbano J, Manuel Cabrera J, Franco A et al. Selective arterial embolization with ethylene-vinyl alcohol copolymer for control of massive lower gastrointestinal bleeding: feasibility and initial experience. *J Vasc Interv Radiol* 2014; 25: 839–846
- [42] Lenhart M, Paetzel C, Sackmann M et al. Superselective arterial embolization with a liquid polyvinyl alcohol copolymer in patients with acute gastrointestinal haemorrhage. *European radiology* 2010; 20: 1994–1999
- [43] Kurihara N, Kikuchi K, Tanabe M et al. Partial resection of the second portion of the duodenum for gastrointestinal stromal tumor after effective transarterial embolization. *Int J Clin Oncol* 2005; 10: 433–437
- [44] Kuo WT, Lee DE, Saad WE et al. Superselective microcoil embolization for the treatment of lower gastrointestinal hemorrhage. *J Vasc Interv Radiol* 2003; 14: 1503–1509
- [45] Lang EK. Transcatheter embolization in management of hemorrhage from duodenal ulcer: long-term results and complications. *Radiology* 1992; 182: 703–707

- [46] Walsh RM, Anain P, Geisinger M et al. Role of angiography and embolization for massive gastroduodenal hemorrhage. *J Gastrointest Surg* 1999; 3: 61–65; discussion 6
- [47] Defreyne L, Vanlangenhove P, De Vos M et al. Embolization as a first approach with endoscopically unmanageable acute nonvariceal gastrointestinal hemorrhage. *Radiology* 2001; 218: 739–748
- [48] Schenker MP, Duszak R Jr, Soulen MC et al. Upper gastrointestinal hemorrhage and transcatheter embolotherapy: clinical and technical factors impacting success and survival. *J Vasc Interv Radiol* 2001; 12: 1263–1271
- [49] Lundgren JA, Matsushima K, Lynch FC et al. Angiographic embolization of nonvariceal upper gastrointestinal bleeding: predictors of clinical failure. *J Trauma* 2011; 70: 1208–1212
- [50] Nanavati SM. What if endoscopic hemostasis fails? Alternative treatment strategies: interventional radiology. *Gastroenterol Clin North Am* 2014; 43: 739–752
- [51] Ripoll C, Banares R, Beceiro I et al. Comparison of transcatheter arterial embolization and surgery for treatment of bleeding peptic ulcer after endoscopic treatment failure. *J Vasc Interv Radiol* 2004; 15: 447–450
- [52] Eriksson LG, Ljungdahl M, Sundbom M et al. Transcatheter arterial embolization versus surgery in the treatment of upper gastrointestinal bleeding after therapeutic endoscopy failure. *J Vasc Interv Radiol* 2008; 19: 1413–1418
- [53] Wong TC, Wong KT, Chiu PW et al. A comparison of angiographic embolization with surgery after failed endoscopic hemostasis to bleeding peptic ulcers. *Gastrointest Endosc* 2011; 73: 900–908
- [54] Stampfl U, Hackert T, Sommer CM et al. Superselective embolization for the management of postpancreatectomy hemorrhage: a single-center experience in 25 patients. *J Vasc Interv Radiol* 2012; 23: 504–510
- [55] Hassold N, Wolfschmidt F, Dierks A et al. Effectiveness and outcome of endovascular therapy for late-onset postpancreatectomy hemorrhage using covered stents and embolization. *J Vasc Surg* 2016; 64: 1373–1383
- [56] Kickuth R, Hoppe H, Saar B et al. Superselective transcatheter arterial embolization in patients with acute peripancreatic bleeding complications: review of 44 cases. *Abdom Radiol (NY)* 2016; 41: 1782–1792
- [57] Nicholson AA, Patel J, McPherson S et al. Endovascular treatment of visceral aneurysms associated with pancreatitis and a suggested classification with therapeutic implications. *J Vasc Interv Radiol* 2006; 17: 1279–1285
- [58] Lang EV, Picus D, Marx MV et al. Massive arterial hemorrhage from the stomach and lower esophagus: impact of embolotherapy on survival. *Radiology* 1990; 177: 249–252
- [59] d'Othee BJ, Surapaneni P, Rabkin D et al. Microcoil embolization for acute lower gastrointestinal bleeding. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2006; 29: 49–58
- [60] Weldon DT, Burke SJ, Sun S et al. Interventional management of lower gastrointestinal bleeding. *European radiology* 2008; 18: 857–867
- [61] Encarnacion CE, Kadir S, Beam CA et al. Gastrointestinal bleeding: treatment with gastrointestinal arterial embolization. *Radiology* 1992; 183: 505–508
- [62] Loffroy R, Favelier S, Pottecher P et al. Transcatheter arterial embolization for acute nonvariceal upper gastrointestinal bleeding: Indications, techniques and outcomes. *Diagn Interv Imaging* 2015; 96: 731–744
- [63] Loffroy R, Guiu B, Cercueil JP et al. Endovascular therapeutic embolisation: an overview of occluding agents and their effects on embolised tissues. *Curr Vasc Pharmacol* 2009; 7: 250–263
- [64] Lipof T, Sardella WV, Bartus CM et al. The efficacy and durability of super-selective embolization in the treatment of lower gastrointestinal bleeding. *Dis Colon Rectum* 2008; 51: 301–305
- [65] Ikoma A, Kawai N, Sato M et al. Ischemic effects of transcatheter arterial embolization with N-butyl cyanoacrylate-lipiodol on the colon in a Swine model. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2010; 33: 1009–1015
- [66] Bandi R, Shetty PC, Sharma RP et al. Superselective arterial embolization for the treatment of lower gastrointestinal hemorrhage. *J Vasc Interv Radiol* 2001; 12: 1399–1405
- [67] Funaki B, Kostelic JK, Lorenz J et al. Superselective microcoil embolization of colonic hemorrhage. *Am J Roentgenol* 2001; 177: 829–836