

Perioperative Betreuung des Herzschrittmacher- und ICD-Patienten*



Perioperative management of patients with pacemakers and implantable cardioverter defibrillators

S. Rasche¹, F. Hardt¹, M. Braun² und T. Koch¹

¹ Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Technische Universität Dresden (Direktorin: Prof. Dr. T. Koch)

² Herzzentrum Dresden, Klinik für Innere Medizin / Kardiologie, Technische Universität Dresden (Direktorin: Prof. Dr. R.H. Strasser)

Die Zertifizierung der Fortbildung anhand von Fortbildungsbeiträgen in unserer Zeitschrift können alle Mitglieder von DGAI und BDA nutzen. Je Fortbildungsbeitrag ist ein Satz von Multiple-choice-Fragen zu beantworten. Entsprechend den Bewertungskriterien der Bundesärztekammer erhalten Sie einen Fortbildungspunkt, wenn Sie mindestens 70% der Fragen zutreffend beantwortet haben. Ab 90% richtiger Antworten erhalten Sie zwei Fortbildungspunkte. Die richtigen Antworten werden unmittelbar nach Einsendeschluss in dieser Zeitschrift bekanntgegeben. Die Fortbildungszertifikate werden nach Ende jeden Kalenderjahres von der Landesärztekammer Westfalen-Lippe ausgestellt. Die Fortbildungspunkte werden auch von den anderen Ärztekammern, gemäß den jeweiligen Bestimmungen, anerkannt. Für Nutzer des Online-Verfahrens (<http://cme.anaesthesisten.de>) ist die Zertifizierung kostenfrei.

► **Zusammenfassung:** Eine zunehmende Anzahl chirurgischer Patienten wird wegen symptomatischer Bradykardien oder maligner Tachykardien mit einem Herzschrittmacher bzw. implantierbaren Cardioverter-Defibrillator behandelt. Zahlreiche iatrogene Einflüsse können die Funktion dieser hochentwickelten Geräte beeinflussen und eine Fehlfunktion mit negativen Folgen für den Patienten hervorrufen. Zur perioperativen Betreuung von Schrittmacher- oder Defibrillator-Trägern muss die zugrunde liegende Herzrhythmusstörung ermittelt werden und der Schrittmachermodus bekannt sein und ggf. modifiziert werden. Elektromagnetische Interferenzen als häufigste Störquelle sollten identifiziert und möglichst vermieden werden. Eine enge intraoperative Überwachung des Herzrhythmus und der Schrittmacherfunktion ist ebenso unerlässlich wie die unmittelbare Verfügbarkeit eines temporären Schrittmachers und/oder externen Defibrillators.

► **Schlüsselwörter:** Herzschrittmacher – Implantierbarer Cardioverter-Defibrillator – Elektromagnetische Interferenz – Perioperative Betreuung.

► **Summary:** An increasing number of patients scheduled for surgery have an implanted cardiac pacemakers or cardioverter defibrillator to treat symptomatic bradycardia, malignant tachycardia or congestive heart failure. Numerous iatrogenic factors may impact on the function of these advanced devices and cause malfunction with adverse consequences for the patient. The perioperative management of a patient provided with an antiarrhythmia device requires a knowledge of the underlying rhythm disorder as well as the programmed pacing modality, which must be modified whenever necessary. Electromagnetic interference, the most common concern of a pacemaker patient, must be identified and, wherever pos-

sible, avoided. Intra-operative monitoring of the pacemaker/defibrillator mode is essential, as also is the immediate availability of a temporary external pacemaker and/or defibrillator.

► **Keywords:** Pacemaker – Implantable Cardioverter-Defibrillator – Electromagnetic Interference – Perioperative Management.

Einleitung

In Deutschland leben annähernd 350.000 Menschen mit einem Herzschrittmacher (HSM) oder implantierten Cardioverter-Defibrillator (ICD), jährlich werden ungefähr 750 HSMs und 100 ICDs pro 1 Mio Einwohner neu implantiert. Die elektrische Therapie des Herzrhythmus ist seit der Implantation des ersten HSM 1958 durch Senning und Elmquist in Stockholm und des ersten ICDs 1980 durch Mirowski am Johns Hopkins Hospital in Baltimore fester therapeutischer Bestandteil bradykarder und maligner tachykarder Herzrhythmusstörungen. Daneben hat sich in den letzten Jahren die kardiale Resynchronisationstherapie mit biventrikulären Stimulationsverfahren zur Therapie der fortgeschrittenen Herzinsuffizienz bei intraventrikulären Leitungsstörungen etabliert. In den 60er Jahren wurden die Impulsgeber abdominal und die Elektroden über eine offene Thorakotomie epikardial implantiert, die Batterie der relativ großen Aggregate hatte eine Lebensdauer im Bereich von Monaten. Medizinischer und technologischer Fortschritt haben dazu geführt, dass HSMs und ICDs heute wesentlich einfacher subkutan transvenös implantiert werden können, eine Lebensdauer bis zu 10 Jahren und mehr haben und in ihren Sensing- und Therapieparametern der Symptomatik

* Rechte vorbehalten

► des Patienten individuell angepasst werden können.

Mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Gerätefunktionen nehmen die Anforderungen an das anästhesiologische Management von HSM- und ICD-abhängigen Patienten zu. Für einen sicheren OP-Verlauf muss beachtet werden, dass die Herzschrittmacherfunktion durch viele perioperative Faktoren maßgeblich beeinflusst werden kann. Die zugrunde liegende Rhythmusstörung muss ebenso wie die aktuelle Programmierung des HSMs oder ICDs bekannt sein und letztere gegebenenfalls präoperativ modifiziert werden. Quellen elektromagnetischer Interferenz, die während der Operation auftreten können, stellen die wichtigste Störgröße dar und müssen identifiziert und möglichst vermieden werden. Aggregatfunktion und Herzrhythmus müssen adäquat überwacht werden und geeignete Verfahren zur Ersatztherapie bei Ausfall der implantierten Geräte unmittelbar zur Verfügung stehen.

Design und Funktion von HSM und ICD

Moderne Herzschrittmacher sind 10-15cm³ groß, 20-30g schwer und in ein Titangehäuse integriert und werden gewöhnlich subkutan rechts infraklavikulär implantiert. Die Elektrode(n) werden transvenös im Apex des rechten Ventrikels bzw. dem rechten Vorhof fixiert. Linksventrikuläre Elektroden zur kardialen Resynchronisationstherapie (CRT) werden üblicherweise über den rechten Vorhof und das Ostium des Koronarsinus in eine posterolaterale Vene platziert [1,2]. Die Elektroden sind entweder unipolar oder bipolar konfiguriert. Bei den unipolaren Systemen stellt die Elektrodenspitze die Kathode und der Impulsgenerator die Anode dar. Bipolare Elektroden vereinen die Kathode an der Elektrodenspitze mit einer 1-2 cm proximal davon liegenden Ringelektrode als Anode. Hauptvorteil der heute atrial fast ausschließlich und ventrikulär überwiegend implantierten bipolaren Elektroden ist die größere Sicherheit gegenüber einer Beeinflussung durch externe Störsignale und das geringere Risiko von Muskelkontraktionen auch bei höherer Energieabgabe. Die Elektroden werden im Vorhof meistens aktiv (Schraubenelektroden) und im Ventrikel passiv (Anker-elektroden) fixiert. Durch die Freisetzung einer geringen Menge Steroid an der Implantationsstelle wird die lokale Entzündung und Fibrosierung nach der Elektrodenimplantation vermindert [1]. Der Stimulationsimpuls hat eine programmierbare Amplitude von 0,5-5 Volt und dauert zwischen 0,3-1,0ms [3]. Durch Kontrollalgorithmen kann die Stimulationsenergie der Reizschwelle automatisch angepasst werden (automatic capture).

