

Kardiologie 2017 · 11:369–382
 DOI 10.1007/s12181-017-0179-4
 Online publiziert: 3. August 2017
 © Deutsche Gesellschaft für Kardiologie -
 Herz- und Kreislaufforschung e.V. Published
 by Springer Medizin Verlag GmbH - all rights
 reserved 2017



R. R. Tilz¹ · K. R. J. Chun² · T. Deneke³ · M. Kelm^{4,9} · C. Piorkowski⁵ · P. Sommer⁶ ·
 C. Stellbrink^{7,9} · D. Steven⁸

¹ Medizinische Klinik II/Kardiologie, Angiologie, Intensivmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Lübeck, Deutschland

² Medizinische Klinik III, CCB am Agaplesion Markus Krankenhaus, Frankfurt am Main, Deutschland

³ Klinik für Kardiologie/Rhythmologie, Herz- und Gefäß-Klinik Campus Bad Neustadt, Bad Neustadt a. d. Saale, Deutschland

⁴ Klinik für Kardiologie, Pneumologie und Angiologie, Universitätsklinikum Düsseldorf, Düsseldorf, Deutschland

⁵ Klinik für Innere Medizin und Kardiologie, Herzzentrum Dresden GmbH, TU Dresden, Dresden, Deutschland

⁶ Abt. für Rhythmologie, Herzzentrum, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland

⁷ Klinik für Kardiologie und intern. Intensivmedizin, Klinikum Mitte, Städt. Kliniken Bielefeld, Bielefeld, Deutschland

⁸ Abteilung für Elektrophysiologie, Herzzentrum der Universitätsklinik Köln, Köln, Deutschland

⁹ Kommission für Klinische Kardiovaskuläre Medizin, DGK, Düsseldorf, Deutschland

Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie zur Kardioanalgesedierung

Fokus auf Eingriffe in der Rhythmologie

Einleitung

In den letzten Jahren hat die Zahl der komplexen kardialen Eingriffe rasant zugenommen. Dies gilt sowohl für rhythmologische Prozeduren wie die Implantation von Herzschrittmachern und Defibrillatoren oder die Katheterablationen von Herzrhythmusstörungen als auch für andere kardiologische Prozeduren wie die Implantation von Vorhofverschlüssen oder die Verschlüsse von Vorhofseptum- oder Ventrikelseptumdefekten. Im Unterschied zu diagnostischen Herzkatheteruntersuchungen sind diese kardiologischen Eingriffe in vielen Fällen erheblich langwieriger (ca. 1,5–3 h Dauer). Zudem ist insbesondere bei besonders komplexen Eingriffen, der zeitgleichen Verwendung einer transösophagealen Echokardiographie oder Verwendung von dreidimensionalen Mappingsystemen eine ruhige Lage des Patienten über die gesamte Dauer

der Prozedur von erheblicher Bedeutung für einen erfolgreichen und risikoarmen Eingriff [1]. Im Rahmen von Katheterablationen von Herzrhythmusstörungen führen Patienten- und tiefe Atembewegungen nicht nur zu einer geringeren Genauigkeit des 3-D-Maps („3-D-Landkarte“) des Herzens, sondern auch zu einer geringeren Katheterstabilität. Eine hohe Katheterstabilität ist jedoch essenziell für transmurale Läsionen und einen dauerhaften Ablationserfolg. Außerdem können Patientenbewegungen zu schwerwiegenden Komplikationen wie Perforationen und Herzbeutelamponaden führen. Auch trägt eine adäquate Sedierung erheblich zum Komfort des Patienten und Untersuchers bei. Elektrische Kardioversionen im Rahmen von elektrophysiologischen Eingriffen oder als alleinige Therapie von Herzrhythmusstörungen erfordern ebenso eine tiefe Sedierung. Das Spektrum der Kardioanalgesedierung reicht von einer sanften Anxiolyse bis hin zur tiefen Analgesedierung beim spontan atmen Patienten. Aus all diesen Gründen

ist eine meist Propofol (Disoprivan®)-gesteuerte tiefe Kardioanalgesedierung in einem Großteil der deutschen elektrophysiologischen Zentren bereits klinischer Standard [2]. Auch in anderen nichtkardiologischen sowie kardiologischen Fachbereichen ist die Propofol-Sedierung bereits klinische Routine [3]. Dies gilt auch für die Durchführung von transösophagealen Echokardiographien, transfemorale Verschlüsse von Vorhof- oder Ventrikelseptumdefekten oder die transfemorale Implantation von Aortenklappen [4–6].

Als Sedativa kommen abhängig vom Zentrum und der Indikation unterschiedliche Medikamente zum Einsatz. Häufig wird eine Kombination aus Opioiden und Benzodiazepinen als Bolusgabe mit Propofol kombiniert [12–14].

Propofol hat im Unterschied zu Benzodiazepinen eine deutlich kürzere Halbwertszeit. Damit ist es besser steuerbar und die Aufwachphase dauert kürzer, jedoch gibt es im Unterschied zu Benzodiazepinen kein Antidot [7, 15].

M. Kelm und C. Stellbrink für die Kommission für Klinische Kardiovaskuläre Medizin der DGK

In vielen Zentren werden elektrophysiologische Eingriffe routinemäßig von Assistenzpersonal unter ärztlicher Aufsicht begleitet. Auch konnte die Sicherheit einer Analgosedierung im Rahmen einer sog. „NAPS“ („nurse-administered propofol sedation“) im Rahmen von nichtelektrophysiologischen als auch elektrophysiologischen Eingriffen nachgewiesen werden [7–11].

Obwohl die Propofol-gesteuerte Analgosedierung bei der Mehrzahl der deutschen elektrophysiologischen Zentren bereits klinischer Standard ist, gibt es noch keine Empfehlungen oder Leitlinien über die Durchführung von Sedierung im Rahmen von elektrophysiologischen Eingriffen. Daher gibt es im Moment keine Standards für die Durchführung von Sedierungen bei diesen Interventionen. Für die Erarbeitung wurden praktisch klinische Aspekte ebenso wie juristische Aspekte berücksichtigt.

Rationale

Aufgrund der zunehmenden Verbreitung der Kardioanalgosedierung wurden in einer 2015 publizierten Leitlinie zum Einrichten und Betreiben von Herzkatheter- und Hybriddlaboren erstmals personelle und apparative Voraussetzungen für die Durchführung einer Kardioanalgosedierung im Herzkatheterlabor definiert [6]. Vor dem Hintergrund der aktuellen Diskussion über strukturelle und personelle Voraussetzungen für die Durchführung einer Kardioanalgosedierung im Rahmen von elektrophysiologischen Eingriffen hat sich die Deutsche Gesellschaft für Kardiologie (DGK) entschieden, dieses Positionspapier zu erstellen.

Zudem rechtfertigen auch inhaltliche Aspekte hinsichtlich Patient und geplanter Prozedur eine spezifische Darstellung des Themas Kardioanalgosedierung in der Elektrophysiologie, die anders als die Kardioanalgosedierung bei koronaren und strukturellen interventionellen Eingriffen sowie in der internistischen Intensiv- und Notfallmedizin spezifische Interaktionen mit dem kardialen Reizleitungssystem betreffen:

- Die Mehrzahl der verwendeten Sedativa und Analgetika können rhythmologische Nebeneffekte auf-

weisen. Das reicht von Modulationen der Herzfrequenz, der elektrischen Eigenschaften akzessorischer Bahnen bis hin zur Erhöhung der fokalen Aktivität bei ventrikulären Rhythmusstörungen.

- Die Mehrzahl der in diesem Kontext interessierenden Pharmaka hat einen Einfluss auf das vegetative Nervensystem – mit Erhöhung oder Hemmung des Sympathikotonus und Vagotonus, was zu bestimmten Phasen der Prozeduren (Reizschwellentestung, Induktion von Arrhythmien, VT-Ablation) gehemmt oder sogar gewünscht sein kann.
- Darüber hinaus können patientenseitige Komorbiditäten (z. B. Allergien, Nieren- oder Leberinsuffizienz, Diabetes mit autonomer Neuropathie) die Auswahl und Dosis zu verwendender Sedativa und Analgetika beeinflussen.
- Ferner ist zu diskutieren, inwieweit eine perfekte Kardioanalgosedierung z. B. mit dadurch bedingter stabiler Position und Lagerung während des 3-D-Mappings zu einem höheren Erfolg der Ablation und/oder Verkürzung der Untersuchungszeit führt.

Diese 4 Teilaspekte können fachübergreifend nur von einem in diagnostischer und interventioneller Rhythmologie qualifizierten Kardiologen als zuständigem Programmleiter in dem jeweiligen Zentrum abgebildet und verantwortet werden, welcher mindestens 6 Monate Erfahrung in internistischer Intensiv- und Notfallmedizin vorweisen kann. Die potenziell gravierenden Komplikationen einer Kardioanalgosedierung bei rhythmologischen Eingriffen erfordern daher eine tiefe diesbezügliche medizinische Sachkenntnis, Qualitäts- und Prozessmanagement.

Ziel

Das Ziel dieses Positionspapiers ist es, flächendeckend hochwertige Standards der Analgosedierung im Rahmen von folgenden elektrophysiologischen Eingriffen auf Grundlage evidenzbasierter Medizin zu etablieren:

- diagnostische elektrophysiologische Untersuchungen,
- Katheterablationen von Herzrhythmusstörungen,
- Implantationen von kardialen Devices wie Herzschrittmacher und Defibrillatoren,
- elektrische Kardioversion.

Darüber hinaus werden solche Standards helfen, die Qualität der Analgosedierung bei anderen, zum Teil interdisziplinär durchgeführten Eingriffen in der Kardiologie zu verbessern; hier sei Implantation von endo- und epikardialen Vorhofverschlüssen ebenso genannt wie die Implantation von Vorhof- und Ventrikelseptumokkludern, Plugs bei paravalvulären Lecks oder auch die Durchführung einer transösophagealen Echokardiographie.

- Die Ziele sind wie folgt definiert:
- Darlegung der Indikationen, Ziele und Patientenselektion inklusive Risikostratifizierung des individuellen Patienten für Sedierung,
 - Übersicht über die Pharmakologie der unterschiedlichen Sedativa und Analgetika hinsichtlich ihrer Sicherheit und Wirksamkeit,
 - Definition von Standards für die optimale Patientenvorbereitung, Aufklärung über die Sedierung,
 - Definition der personellen und apparativen Voraussetzungen für die Durchführung und Dokumentation der Sedierung sowie die klinische Überwachung im Rahmen des Eingriffes und vor Verlegung in das Krankenzimmer,
 - Anforderungen an die Aus-, Fort- und Weiterbildung des Personals,
 - Qualitätsmanagement sowie standardisiertes Management von Komplikationen/Sedierungszwischenfällen.

