

P.W. Radke¹ · S. Wolfrum¹ · A. Elsässer² · M. Möckel³ · J. Vollert³ · Task Force
 Patientenpfade in der Kardiologie · H. Schunkert¹

¹ Medizinische Klinik 2, Kardiologie, Angiologie, Internistische Intensivmedizin,
 Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Campus Lübeck, Lübeck

² Klinik für Kardiologie, Klinikum Oldenburg gGmbH,
 Integriertes Herzzentrum, Oldenburg

³ Medizinische Klinik m. S. Kardiologie, Charité – Universitätsmedizin
 Berlin, Campus Virchow-Klinikum, Berlin

„Standard operating procedures“ für periprozedurale Komplikationen im Herzkatheterlabor

Koronardiagnostik und -therapie

Task Force Patientenpfade in der Kardiologie

C. Bode¹, C. Hamm², M. Haude³, T. Lickfeld³,
 M. Möckel⁴, M. Moser¹, P. Radke⁵, V. Schächinger⁶,
 H. Schunkert⁵, H. Steiger², J. Vollert⁴,
 S. Wolfrum⁵

¹Universitätsklinikum Freiburg, Abteilung In-
 nere Medizin III Kardiologie und Angiologie,
 Freiburg

²Kerckhoff-Klinik, Herz- und Thoraxzentrum,
 Bad Nauheim

³Städtische Kliniken Neuss – Lukaskranken-
 haus – GmbH, Medizinische Klinik I, Neuss

⁴Charité – Universitätsmedizin Berlin, Cam-
 pus Virchow-Klinikum, Medizinische Klinik
 m. S. Kardiologie, Berlin

⁵Universitätsklinikum Schleswig-Holstein,
 Campus Lübeck, Medizinische Klinik II

⁶Klinikum Fulda gAG, Medizinische Klinik I,
 Fulda

Die Möglichkeiten potenziell fataler Komplikationen der Koronarangiographie sind so lange bekannt wie das Verfahren selbst. Am 30.10.1958 führte Dr. F. Mason Sones an der Cleveland Clinic eine Linksherzkatheteruntersuchung bei einem 26-jährigen Mann mit rheumatischem Aorten- und Mitralklappenversagen durch. Nach der Lävokardiographie des linken Ventrikels wollte er eine Bulbusangiographie durchführen, wobei der Katheter akzidentiell in das rechtskoronare Ostium dislozierte und der größte Teil der 50 ml Kontrast-

mittel von einem halbautomatischen Injektor selektiv in die rechte Kranzarterie appliziert wurde. Der Patient entwickelte eine etwa 5 s andauernde Asystolie, gefolgt von einer Sinusbradykardie [1].

Mittlerweile werden in Deutschland jährlich fast 1 Mio. Herzkatheteruntersuchungen mit Koronarangiographien sowie über 300.000 Koronarinterventionen (PCI) durchgeführt [2]. Für die Mehrheit der klinischen Entscheidungen hinsichtlich der Indikation zur invasiven Diagnostik sowie Therapie bei Patienten mit stabiler Angina pectoris wie auch denen mit akutem Koronarsyndrom besteht eine breite Datenbasis. Diese Evidenz wird in publizierten Leitlinien, beispielsweise der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie, in regelmäßigen Abständen bewertet [3, 4, 5]. Im klinischen Alltag besteht die Herausforderung oft darin, die jeweils aktuellen Leitlinien verbindlich in konkrete Handlungsanweisungen umzusetzen. In den vorangegangenen Ausgaben von *Der Kardiologe* wurde das Konzept einer prozessorientierten und standardisierten Umsetzung von DGK-Leitlinien erläutert und an Beispielen konkretisiert [6, 7, 8].

Wie jedes invasive Verfahren ist die Herzkatheteruntersuchung potenziell mit Komplikationen vergesellschaftet. Diese können von leichten, passageren Ereignissen (z. B. vagotonen Reaktionen)

über schwere, nicht lebensbedrohliche (Z. B. Linksherzdekompensation) bis hin zu schweren, lebensbedrohlichen Komplikationen („major adverse cerebrovascular events“, MACCE, Z. B. Tod, Myokardinfarkt, Schlaganfall) reichen. Laut Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung treten bei 2,6% der PCI Komplikationen auf [9]. Der periprozedurale Myokardinfarkt steht hier an erster Stelle. Hinsichtlich des Managements seltener Komplikationen im Herzkatheterlabor (Z. B. Koronarperforation, Stentverlust) liegen auch aufgrund der niedrigen Inzidenz keine Studienergebnisse vor, sodass keine klassischen evidenzbasierten Empfehlungen erfolgen können. Die geringe Inzidenz potenziell fataler Komplikationen (Z. B. Koronarperforation) führt auch dazu, dass nicht jeder Operateur mit dem gesamten Spektrum therapeutischer Strategien (Z. B. gecoverter Stent, Coiling) vertraut oder zumindest nicht routiniert darin geübt ist. Weitere Herausforderungen bestehen oft darin, dass einige Komplikationen zunächst unbemerkt verlaufen können (Z. B. retroperitoneale Einblutung) oder andererseits die klinische Präsentation zunächst unspezifisch sein kann (Z. B. Unwohlsein, Hypotension oder Schock) und die spezifische Ursache (Z. B. Blutung, Kontrastmittelreaktion) der klinischen Verschlechterung noch unklar ist.