ICDs sind deutlich größer und schwerer als HSMs (ca. 80-120g und 20-60cm³) und werden überwiegend links infraklavikulär implantiert (Abb. 1) [4]. Die Energieabgabe erfolgt in neueren Systemen biphasisch über transvenöse Coils. Neben den antitachykarden Funktionen haben fast alle ICDs antibradykard Funktionen der klassischen Schrittmacher und zum Teil die Option der CRT.

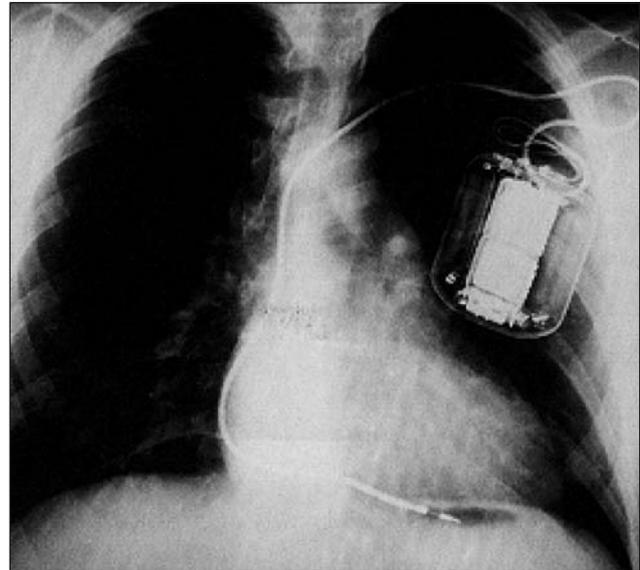


Abb. 1: Links infraklavikulär implantierter ICD.

Codierung der Schrittmacherfunktion: Der NBG- und NBD-Code

Art und eingestellter Modus des Herzschrittmachers werden durch den NASPE/BPEG¹ Generic (NBG) Code und für ICDs durch den NASPE/BPEG Defibrillator (NBD) Code angegeben. Der 1987 eingeführte und im Jahr 2001 geringfügig veränderte NBG-Code definiert an erster Position den Stimulationsort im Vorhof (A), im Ventrikel (V) oder in Vorhof und Ventrikel (D=Dual) und analog dazu an zweiter Position die Herzkammern, in denen elektrische Signale wahrgenommen werden. Die asynchrone Stimulation ohne Wahrnehmung des Herzeigenrhythmus wird hier mit „0“ gekennzeichnet. Die dritte Position beschreibt die Antwort des Schrittmachers auf ein elektrisches herzeigenes Signal (0: keine, T: Triggerung eines Schrittmacherimpulses, I: Inhibierung eines Schrittmacherimpulses, D: Dual). An vierter Stelle steht die Möglichkeit einer Frequenzmodulation (0: keine, R: rate modulation), die fünfte

¹ NASPE: North American Society of Pacing and Electrophysiology, heute: Heart Rhythm Society. BPEG: British Pacing and Electrophysiology Group. ►

► Position kennzeichnet eine biatriale oder biventrikuläre Stimulation (0, A, V, D). Die ursprünglich enthaltene Angabe der Programmierbarkeit an Stelle 4 entfiel, da diese Funktion heute praktisch alle Geräte anbieten. Die Angabe einer antitachykarden Funktion an Position 5 des alten NBG wurde durch den NBD-Code ersetzt. (Tab. 1) [5].

Schrittmachersysteme und übliche Funktionsmodi

Asynchrone Stimulation A00, V00, D00

Bei der asynchronen Stimulation werden die Schrittmacherimpulse mit einer festen Frequenz unabhängig von der Herzeigenaktion in Vorhof, Ventrikel oder Vorhof und Ventrikel abgegeben. Die Konkurrenz von Schrittmacheraktion und Herzeigenrhythmus wird als Parasystolie bezeichnet und kann theoretisch Kreisläufe oder durch eine Stimulation in der vulnerablen Phase der T-Welle Kammerflimmern verursachen. Die Reizschwelle zur Induktion eines Kammerflimmerns liegt aber um ein vielfaches höher, als die diastolische Reizschwelle und der Schrittmacherimpuls [6]. Die asynchrone Ventrikelstimulation war zu Beginn der Schrittmachertherapie in den 60er Jahren die einzige Stimulationsform und findet heute primär keine Anwendung mehr. Asynchrone Modi können aber bei der Wahrnehmung von kontinuierlicher elektromagnetischer Interferenz oder anderen Störquellen als „noise protection mode“ auftreten und bei der Magnetauflage zu diagnostischen Zwecken durch

das Umschalten eines Reed-Relais aktiviert werden. Insgesamt wird das Risiko für eine maligne Arrhythmie durch eine kurzzeitige asynchrone Stimulation als sehr niedrig erachtet [7]. Patienten nach Herzinfarkt, mit akuter Myokardischämie, mit eingeschränkter Pumpfunktion oder mit häufigen Spontanarrhythmien sind etwas mehr gefährdet [6].

Synchrone Stimulation AAI, VVI (Demandschrittmacher)

Zur Synchronisierung des patienteneigenen Herzrhythmus mit dem HSM wird die Schrittmacherfunktion durch spontane, herzeigene Depolarisationen inhibiert und nur dann ein Schrittmacherimpuls ausgelöst, wenn in einem programmierbaren Intervall nach der letzten Herzaktion keine neue Depolarisation wahrgenommen wird. Die Länge dieses Intervalls bestimmt die Mindestfrequenz, bei deren Unterschreiten der HSM aktiviert wird.

Im AAI-Modus stimuliert der Schrittmacher im rechten Vorhof und wird durch spontane Vorhofdepolarisationen inhibiert. Die ventrikuläre Kontraktion ist dabei an eine intakte AV-Überleitung gebunden, der normale Kontraktionsablauf von Atrium und Ventrikel bleibt erhalten. AAI-Schrittmacher sind nur für Patienten mit Sinusknotendysfunktionen ohne gleichzeitige AV- und intraventrikuläre Leitungsstörungen geeignet und werden nur bei ungefähr 1% der Schrittmacherpatienten implantiert. Limitierend ist die spätere Entwicklung von AV-Blockierungen, die bei 0,6-5% der Patienten mit einem Sick- ►

Tab. 1: NBG-Herzschrittmacher-Code nach der Revision 2002 und NBD-Code.