Gültigkeit und Aktualisierungsverfahren

Das Positionspapier ist bis zur Publikation einer Neuauflage spätestens jedoch bis Dezember 2022 gültig. Eine umfassende Überarbeitung und Neuauflage wird bis zu diesem Zeitpunkt angestrebt. Zwischenzeitliche Erkenntnisse, welche eine Aktualisierung einzelner Abschnitte erforderlich machen, werden von den Au-

toren beobachtet, entsprechende Hinweise an die Autoren sind explizit erwünscht. Gültig ist stets nur die neueste Version des Positionspapiers.

Literaturrecherche

Die Literaturrecherche wurde dezentral innerhalb der Arbeitsgruppe durchgeführt und erfolgte in der PubMed-Datenbank mit folgenden Suchbegriffen: „sedation“ or „conscious sedation“ and „endoscopy“ or „catheter ablation“ or „transesophageal echocardiography“. Es wurden Publikationen berücksichtigt, welche zwischen 1990 und 2016 in deutscher oder englischer Sprache veröffentlicht wurden. Die Literatur wurde von den Mitgliedern der Arbeitsgruppe bewertet.

Indikationen, Ziele, bekannte Risiken, Patienten, Qualitätsziele

Empfehlung zum Angebot einer Sedierung

Grundsätzlich sollte jedem Patienten eine Sedierung bei elektrophysiologischen Eingriffen angeboten werden. Eine Katheterablation kann mit Schmerzen gerade während der Applikation von Hochfrequenzstromenergie verbunden sein, insofern wird hier häufig eine Kombination aus Sedierung und gezielter analgetischer Therapie verwendet. Darüber hinaus ist die stabile Position des Patienten bei einer katheterinterventionellen Therapie von größter Wichtigkeit, da die Gefahr einer Perforation – also einer Verletzung des Herzmuskels – steigen kann, wenn sich der Patient während der Behandlung unwillkürlich bewegt. Auch in Bezug auf den Prozedurverlauf und die Zufriedenheit des Untersuchers spielt die Sedierung eine wichtige Rolle.

Empfehlung zur Indikationsstellung einer Sedierung

Es ist zu empfehlen, eine Sedierung bei jedem Patienten in Abhängigkeit seiner Begleiterkrankungen durchzuführen (Allergien, kardiales Risikoprofil, linksventrikuläre Funktion). Bei Patienten

Kardiologie 2017 · 11:369–382 DOI 10.1007/s12181-017-0179-4

© Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung e.V. Published by Springer Medizin Verlag GmbH - all rights reserved 2017

R. R. Titz · K. R. J. Chun · T. Deneke · M. Kelm · C. Piorkowski · P. Sommer · C. Stellbrink · D. Steven

Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie zur Kardioanalgoesedierung. Fokus auf Eingriffe in der Rhythmologie

Zusammenfassung

Die Analgoesedierung des Patienten im Rahmen rhythmologischer Eingriffe ist von erheblicher Bedeutung für einen erfolgreichen und risikoarmen Eingriff und trägt wesentlich zum Komfort des Patienten und Untersuchers bei. Das Spektrum der Kardioanalgoesedierung reicht von einer sanften Anxiolyse bis hin zur tiefen Analgoesedierung beim spontan atmenden Patienten. Die erste Auflage dieses Positionspapiers zur Kardioanalgoesedierung mit Fokus auf Eingriffe in der Rhythmologie gibt Empfehlungen zu deren Anwendung im Rahmen von elektrophysiologischen Eingriffen, Implantationen kardialer Devices, wie z. B. Herzschrittmacher oder Defibrillatoren, sowie anderen kardiologischen Eingriffen. Dieses Papier erläutert Indikationen, Ziele und Patientenselektion inklusive Risiko-

stratifizierung des individuellen Patienten für Sedierung. Es gibt eine Übersicht über die Pharmakologie der unterschiedlichen Sedativa und Analgetika hinsichtlich ihrer Sicherheit und Wirksamkeit. Auch definiert es Standards für die optimale Patientenvorbereitung und Aufklärung über die Sedierung. Die personellen und apparativen Voraussetzungen für die Durchführung und Dokumentation der Sedierung sowie die klinische Überwachung im Rahmen des Eingriffes werden ebenso definiert wie die Anforderungen an die Aus-, Fort- und Weiterbildung des Personals.

Schlüsselwörter

Elektrophysiologie · Kardioanalgoesedierung · Sedierung · Herzkatheter · Intervention

Position paper of the German Society of Cardiology on cardioanalgoesedation. Focus on interventions in rhythmology

Abstract

Cardioanalgoesedation is becoming increasingly more important and is already the standard of care in many electrophysiological centers for successful and low-risk interventions. It plays an important role in the comfort of patients and investigators. The spectrum of cardioanalgoesedation ranges from gentle anxiolysis to deep analgesia in spontaneously breathing patients. The first edition of this position paper on cardioanalgoesedation with a focus on interventions in the field of rhythmology provides recommendations for their use in the context of electrophysiological interventions, implantation of cardiac devices, such as cardiac pacemakers or defibrillators as well as other cardiac procedures. This paper discusses the indications, objectives and patient selection including risk assessment of

the individual patient for sedation. The paper gives an overview of the pharmacology of the various sedatives and analgesics regarding their safety and efficacy. It also defines standards for optimal patient preparation and informed consent about the sedation. The personnel and equipment requirements for the implementation and documentation of sedation as well as the clinical monitoring within the framework of the procedure are defined as well as the requirements for the training, further education and training of the personnel.

Keywords

Electrophysiology · Cardioanalgoesedation · Sedation · Cardiac catheter · Intervention

ten mit hochgradig eingeschränkter LV-Funktion und niedrignormalen Blutdruckwerten sollte dies bei der Wahl des Medikamentes berücksichtigt werden. Bei bestimmten Prozeduren mit schwierig induzierbaren Arrhythmien sollte ggf. zu Beginn der Prozedur auf eine Analgoesedierung verzichtet und diese dann im Verlauf der Prozedur in-

itiert werden, da die Analgoesedierung spontane fokale Aktivität supprimieren kann [16, 17]. Auf die vorherig eingenommene antihypertensive Therapie sollte geachtet werden. Das Vorgehen hierzu hängt vom jeweiligen Patienten und der entsprechenden Medikation ab.

Tab. 1 Sedierungstiefe

	Minimale Sedierung (Anxiolyse)	Moderate Sedierung (Analgesiedierung)	Tiefe Sedierung	Vollnarkose
Erweckbarkeit	Normale Antwort auf Ansprache	Gezielte Antwort auf taktile und verbale Stimulation	Gezielte Antwort auf schmerzhafte taktile und wiederholte verbale Stimulation	Auch mit Schmerzreiz nicht erweckbar
Atemweg	Uneingeschränkt	Keine Unterstützung erforderlich	Unterstützung kann erforderlich sein	Unterstützung meist erforderlich
Spontanatmung	Uneingeschränkt	Adäquat	Kann eingeschränkt sein	Häufig inadäquat
Kardiovaskuläre Funktion	Uneingeschränkt	In der Regel erhalten	In der Regel erhalten	Kann eingeschränkt sein

Mod. nach [20]

Auswirkung auf Effektivität und Sicherheit der Prozedur

Auch wenn man annehmen kann, dass eine stabile Position des Katheters die Sicherheit oder den Langzeitverlauf der Patienten verbessern kann, so gibt es hierzu bislang keine vergleichenden Daten. Bei einem Vergleich zwischen Analgesiedierung mit Fentanyl und Midazolam und einer in Intubationsnarkose durchgeführten Pulmonalvenenisolation konnte in der zweiten Gruppe eine erhöhte Erfolgsrate mit seltener Leitungserholung der Pulmonalvenen als Hinweis auf eine erhöhte Effektivität der Prozedur während tiefer Sedierung und Intubation nachgewiesen werden [18]. Beide Gruppen dieser Studien überlappen mit der hier empfohlenen Analgesiedierung. Eine Intubationsnarkose scheint den Autoren aber aufgrund des erhöhten Aufwandes und der zu erreichenden Sedierungstiefe unter Analgesiedierung mit Propofol bei spontan atmendem Patienten nicht erforderlich. Die größten Studien zur Analgesiedierung und Katheterablation umfassen ca. 1000 Patienten, bei denen der Prozedurerfolg jedoch nicht systematisch untersucht wurde [13]. Die Anzahl der untersuchten Patienten und die Qualität an vergleichenden Daten sind aber hier für eine abschließende Beurteilung nicht ausreichend.

Eine Studie, die 1000 Patienten nach Katheterablation von Vorhofflimmern untersuchte, stellte eine Komplikations-

rate von 0,5 % fest. Zur Zeit der Erhebung der Daten (2009–2011) ist eine eher höhere Rate von Perikardtamponaden zu erwarten gewesen (2 %), wie aus freiwillig erhobenen Registerdaten zu entnehmen ist [19]. Aufgrund der Qualität der Daten mit einer relativ geringen Anzahl von eingeschlossenen Patienten und eingeschränkter Vergleichbarkeit kann abschließend nicht beurteilt werden, ob die Gesamtzahl der Komplikationen unter Analgesiedierung geringer ist, wesentlich erscheint, dass es zu keiner Zunahme der Komplikationen kommt.

In Bezug auf den Endpunkt der Ablationsbehandlung und der klinischen Endpunkte, wie z. B. dem Wiederauftreten der behandelten Rhythmusstörungen, gibt es keine soliden Daten, die eine höhere Effektivität der Ablation unter Analgesiedierung belegen.