Interventionelle Kardiologie

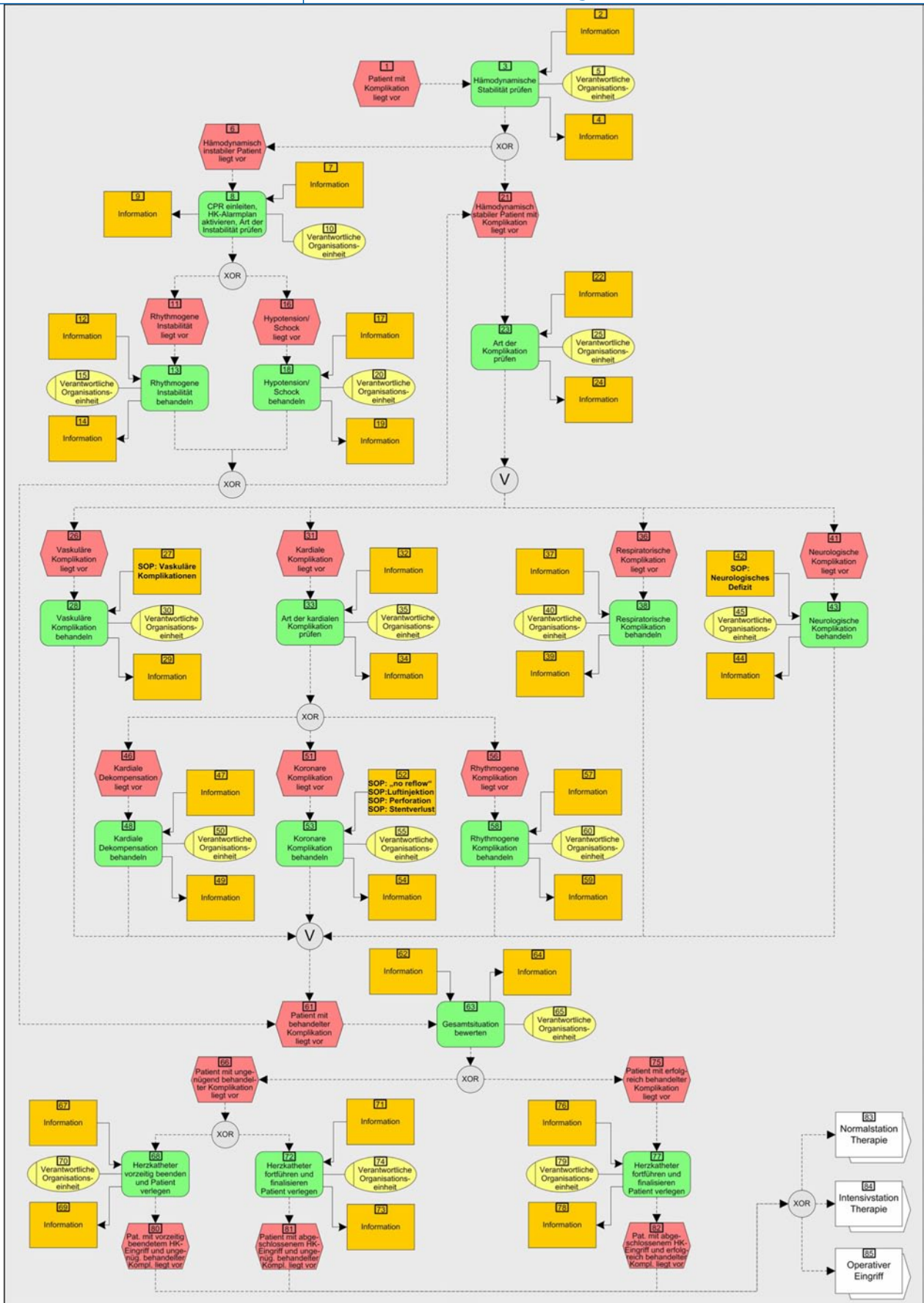


Abb. 1 ▲ eEPK zum Vorgehen bei periprozeduralen Komplikationen im Herzkatheterlabor

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass im Kontext der invasiven Koronardiagnostik und -therapie die Prävention von Komplikationen im klinischen Alltag sehr große Bedeutung besitzt. In diesem Zusammenhang wichtig sind unter anderem die Indikationsstellung, eine sorgsame Anamneseerhebung (z. B. Kontrastmittlereaktionen in der Vergangenheit), die Vorbereitung (z. B. Hydratation bei Niereninsuffizienz), die Auswahl des Operateurs (Erfahrungsgrad/Risikostratifizierung) und auch Maßnahmen in der Nachsorge. Im Rahmen dieser Publikation wird das Thema der Prävention nicht weitergehend besprochen.

Diese Arbeit soll daher einerseits einen Überblick über mögliche periprozedurale Komplikationen bei koronarer Diagnostik und Therapie verschaffen. Weiterhin sollen aber v. a. auch ausgehend von erweiterten ereignisgesteuerten Prozessketten (eEPK) praxisnahe Handlungsanweisungen in Form von „standard operating procedures“ (SOPs) und Checklisten zur Verfügung gestellt werden. Abschließend soll am Beispiel des periprozeduralen akuten neurologischen Defizits das konkrete Vorgehen in Form eines Flowcharts illustriert werden. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese Arbeit keine Leitlinie darstellt, jedoch jedem invasiv kardiologisch tätigen Kardiologen ein belastbares Fundament für den rationalen Umgang mit Komplikationen im Katheterlabor bieten kann.