NBG Herzschrittmacher-Code				
Position 1	Position 2	Position 3	Position 4	Position 5
Stimulationsort	Wahrnehmungsort	Betriebsart bei Wahrnehmung	Frequenzadaptation	Multisite pacing Resynchronisationstherapie
0=keine	0=keine	0=keine	0=keine	0=keine
A=Atrium	A=Atrium	T=getriggert	R=Frequenzadaptation	A=Atrium
V=Ventrikel	V=Ventrikel	I=inhibiert		V=Ventrikel
D=Dual (A+V)	D=Dual (A+V)	D=Dual (T+I)		D=Dual (A+V)
NBD-Code				
Position 1	Position 2	Position 3	Position 4 ¹	Position 5
Schock-Kammer	Antitachykardie-Pacing-Kammer	Tachykardiedetektion	Antibradykardie-Pacing-Kammer	leer
0=keine	0=keine	E=Elektrogramm		
A=Atrium	A=Atrium	H=Hämodynamik ²		
V=Ventrikel	V=Ventrikel			
D=Dual (A+V)	D=Dual (A+V)			

¹ Für eine genaue Identifikation wird die Position 4 in den kompletten NBG-Code übersetzt, z.B. VVE-DDDRV für einen ICD mit ventrikulärer Schockabgabe und antitachykarder Pacingfunktion sowie antibradykardem DDD-Modus, Frequenzadaptation und Resynchronisationstherapie im Ventrikel.

² Hämodynamische Sensoren sind bislang nicht im klinischen Einsatz.

► Sinus-Syndrom pro Jahr beobachtet wird [8]. Im VVI-Modus erfolgen Pacing und Sensing über eine Sonde im rechten Ventrikel, der Schrittmacher wird durch spontane ventrikuläre Depolarisationen inhibiert. Stimulierte Kammerkomplexe sind im EKG linksschenkelblockartig deformiert. Vorhofsignale und -aktivität werden im VVI-Modus nicht beachtet. Die fehlende AV-Synchronisation bei intrinsischer atrialer Aktivität oder eine retrograde Stimulation und Kontraktion der Vorhöfe gegen geschlossene AV-Klappen führen zu einer verminderten ventrikulären Füllung mit Reduktion des Herzzeitvolumens sowie zu einer atrialen Druckerhöhung und Überdehnung und können eine systemische und pulmonalvenöse Regurgitation sowie eine durch das autonome Nervensystem vermittelte Vasodilatation verursachen [9]. Der klinische Symptomkomplex mit Kopfschmerzen, Palpitationen, Dyspnoe, verminderter Leistungsfähigkeit und orthostatischer Hypotension wird als Schrittmachersyndrom bezeichnet und wurde bei 7-10% der Patienten mit VVI-Schrittmacher und Sinusrhythmus beobachtet [10]. Häufigste Indikation für einen VVI-Schrittmacher ist heute das bradykarde Vorhofflimmern. Die Zahl der VVI-Systeme liegt in Deutschland etwas unter 40% aller neu implantierten Schrittmacher [11].

Zweikammersysteme

Doppelkammerschrittmacher im DDD-Modus können die physiologische Kontraktionsfolge von Atrium und Ventrikel gewährleisten. Abhängig von der Aggregatprogrammierung und dem Eigenrhythmus kann der Schrittmacher

1. durch Vorhof- und Ventrikelsignale komplett inhibiert werden,
2. bei Sinusknotendysfunktion und erhaltener AV-Überleitung nur atrial stimulieren,
3. bei erhaltener Vorhofaktion und AV-Block vorhofgetriggert ventrikulär stimulieren (atriales Tracking)
4. oder in Atrium und Ventrikel AV-sequentiell stimulieren.

Die schnelle Überleitung atrialer Tachyarrhythmien im DDD-Modus wird durch Schutzalgorithmen vermieden, die Rhythmusstörungen von einem physiologischen Herzfrequenzanstieg unterscheiden und die obere Stimulationsfrequenz des Ventrikels begrenzen. Die Aufrechterhaltung der zeitlich koordinierten Kontraktion von Vorhof und Kammer dient in erster Linie der Optimierung der Ruhehämodynamik und der Vermeidung der schrittmacherbedingten Symptome durch atriale Überdehnung und Vorhofkontraktion bei geschlossenen AV-Klappen. 60% der in Deutschland implantierten Schrittmacher sind DDD-Systeme.

Im DDI-Modus sind Pacing und Sensing ebenfalls in beiden Kammern möglich, eine AV-sequentielle Stimulation erfolgt aber nur, wenn atrialer und ventrikulärer Rhythmus niedriger als die Basisfrequenz sind. Der Ventrikel wird vom Vorhof nur nach atrialem Pacing getriggert, das Sensing von Vorhofeigenaktionen führt nur zu einer Inhibierung des Vorhofkanals. Der DDI-Modus ist ein Schutzmodus des DDD-Schrittmachers beim Sensing atrialer Tachyarrhythmien.

VDD-Systeme sind Zweikammerschrittmacher mit einer Einzelelektrode, die nur im Ventrikel fixiert ist und über zusätzliche, an der Sonde auf atrialer Höhe lokalisierte Sensoren Vorhofaktionen wahrnimmt [1]. Das Sensing erfolgt in beiden Kammern, das Pacing jedoch nur im Ventrikel. VDD-Schrittmacher ermöglichen bei erhaltener Sinusknotenfunktion eine AV-synchrone Stimulation. Das atriale Signal ist aufgrund der nicht fixierten Sensorposition variabel. Daraus kann ein Sensing-Defizit (Undersensing) resultieren. Der Herzschrittmacher arbeitet dann im VVI-Modus.

Frequenzadaption

Für die Belastungshämodynamik ist der adäquate Herzfrequenzanstieg der wesentliche Adaptationsmechanismus zur Steigerung des Sauerstoffangebotes. Über physikalische und physiologische Sensoren können Indizes körperlicher oder emotionaler Belastung registriert werden, die eine Frequenzadaption des Herzschrittmachers ermöglichen. Die einzelnen Sensortypen sind unterschiedlich spezifisch und sensitiv, reagieren verschieden schnell und unterschiedlich proportional zur Aktivitätssteigerung und können den eigentlichen metabolischen Bedarf nur teilweise widerspiegeln. Am häufigsten verwendet werden piezoelektrische Aktivitätssensoren, Akzelerometer, QT-Intervall- (bzw. Stimulus-T-Intervall-) Sensoren und transthorakale Impedanzsensoren zur Registrierung der Atemtätigkeit [9]. Eine Frequenzadaption ist bei Ein- und Zweikammerschrittmachern möglich. In Zweikammermodellen wird neben der Grundfrequenz auch die frequenzabhängige Verkürzung der AV-Überleitungszeit moduliert.