Risikoabschätzung

Anästhesiologisches Back-up und Beurteilung der Sedierung

Wenn sedierend und analgetisch wirkenden Substanzen eingesetzt werden, können Zustände von leichter Sedation (Anxiolyse) bis hin zur einer Allgemeinanästhesie reichen sowie ineinander übergehen und schwer voneinander abgrenzbar sein. Die regelmäßige Kontrolle der Reflexe obliegt dem durchführenden ärztlichen und nichtärztlichen Personal. Geplante Allgemeinanästhesien (mit Verlust der Spontanatmung) sind aus-

schließlich dem Anästhesisten vorbehalten (Ausnahmen bestehen im Bereich der internistischen Intensiv- und Notfallmedizin). Sollte im Einzelfall ein Zustand erforderlich werden, bei dem die Spontanatmung für die Dauer der Prozedur ausgeschaltet wird, und soll der Eingriff fortgesetzt werden, ist ein Anästhesist hinzuzuziehen. Man sollte trotz der fließenden Übergänge den Grad (die Tiefe) der Sedierung mittels einer validierten Skala bestimmen und einteilen. Analog zu den Empfehlungen der Gesellschaft für Gastroenterologie/Endoskopie empfehlen die Autoren eine vereinfachte Einteilung der verschiedenen Sedierungsstadien nach der American Society of Anesthesiologists (■ Tab. 1; [20]). Die Komplikationen der Analgesiedierung sollten in der Regel durch den in Notfall- und Intensivmedizin ausgebildeten Kardiologen behandelt werden. Zur Erlangung dieser Fähigkeit sind 6 Monate Weiterbildung auf einer internistischen oder internistisch-interdisziplinären Intensivstation im Rahmen seiner kardiologischen Weiterbildung (wie im Weiterbildungscurriculum vorgeschrieben) abzuleisten.

Abschätzung des individuellen Patientenrisikos

Die American Society of Anesthesiologists (ASA) und die American Society of Gastroenterologists empfehlen, vor Beginn der Untersuchungen eine Risikoabschätzung evtl. kardiovaskulärer und respiratorischer Komplikationen während des Eingriffes vorzunehmen [20]. Dies ist ohnehin Bestandteil der vorherigen gründlichen kardiologischen und internistischen Voruntersuchung vor diesen elektiven Eingriffen. Zu dieser individuellen Risikoabschätzung gehört auch eine ausführliche Anamnese mit der Frage nach:

- Erkrankungen des kardiovaskulären und respiratorischen System,
- Stridor, Schnarchen, Schlafapnoesyndrom,
- vorausgegangenen Komplikationen bei der Anwendung von Sedativa/Analgetika, regionaler und Allgemeinanästhesie,
- Medikamentenallergien, aktueller Medikation und möglichen Medikamenteninteraktionen,

Tab. 2 Besonders zu berücksichtigende Punkte zur Einschätzung eines erhöhten Risikos für eine Kardioanalgesiedierung (mod. nach [20])

Body Mass Index >35 kg/m ²
Anamnese für vorangegangene komplizierte Sedierung/Anästhesie
Substanzabusus
Erwartete Dauer des Eingriffs >6 h
Schlafapnoe (diagnostiziert oder hohes Risiko)
Übergewicht assoziiertes Hypoventilationsyndrom
Respiratorische Grunderkrankung, SpO ₂ < 94 % bei Raumluft
Signifikante renale oder hepatische Funktionsstörung
Signifikant eingeschränkte linksventrikuläre Funktion

- Zeitpunkt und Art der letzten Nahrungsaufnahme (spätestens 6 h vor Ablation),
- Tabak-, Alkohol-, Drogenkonsum und die körperliche Untersuchung, die neben den Vitalparametern die Auskultation von Herz und Lunge umfasst. Die ASA-Klassifikation ist hier Grundlage der bestehenden Leitlinien. Patienten ab der ASA-Klasse III haben ein deutlich erhöhtes Risikopotenzial für Komplikationen während einer Sedierung bzw. Intervention [18].

Auch anatomische Besonderheiten, die zu respiratorischen Problemen führen können, müssen bei der Planung der Prozedur berücksichtigt werden, da bei allen Patienten prinzipiell mit der Notwendigkeit einer Intubation gerechnet werden muss. Darüber hinaus geben bestehende Leitlinien weitere Hinweise zur Einschätzung des erhöhten Risikos einer Atemwegsbehinderung bei Patienten mit bereits vorausgehenden Problemen bei einer Anästhesie oder Sedierung ([20], besonders zu berücksichtigende Punkte sind in **Tab. 2** aufgeführt).

Empfehlung zur Lagerung

Lagerungsschäden spielen bei interventionellen elektrophysiologischen Eingriffen insgesamt nur eine untergeordnete Rolle, sind aber grundsätzlich zu ver-

meiden. Vor allem bei flacher Sedierung können sich die Patienten unwillkürlich bewegen und sollten daher angemessen fixiert werden. Lagerungsschäden treten am ehesten bei Patienten während längerer Prozeduren auf bzw. bei Umlagerung vom Untersuchungstisch ins Bett. Eine direkte Evidenz zur Inzidenz von Lagerungsschäden liegt nicht vor. Besonders bei lang dauernden Eingriffen (>2 h) ist auf eine korrekte Lagerung zu achten. Ein Auskühlen der Patienten und eine Austrocknung der Augen sind durch geeignete Maßnahmen zu verhindern. Kritisch ist die Aufwachphase der Patienten nach der Analgesiedierung. In der Aufwachphase muss eine lückenlose Überwachung und Monitoring gewährleistet werden.

Pharmaka, Kombinationstherapie, Applikationstechniken

Übersicht der in der Elektrophysiologie eingesetzten Substanzgruppen

Die Anforderungen an die Sedierung bei Prozeduren in der Elektrophysiologie reichen von einer milden Anxiolyse bis hin zu einer tiefen Analgesiedierung. Allgemein werden Präparate aus verschiedenen Medikamentengruppen intravenös verabreicht und mitunter kombiniert. Gute Kenntnisse über die pharmakologischen Eigenschaften der Substanzen sowie derer möglicher Interaktionen sind Voraussetzung für die sichere Durchführung dieser Eingriffe.

Benzodiazepine

Die zentralen Wirkungen der Benzodiazepine sind die Amnesie, Anxiolyse sowie der sedierende Effekt – bei den meisten Prozeduren in der Elektrophysiologie kommen sie daher zum Einsatz; als Monotherapie oder in Kombination mit weiteren Substanzen. Die Wirkung wird durch Bindung an verschiedene GABA-Rezeptoren vermittelt. Durch die unterschiedliche Affinität der Substanzen ist das Spektrum an stärker sedierender oder eher anxiolytischer Wirkung erklärt [21].

Diazepam

Eines der „älteren“ Benzodiazepine; Diazepam hat den potenziellen Nachteil der vergleichsweise längeren Halbwertszeit und ist daher mitunter schwieriger zu steuern. Im Vergleich zu Midazolam ist v. a. die deutlich längere Eliminationshalbwertszeit relevant und klinisch bedeutsam (30–100 h bei Diazepam vs. 1,5–3 h bei Midazolam). Die übliche Dosierung ist 5–10 mg i. v.; neben einer Phlebitis an der Injektionsstelle kann es an typischen Nebenwirkungen zu Atemsuppression sowie zu Husten und Dyspnoe kommen [22, 23]. Als Antidot steht Flumazenil zur Verfügung (s. Abschnitt „Flumazenil“).

Midazolam

Deutlich besser sedierend wirksam als Diazepam ist Midazolam (1,5–3,5 mal) und Bestandteil fast aller sedierenden Maßnahmen während elektrophysiologischer Eingriffe [24]. Die Wirkung tritt bereits nach wenigen Minuten ein, sodass es auch unmittelbar vor Beginn eines Eingriffs verabreicht werden kann. Die Wirkdauer ist mit 15–80 min recht variabel, sodass es am Ende einer Untersuchung mithin zu Überhängen kommen kann. Ein weiteres Phänomen, welches nach der Verabreichung von Midazolam mitunter beobachtet werden kann, ist das Auftreten einer paradoxen Reaktion mit Unruhe, Agitiertheit, Aggressivität und verstärkter Motorik. Gerade bei älteren Patienten kann dieses Phänomen in bis zu 5 % der Fälle beobachtet werden. Zudem wird die Gabe von Midazolam bei älteren Patienten als möglicher mitverursachender Faktor für das Entstehen eines Delirs diskutiert [25]. Grund hierfür kann der Metabolisierungsweg sein: Midazolam wird wie viele andere Wirkstoffe auch über der Zytochromsystem der Leber abgebaut (CYP3A4). Die durch Bindung an einen GABA-Rezeptor vermittelten Wirkungen des Midazolams können vollumfänglich durch die Antagonisierung mittels Flumazenil aufgehoben werden (s. unten). Die Dosierung wird bestimmt durch den gewünschten Effekt und das Körpergewicht des Patienten sowie den „Grundtonus“ der Angspanntheit. Die als i. v.-Boli zu applizierenden Gesamtmengen bewegen sich so

zwischen 1 und 5 mg. Bei älteren Patienten (bereits ab 60 Jahren) sind tendenziell niedrigere Dosierungen anzustreben. Zu beachten ist ferner, dass die Einzelgaben kumulieren können und dass die Gabe vor Beginn einer Intervention (z. B. Schrittmacherimplantation) günstiger ist als die Verabreichung während des Eingriffs selbst [26]. Midazolam eignet sich gut, um in Kombination mit anderen Wirkstoffen zur Sedierung eingesetzt zu werden (s. unten).

Flumazenil

Die gefürchtetste Nebenwirkung bei der Verwendung von Benzodiazepinen ist die Atemdepression. Neben den Sofortmaßnahmen zur Aufrechterhaltung des Gasaustausches ist die Gabe von Flumazenil anzuraten, da hiermit die GABA-erg vermittelten Wirkungen zuverlässig aufgehoben werden. Das Ausmaß des antagonistischen Effekts ist allerdings bezüglich Sedierung und Amnesie stärker ausgeprägt als bei der Benzodiazepin-induzierten Hypoventilation [27]. Mit der antagonistischen Wirkung durch Flumazenil ist nach ca. 2 min zu rechnen, die Dauer der Wirkung wird mit ca. 1 h angegeben. Unter Berücksichtigung der Wirkdauer von Midazolam (ca. 80 min) ergibt sich daher die Gefahr des Rebounds, d. h. der bewusstseinsaufklarende Patient trübt etwa 1 h nach Antagonisierung erneut ein. Es ist daher zwingend notwendig, diese Patienten zunächst engmaschig zu überwachen, um im Bedarfsfall eine wiederholte Antagonisierung mittels Flumazenil durchführen zu können. Von einer routinemäßigen Antagonisierung der Benzodiazepinwirkung wird allerdings abgeraten: Durch die Gabe von Flumazenil können Patienten unter einer laufenden Carbamazepin-, Trizyklika- oder Benzodiazepintherapie (cave: wird häufig anamnestisch nicht angegeben!) Entzugssymptome bis hin zum Krampfanfall bieten.