Methodik

Aufgrund fehlender spezifischer Leitlinien oder Empfehlungen zum Thema „Komplikationen“ wurden thematisch übergeordnete Leitlinien (z. B. Leitlinie „Herzkatheteruntersuchung“ oder „perkutane koronare Intervention“; [3, 5]), Übersichtsartikel [10] und Buchartikel [11] herangezogen. Zum Thema „Peri- und postinterventioneller Schlaganfall bei Herzkatheterprozeduren“ besteht ein Konsensuspapier, das von der Arbeitsgemeinschaft „Herz und Hirn“ der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e.V. (DGK), der Deutschen Schlaganfall-Gesellschaft (DSG), der Deutschen Gesellschaft für Neurologie (DGN) sowie der

Kardiologie 2011 · 5:27–37 DOI 10.1007/s12181-010-0285-z
© Springer-Verlag 2011

P.W. Radke · S. Wolfrum · A. Elsässer · M. Möckel · J. Vollert · Task Force Patientenpfade in der Kardiologie · H. Schunkert

„Standard operating procedures“ für periprozedurale Komplikationen im Herzkatheterlabor. Koronardiagnostik und -therapie

Zusammenfassung

Periprozedurale Komplikationen im Rahmen der diagnostischen Koronarangiographie oder auch im Kontext perkutan interventioneller Maßnahmen sind relativ selten, jedoch für den Patienten zum Teil lebensbedrohlich. Die geringe Inzidenz potenziell fataler Komplikationen (z. B. Koronarperforation) führt auch dazu, dass nicht jeder Operateur mit dem gesamten Spektrum therapeutischer Strategien (z. B. gecoverter Stent, Coiling) vertraut oder zumindest nicht routiniert darin geübt ist. Diese Arbeit vermittelt einen Überblick über mögliche periprozedurale Komplikationen bei koronarer Diagnostik und Therapie. Wei-

terhin werden, ausgehend von erweiterten ereignisgesteuerten Prozessketten (eEPK), praxisnahe Handlungsanweisungen in Form von „standard operating procedures“ (SOPs) und Checklisten zur Verfügung gestellt. Die Arbeit soll somit jedem invasiv kardiologisch tätigen Kardiologen ein belastbares Fundament für den rationalen Umgang mit Komplikationen im Katheterlabor bieten.

Schlüsselwörter

Herzkatheteruntersuchung · Komplikation · Prozesskette · SOP · Checkliste

Standard operating procedures for periprocedural complications in the cardiac catheter laboratory. Coronary diagnostics and therapy

Abstract

Periprocedural complications during coronary angiography or percutaneous coronary interventions are relatively rare but potentially life-threatening events. The low incidence of fatal complications, e.g. coronary perforation, implies a relatively low level of routine experience regarding the management of these situations. The aim of this article is to provide a reference for periprocedural complications during coronary diagnostic and interventional procedures using standard op-

erating procedures (SOPs) and checklists. The article thereby, provides the basis for a rational diagnostic and therapeutic approach for the most common complications in the catheter laboratory.

Keywords

Coronary angiography · Intervention · Complications · Standard operating procedure · Checklist

SOP: Vaskuläre Komplikationen	
1. Differenzierung der vaskulären Komplikation	<ul style="list-style-type: none"> a) Progredientes Hämatom femoral b) Schwere Dissektion peripher oder Aorta descendens c) Proximale Dissektion Koronararterie bis Aorta ascendens
2. Volumen- und Sauerstoffgabe durchführen	
3. Rasche Beendigung der Untersuchung / Intervention anstreben	<ul style="list-style-type: none"> a) bei elektiver Indikation: sofortige Beendigung b) bei Notfallindikation: Intervention auf Minimum beschränken
4. Spezielles Vorgehen	<ul style="list-style-type: none"> a) Hämatom: <ul style="list-style-type: none"> → Schleuse frühstmöglich entfernen → manuelle Kompression bis zur Hämostase, Anlage Druckverband → ggf. weitergehende Diagnostik einleiten (z.B. CTA) b) Dissektion peripher / Aorta descendens: <ul style="list-style-type: none"> → angiographische Darstellung durchführen → endoluminale Versorgung versuchen → ggf. weitergehende Diagnostik einleiten (z.B. CTA) c) Proximale Dissektion koronar / Aorta ascendens: <ul style="list-style-type: none"> → Dissektion klassifizieren (nach Dunning): <ul style="list-style-type: none"> a) Klasse 1: Fokale Dissektion Koronartasche <ul style="list-style-type: none"> → konservatives Vorgehen bei stabilem Verlauf möglich → ggf. Stenting des koronaren Ostiums (mit 1-2 mm in Aorta) b) Klasse 2: Ausdehnung auf Ao. ascendens < 40 mm <ul style="list-style-type: none"> → Stenting des koronaren Ostiums (1-2 mm in Aorta reichend) c) Klasse 3: Ausdehnung auf Ao. ascendens > 40 mm <ul style="list-style-type: none"> → sofortige Verlegung in Kardiochirurgie

Abb. 2 ◀ Checkliste SOP zum Vorgehen bei vaskulären Komplikationen

SOP: Intrakoronare Luftinjektion	
1. CPR-Bereitschaft herstellen	
2. Kräftige repetitive i.c.-Injektionen (NaCl 0,9%)	
3. Luftabsaugung via Katheter	<ul style="list-style-type: none"> Thrombus-Aspirationskatheter oder 4F/5F-MP-Katheter
4. Gabe von Nitro i.c.	<ul style="list-style-type: none"> Repetitiv 200 µg i.c. bei zusätzlichem Gefäßspasmus

Abb. 3 ▲ Checkliste SOP bei intrakoronarer Luftinjektion

Deutschen Gesellschaft für Neuroradiologie (DGNR) herausgegeben wurde [12].