ICD: Antitachykarde Diagnose- und Therapiefunktionen

Zur Tachykardiedetektion bei ICDs werden neben der Herzfrequenz die Dauer der Tachykardie, deren Frequenzstabilität sowie die Morphologie und Amplitude des Elektrogramms analysiert. Die Eingangsamplitude der auszuwertenden EKG- ►

► Signale variiert zwischen normaler elektrischer Aktivität, ventrikulärer Tachykardie und Kammerflimmern erheblich und wird durch eine automatische Verstärkerfunktion korrigiert. Zur Erkennung eines Kammerflimmerns werden nach Filterung von Fremdsignalen primär Frequenzkriterien herangezogen [12], die besonders sensitiv und weniger spezifisch sind. „Echte“ ventrikuläre Tachykardien müssen von schnell übergeleiteten Vorhoftachykardien unterschieden werden. Neben den Algorithmen zur Tachykardieerkennung können mehrere Frequenzzonen programmiert werden, die eine jeweils unterschiedliche antitachykarde Therapie triggern oder auch eine „Beobachtung“ zulassen. Die Terminierung der Tachykardie kann abhängig von ihrer Morphologie und Frequenz durch antitachykardes Pacing, Defibrillation oder Kardioversion erfolgen. Gleichstrom-Schocks werden bei der Defibrillation mit einer Energie von 20-30 Joule (bis 41 Joule bei High Energy Modellen) und bei der Kardioversion mit 1-5 Joule abgegeben. Die Ladezeit beträgt je nach Schockenergie, ICD-Alter und „Aggregatperformance“ 3 bis >10 Sekunden. Vor der Schockabgabe wird der Rhythmus üblicherweise reanalysiert und die geladene Energie ggf. im Gerät entladen, wenn die Rhythmusstörung spontan terminiert ist. Die therapeutische Schockabgabe ist für den Patienten in der Regel schmerzhaft. Von anderen Personen kann ein ICD-Schock bei direktem Körperkontakt zum Patienten wahrgenommen werden, stellt aber keinerlei Risiko dar [4]. Ventrikuläre Tachykardien können mit antitachykardem Pacing effektiv und schonend terminiert werden, wobei in der Regel nur monomorphe Reentry-Tachykardien für diese Therapieoption geeignet sind [12,13]. Die Tachykardie wird dabei kurzzeitig mit einer höheren Frequenz überstimuliert. Das antitachykarde Pacing ist für den Patienten schmerzfrei und weitaus weniger unangenehm als die Kardioversion oder Defibrillation und verläuft teilweise sogar unbemerkt. In den seltenen Fällen einer Akzeleration der Tachykardie durch das antitachykarde Pacing ist eine Kardioversion oder Defibrillation als Back-up-Therapie erforderlich.

Perioperative Beeinflussung der Schrittmacher- und ICD-Funktion

Perioperative Fehler der Schrittmacherfunktion können die zugrunde liegende Herzrhythmusstörung maskieren oder schrittmacherbedingte Arrhythmien hervorrufen. Die Palette der Symptome ist breit und reicht von relativ harmlosen Änderungen der Herzfrequenz aufgrund einer unbeabsichtigten Frequenzmodulation bis hin zu vitalen Ereignissen bei Ausfall

der Pacing- oder Schockfunktion. Primäre Geräte-defekte stellen dabei die Ausnahme dar. Für eine Beeinflussung der Schrittmacherfunktion sind perioperativ üblicherweise externe oder körpereigene Störsignale oder Änderungen der Wahrnehmungs- und Reizschwellen durch Pharmaka und metabolische Prozesse verantwortlich. Schrittmacherfunktionsstörungen können wie folgt klassifiziert werden [14]:

- a) Pacing-Fehler,
- b) Ankopplungsfehler,
- c) Wahrnehmungsfehler (Undersensing, Oversensing) und
- d) Abweichungen der Stimulationsfrequenz.

a) Pacing-Fehler werden durch Diskonnektion, Dislokation oder Bruch der Elektroden oder Schäden an anderen Systemkomponenten hervorgerufen. Im EKG ist kein Pacing-Spike erkennbar. Elektroden-dislokation oder Myokardperforation sind in den ersten Tagen nach der Schrittmacherimplantation die wahrscheinlichen Ursachen eines Pacing-Fehlers.

b) Ankopplungsfehler sind im EKG als Pacing-Spikes ohne nachfolgende Kammerantwort erkennbar. Sie entstehen bei Erhöhungen der Reizschwelle über die vom Schrittmacher abgegebene Stimulationsenergie (Exitblock). Der natürliche Anstieg der Reizschwelle nach der Implantation (2-6 Wochen) tritt durch Fibrosierungsvorgänge auf und kann durch die Verwendung von Steroid-freisetzenden Elektroden wirksam reduziert werden. Vorübergehende Änderungen der Reizschwelle können durch Pharmaka, metabolische Faktoren und Elektrolytveränderungen hervorgerufen werden. Ähnliche Effekte können bei ICDs zu einer Beeinflussung der Defibrillationsschwelle führen. Nach einer Defibrillation durch einen ICD oder externen Defibrillator kommt es regelmäßig zu einer Erhöhung der Pacing-Reizschwelle. (Tab. 2).

c) Wahrnehmungsfehler

Ein Undersensing tritt auf, wenn intrinsische kardiale Signale vom Schrittmacher nicht oder unzureichend wahrgenommen werden. Eine Erhöhung der Wahrnehmungsschwelle wird durch die gleichen Mechanismen verursacht, die zu einer Erhöhung der Reizschwelle führen. Ein weiterer Grund kann eine Veränderung der Morphologie des intrakardialen Signals durch Ischämie oder metabolische Faktoren sein. Bei einem HSM führt ein Undersensing zur inadäquaten Impulsabgabe trotz suffizientem Eigenrhythmus. Bei ICDs können vor allem Antiarrhythmika die Tachykardieerkennung einschränken und zur Therapieunterdrückung führen [18,19]. ►

Tab. 2: Physiologische, metabolische und pharmakologische Beeinflussung der Reiz- und Defibrillationsschwelle in HSM und ICD [18,19,31].

Beeinflussung der Reizschwelle in HSM			
Einflussfaktor	Anstieg	Reduzierung	Kein signifikanter Effekt
physiologisch	Niedriger Sympathikotonus, hoher Vagotonus, Schlaf, Essen	Hoher Sympathikotonus - körperliche Belastung	
metabolisch	Azidose, Alkalose, Hypoxämie, Hyperkarbie, Hyperkaliämie >7 mmol/l ¹ , Hyperglykämie > 600 mg/dl, Hypothyreose		Hypoglykämie
pharmakologisch	Flecainid, Propafenon, Bretylium Amiodaron, Lidocain ² , Procain ³ , Chinidin ³	Glukokortikoide ² , Nedogene/Exogene Katecholamine Isoprotorenol, Atropin	β-Blocker ³ , Digitalis, iv-Anästh, Volatile
Andere	Myokardischämie, -infarkt ICD- oder AED-Schocks	Phäochromozytom, Hyperthyreose	
Beeinflussung der Reizschwelle in ICD			
	Anstieg	Reduzierung	Kein Effekt
metabolisch			Azidose, Alkalose
pharmakologisch	Lidocain, Mexiletin, Amiodaron ⁴	Sotalol	
Andere	Zeitdauer des Kammerflimmerns, Ischämie, Infarkt		

¹ Antagonisierbar durch Kalziumgluconat

² Nur durch Verhinderung der Fibrose und Entzündung nach Implantation, kein dauerhafter Effekt [31]

³ experimentelle Angaben widersprüchlich, klinischer Effekt fraglich

⁴ Akuttherapie: kein Effekt oder leichter Anstieg; Dauertherapie: Anstieg.