Narkotika

Propofol

Wirkmechanismus. Das heutzutage bei Eingriffen mit Notwendigkeit einer Kurz-narkose am häufigsten eingesetzte Medikament ist Propofol. Es zählt zu den

Narkotika und weist neben dem sedierenden auch einen minimalen analgetischen Effekt auf. Eine zusätzliche, adäquate analgetische Therapie ist beim Einsatz von Propofol bei Eingriffen, die potenziell schmerzverursachend sein können, unerlässlich. Ähnlich wie bei den zuvor besprochenen Benzodiazepinen wird die Wirkung durch eine Bindung an GABA-Rezeptoren vermittelt. Der ganz genaue Wirkmechanismus ist aber weiterhin nicht vollständig geklärt. Wichtig sind Kenntnisse über folgende Eigenschaften des Propofols: Es ist hochgradig lipophil, somit kann es je nach Ausmaß der Fettdepots des Patienten zu unterschiedlichen Umverteilungen zwischen den verschiedenen Kompartimenten und somit zu sehr unterschiedlichem Ansprechen auf die initiale Medikamentengabe kommen. Prinzipiell setzt die Wirkung bereits <1 min ein. Bei kurzzeitiger Anwendung (ca. 1 h) ist nach Beendigung der Therapie mit einem Erwachen des Patienten nach 5–10 min zu rechnen. Im Gegensatz zu den Benzodiazepinen steht kein Antidot zur Verfügung, somit müssen Propofol-assoziierte Komplikationen wie Atemdepression vom behandelnden Team beherrscht werden. Interessant ist der Aspekt, dass Propofol in vielen anderen europäischen Ländern vorwiegend durch Anästhesisten verabreicht wird, so liegt der Anteil in Italien bei 66 % [28]. Das unterstreicht die Notwendigkeit aufseiten des Elektrophysiologen oder interventionellen Kardiologen, sich mit der Propofol-basierten Sedierung zu befassen und über ausreichende Kenntnisse in der Pharmakologie dieses Medikaments zu verfügen.

Darüber hinaus ist besonders bei der Vorbereitung der Infusionen der Tatsache Rechnung zu tragen, dass das Medikament durch seine Lipophilie anfällig für eine bakterielle Kontamination ist. Bei unsachgemäßer Zubereitung (mehrere Patienten werden aus einer Ampulle versorgt, unsauberes Arbeiten etc.) ist eine Häufung bakterieller Infektionen bis hin zu septischen Krankheitsbildern beschrieben [29, 30].

Dosierung. Propofol ist in seinem Wirkungseintritt sowie der Wirkungsstärke abhängig vom Alter der Patienten sowie

vom Körpergewicht und den Begleiterkrankungen. Grundsätzlich ist die Narkoseeinleitung mittels Bolusgabe von einer kontinuierlichen Infusion zu unterscheiden; bei der Bolusgabe werden zumeist 0,5–1 mg/kgKG verabreicht, gefolgt von einer Dauerinfusion mit 0,5 mg/kgKG/h. Das heißt: Ein 80 kg-Patient würde einen Bolus von 40 mg erhalten, gefolgt von einer Infusion mit einer Laufrate von 40 ml/h (bei 500 mg/50 ml Propofol). Bei der Bolusmethode können bei der Initiierung mehrere Sedierungstiefen durchlaufen werden und bereits mit dem einmaligen Bolus Apnoen induziert werden. Demgegenüber steht das Verfahren, Propofol kontinuierlich über einen längeren Zeitraum vor Beginn des Eingriffs zu infundieren, um das Ansprechen des Patienten besser verfolgen zu können. Nachteil dieses Verfahrens ist der deutlich verlängerte Zeitraum bis zum Wirkungseintritt.

Regelmäßig auftretende Nebenwirkungen sind insbesondere bei der Bolusmethode ein deutlicher Abfall des Blutdrucks aufgrund der ausgelösten peripheren Vasodilatation; diese Hypotonieneigung ist v. a. bei Patienten mit struktureller Herzerkrankung und eingeschränkter LV-Funktion regelhaft zu beobachten, sodass bei diesen Patienten besonders umsichtig bei der Verabreichung von Boli vorgegangen werden muss. Neben der Vasodilatation ist eine negative inotrope Wirkung relevant und limitiert mitunter den Einsatz von Propofol bei Patienten mit stark eingeschränkter LV-Funktion (z. B. im Rahmen von VT-Ablationen). Generell ist bei der Verwendung von Propofol zu beachten, dass adipöse Patienten (BMI > 35 kg/m²) besonders zu Beginn hohe Dosierungen benötigen, dass aber nach Saturierung der Fettdepots (Lipophilie!) häufig die Atemdepression eintritt und eine Dosisreduktion erforderlich macht. Weitere Patientengruppen, die erhöhte Aufmerksamkeit benötigen, sind ältere Patienten (gewöhnlich niedrigere Dosierung) sowie Patienten mit eingeschränkter LV-Funktion (s. oben).

Besondere Vorsicht ist bei der Sedierung von Brugada-Patienten geboten: Hier darf Propofol nicht zur Sedierung eingesetzt werden. Propofol kann wie

zahlreiche andere Substanzen (Flecainid, Lithium, Cannabis) die präexistenten Brugada-assoziierten Veränderungen aggravieren und zu lebensbedrohlichen Rhythmusstörungen führen.

Propofol-Infusions-Syndrom. Eine seltene Komplikation mit allerdings hoher Letalität stellt das Propofol-Infusions-Syndrom (PRIS) dar. Die Leitsymptome dieses lebensbedrohlichen Krankheitsbildes sind: Rhythmusstörungen, Rhabdomyolyse mit massiver Erhöhung der Gesamt-CK sowie Brugada-ähnliche EKG-Veränderungen [31]. Diese Reaktion kann bereits wenige Minuten nach erstmaliger Verabreichung von Propofol auftreten und ist in ihrem Auftreten nicht vorhersehbar. Es scheint aber eine gewisse Korrelation mit der Infusionsdauer und der applizierten Dosis zu bestehen [44]. Essenziell sind die Kenntnis des Krankheitsbildes, das sofortige Beenden der Medikation und die intensivmedizinische Betreuung der Patienten.

Darüber hinaus stellen Allergien gegen Hühner- und Sojaprotein sowie Haselnüsse Kontraindikationen dar. Propofol sollte ebenfalls nicht in der Schwangerschaft oder Stillzeit angewendet werden. Recht häufig beobachtet werden unwillkürliche motorische Aktionen der Patienten (v. a. der Arme und Beine), diese sind häufig durch eine Vertiefung der Sedierung zu durchbrechen. Die Patienten berichten gehäuft von sehr intensiven Träumen während der Sedierung – aufgrund der durch Propofol ausgelösten Freisetzung von Histaminen. Diese bewirken auch anfänglich eine gewisse Euphorisierung, die ihrerseits das Abhängigkeitspotenzial der Substanz erklärt. Aufgrund der geringen therapeutischen Breite des Medikaments ist eine Propofol-Abhängigkeit häufig mit letalen Folgen verbunden („Michael Jackson-Phänomen“) [32, 33].

Sicherheit bei der Verwendung von Propofol. Insgesamt muss die Anwendung von Propofol mit der Häufigkeit seiner Nebenwirkungen, der therapeutischen Breite sowie dem Wirkungsbeginn und -ende als sehr risikoarm eingeschätzt werden. Zwingende Voraussetzung ist

die Möglichkeit zur Behandlung von Komplikationen wie der Atemdepression. Eine Veröffentlichung von Kottkamp et al. konnte zeigen, dass bei 650 konsekutiven Ablationsprozeduren bei Vorhofflimmern das Propofol ohne relevante Zwischenfälle eingesetzt werden konnte [12]. Um die potenziellen Nebenwirkungen erfassen zu können, ist eine kontinuierliche Erfassung der transkutanen Sauerstoffsättigung sowie des Blutdrucks zu gewährleisten.

„Nurse-administered propofol sedation“. Eine zu erläuternde Begrifflichkeit im Kontext mit der Verwendung von Propofol ist die sog. NAPS („nurse-administered propofol sedation“). Hierunter versteht man, dass der Arzt in die Administration (Perfusor/Infusomat etc.) der Propofol-Sedierung entsprechend qualifizierte Pflegekräfte mit einbezieht. Dabei liegen die medizinische Verantwortung, insbesondere die rechtfertigende Indikationsstellung, die Dosis und Dauer der Anwendung für die Maßnahme ausschließlich beim Arzt.

Etomidate

Etomidate zählt ebenfalls zu den Hypnotika und erreicht bei den Patienten ausschließlich eine schlafinduzierende, aber keinerlei analgetische Wirkung. Diese wird wie bei den anderen vorgestellten Substanzen über GABA-Rezeptoren vermittelt. Der Wirkungseintritt ist meist noch schneller als beim Propofol – die Patienten schlafen meist nach ca. 10–30 s (nach einem tiefen Gähnen). Nebenwirkungen wie die Kreislaufsuppression oder die allergene Wirkung sind nicht zu erwarten; allerdings ist eine postinterventionelle Übelkeit oder Erbrechen recht häufig (PONV). Etomidate wird in der Elektrophysiologie häufig noch dann eingesetzt, wenn eine schnell eintretende Narkose notwendig wird – z. B. vor Kardioversion einer induzierten VT, bei der Testung der Defibrillationsschwelle nach ICD-Implantation oder zur Durchführung einer elektiven elektrischen Kardioversion bei Vorhofflimmern oder -flattern. Die Dosierung beträgt meist 0,1–0,2 mg/kgKG.

Analgetika

Fentanyl

Fentanyl zählt zu den Opioiden, also synthetischen Morphinderivaten. Im Vergleich zum Morphin wirkt Fentanyl etwa 100-fach stärker analgetisch. Elementar sind hier die Kenntnisse der Pharmakokinetik: Fentanyl wirkt über Bindung an speziellen Opiatrezeptoren im Gehirn und Rückenmark, Wirkungseintritt ist zwar nach etwa 20 s, das Wirkmaximum wird allerdings erst nach etwa 6 min erreicht. Dies hat die klinische Implikation, dass Fentanyl nicht erst unmittelbar vor einer potenziell schmerzhaften Prozedur (z. B. einer Ablation) gegeben werden sollte, sondern bereits einige Minuten zuvor. Die analgetische Wirkung hält ca. 30 min lang an, sodass sich eine wiederholte Bolusgabe als Applikationsform zur Aufrechterhaltung eines gleichmäßigen analgetischen Effekts bewährt hat. Dabei wird zumeist in 0,025 mg (25 µg) Schritten gearbeitet. Typischerweise wird ein erwachsener Patient während einer Ablationsbehandlung so 0,05–0,1 mg (50–100 µg) fraktioniert erhalten. Hier gilt wieder: Dosisreduktion bei älteren Patienten; wichtigste Nebenwirkung die atemdepressorische Wirkung von Fentanyl. Zudem können die opiattypische Übelkeit mit Erbrechen sowie eine Obstipation resultieren.