Auf der Basis der identifizierten Literatur sowie der klinischen Erfahrung wurden 4 verschiedene Komplikationsarten voneinander abgegrenzt (vaskulär, kardial, respiratorisch und neurologisch) und die verfügbaren Informationen zur Inzidenz, Diagnostik und Therapie zusammengefasst.

In einem zweiten Schritt wurden die Abläufe in Diagnostik und Therapie von Komplikationen im Sinne einer prozessorientierten Sichtweise visualisiert und als erweiterte ereignisgesteuerte Prozesskette (eEPK) abgebildet. Derartige Prozessketten können sehr detailliert einen komplexen Entscheidungsbaum in Diagnostik und Therapie darstellen (■ **Abb. 1**). Die

SOP: „No Reflow“-Phänomen	
1. Alternative Ursachen prüfen	Thrombus, Luftembolisation, Spasmus, Dissektion
2. Sauerstoffgabe einleiten	2-4 l/min O ₂ -Vorlage
3. ACT prüfen	Ziel: 200-250 sec.
4. Nitro-Gabe	200 µg i.c.
Volumen-Gabe	z.B. 500 ml Ringerlösung oder NaCl0,9%
5. Adenosin-Gabe	Repetitive Gaben > LCA 30 µg RCA 20 µg Gesamtdosis bis zu 60 µg (Maximaldosis bis zu 160 µg möglich) >>> s. Infobox 1 Herstellung Adenosin-Stammlösung/-i.c.-Lösung
6. Alternativen zu Adenosin verabreichen	a) Verapamil-Bolus max. 200 µg i.v. (Cave: Bradykardie) oder b) Nitroprussid- Bolus max. 200 µg i.v.

Abb. 4 ◀ Checkliste SOP bei „No-Ref-low-Phänomen“

SOP: Koronarperforation	
1. Sofortige Ballon-Tamponade des Gefäßes	a) Umgehend aufgefädelten Dil.- oder Stentballon vorführen b) Ballon mit niedrigem Druck füllen (2-6 atm) c) KM-Injektion mit niedrigem Druck > Verschluss dokumentieren
2. Antikoagulation antagonisieren	Protamin-Bolus von 50% der UFH-Dosis ACT-Kontrolle > Ziel < 150 sec
3. Notfall-Perikardpunktion vorbereiten	
4. Umgehend Echo-Bereitschaft herstellen	
5. Definitive Versorgung anstreben (Graft-/Stent, Coiling)	
6. ggf. Notfallverlegung in Kardiochirurgie	→ falls 5. frustran

Abb. 5 ◀ Checkliste SOP zur Koronarperforation

SOP: Stentverlust	
1.	CPR-Bereitschaft herstellen falls Flußverzögerung besteht
2.	Strategie festlegen a) Stentbergung (v.a. Hauptstamm, proximale LAD/RCA) → Drahtlage im Stentlumen muss bestehen/wiederhergestellt werden <u>oder</u> b) Intrakoronare Stentplatzierung → Drahtlage im Stentlumen nicht etablierbar
3.	Stentbergung a) „low profile“-Ballon vorbringen → Insufflation im verlorenen Stent mit niedrigem Druck → Bergung des Stents <u>oder</u> Neupositionierung im Gefäß b) Bergungssystem vorbringen (falls a) frustran) → Verwendung von z.B. Goose Neck® oder Mikrozange → Erfassen des distalen Drahtendes → Bergung des gesamten Draht-/Stent-Systems
4.	Stentplatzierung (Sandwich-Technik) → Vorbringen eines (ggf. zweiten) Drahts parallel zum Stent → Implantation eines neuen Stents parallel zum verlorenen Stent
5.	ggf. Verlegung in Kardiochirurgie → falls proximales Gefäß betroffen und kein TIMI 3 erreichbar

Abb. 6 ▶ Checkliste SOP zum Vorgehen bei Stentverlust

se Form ist in den vorangegangenen Publikationen der Gruppe ebenso verwendet worden [6, 7, 8]. Ein solches Vorgehen ermöglicht einerseits eine *prozessual* weitgehend einheitliche Abbildung von Leitlinien oder auch spezifischen klinischen Situationen (wie z. B. periprozeduralen Komplikationen). Andererseits haben Kliniken die Möglichkeit, die inhaltliche Umsetzung auf der *operativen* Ebene weitgehend flexibel zu gestalten. Hierzu sind Hintergrundinformationen notwendig, die in sog. Kurzrepositories hinterlegt sind. Eine detaillierte und konkrete Regelung von bestimmten Prozessschritten erfolgt dann durch sog. SOPs („standard operating procedure“), die – trotz gleicher Prozesskette – individuell gestaltet werden können. Die SOPs werden in vielen Fällen durch Checklisten abgebildet, die beispielsweise im Herzkatheterlabor angebracht werden können. Hierdurch kann die Prozessqualität deutlich

steigen und somit ein verbessertes Komplikationsmanagement erreicht werden.