► Bei einem Oversensing werden endogene oder exogene Störsignale als Vorhof- oder Ventrikeldepolarisation fehlinterpretiert. Bei entsprechendem Signalcharakter kann dadurch im AAI-, VVI- und DDD-Modus die Impulsabgabe des HSM inhibiert werden und eine Asystolie resultieren. Schrittmacher im DDD- und VDD-Modus können andererseits auch mit einer zusätzlichen, getriggerten Impulsabgabe reagieren, wenn das Störsignal in dem sensitiveren atrialen Kanal als Vorhofaktion wahrgenommen wird. Bei ICDs kann durch Störsignale fälschlicherweise eine antitachykarde Therapie ausgelöst werden. Bei der normalen Antwort eines Schrittmachers auf Störsignale wird dessen Detektionsfunktion ausgeschaltet und ein „noise protection mode“ mit festfrequenter Impulsabgabe gestartet. Das setzt aber voraus, dass die entsprechenden Störsignale als solche erkannt werden und außerhalb des Frequenzspektrums der intrakardialen Signale (5-100 Hz, Maximum bei ca. 30Hz [14]) liegen.

d) Abweichungen der Stimulationsfrequenz von der eingestellten Grundfrequenz treten unter anderem als Austauschindikator („Elective Replacement Indicator“, ERI) bei der Magnetauflage auf, wenn die Batteriespannung des Schrittmachers definierte Grenzwerte unterschreitet und der Austausch-

zeitpunkt erreicht ist. Einer scheinbaren Abweichung von der Basisfrequenz kann die Hysterese-Funktion zugrunde liegen, bei der die Impulsintervallzeit nach wahrgenommenen Depolarisationen länger als nach stimulierten Impulsen ist. Dabei wird der Schrittmacher zum Beispiel bei einer Herzfrequenz unter 50 Schläge pro Minute aktiviert, stimuliert dann aber mit einer Frequenz von 70/min. Funktionsgerechte Veränderungen der Stimulationsfrequenz treten außerdem bei eingeschalteter Frequenzadaption auf, wenn der jeweilige Frequenzsensor durch ein adäquates Signal aktiviert wird. Perioperativ kann das unter anderem durch Überwachungsmonitore auftreten, die über ihre EKG-Ableitungen die Atemfrequenz des Patienten messen und dazu die gleichen transthorakalen Impedanzänderungen nutzen, wie Herzschrittmacher mit Atemminutenvolumen-Sensoren. Der Frequenzsensor des Schrittmachers kann auf die vom Monitor verwendete Impedanzmessung reagieren und eine Stimulation mit der programmierten Höchsthäufigkeit verursachen [15,16]. Schrittmacher vermittelte Tachykardien können bei DDD- und VDD-Systemen durch das Tracking atrialer Tachyarrhythmien sowie atrial detektierter Störsignale (s.u.) entstehen. Schrittmacher-Reentry-Tachykardien treten in Zweikammer- bzw. VDD-Schrittmachern auf, wobei der Schrittmacher Bestandteil des Reentry- ►

► Kreises ist. Voraussetzung ist eine retrograde ventrikuloatriale Reizleitung durch den AV-Knoten oder durch ein akzessorisches Bündel (80% der Patienten mit Sick Sinus Syndrom, 35% der Patienten mit AV-Block). Die Tachykardie wird durch vorzeitige ventrikuläre Extrasystolen erzeugt, die außerhalb der atrialen Refraktärzeit im Vorhofkanal wahrgenommen werden und dort ein neues Schrittmacher-AV-Intervall auslösen. Schrittmachervermittelte Tachykardien können in den meisten Fällen durch Magnetauflage unterbrochen werden [17].

Häufige Störsignale

Endogene Störsignale sind entweder Myosignale (z.B. Muskelfaszikulationen, Shivering) oder die Wahrnehmung der Ventrikeldepolarisation im Vorhof und T-Wellen im Ventrikel. Die Wahrnehmung von Vorhofdepolarisationen im Ventrikel ist aufgrund der geringeren Signalamplitude weniger wahrscheinlich [20]. Die Schrittmachereinhibierung durch Muskelfaszikulationen nach der Narkoseeinleitung mit Succinylcholin wird in der Literatur zitiert [21]. Bipolar konfigurierte Elektroden sind diesbezüglich wesentlich unempfindlicher als unipolare, was besonders im atrialen Kanal wichtig ist, da hier die natürliche Signalamplitude klein und die Wahrnehmungsschwelle entsprechend niedrig ist [20].

Exogene Störsignale werden durch elektrische Felder, magnetische Felder oder – als häufigste Quelle – durch elektromagnetische Felder (Elektromagnetische Interferenz, EMI) in den Schrittmacher eingekoppelt oder sind mechanischer Natur. Theoretisch kann jedes Magnetfeld bei hinreichender Stärke in der Schrittmacherelektrode eine Spannung induzieren und zu Temperaturanstiegen an der Implantationsstelle bis zur Mikrokoagulation mit Erhöhung der Reizschwelle führen [14]. Die bipolaren Schrittmachersysteme sind dafür aber nahezu unempfindlich [22]. Das klinisch relevantere Problem der elektromagnetischen Interferenz ist eine dem Oversensing entsprechende Fehlinterpretation der eingekoppelten Signale als kardiale Aktivität mit der Folge einer Asystolie bei Schrittmachereinhibierung, einer schrittmachervermittelten Tachykardie oder der Auslösung einer antitachykarden Therapie beim ICD. Mechanische Störsignale, zum Beispiel bei Knochensägen oder -hämmern, können über die Aktivierung von Piezo- und Akzelerationssensoren eine Frequenzadaption bewirken.

Quellen elektromagnetischer Interferenz

Elektrokauter

Der Elektrokauter gibt einen Hochfrequenzstrom zum Schneiden und Koagulieren ab. Die Energiemenge ist

ausreichend, um im Schrittmacher eine elektromagnetische Interferenz hervorzurufen. Beim unipolaren Elektrokauter verläuft der Stromfluss über das Skalpell (Kathode) ins Gewebe und wird durch eine Neutralelektrode (Anode) abgeleitet. Bei der bipolaren Koagulation verläuft der Stromfluss nur zwischen den Elektroden spitzen. Der Elektrokauter kann bei intermittierender Anwendung zu einer Inhibierung des Schrittmachers führen, bei kontinuierlicher Störung den festfrequenten Störmodus aktivieren und bei ICDs eine antitachykarde Therapie auslösen [22]. Die Schrittmacherbeeinflussung durch bipolare Kauter ist in der Regel minimal, wenn auch nicht ausgeschlossen. Grundsätzlich sollte bei HSM- und ICD-Patienten der bipolare Kauter verwendet und die Nutzung auf kurze Impulse mit niedrigstmöglicher Energie beschränkt werden [23].