Remifentanyl

Ein ebenfalls synthetisch gewonnenes Opioid, welches sich durch seine sehr kurze Halbwertszeit von nur wenigen Minuten auszeichnet. Der Abbau erfolgt durch unspezifische Esterasen im Gewebe wie auch im Blut und dies unabhängig von Nieren- bzw. Leberfunktion. Somit ist die Möglichkeit einer Kumulation des Wirkspiegels faktisch nicht gegeben. Da es mit Remifentanyl insbesondere durch Bolusgaben zu einer plötzlich auftretenden Atemdepression kommen kann, ist als Applikationsform ausschließlich die kontinuierliche Gabe mittels Perfusor empfohlen.

Ketamin

Ketamin ist ein Allgemeinanästhetikum mit ausgeprägter analgetischer Wirkung und sehr raschem Wirkungseintritt.

Nach einem i.v.-Bolus wirkt Ketamin innerhalb weniger als 1 min mit einer Wirkdauer von nur 10–15 min. Daher wird es für Eingriffe mit Notwendigkeit einer kurzen Narkose und gleichzeitig gewünschter Analgesie eingesetzt. Dies aber vorwiegend in der pädiatrischen Elektrophysiologie, da das Medikament nur eine marginal ausgeprägt atemdepressorische Wirkung entfaltet. Eine weitere erwünschte Eigenschaft ist, dass die analgetische Wirkung die narkotische zeitlich übersteigt. Insgesamt wirkt es sympathikoton, d. h. es kommt zu einem Anstieg von Blutdruck und Herzfrequenz bei zudem gesteigertem Atemminutenvolumen. Aufgrund der potenziellen Gefahr einer myokardialen Ischämie ist es für Patienten mit struktureller Herzkrankung, insbesondere bekannter KHK nicht zu empfehlen. Mit 10–30 % treten Halluzinationen und Alpträume auf, sodass meist eine Komedikation mit Midazolam notwendig ist [34].

Häufige pharmakologische Kombinationstherapien

Im klinischen Alltag werden die oben genannten Substanzgruppen nur selten als Monotherapie angewendet. Ausnahme ist der Einsatz von Benzodiazepinen mit dem ausschließlichen Zweck einer Anxiolyse bei wenig schmerzhaften Eingriffen (wie z. B. einer Schrittmacherimplantation). Gängige Wirkstoffkombinationen sind Midazolam und Fentanyl für kurz dauernde Eingriffe (EPU mit Ablation bei SVT) oder Midazolam und Etomidate für eine Kurznarkose (bei elektrischer Kardioversion oder ICD-Testung). Auch länger dauernde Eingriffe (wie Vorhofflimmer- oder VT-Ablationen) können mit diesen Substanzen durchgeführt werden – insgesamt erscheint den Autoren hier aber bei Beachtung der notwendigen Sicherheitsmaßnahmen die Verwendung eines Hypnotikums sowohl für den Patienten als auch für den Untersucher der zu präferierende Ansatz zu sein. Hierfür bietet sich die Kombination aus Midazolam, Fentanyl und Propofol an. Im Sinne einer Prämedikation können z. B. 2–3 mg Midazolam und 0,025 mg Fentanyl gegeben sowie Propofol als Hypnotikum (Dauer-

infusion mit 5 mg/kgKG/h) verwendet werden. Durch diese Vorbehandlung können die sonst in der Propofol-Monotherapie notwendigen Dosierungen von 6–12 mg/kgKG/h und somit auch die Auftretenswahrscheinlichkeit Propofol-typischer Nebenwirkungen deutlich reduziert werden [35].

Cave. Wie bereits mehrfach betont sind die angegebenen Dosierungsempfehlungen als grobe Orientierung zu verstehen, die dem individuellen Patienten mit den jeweiligen Spezifikationen (Alter, BMI, Komorbiditäten) angepasst werden müssen. Im Zweifelsfall sind niedrigere Dosierungen zu wählen und bei nicht ausreichendem sedierendem Effekt zu steigern.

Potenzieller Nachteil pharmakologischer Kombinationstherapien ist das gehäufte Auftreten von Sättigungsabfällen im Vergleich zu Sedierungen mit der Monotherapie [36]. Diese sind jedoch bei adäquater Reaktion ohne klinische Relevanz. Die Möglichkeiten einer nasalen Sauerstoffgabe oder Absaugvorrichtungen müssen ebenso gegeben sein wie Routine im Umgang mit verschiedenen Atemwegshilfen (s. Abschnitt „Strukturqualität personelle/apparative Voraussetzungen“).

Einfluss der Begleiterkrankungen

Es wurde bereits auf verschiedene speziell zu beachtende Patientengruppen eingegangen. Dazu zählen ältere Patienten ebenso wie adipöse oder strukturell herzkrankte Patienten, v. a. diejenigen mit eingeschränkter LV-Funktion. Mitunter ist es bei der Verwendung von Propofol bei diesen Patienten notwendig, mit vasoaktiven Substanzen zu arbeiten, um der ausgelösten Vasodilatation zu begegnen. Mitunter ist es bei kritisch kranken Patienten aber auch notwendig, eine Intubationsnarkose zusammen mit einem Anästhesisten zu planen – bei absehbar kritischen Sedierungen ist eine geplante Eskalation der Sedierungsmaßnahmen einer notfallmäßigen Intubation vorzuziehen.

Strukturqualität: persönliche, personelle, apparative Voraussetzungen

Die Durchführung der Kardioanalgesiedierung muss von einem Team, bestehend aus adäquat geschultem ärztlichem und nichtärztlichem Personal, durchgeführt werden. Die prozedurale Sicherheit und der Komfort für den Patienten im Rahmen elektrophysiologischer Eingriffe stehen im Zentrum der Bestrebungen [12]. Der elektrophysiologische Eingriff und die Sedierung stellen dabei eigenständige medizinische Verfahren dar. Der Arzt, der den elektrophysiologischen Eingriff durchführt, übernimmt die Verantwortung für den korrekten Ablauf der gesamten Prozedur einschließlich der Sedierung. Observationsstudien mit großen Patientenzahlen belegen die Sicherheit und Durchführbarkeit des Konzepts der Pflegepersonal-assistierten, ärztlich überwachten Sedierung im Rahmen von elektrophysiologischen Eingriffen [5, 13, 37–39].

Persönliche Voraussetzungen

Der verantwortliche Arzt muss Erfahrung in der Behandlung von Notfällen und in der internistischen Intensiv- und Notfallmedizin haben. Zur Erlangung dieser Fähigkeit sind 6 Monate Weiterbildung auf einer internistischen oder internistisch-interdisziplinären Intensivstation abzuleisten. Facharztstandard (Kardiologie) und fundierte Kenntnisse in der Behandlung kardiologischer und internistischer Krankheitsbilder sind erforderlich. Er muss Erfahrung in der Anwendung von Sedativa und Analgetika haben. Im Notfall oder bei Beeinträchtigungen der Atem- und/oder Kreislauffunktion sollte ein zweiter Arzt umgehend verfügbar sein, der die Steuerung der Analgesiedierung übernehmen kann. Alle an der Sedierung beteiligten Personen müssen spezielle Kenntnisse in Theorie und Praxis im Komplikationsmanagement von akuten respiratorischen und kreislaufrelevanten Komplikationen aufweisen (s. Abschnitt „Personelle Voraussetzungen“). Der verantwortliche Arzt soll im Management zu erwartender Komplikationen ein-

schließlich der kardiopulmonalen Reanimation, des Freimachens/Freihaltens eines durchgängigen Luftwegs, der Intubation und der manuellen Beatmung speziell geschult sein und diese Techniken beherrschen.

Ausbildungsvoraussetzungen

Ein allgemeingültiges Ausbildungscurriculum für die Durchführung von Sedierungen im Rahmen elektrophysiologischer Eingriffe existiert bisher nicht.

Personelle Voraussetzungen

Zur Durchführung von Sedierungen im Rahmen elektrophysiologischer Eingriffe müssen ein qualifizierter Arzt und eine geschulte Pflegekraft im Untersuchungsraum kontinuierlich anwesend sein. Ein zweiter geschulter Arzt muss bei Notfallsituationen sofort verfügbar sein. Eine Katheterablation erfordert in der Regel die Beteiligung von 2 Ärzten [40]. Aggregatimplantationen werden von einem Operateur durchgeführt. Es wird empfohlen, dass das gesamte Behandlungsteam an der jährlichen Reanimationsübung teilnimmt. Ein institutionsspezifisches Fortbildungscurriculum für die Durchführung von Sedierungen sollte in regelmäßigen Abständen für das Team angeboten werden.

Apparative Ausstattung

Im Untersuchungsraum müssen sämtliche Medikamente und technische Ausrüstungen zur Durchführung von Wiederbelebungsmaßnahmen und kontrollierter Beatmung entsprechend dem ACLS-Protokoll zur Verfügung stehen [41]. Zudem müssen notfallmedizinischen Geräte zur akuten intensivmedizinischen Versorgung in Notfallsituationen vorhanden oder rasch verfügbar sein [20]. Es ist erforderlich, eine durchgehende Überwachung der Vitalparameter (Untersuchungs-, Monitoringraum) zu gewährleisten. Die nachfolgenden apparativen Voraussetzungen müssen erfüllt werden:

- Monitoring-Raum:

- Monitoring von Blutdruck und Herzrhythmus und Sauerstoffsättigung,
- Notfallwagen mit Medikamenten und Intubationsbesteck,
- Beatmungsgerät, Anschlüsse und Absaugung;
- unmittelbare Verfügbarkeit:
 - Echokardiographie,
 - Blutgasanalysegerät.

Prozessqualität: Aufklärung, Durchführung und Zwischenfallmanagement

Die Rechtsprechung zur Patientenaufklärung ist äußerst komplex. Als Vorlage für die hier gemachten Ausführungen wurden die Leitlinie „Sedierung in der gastrointestinalen Endoskopie“ aus dem Jahr 2008 und deren Update aus dem Jahr 2014 herangezogen [3, 10]. Es werden Anpassungen an den Ablauf und die speziellen Voraussetzungen während elektrophysiologischer Maßnahmen gemacht.