Ergebnisse

Die **Abb. 1** zeigt die eEPK für Komplikationen im Herzkatheterlabor mit konkretisierten Feldern, die auf SOPs verweisen. Zunächst muss in dem Prozess festgelegt werden, ob eine hämodynamische Instabilität vorliegt, da die Stabilisierung des Patienten (mit und ohne spezifische Diagnostik/Therapie der Komplikation) Priorität hat. Nachfolgend muss die Art der Komplikation geprüft werden. Es werden im Rahmen dieser Arbeit 4 verschiedene Arten von Komplikationen voneinander unterschieden:

1. vaskuläre Komplikationen,
2. kardiale Komplikationen (z. B. rhythmogen oder koronar),
3. respiratorische Komplikation,
4. neurologische Komplikationen.

Hämodynamische Stabilität

Ein entscheidendes Problem periprozeduraler Komplikationen besteht darin, dass diese nicht immer direkt erkannt werden können (z. B. retroperitoneale Blutung) und zunächst inapparent oder oligosymptomatisch/unspezifisch verlaufen. Demgegenüber können Komplikationen auch direkt sichtbar werden (z. B. Koronarperforation) und mit einer raschen Dekompensation einhergehen.

Die Frage nach Stabilität oder Instabilität des Patienten entscheidet im Kontext einer koronaren Komplikation zunächst über die Priorisierung der einzuleitenden Maßnahmen. Dies ist in der eEPK entsprechend abgebildet (Feld 3). Ist der Patient hämodynamisch instabil (Hypotension, kardiogener Schock, Tachykardie), muss zunächst eine Stabilisierung erzielt werden. Weitergehende Maßnahmen sind ebenso situationsgerecht zu er-

SOP: Akutes neurologisches Defizit (AND)	
1. Untersuchung/Intervention rasch abbrechen	Abbruch bei Intervention akuter Koronarverschlüsse sobald ein Koronarfluß etabliert ist
2. Schleuse belassen	für evtl. neuroradiologische Intervention
3. Klinische Evaluation des AND	
4. Kontaktaufnahme mit Neurologie / Neuroradiologie	a) Möglichkeit einer Neurointervention evaluieren b) Bildgebung besprechen (Neuro-MRT, CCT/CCTA)
5. Bildgebung durchführen oder Direktverlegung Neurologie / Neuroradiologie	

Abb. 7 ◀ Checkliste SOP bei akutem neurologischen Defizit (AND)

wägen (z. B. Einleiten einer kardiopulmonalen Reanimation, Aktivierung des HK-Alarmplans). Parallel dazu sollte versucht werden, die Ursache der Instabilität zu erkennen, um diese im nächsten Schritt spezifisch zu behandeln.

Vaskuläre Komplikationen

Peripher vaskuläre Komplikationen mit Gefäßperforation und Blutung (koronar vaskuläre Komplikationen werden bei kardialen Komplikationen abgehandelt) treten am häufigsten apparent im Bereich der Punktionsstelle oder inapparent im Bereich des Retroperitoneums auf. Das Hämatom im Bereich der Zugangsstelle (v. a. Leiste) stellt eine der häufigsten Komplikationen dar (ca. 0,5% aller Fälle) und lässt sich im Regelfall gut beherrschen (s. SOP, **Abb. 2**). Zunehmende Schmerzen im Leisten- oder Rückenbereich, eine zunehmende (Brady-)Hypotension mit/ohne Schockzeichen können bei femoralem Zugang auf ein retroperitoneales Hämatom hinweisen, das rasches Handeln erfordert (rasche Beendigung der Untersuchung und Bildgebung, z. B. Computertomographie).

Eine weitere häufigere extrakoronare, vaskuläre Komplikation ist die Dissektion, die potenziell von der Punktionsstelle (femoral/radial/brachial) bis zum Bulbus aortae reichen kann. Hierbei sind die potenziell akut lebensbedrohli-

chen Dissektionen im Bereich der Aorta ascendens von denen der Aorta descendens oder der Beckenetape zu unterscheiden. In allen Fällen ist die Gesamtsituation zu beurteilen und bei stabilen Patienten mit Indikation zur elektiven Untersuchung ein Abbruch zu prüfen. Ist eine solche Beendigung der Untersuchung nicht möglich (z. B. Patient im kardiogenen Schock bei ST-Elevationsmyokardinfarkt und noch verschlossenem Infarktgefäß), muss das Interventionsziel (hier Wiedereröffnung des Infarktgefäßes) schnellstmöglich durch einen erfahrenen Untersucher erreicht werden.

Die A. radialis wird zunehmend als Zugangsweg für koronardiagnostische und -therapeutische Prozeduren verwendet. Prozedurale Komplikationen wie die Perforation einer Arterie kann der erfahrene Untersucher durch die Auswahl geeigneter Techniken, Drähte und Katheter vermeiden. Bei einer distalen drahtinduzierten Perforation kann die Blutung in einigen Fällen durch das Einführbesteck beherrscht und die Untersuchung zu Ende geführt werden. Weiterhin sollte – gerade auch bei proximal liegenden Perforationsstellen – eine Blutdruckmanschette angelegt werden, um eine Hämostase zu erreichen. Eine sorgsame regelmäßige Überprüfung des klinischen Bildes (Perfusion, Sensibilität) ist wichtig, um schwerwiegende Komplikationsfolgen (z. B. Kompartmentsyndrom) rechtzeitig zu erken-

nen und eine weitergehende Diagnostik und Therapie rechtzeitig einzuleiten.