Magnetresonanztomographie (MRT)

Während der MRT entsteht elektromagnetische Interferenz durch ein statisches Magnetfeld von 1,5 Tesla (etwa das 30.000fache des Magnetfeldes der Erde), ein variables Gradientenmagnetfeld und ein gepulstes elektromagnetisches Hochfrequenzfeld [24]. Probleme mit starken mechanischen Kräften durch das statische Magnetfeld sind kaum zu befürchten, da der Anteil an ferromagnetischem Material bei den heutigen Herzschrittmachern sehr gering ist. Das statische Magnetfeld kann das Reed-Relais umschalten und einen asynchronen Modus aktivieren. Allerdings ist diese Funktionsveränderung nicht stabil. Über die anderen elektromagnetischen Interferenzen ist entweder eine Inhibierung von Schrittmachern im Demand-Modus möglich oder eine Auslösung von Tachykardien synchron zur gepulsten Anwendung des Hochfrequenzfeldes (60-300 Schläge pro Minute). Im Bereich der Schrittmacherelektroden kann eine Temperaturerhöhung bis über 60°C auftreten [17,24]. Neuere Untersuchungen zeigen, dass die Auswirkungen der MRT auf HSM geringer sind, als früher angenommen wurde. In Fallberichten und kontrollierten Studien wurde belegt, dass HSM-Patienten unter bestimmten Voraussetzungen sicher im MRT untersucht werden können [25]. Ob hieraus ein „Paradigmenwechsel“ [26] resultiert, bleibt abzuwarten. Bislang gelten MRT-Untersuchungen bei Patienten mit Herzschrittmachern und ICDs generell als kontraindiziert [23].

Externe Kardioversion und Defibrillation

Externe Kardioversion und Defibrillation können das implantierte HSM- oder ICD-System dauerhaft schädigen und verursachen in den meisten Fällen zumindest eine vorübergehende Funktionseinschränkung [22]. Die Wahrnehmungs- und Stimulationsschwellen steigen nach einem internen oder externen ►

► Gleichstromschock an. Die Hersteller implantierbarer Schrittmacher und Defibrillatoren empfehlen für die externe Kardioversion/Defibrillation eine anterior-posteriore Platzierung der Elektroden. Nach einer externen Kardioversion/Defibrillation muss die Funktion des HSMs oder ICDs telemetrisch überprüft werden [18].

Röntgendiagnostik

Röntgen- oder CT-Untersuchungen haben keinen Einfluss auf die Schrittmacherfunktion. Allerdings kann die Qualität von CT-Untersuchungen im Bereich des Aggregates oder der Elektroden durch Streustrahlung erheblich reduziert werden.

Strahlentherapie

Ionisierende Strahlung zu therapeutischen Zwecken schädigt die elektronischen Bauteile des HSM. Neuere Geräte sind diesbezüglich empfindlicher als ältere. Die resultierenden Funktionseinschränkungen sind nicht vorhersehbar und betreffen die Sensing- und Therapiefunktionen ebenso wie den internen Speicher, die Telemetrie oder andere Zusatzfunktionen. Die Strahlendosis hat einen kumulativen Effekt und wird mit 2-5Gy als oberer Grenzwert angegeben. Eine direkte Bestrahlung des Schrittmacheraggregates darf nicht erfolgen. In bestimmten Fällen ist es erforderlich, den Schrittmacher aus dem Bestrahlungsfeld zu verlegen. In jedem Fall sollte der Schrittmacher mit einem Bleischutz abgedeckt werden.

Stoßwellenlithotripsie (ESWL)

Bei der ESWL haben die Druckwelle selbst und der elektromagnetische Störimpuls, der bei der Erzeugung der Druckwelle entsteht, potentiellen Einfluss auf die HSM- oder ICD-Funktion, wobei gravierende Auswirkungen bislang nicht beschrieben worden sind [22]. Theoretisch kann die Druckwelle den HSM irreversibel schädigen, sofern er im Impulsfeld liegt (abdominal implantierte Aggregate). Da die Stoßwelle R-Zacken-(bzw. HSM-Spike-) getriggert abgegeben wird, ist eine elektromagnetische Interferenz mit der Schrittmacherfunktion unwahrscheinlich. Die Vorhofstimulation bei DDD-Schrittmachern sollte deaktiviert werden, da der Vorhofspike des Schrittmachers vom Lithotriptor als R-Welle interpretiert wird [23]. Es wird empfohlen, die Frequenzadaptation während der ESWL-Behandlung auszuschalten [18].

Elektrokrampftherapie

Die Elektrokrampftherapie kann bei HSM- und ICD-Patienten durchgeführt werden, da der Stromfluss nicht den Bereich des Herzens oder der Elektroden umfasst. Allerdings können die erzeugten Myo-

potentiale zu einer Schrittmacherinhibierung (unipolare Geräte) oder im ICD zur Tachykardiedetektion führen.

Magnetauflage

Durch die Magnetauflage werden die meisten Schrittmacher in einen asynchronen Stimulationsmodus umgeschaltet. Eigentlicher Hintergrund der Magnetfunktion ist nicht – wie oft zitiert – die Behandlung von Schrittmacherzwischenfällen oder die Vermeidung von EMI-Effekten, sondern eine Diagnosefunktion für Austauschkriterien und den Sicherheitsbereich bei der Abgabe der Stimulationsenergie (ERI-Funktion) [27,1]. Trotzdem ist die unmittelbare Verfügbarkeit eines Magneten im OP-Saal wichtig, um beispielsweise eine Schrittmacherinhibierung, eine schrittmachervermittelte Tachykardie oder eine nicht indizierte Schockabgabe zu terminieren. Dazu ist es erforderlich, die Reaktion des Gerätes auf den Magneten, die bei verschiedenen Schrittmachermodellen erheblich variieren kann, zu kennen. Die Magnetauflage kann die adäquate Vorbereitung des Patienten auf die Operation und die gezielte Einstellung des HSM oder ICD nicht ersetzen.

Die Stimulationsfrequenz bei Magnetauflage hängt von der Batteriespannung und der Lebensdauer des HSM ab, ist je nach Modell unterschiedlich, zum Teil programmierbar und der asynchrone Modus in einigen Geräten komplett deaktivierbar. Die asynchrone Stimulation kann während der Magnetauflage

- entweder nur vorübergehend aktiviert sein und nach einigen Impulsen automatisch in den programmierten Modus umschalten,
- permanent aktiviert sein und nach der Magnetauflage sofort stoppen
- oder nach der Entfernung des Magneten in einem definierten Zeitraum noch anhalten [28].

Beim ICD führt die Magnetauflage in der Regel nur zur Unterdrückung der antitachykarden Therapie und lässt die antibradykarde Funktion unbeeinflusst. Die ICD-Funktion bleibt bei einigen (älteren) ICDs nach mehr als 30 sek. Magnetauflage dauerhaft deaktiviert und muss durch eine erneute Magnetauflage reaktiviert werden. In anderen Modellen wird die ICD-Funktion nur während der Magnetauflage inhibiert.