Generell sollte berücksichtigt werden, dass eine für eine Maßnahme notwendige Einwilligung des Patienten nur nach entsprechender, ärztlicher, hinreichender Aufklärung wirksam ist und die Aufklärung nur in einem ärztlichen Gespräch erfolgen kann. Somit ist die Aufklärung eine nicht delegierbare ärztliche Tätigkeit. Zusammenfassend sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Die Sedierung während eines elektrophysiologischen Eingriffs stellt eine aufklärungspflichtige Maßnahme dar.
- Die Aufklärung sollte, falls möglich, zusammen mit der Aufklärung über den elektrophysiologischen Eingriff erfolgen. Dieses ist ärztliche Tätigkeit.
- Die Aufklärung über die Sedierung sollte neben dem generellen Ablauf und Wirkungen der sedierenden Medikamente auch mögliche Alternativen sowie Konsequenzen und Komplikationen beinhalten.
- Wird für einen elektrophysiologischen Eingriff eine Intubationsnarkose geplant, so erfolgt die Aufklärung durch einen Anästhesisten.

Aufklärung und Einwilligung

Die Aufklärung sowie Patienteneinwilligung beinhaltet viele rechtliche, medizinische und medizinethische Aspekte, die vom Arzt berücksichtigt werden müssen. Die Aufklärung stellt somit einen entscheidenden Schritt der ärztlichen Tätigkeit vor jeglicher Art von Eingriffen dar. Die Aufklärung des Patienten muss durch einen Arzt erfolgen. Basierend auf der ständigen Rechtsprechung des Bundesgerichtshofes (BGHSt 35), stellt jeder ärztliche Heileingriff den Tatbestand einer Körperverletzung im Sinne des § 223 ff. StGB sowie § 823 I BGB dar. Als Eingriffe werden sowohl therapeutische wie auch diagnostische ärztliche Maßnahmen inklusive der Verabreichung von Medikamenten bewertet [3, 10, 42].

Entscheidend erscheint, dass nicht nur die durchgeführte elektrophysiologische Prozedur aufklärungspflichtig ist, sondern auch eine geplante oder absehbare Verabreichung sedierender Medikamente einer Aufklärung bedarf. Somit sollte eine dezidierte Aufklärung über eine Sedierung vor diesen Eingriffen (die geplant eine Sedierung beinhalten oder bei denen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Sedierung erfolgt) durchgeführt werden. Auch bei dieser Aufklärung sind das Selbstbestimmungsrecht und die Entscheidungsfreiheit des Patienten zu berücksichtigen [42].

Zur adäquaten Patientenaufklärung gehört, wie auch die Aufklärung über die geplante elektrophysiologische Prozedur, die Aufklärung über während eines elektrophysiologischen Eingriffs geplante sedierende Maßnahmen und deren mögliche Komplikationen. Generell sollten eine Aufklärung und Einwilligung über eine Sedierung vor jedem elektrophysiologischen Eingriff, bei dem sedierende Medikamente absehbar verabreicht werden sollen, erfolgen. Ziel der Aufklärung ist hierbei, patientenzentriert und verständlich Informationen über die Vorbereitung der Sedierung, verschiedene Sedierungsmethoden und deren mögliche Komplikationen in einem persönlichen Aufklärungsgespräch zu vermitteln. Relevant ist, dass zivilrechtlich gesehen die Beweispflicht über

die ordnungsgemäße Durchführung der Aufklärung, basierend auf einer schriftlichen Dokumentation, beim Arzt liegt.

In Anbetracht der zunehmenden Bedeutung der Aufklärung plant die Deutsche Gesellschaft für Kardiologie (DGK), einen separaten Aufklärungsbogens für Kardioanalgesiedierung im Rahmen elektrophysiologischer Eingriffe einzuführen. Bis zur Veröffentlichung dieses Aufklärungsbogens soll die Aufklärung über die sedierende Maßnahme separat dokumentiert werden.

Die Aufklärung über die Sedierung sollte im Rahmen der Aufklärung über die elektrophysiologische Prozedur erfolgen. Die Aufklärung sollte auch erfolgen, wenn der Patient bereits früher über Eingriffe in Sedierung aufgeklärt wurde und auch dann, wenn der Patient angibt, gut informiert zu sein. Eventuell kann die Aufklärung dann an den Wissensstand des Patienten angepasst werden, allerdings können viele Patienten ihr eigenes Wissensniveau diesbezüglich schlecht einschätzen, oder es können bestimmte Aspekte der Aufklärung vergessen worden oder missverstanden geblieben sein.

Zusammenfassend ist die Sedierung im Rahmen eines elektrophysiologischen Eingriffs aufklärungspflichtig. Die Aufklärung kann/soll im Rahmen des Aufklärungsgesprächs über den bevorstehenden Eingriff erfolgen, wobei auf spezifische Aspekte der Sedierung im konkreten Fall eingegangen werden soll.

Sicherung vitaler Funktionen

Relevante Zwischenfälle, die auf die Sedierung während einer elektrophysiologischen Prozedur zurückzuführen sind, sind selten, insbesondere dann, wenn frühzeitig auf eine Hypotonie oder eine Hypoxie reagiert werden kann. Als mögliche Komplikationen der Gabe sedierender Medikamente können Hypoxie, Herzrhythmusstörungen, Hypotonien, aber auch allergische Reaktionen oder Injektionsschmerzen beobachtet werden.

Beim Auftreten relevanter Komplikationen sollte geprüft werden, ob diese transient durch die Sedierung oder aber auch kausal mit der durchgeführten elektrophysiologischen Prozedur (z. B.

Tamponade, Perikarderguss, zerebrale Ischämie, Koronarembolie etc.) assoziiert sind.

Grundvoraussetzung für die Administration sedierend wirkender Medikamente ist ein venöser Zugang. Dieser sollte nach Möglichkeit großlumig sein und nicht in der Nähe des Operations- oder Punktionsbereiches liegen. In den allermeisten Fällen ist eine Venenverweilkanüle am Arm (kontralateral zur Implantationsseite bei Schrittmacher- und ICD-Implantationen) ausreichend, evtl. kann auch auf die venösen Schleusen bei elektrophysiologischen Prozeduren zurückgegriffen werden.

Bei Zwischenfällen unter Sedierung muss in bedrohlichen Fällen eine kardiopulmonale Reanimation eingeleitet werden. Hierzu müssen Handlungsabläufe und Reaktionsmuster allen Beteiligten bekannt sein. Hier ist repetitives Training in der Übungssituation hilfreich.

Hypoxie

Eine Hypoxie liegt bei einem Abfall der peripher gemessenen Sauerstoffsättigung (Pulsoxymetrie) $<90\%$ vor. Aufgrund der relativen Häufigkeit dieser unerwünschten Wirkung, die auch mit dem kontinuierlichen Übergang der Tiefe der Sedierung assoziiert ist, muss bei jeder Applikation sedierender Medikamente eine funktionierende Pulsoxymetrie erfolgen. Generell erscheint das Risiko bei der Gabe von Propofol höher als bei der Gabe von Benzodiazepinen/Analgetika und ist abhängig von der Dosierung. Ältere Patienten zeigen häufiger eine Hypoxie als jüngere [3, 10]. Von der milden Hypoxie (SO_2 zwischen 80 und 90 %) sollte die schwere Hypoxie ($SO_2 < 80\%$) abgegrenzt werden, da hier schneller und intensiver gehandelt werden muss.

Eine prophylaktische Sauerstoffgabe via Nasensonde ist in vielen Zentren als Standard etabliert, auch wenn hierdurch die frühzeitige Detektion einer Hypoxie verzögert werden kann [3, 10].

Mögliche Gegenmaßnahmen bei detektierter Hypoxie können sein: Anregung der Atmung durch audio- oder taktile Reize, Esmarch-Handgriff zur Verbesserung der Mundatmung, Einlegen eines Guedel- oder Wendel-Tubus, Erhöhung des Sauerstoffflusses, Pausie-

ren der Gabe der Sedativa oder auch Gabe des Benzodiazepin-Antagonisten Flumazenil oder bei Opiatgabe Naloxon, aber auch bei fehlendem Einsetzen der Spontanatmung kurzfristige Maskenbeatmung. In Einzelfällen können auch die Sicherung der Atemwege und invasive Beatmung nach Intubation notwendig werden.

Dementsprechend sollte eine Sedierung nur dort durchgeführt werden, wo die instrumentellen und organisatorischen Voraussetzungen für diese Gegenmaßnahmen vorhanden sind.

Hypotonie

Eine arterielle Hypotension (Blutdruck systolisch <90 mm Hg) tritt häufiger bei älteren und komplex kardial erkrankten Patienten auf. Im Rahmen elektrophysiologischer Eingriffe sollte eine nichtinvasive Blutdruckmessung (größenangepasste Blutdruckmanschette) im Intervall von mindestens 2–5 min erfolgen. Alternativ kann auch ein invasives kontinuierliches Blutdruckmonitoring über einen arteriellen Zugang erfolgen. Generell ist auch die Kinetik der Blutdruckveränderung während eines Eingriffes relevant, insbesondere ein akuter Blutdruckabfall sollte zur Evaluation möglicher akuter Komplikationen führen.

Die Hypotonie erscheint häufiger bei der Gabe von Propofol im Vergleich zu Benzodiazepinen/Analgetika aufzutreten und ist dosisabhängig.

Mögliche Gegenmaßnahmen bei Auftreten einer Hypoxie können sein: Infusion kristalloider Lösungen oder auch bei Persistenz die Gabe vasoaktiver Substanzen. Aufgrund der blutdrucksenkenden Eigenschaft von Propofol ist nach Meinung der Autoren je nach linksventrikulärer Funktion bei längerer Administration auch eine prophylaktische Gabe kristalloider Lösungen zu erwägen.

Herzrhythmusstörungen

Eine Sedierung reduziert die Variabilität der Herzfrequenz, hierdurch kann eine vagale Reaktion unter Sedierung länger anhalten oder intensiver sein. Prinzipiell können unter Sedierung sowohl tachykarde als auch bradykarde Herzrhythmusstörungen auftreten, die therapiert werden müssen. Somit muss

bei der Gabe sedierender Medikamente ein kontinuierliches Monitoring der Herzfrequenz sowie die Möglichkeit einer medikamentösen Intervention (Antiarrhythmika, Atropin, Adrenalin) und Defibrillation vorhanden sein.

Sollte es zu relevanten Herzrhythmusstörungen kommen, so müssen frühzeitig Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Hier kann natürlich das gesamte Spektrum der invasiven Elektrophysiologie (z. B. Stimulationsmanöver) genutzt werden.