Eine Nachblutung aus der Punktionsstelle nach Abnahme des Kompressionsbandes kann leicht durch manuelle Kompression beherrscht werden. Auf einen zirkulären Verband sollte verzichtet werden.

Kardiale Komplikationen

Bei den kardialen Komplikationen sind die kardiale Dekompensation sowie die vasovagale Reaktion von koronaren (z. B. Perforation, Stentverlust, akuter Gefäßverschluss) und rhythmogenen Komplikationen zu unterscheiden (s. eEPK).

Die kardiale Dekompensation ist wahrscheinlich eine der häufigsten periprozeduralen Komplikationen und bei frühzeitigem Erkennen gut behandelbar. Sie tritt sowohl bei diagnostischen Maßnahmen wie aber auch bei Koronarinterventionen auf. Prädisponierende Faktoren sind unter anderem eine eingeschränkte linksventrikuläre Pumpfunktion und Vitien in Verbindung mit einer hohen Kontrastmittelbelastung, hypertensiven Entgleisungen oder auch tachyarrhythmischen Episoden. Neben einer Blutdrucknormalisierung, der Vorlastsenkung (z. B. durch Nitro-Gaben) sowie einer i.v. diuretischen Therapie können sedierende Maßnahmen und eine Verbesserung der Oxygenierung (Sauerstoffinsufflation, nichtinvasive Beatmung) bis hin zur Intu-

bation mit invasiver Beatmung notwendig werden. Auch in diesem Zusammenhang ist wichtig, die klinische Gesamtsituation zu bewerten und die Möglichkeit eines Abbruchs der Untersuchung gegen das zunehmende Risiko bei einer Fortführung abzuwägen. Gleiches gilt für die vasovagale Reaktion mit Bradykardie und Hypotension, die nach Punktion/Blutung im Bereich der Leiste, aber auch durch Angst oder Schmerz ausgelöst werden kann. Erste Anzeichen sind Übelkeit, Schweißausbruch oder auch gelegentlich Erbrechen. Bei schwerer kardialer Grunderkrankung (z. B. deutlich eingeschränkte LV-Funktion) kann es auch zu schweren Verläufen kommen. Die sofortige Therapie besteht in der Gabe von Atropin 1 mg i.v. und der Volumensubstitution, selten sind Katecholamine erforderlich.

Koronare Komplikationen treten vornehmlich im Rahmen von Koronarinterventionen auf und sind mit einem hohen Risiko schwerwiegender Folgen wie dem Myokardinfarkt bis hin zum fatalen Ausgang vergesellschaftet.

Bei einem akuten Verschluss eines Koronargefäßes sind mehrere Ursachen in Betracht zu ziehen. In den meisten Fällen liegt ein Koronarspasmus vor, häufig im Bereich der proximalen Gefäßabschnitte (z. B. rechte Kranzarterie), der in der Regel gut mit repetitiven Gaben von Nitro i.c. beherrschbar ist. Weitere potenzielle Ursachen sind Luftembolien durch akzidentelle Injektion von Luft aus dem Injektionssystem (s. SOP, **Abb. 3**), Thrombembolien oder Gefäßdissektionen. Die beiden letztgenannten Komplikationen müssen in der Mehrzahl der Fälle interventionell behandelt werden.

Eine besondere Stellung nimmt in diesem Zusammenhang das sog. „No-reflow-Phänomen“ ein. Dieser Begriff beschreibt eine inadäquate myokardiale Perfusion ohne angiographischen Hinweis auf eine Obstruktion der epikardialen Gefäße. Die Inzidenz des „No-reflow-Phänomens“ ist abhängig von der klinischen Situation (elektive Interventionen an Nativgefäßen: 2%; Intervention an degenerierten Venebypasses: ca. 20%, Intervention im akuten Myokardinfarkt: ca. 25%). Die Pathogenese ist vielfältig (distale Embolisation, Ischämie-Reperfusionsschaden, Mikrozirkulationsstörung u. a.) und ebenso von der klinischen Situation abhängig. Ein „no reflow“ kann jedoch

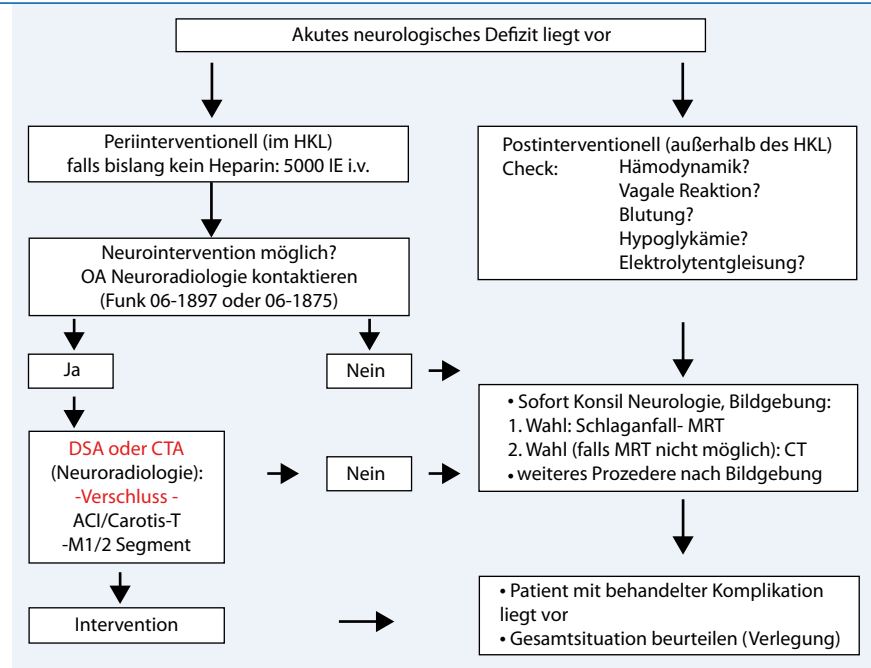


Abb. 8 ▲ Handlungsalgorithmus bei peri-/postinterventionellem Schlaganfall am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck (Medizinische Klinik 2, Klinik für Neurologie, Institut für Neuroradiologie). (Nach [12])