Perioperatives Management

Präoperative Visite

Neben den allgemeinen präoperativen Vorbereitungen müssen bei HSM- und ICD-Patienten spezifische Fragen zur Art und Funktion des Gerätes und zu möglichen Einflussfaktoren bei der geplanten ►

► Operation oder Untersuchung geklärt werden. Außerdem weisen die Patienten in der Regel relevante kardiovaskuläre Begleiterkrankungen auf, die zusätzlich berücksichtigt werden müssen. HSM- oder ICD-pflichtige Rhythmusstörungen bei ansonsten normaler Herzfunktion sind selten und kommen beispielsweise beim Brugada- oder Long-QT-Syndrom vor. Diese Erkrankungen indizieren jedoch ihrerseits besondere perioperative Vorkehrungen [29]. Wichtige Informationen bezüglich des HSM/ICD, die anamnestisch zu ermitteln oder aus dem Herzschrittmacherpass zu entnehmen sind, umfassen:

- die Indikation, die zur Implantation des HSM oder ICD geführt hat,
- den bei der Implantation zugrunde liegenden Herzrhythmus,
- ob der Patient Schrittmacher-abhängig ist (d.h. keinen suffizienten Eigenrhythmus mehr hat),
- die Art und Programmierung des Gerätes sowie das Implantationsdatum und den Batteriestatus.

Vor elektiven Operationen sollte die letzte Schrittmacherkontrolle nicht länger als 6 Monate zurückliegen. Bei Geräten, die ohnehin kurz vor ihrem Austauschzeitpunkt stehen, ist ein planmäßiger Aggregatwechsel vor größeren Operationen zu erwägen [27]. Details der Magnetfunktion (Stimulationsmodus und -frequenz und das Verhalten eines ICDs) gehen oftmals aus den vorliegenden Informationen nicht hervor. Diese Daten in Erfahrung zu bringen, ist besonders dann hilfreich, wenn während der Operation mit elektromagnetischer Interferenz zu rechnen ist. Die Lage des Schrittmachers/ICDs kann in den meisten Fällen während der klinischen Untersuchung ermittelt werden und ist normalerweise im Thorax-Röntgen erkennbar. Ein Röntgenbild speziell wegen des Schrittmachers anzufertigen, ist in der Regel nicht notwendig [17]. Ein präoperatives 12-Kanal-EKG wird nicht grundsätzlich gefordert [23], erhöht aber die diagnostische Sicherheit vor allem unter dem Aspekt begleitender kardialer Befunde. Spezielle Laboruntersuchungen werden zur präoperativen Beurteilung des Schrittmacher-/ICD-Patienten nicht benötigt.

Bei der OP-Planung ist es notwendig, mögliche Quellen elektromagnetischer Interferenz zu eruieren. Ist grundsätzlich nicht mit einer EMI zu rechnen, muss der Schrittmacher oder ICD nicht umprogrammiert werden [23]. Kann eine elektromagnetische Interferenz nicht ausgeschlossen werden – was während der meisten Operationen der Fall ist – wird empfohlen,

- a) präoperativ die Frequenzadaptation zu deaktivieren,

- b) die antitachykarde Funktion von ICDs auszuschalten und
- c) bei Schrittmacher-abhängigen Patienten einen asynchronen Stimulationsmodus zu programmieren [23].

Die Prämedikation und perioperative Begleitmedikation werden durch einen HSM oder ICD nicht beeinflusst und richten sich nach den allgemeinen Notwendigkeiten. Der an unserer Klinik erarbeitete und implementierte Algorithmus zum perioperativen Vorgehen bei HSM- und ICD-Patienten ist in **Abbildung 2** dargestellt.

Intraoperatives Management

Anästhesietechnik und -medikamente beeinflussen die Herzschrittmacher- und ICD-Funktion nicht [23,30]. Eine theoretische Ausnahme bilden Lokalanästhetika, die – jedoch nur bei therapeutisch nicht relevanten Plasmakonzentrationen – aufgrund ihrer Natriumkanalblockade die Pacing-Schwelle erhöhen können [18]. Lachgas sollte in den ersten drei Monaten nach der Schrittmacherimplantation nicht angewendet werden, um eine Dehnung der evtl. noch luftgefüllten Schrittmachertasche zu vermeiden. Die hämodynamischen Konsequenzen der Herzschrittmachertherapie auf den Anästhesieverlauf liegen in der oftmals begleitenden chronotropen Inkompetenz begründet und sind besonders bei der Kompensation anämischer, hypovolämer oder septischer Situationen zu beachten.

Das intraoperative hämodynamische Monitoring richtet sich hauptsächlich nach der Operation und sonstigen Begleiterkrankungen, da Pulsoxymetrie, EKG und noninvasiver Blutdruck ohnehin zum Anästhesiestandard gehören. In den meisten EKG-Monitoren ist eine Schrittmacherdetektion integriert, die unter Umständen manuell aktiviert werden muss. Die Überwachung der Schrittmacherfunktion bei Benutzung des Elektroauters kann am sichersten über die Kontrolle des Pulses erfolgen, da das EKG in diesen Momenten meistens ebenfalls gestört ist. Eine ZVK-Anlage, die durch einen HSM/ICD per se nicht indiziert wird, sollte auf der dem Gerät gegenüberliegenden Seite erfolgen. Zu beachten ist, dass durch den Führungsdraht intrakardial Störsignale verursacht werden können, die zur Schrittmacherinhibition oder ICD-Aktivierung führen können. Die Indikation für einen Rechtsherzkatheter sollte äußerst zurückhaltend gestellt werden, da hierbei eine Dislokation der intrakardialen Elektroden vorkommen kann [4].

Quellen elektromagnetischer Interferenz müssen rechtzeitig ermittelt und – wenn möglich – vermie-