Bei Bradykardien kann selten die Gabe von Atropin (0,5 mg i. v., wiederholt bis zu 3 mg) und/oder Adrenalin (0,02–0,1 mg i. v.) notwendig sein.

Andere sedierungsassoziierte Zwischenfälle

Selten können durch die Gabe von Propofol Injektionsschmerzen auftreten. Zusätzlich können selten allergische Reaktionen auftreten. Insbesondere ist hier das Vorhandensein einer Kreuzreagibilität von Propofol- und echten Nussallergien (nicht Erdnüsse) zu berücksichtigen.

Sowohl Benzodiazepine als auch Propofol können einen „Narkoseüberhang“ insbesondere nach längerer Dauergabe als Folge haben. In diesen Fällen können auch Symptome ähnlich einer zerebralen Ischämie (Sprachstörungen, Bewegungsstörungen) auftreten, die von einem „echten“ zerebralen Ereignis abzugrenzen sind.

Management durch ausgebildetes Personal und elektrophysiologische Ärzte

Die in der Literatur beschriebenen Erfahrungen mit der Sedierung während elektrophysiologischer Eingriffe inklusive der Schrittmacher- und ICD-Operation erfolgten unter Supervision von kardiologischen Fachärzten/Elektrophysiologen. In diesen Publikationen, wenn spezifiziert, erfolgte die Administration der Sedierung durch qualifiziertes Pflegepersonal oder nichtanästhesiologische Ärzte.

Zusammenfassend sollte die Aufklärung über die Sedierung während eines elektrophysiologischen Eingriffs zusammen mit der Aufklärung über diesen Eingriff erfolgen. Die Dokumentation der

Aufklärung muss entweder auf einem eigens dafür vorgesehenen Aufklärungsbogen oder kann als Zusatz in der Aufklärung über die elektrophysiologische Prozedur explizit erfolgen. Eine Aufklärung kann nur im persönlichen Gespräch zwischen Arzt und Patient rechtskräftig durchgeführt werden. Das Aufklärungsgespräch sollte Informationen über die Sedierung, unterschiedliche Methoden der Sedierung, deren Notwendigkeit sowie spezifische Risiken und evtl. Alternativen zur Sedierung umfassen. Für die Durchführung einer Sedierung sollte ein Monitoring in Bezug auf spezifische Risiken wie Hypoxie (kontinuierliche Pulsoxymetrie), Hypotonie (intermittierende nichtinvasive Blutdruckmessung) sowie Herzrhythmusstörungen (EKG- bzw. Herzfrequenzmonitoring) durchgeführt werden.

Qualitätssicherung

In einer Umfrage deutscher Ablationszentren werden komplexe Ablationen ganz überwiegend unter Sedierung durchgeführt, und nur selten wird eine Allgemeinanästhesie (6 %) durchgeführt [2]. Die interne und auch externe Qualitätskontrolle erscheint für die Etablierung von Standards und deren Überprüfung essenziell. Die Entwicklung dieser Standards sowie deren Einhaltung sollen zur Optimierung der Patientenversorgung und Verbesserung der Ergebnisqualität beitragen. Eine strukturierte Dokumentation des Ablaufs der Sedierung ist Bestandteil des Qualitätssicherungsprozesses und sollte während der gesamten Sedierung durchgeführt werden.

Für die Sedierung im Rahmen elektrophysiologischer Eingriffe/Maßnahmen sollten die Abläufe fixiert werden. Zu dokumentieren sind neben dem Ablauf die Überwachung der Vitalparameter des Patienten während und nach der Sedierung, Entlasskriterien in den allgemeinstationären oder auch ambulanten Bereich, Komplikationsmanagement sowie die Zuständigkeiten für diese Schritte. Zu den zu dokumentierenden Faktoren während der Sedierung zählen Sauerstoffsättigung und Blutdruck sowie das Auftreten jeglicher Komplika-

kationen und deren Management. Eine stichpunktartige Abfrage für das Komplikationsmanagement relevanter Faktoren sollte vor der Einleitung der Sedierung erfolgen und dokumentiert werden.

Entlassungskriterien

Bei der Entlassung des Patienten sind die Entlassung nach Hause nach ambulanten Eingriffen sowie auch die Entlassung aus dem Herzkatheterlabor/OP in den allgemeinstationären Bereich zu unterscheiden. Für die Evaluation der Entlassbarkeit sollten Minimalkriterien erfüllt sein (s. unten), diese unterscheiden sich für die ambulante und allgemeinstationäre Entlassung. Die Evaluation sollte zumindest für den ambulanten Bereich anhand eines Entlassungsbogens erfolgen.

Patienten nach erfolgter Sedierung sollten nur in Begleitung eines Erwachsenen in den ambulanten Bereich (nach Hause) entlassen werden. Der Patient sollte schriftliche Instruktionen für das Verhalten innerhalb der ersten 24 h nach Sedierung und eine Notfalltelefonnummer zur Kontaktaufnahme beim Auftreten von Komplikationen erhalten. Bei der ambulanten Entlassung sollten die Patienten nach erfolgter Sedierung folgende Minimalkriterien erfüllen [3, 10, 20]:

- stabile Vitalparameter für mindestens 1 h nach Beendigung der Sedierung,
- wach,
- Orientiertheit zu Ort, Zeit und Person,
- weitgehend komplette Schmerzfreiheit,
- Fähigkeit, sich selbst anzukleiden und eigenständig zu laufen (wie vor der Sedierung),
- Entlassung in Begleitung eines verantwortlichen Erwachsenen,
- Erhalt schriftlicher und mündlicher Anweisungen bezüglich Nahrungsaufnahme, Aktivitäten, Medikation, Teilnahme am Straßenverkehr, Urteilsvermögen, Erkennen von Komplikationen, Notfallnummer.

Die Verlegung im stationären Bereich kann auf eine Überwachungsstation oder eine Allgemeinstation erfolgen. In diesen Fällen sollte eine mündliche Übergabe

durch das Assistenzpersonal zum Pflegepersonal der jeweiligen Station erfolgen, in dem über den Verlauf der Sedierung sowie mögliche Auffälligkeiten und Besonderheiten informiert wird. Die Verlegung auf eine Intensivstation sollte in Arztbegleitung erfolgen.

Minimalkriterien für die Entlassung in den allgemeinstationären Bereich sind [3, 10, 20]:

- Bewusstseinslage wach oder wie vor Sedierung,
- Schutzreflexe vorhanden oder wie vor Sedierung,
- Spontanatmung ohne Therapie ausreichend oder wie vor Sedierung,
- Kreislauf stabil ohne Therapie oder wie vor Sedierung.

Die Erfüllung dieser Kriterien sollte dokumentiert werden.

Dokumentation

Eine strukturierte Dokumentation des Ablaufs der Sedierung ist ein essenzieller Teil des Qualitätsprozesses und sollte während jeder Maßnahme, die wiederholte oder dauerhafte Gabe sedierender Medikamente beinhaltet, erfolgen. Das Dokumentationsblatt sollte eine zeitabhängige Dokumentation der Vitalparameter (Sauerstoffsättigung, Herzfrequenz, Blutdruck), der verwendeten Medikamente mit Namen und Dosis, i. v.-Flüssigkeitsgabe, Sauerstoffgabe (ob, in welcher Flussrate) sowie relevante Komplikationen (z. B. Defibrillation, Reanimation) enthalten. Es sollten Name des supervidierenden Arztes und des Assistenzpersonals vermerkt sein. Die Verwendung von vorgefertigten Dokumentationsformblättern wird empfohlen.

Mit der Sedierung assoziierte Komplikationen sollten ebenfalls in diesem Formblatt dokumentiert werden. Die Dokumentation stellt einen wesentlichen Bestandteil für die korrekte Durchführung einer Sedierung und ihrer Überwachung dar. Zu dokumentieren sind ebenfalls neben der Einschätzung des Patienten vor der Einleitung der Sedierung Aufklärung des Patienten, periprozedurales und postprozedurales Monitoring sowie der Status bei

Entlassung des Patienten in den allgemeinstationären Bereich oder aus dem ambulanten Bereich.

Ziele/Indikatoren einer guten Sedierung/Benchmarking

Besprechungen im Team über die Sedierung inklusive regelmäßiger Morbiditäts- und Mortalitätsbesprechungen sollten durchgeführt werden, um in regelmäßigen Abständen die Prozesse zu optimieren sowie die Qualität der Sedierung zu hinterfragen und zu optimieren.

Ziel der guten Sedierung ist, unter optimaler Sicherheit für den Patienten die elektrophysiologische Prozedur zu unterstützen, ohne diese in negativer Weise (z. B. Nicht-Induzierbarkeit möglicher Arrhythmien während der elektrophysiologischen Untersuchung) zu beeinflussen. Hier sind insbesondere der Patientenkomfort und die -akzeptanz entscheidend, und es muss ein individuelles Abwägen der Vor- und Nachteile einer Prozedur unter Analgosedierung oder anderer Sedierungskonzepte und -tiefen erfolgen.

Eine gute Sedierung hat keinen negativen Einfluss, kann aber einen positiven Effekt auf die Ergebnisse der elektrophysiologischen Prozedur haben und nimmt dem Patienten potenziellen Stress und Schmerzen während der Prozedur.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. univ. R. R. Tilz
Medizinische Klinik II/Kardiologie, Angiologie, Intensivmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
Ratzeburger Allee 160, 23538 Lübeck, Deutschland
tilz6@hotmail.com

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. R.R. Tilz, K.R.J. Chun, T. Deneke, C. Piorkowski, P. Sommer, C. Stellbrink und D. Steven geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht. M. Kelm gibt Berater- bzw. Gutachterstätigkeiten bei Bayer AG an, außerdem erhielt er finanzielle Zuwendungen (Drittmittel) für Forschungsvorhaben (Philips – Med.In.NRW Herzklappeninitiative, Medtronic, Edwards, Bayer).