auch nach einer Luftembolisation oder passagerem Verschluss eines Koronargefäßes (z. B. bei Dissektion/Thrombembolie) entstehen. Für die Prävention des „no reflow“ gibt es Empfehlungen [10, 11], v. a. für Patienten mit STEMI (z. B. Verwendung von Absaugkathetern), für die Intervention von Venenbypassen (z. B. Verwendung von distalen Protektionsdevices) und für die Rotablation (z. B. Infusionscocktail). Das Vorgehen beim „no reflow“ wurde in einer SOP (**Abb. 4**, **Infobox 1**) zusammengefasst.

Die Perforation einer Koronararterie stellt häufig eine dramatische Komplikation dar, die über ein rasches Entstehen eines Perikardergusses zum kardiogenen Schock führen kann. Diese Komplikation bedarf des sofortigen Handelns, das zunächst in der Okklusion der Perforationsstelle (und damit des Gefäßes) mit einem Ballon und niedrigem Druck besteht. Das nachfolgende Vorgehen richtet sich nach der Schweregrad der Perforation (gedeckt/frei) sowie dessen Lokalisation (proximal/ distal). Parallel zum Versuch der definitiven Versorgung sollten einerseits die Antikoagulation revertiert werden (schrittweise, zunächst 500 I.E. Protamin für 1000 I.E. unfraktioniertes Heparin) und Vorbereitungen für eine Notfallperikardpunktion vorgenommen werden (Echokardiographiegerät, Perikardpunk-

tionsset). Eine definitive Versorgung der Perforation kann je nach Erfahrung des Untersuchers interventionell (Abdichtung durch einen Stent, Embolisation/Coiling) oder bei fehlendem Effekt auch chirurgisch erfolgen (s. SOP, **Abb. 5**). In vielen Fällen jedoch kann durch eine ausreichend lange Ballonokklusion mit Stentimplantation im Bereich der Perforation sowie die Revertierung der Antikoagulation eine Abdichtung der Perforation erzielt werden.

Der intrakoronare Verlust eines Stents stellt heutzutage eine relativ seltene Komplikation dar, für deren Lösung mehrere Möglichkeiten zur Verfügung stehen. Die prinzipielle Frage ist, ob ein Bergungsversuch unternommen werden soll/muss oder ob eine intrakoronare Platzierung angestrebt werden kann (s. SOP, **Abb. 6**).

Respiratorische Komplikationen

Im Kontext periprozeduraler Komplikationen ist das Leitsymptom „akute Dyspnoe“ am häufigsten Folge einer Linksherzdekompensation (s. unter „kardiale Komplikationen“) oder auch einer bronchialen Obstruktion. Die Anamnese, die aktuelle Hämodynamik sowie der orientierende klinische Befund geben in vielen

**Infobox 1 Herstellung Adenosin-Stamm-
lösung/-i.c.-Lösung**

- a) **Herstellung einer Adenosin-Stamm-
lösung**
1. Notwendiges Material
 - a) Adrekar-Ampulle (6 mg Adenosin in 2 ml)
 - b) NaCl-Lösung 0,9% 100 ml
 2. Abziehen und Verwerfen von 40 ml aus der NaCl-Flasche
 3. Injektion der Adrekar-Ampulle in die verbliebenen 60 ml NaCl-Lösung
 4. Durchmischen der NaCl-Lösung
- b) **Herstellung einer Adenosin-Lösung zur
intrakoronaren Injektion (10 µg/ml)**
1. Abziehen von 1 ml Stammlösung in eine sterile 10-ml-Spritze
 2. Auffüllen der 10-ml-Spritze mit 9 ml NaCl 0,9%
 3. 10 ml der Injektionslösung enthalten 100 µg Adenosin (10 µg/ml)

Fällen rasch Hinweise auf die zugrunde liegende Ursache.

Bei begleitendem Hautausschlag und Zeichen der beginnenden Kreislaufstörung (Hypotension, Tachykardie) muss eine Kontrastmittelallergie angenommen und entsprechende Maßnahmen müssen eingeleitet werden (Kortikosteroid: z. B. Prednisolon 100 mg, H₁-Blocker: z. B. Clemastin 2 mg i.v., H₂-Blocker: z. B. 200–400 mg Cimetidin i.v.). Weiterhin ist unter Wertung der linksventrikulären Pumpfunktion sowie des Volumenstatus eine Volumengabe sinnvoll. Bei rasch progredientem klinischem Bild muss Reanimationsbereitschaft hergestellt und die Untersuchung zügig beendet werden.

Eine pulmonale Obstruktion, z. B. als Exazerbation einer vorbestehend chronisch obstruktiven Lungenerkrankung mit Tachypnoe (AF >25/min) und gesteigertem Einsatz der Atemhilfsmuskulatur, kann häufig mit inhalativen β-Mimetika, Parasympatholytika und einer Sauerstoffgabe kuptiert werden. Eine Volumengabe ist ebenso notwendig. Die intravenöse Gabe eines Kortikosteroids ist sinnvoll, der Wirkungseintritt wird jedoch erst etwa 60 min nach Applikation erfolgen. Bei zunehmender Entsättigung sollte – bei apparativer Möglichkeit – eine nichtinvasive Beatmung (NIPPV) erfolgen. Die invasive Beatmung stellt eine Ultima-Ratio-Maßnahme dar, insbesondere bei Patienten mit Bewusstseinstörung (cave Hyperkapnie unter Sauerstoffgabe).

Neurologische Komplikationen

Die Häufigkeit eines periprozeduralen Schlaganfalls im Rahmen von Koronarinterventionen wird mit 0,05–0,38% angegeben [12], wobei diese mit einer hohen Morbidität und Mortalität verbunden sind. Frühere Schlaganfälle (OR 2,3), eine eingeschränkte Nierenfunktion mit einer GFR <40 ml/min (OR 3,1) und eine Intervention im Rahmen eines Notfalls (OR 2,7) erhöhen das periprozedurale Schlaganfallrisiko deutlich [13].

Im Falle einer zerebrovaskulären Komplikation auf dem Kathetertisch bietet sich potenziell die Möglichkeit einer akuten Intervention mit dem Ziel der Gefäßrekanalisation. Um dies zu erreichen, sind eine sofortige zerebrale Bildgebung und ein interdisziplinäres Vorgehen ohne Zeitverzug notwendig (s. SOP, **Abb. 7**). Hinsichtlich der medikamentösen Begleittherapie besteht zumindest hinsichtlich der Gabe von Heparin auf dem Kathetertisch (z. B. UFH 5000 IE i.v.) kein Konsens. Dies betrifft v. a. solche Patienten, bei denen nach weiterführender Diagnostik eine Thrombolyse-therapie angestrebt wird und das individuelle Blutungsrisiko durch eine Heparin-gabe erhöht wird. Eine derartig komplexe interdisziplinäre Interaktion in Diagnostik und Therapie erfordert Handlungsalgorithmen, wie sie im Konsensuspapier „Peri- und postinterventioneller Schlaganfall bei Herzkatheterprozeduren“ abgebildet sind [12]. Aufgrund großer infrastruktureller Unterschiede zwischen Krankenhäusern (Räumlichkeiten, Vorhalten von Disziplinen) müssen die Rahmenempfehlungen für den lokalen Kontext individualisiert werden. Beispielhaft ist daher ein Schema aus dem Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck aufgeführt (**Abb. 8**).

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. P.W. Radke
Medizinische Klinik 2, Kardiologie,
Angiologie, Internistische Intensivmedizin,
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
Campus Lübeck
Ratzeburger Allee 160, 23538 Lübeck
peter.radke@uk-sh.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Brusckha AV, Sheldon WC, Shirey EK, Proudfit WL (2009) A half century of selective coronary arteriography. *J Am Coll Cardiol* 54:2139–2144
2. Buuren F van, Horstkotte D (2009) 24. Bericht über die Leistungszahlen der Herzkatheterlabore in der Bundesrepublik Deutschland. *Kardiologie* 3:512–518
3. Bonzel T, Erbel R, Hamm CW et al (2008) Perkutane Koronarinterventionen (PCI). *Clin Res Cardiol* 97:513–547
4. Silber S, Borggrefe M, Böhm M et al (2008) Medikamente freisetzende Koronarstents (DES) und Medikamente freisetzende Ballonkatheter (DEB): Aktualisierung des Positionspapiers der DGK. *Clin Res Cardiol* 97:548–563
5. Hamm CW, Albrecht A, Bonzel T et al (2008) Diagnostische Herzkatheteruntersuchung. *Clin Res Cardiol* 97:475–512
6. Vollert J, Hamm CW, SOP AG, Möckel M (2009) Prozess-orientierte und standardisierte Umsetzung von DGK-Leitlinien: Vorgehen beim ST-Streckenhebungsinfarkt. *Kardiologie* 3:388–405
7. Möckel M, Vollert J, SOP AG, Hamm CW (2010) Standard operating procedures für den akuten ST-Streckenhebungsinfarkt. *Kardiologie* 4:124–134
8. Lickfeld T, Hamm CW, SOP AG, Möckel M (2010) Prozess-orientierte und standardisierte Umsetzung von DGK-Leitlinien: Antithrombotische Therapie beim ST-Streckenhebungsinfarkt. *Kardiologie* 4:107–123
9. Qualitätssicherung QdB. 2007
10. Müller O, Windecker S, Cuisset T et al (2008) Management of two major complications in the cardiac catheterisation laboratory: the no-reflow phenomenon and coronary perforations. *EuroIntervention* 4:181–183
11. Lapp H, Krakau I (2009) Das Herzkatheterbuch: Diagnostische und interventionelle Kathetertechniken. Thieme, Stuttgart
12. Röther J, Laufs U, Böhm M et al (2009) Konsensuspapier „Peri- und postinterventioneller Schlaganfall bei Herzkatheterprozeduren“. *Kardiologie* 3:375–387
13. Eggebrecht H, Oldenburg O, Dirsch O et al (2000) Potential embolization by atherosclerotic debris dislodged from aortic wall during cardiac catheterization: histological and clinical findings in 7,621 patients. *Catheter Cardiovasc Interv* 49:389–394