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Sairaku A, Yoshida Y, Hirayama H, Nakano Y, Kondo N, Kihara Y (2014) Don't move during ablation of atrial fibrillation! *Int J Cardiol* 171:78–81
2. Neuberger HR, Tilz RR, Bonnemeier H et al (2013) A survey of German centres performing invasive electrophysiology: structure, procedures, and training positions. *Europace* 15:1741–1746
3. Riphaut A, Wehrmann T, Weber B et al (2008) S3-guidelines – sedation in gastrointestinal endoscopy. *Z Gastroenterol* 46:1298–1330
4. Toman H, Erkilinc A, Kocak T et al (2016) Sedation for transesophageal echocardiography: comparison of propofol, midazolam and midazolam-alfentanil combination. *Med Glas (Zenica)* 13:18–24
5. Conway A, Rolley J, Page K, Fulbrook P (2013) Clinical practice guidelines for nurse-administered procedural sedation and analgesia in the cardiac catheterization laboratory: a modified Delphi study. *J Adv Nurs* 70:1040–1053
6. Schächinger V, Nef H, Achenbach S et al (2015) Leitlinie zum Einrichten und Betreiben von Herzkatheterlaboren und Hybridoperationssälen/ Hybridlaboren. *Kardiologe* 9:89–123
7. Ronan KP, Gallagher TJ, George B, Hamby B (1995) Comparison of propofol and midazolam for sedation in intensive care unit patients. *Crit Care Med* 23:286–293
8. Ichihara N, Miyazaki S, Taniguchi H et al (2015) Simple minimal sedation for catheter ablation of atrial fibrillation. *Circ J* 79:346–350
9. Heuss LT, Drewe J, Schnieper P, Tapparelli CB, Pflimlin E, Beglinger C (2004) Patient-controlled versus nurse-administered sedation with propofol during colonoscopy. A prospective randomized trial. *Am J Gastroenterol* 99:511–518
10. Riphaut A, Geist F, Wehrmann T (2013) Endoscopic sedation and monitoring practice in Germany: re-evaluation from the first nationwide survey 3 years after the implementation of an evidence and consent based national guideline. *Z Gastroenterol* 51:1082–1088
11. Patterson KW, Casey PB, Murray JP, O'Boyle CA, Cunningham AJ (1991) Propofol sedation for outpatient upper gastrointestinal endoscopy: comparison with midazolam. *Br J Anaesth* 67:108–111
12. Kottkamp H, Hindricks G, Eitel C et al (2011) Deep sedation for catheter ablation of atrial fibrillation: a prospective study in 650 consecutive patients. *J Cardiovasc Electrophysiol* 22:1339–1343
13. Salukhe TV, Willems S, Drewitz I et al (2012) Propofol sedation administered by cardiologists without assisted ventilation for long cardiac interventions: an assessment of 1000 consecutive patients undergoing atrial fibrillation ablation. *Europace* 14:325–330
14. Tilz RR, Rillig A, Thum AM et al (2012) Catheter ablation of long-standing persistent atrial fibrillation: 5-year outcomes of the hamburg sequential ablation strategy. *J Am Coll Cardiol* 60:1921–1929
15. Barrientos-Vega R, Sánchez-Soria MM, Morales-García C, Cuenca-Boy R, Castellano-Hernández M (2001) Pharmacoeconomic assessment of propofol 2 % used for prolonged sedation. *Crit Care Med* 29:317–322
16. Burjorjee JE, Milne B (2002) Propofol for electrical storm; a case report of cardioversion and

- suppression of ventricular tachycardia by propofol. *Can J Anaesth* 49:973–977
17. Yamagishi A, Hamada I, Takahata O, Nagashima M, Fujimoto K, Iwasaki H (2003) Suppression of frequent ventricular fibrillation attacks after induction of anesthesia with fentanyl, sevoflurane and propofol: a case report. *Masui* 52:750–752
 18. Di Biase L, Conti S, Mohanty P et al (2011) General anesthesia reduces the prevalence of pulmonary vein reconnection during repeat ablation when compared with conscious sedation: results from a randomized study. *Heart Rhythm* 8:368–372
 19. Cappato R, Calkins H, Chen SA et al (2005) Worldwide survey on the methods, efficacy, and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation. *Circulation* 111:1100–1105
 20. American Society of Anesthesiologists Task Force on Sedation and Analgesia by Non-Anesthesiologists (2002) Practice guidelines for sedation and analgesia by non-anesthesiologists. *Anesthesiology* 96:1004–1017
 21. Reves JG, Fragen RJ, Vinik HR, Greenblatt DJ (1985) Midazolam: pharmacology and uses. *Anesthesiology* 62:310–324
 22. Ginsberg GG, Lewis JH, Gallagher JE et al (1992) Diazepam versus midazolam for colonoscopy: a prospective evaluation of predicted versus actual dosing requirements. *Gastrointest Endosc* 38:651–656
 23. Donnelly MB, Scott WAC, Daly DS (1994) Sedation for upper gastrointestinal endoscopy: a comparison of alfentanil-midazolam and meperidine-diazepam. *Can J Anaesth* 41(12):1161–1165. doi:10.1007/bf03020654
 24. Zakko SF, Seifert HA, Gross JB (1999) A comparison of midazolam and diazepam for conscious sedation during colonoscopy in a prospective double-blind study. *Gastrointest Endosc* 49:684–689
 25. Pandharipande P, Shintani A, Peterson J et al (2006) Lorazepam is an independent risk factor for transitioning to delirium in intensive care unit patients. *Anesthesiology* 104:21–26
 26. Terruzzi V, Meucci G, Radaelli F, Terreni N, Minoli G (2001) Routine versus “on demand” sedation and analgesia for colonoscopy: a prospective randomized controlled trial. *Gastrointest Endosc* 54:169–174
 27. Mora CT, Torjman M, White PF (1995) Sedative and ventilatory effects of midazolam infusion: effect of flumazenil reversal. *Can J Anaesth* 42:677–684
 28. Fanti L, Agostoni M, Gemma M et al (2011) Sedation and monitoring for gastrointestinal endoscopy: a nationwide web survey in Italy. *Dig Liver Dis* 43:726–730
 29. Jawaid Q, Presti ME, Neuschwander-Tetri BA, Burton FR (2002) Acute pancreatitis after single-dose exposure to propofol: a case report and review of literature. *Dig Dis Sci* 47:614–618
 30. Gottschling S, Larsen R, Meyer S, Graf N, Reinhard H (2005) Acute pancreatitis induced by short-term propofol administration. *Paediatr Anaesth* 15:1006–1008
 31. Fudickar A, Bein B, Tonner PH (2006) Propofol infusion syndrome in anaesthesia and intensive care medicine. *Curr Opin Anaesthesiol* 19:404–410
 32. Bonnet U (2011) Einschätzung des Abhängigkeitsrisikos von Propofol. *Fortschr Neurol Psychiatr* 79:442–452
 33. Bonnet U (2011) Unstillbares Verlangen nach einem Anästhetikum. *INFO Neurol Psychiatr* 13:40–43
 34. Green SM, Roback MG, Kennedy RM, Krauss B (2011) Clinical practice guideline for emergency department ketamine dissociative sedation: 2011 update. *Ann Emerg Med* 57:449–461
 35. Cohen LB, Dubovsky AN, Aisenberg J, Miller KM (2003) Propofol for endoscopic sedation: a protocol for safe and effective administration by the gastroenterologist. *Gastrointest Endosc* 58:725–732
 36. Moerman AT, Struys MM, Vereecke HE, Herregods LL, Vos MMD, Mortier EP (2004) Remifentanyl used to supplement propofol does not improve quality of sedation during spontaneous respiration. *J Clin Anesth* 16:237–243
 37. Bode K, Breithardt OA, Kreuzhuber M et al (2015) Patient discomfort following catheter ablation and rhythm device surgery. *Europace* 17:1129–1135
 38. Servatius H, Höfeler T, Hoffmann BA et al (2016) Propofol sedation administered by cardiologists for patients undergoing catheter ablation for ventricular tachycardia. *Europace* 18:1245–1251
 39. Wutzler A, Loehr L, Huemer M et al (2013) Deep sedation during catheter ablation for atrial fibrillation in elderly patients. *J Interv Card Electrophysiol* 38:115–121
 40. Kuck KH, Ernst S, Dorwarth U et al (2007) Guidelines for catheter ablation. *Clin Res Cardiol* 96:833–849
 41. Nolan JP, Soar J, Zideman DA et al (2010) European resuscitation council guidelines for resuscitation 2010 section 1. Executive summary. *Resuscitation* 81:1219–1276
 42. Parzeller M, Wenk M, Zedler B, Rothschild M (2007) Aufklärung und Einwilligung bei ärztlichen Eingriffen. *Dtsch Arztebl* 104:576–586
 44. Cravens GT, Packer DL, Johnson ME (2007) Incidence of propofol infusion syndrome during non-invasive radiofrequency ablation for atrial flutter or fibrillation. *Anesthesiology* 106(6):1134–1138. doi:10.1097/01.anes.0000265421.40477.a3

Nano-Pflaster misst über Langzeit Körperfunktionen

Japanische Ingenieure haben ein Elektronik-Pflaster entwickelt, das als Sensor für Health-Funktionen von Smartphones oder für telemedizinisches Monitoring infrage käme.

Ein Team um Takao Someya von der Universität Tokio stellt ein Nanopflaster vor, das hauchdünn und hautverträglich ist, sodass es über Wochen oder Monate getragen werden kann. „Nanomesh“ besteht aus einem Netzwerk von Filamenten mit einem Durchmesser von nur 300 bis 500 Nanometer. Zum Vergleich: Haare haben einen Durchmesser von 10.000 Nanometern. Die Filamente bestehen aus Polyvinylalkohol, das mit Gold bedampft ist. Das hauchdünne Pflaster haftet von selbst auf der Haut, wobei sich das Netzwerk der hauchdünnen Filamente eng der Oberfläche anschmiegt, einschließlich der feinen Rillen auf der Papillarleiste der Fingerkuppe.

Nanomesh am Finger aufgeklebt

Nach dem Auftragen des Pflasters wird der Polyvinylalkohol mit Wasser ausgewaschen. Es bleibt ein Netzwerk von feinen Goldröhren, die aufgrund ihrer großen Anzahl in der Gesamtheit elektrisch leitfähig bleiben, auch wenn einzelne Röhrchen brechen sollten. Durch das Netzwerk widersteht das Pflaster auch Beugungen und Dehnungen, denen es etwa auf einem Finger ausgesetzt ist. Das Material ist zudem durchlässig für Luft und Feuchtigkeit. Erste Tests an 20 gesunden Probanden zeigen, dass das Material eine hohe mechanische Dauerhaftigkeit aufweist und am Finger auch nach mehr als 10.000 Bewegung nicht reißt. Die Pflaster lieferten zudem verlässliche EMG-Ableitungen der Muskelaktivität, die laut den Entwicklungsingenieuren mit konventionellen Gel-Elektroden vergleichbar waren.

**Quelle: Deutsches Ärzteblatt
(www.aerzteblatt.de)
basierend auf: Nature
Nanotechnology (2017) doi:
10.1038/nnano.2017.125**