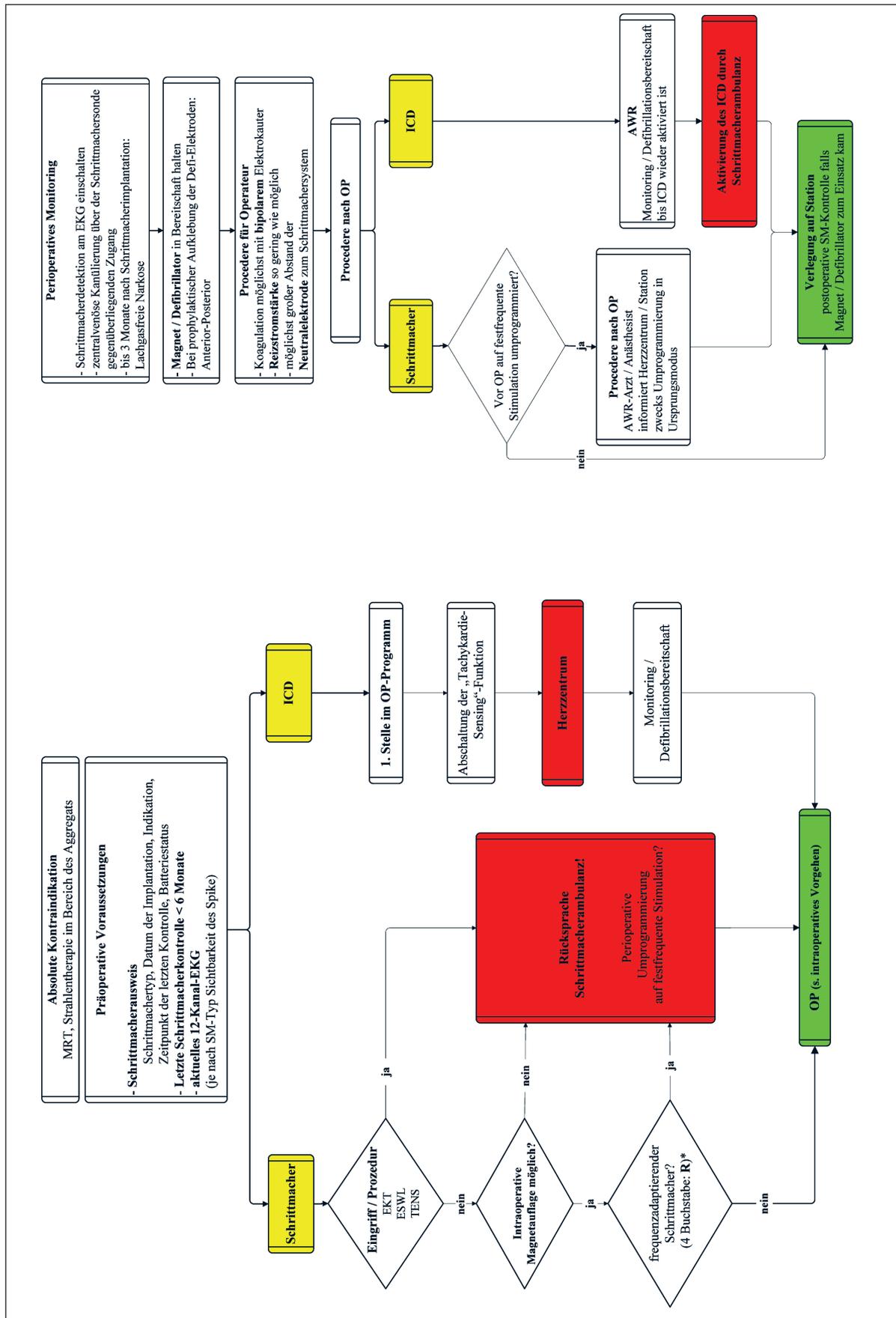


Abb. 2: Perioperatives Vorgehen bei Patienten mit Herzschrittmacher / ICD.

den werden. Der Operateur sollte angehalten werden, einen bipolaren Elektrokauder oder ein Ultraschall-Skalpell zu verwenden. Wenn der Einsatz eines unipolaren Kauters unumgänglich ist, muss die Neutralelektrode soweit wie möglich vom Schrittmacher oder ICD entfernt platziert werden, um einen Stromfluss durch das Aggregat oder die Elektroden zu vermeiden. Der Kauter sollte in Form von kurzen (<5sek), intermittierenden Bursts mit der niedrigsten möglichen Energie angewendet werden [23].

Ein transvenöser Schrittmacher und ein externer Defibrillator müssen während der gesamten Operation unmittelbar zur Verfügung stehen. Bei ICD-abhängigen Patienten kann eine prophylaktische Platzierung der externen Defibrillationselektroden (Anterior-posterior-Position) sinnvoll sein. Ist eine Kardioversion oder Defibrillation notwendig, kann diese unter Umständen innerhalb weniger Sekunden durch den ICD erfolgen, falls dieser nur durch Magnetauflage inhibiert wurde [23]. Alle EMI-Quellen müssen unmittelbar beendet werden. Führt die Reaktivierung des ICDs nicht auf Anhieb zu einer adäquaten Therapie, wird eine Reanimationsbehandlung und externe Defibrillation gemäß den ERC-Leitlinien durchgeführt.

Postoperative Betreuung

Im Aufwachraum gelten die gleichen Anforderungen an Überwachung, Defibrillationsbereitschaft und die Verfügbarkeit eines externen Schrittmachers wie intraoperativ. Der ursprüngliche Schrittmachermodus und die Reaktivierung des ICDs können zeitnah postoperativ erfolgen. Falls intraoperativ eine Magnetauflage notwendig wurde oder ein externer Defibrillator zum Einsatz kam, ist eine postoperative Schrittmacherabfrage indiziert (Abb. 2, Tab. 3).

Literatur

1. Fischer W, Ritter Ph (Hrsg.). Praxis der Herzschrittmachertherapie. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York. 2. Auflage, 1997
2. Gotze S, Butter C, Fleck, E. Cardiac resynchronization therapy for heart failure - From experimental pacing to evidence-based therapy. Clin Res Cardiol 2006;95(Suppl4):18-35.
3. Schuchert A, Israel CW. Arbeitsweise und Ergebnisse automatischer Reizschwellen-Kontrollalgorithmen in Herzschrittmachern. Herzschr Elektrophys 2004;15:188-199.
4. Stevenson WG, Chaitman BR, Ellenbogen KA, Epstein AE, Gross WL, Hayes DL, et al. Clinical assessment and management of patients with implanted cardioverter-defibrillators presenting to nonelectrophysiologists. Circulation 2004;110:3866-3869.
5. Bernstein AD, Daubert JC, Fletcher RD, Hayes DL, Luderitz B, Reynolds DW, et al. The revised NASPE/BPEG generic code for antibradycardia, adaptive-rate, and multisite pacing. North American Society of Pacing and Electrophysiology/British Pacing and Electrophysiology Group. PACE 2002;25:260-264.



ANTWORTEN CME

6 | 06 HEFT 6/2006

Frage 1:	b	Frage 6:	d
Frage 2:	c	Frage 7:	d
Frage 3:	e	Frage 8:	b
Frage 4:	c	Frage 9:	c
Frage 5:	c		

6. Bauer A, Schoels W. Risiken bei asynchroner Ventrikelstimulation. Herzschr Elektrophys 2004;15:22-26.

7. Nowak B, Hemmer W, Israel CW, Kramer LI, Neuzner J, Pfeiffer D, et al. Statement of the Working Group of the Germany Society on the safety of asynchronous ventricular pacemaker stimulation. Clin Res Cardiol 2006;95:57-60.

8. Gregoratos G, Abrams J, Epstein AE, Freedman RA, Hayes DL, Hlatky MA, et al. ACC/AHA/NASPE 2002 guideline update for implantation of cardiac pacemakers and antiarrhythmia devices: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/NASPE Committee to Update the 1998 Pacemaker Guidelines). Circulation 2002;106:2145-2161.

9. Trohman RG, Kim MH, Pinski SL. Cardiac pacing: the state of the art. Lancet 2004;364:1701-1719.

10. Kusumoto FM, Goldschlager N. Cardiac pacing. N Engl J Med 1996;334:89-97.

11. Markewitz A. Jahresbericht 2004 des Deutschen Herzschrittmacher-Registers.

12. DiMarco JP. Implantable cardioverter-defibrillators. N.Engl.J Med 2003;349:1836-1847.

13. Wathen MS, DeGroot PJ, Sweeney MO, Stark AJ, Otterness MF, Adkisson WO, et al. Prospective randomized multicenter trial of empirical antitachycardia pacing versus shocks for spontaneous rapid ventricular tachycardia in patients with implantable cardioverter-defibrillators: Pacing Fast Ventricular Tachycardia Reduces Shock Therapies (PainFREE Rx II) trial results. Circulation 2004;110:2591-2596.

14. Atlee JL, Gombotz H, Tscheliessnigg KH (Hrsg.). Perioperative Management of Pacemaker Patients. Springer Verlag Berlin, 1992.

15. Southorn PA, Kamath GS, Vasdev GM, Hayes DL. Monitoring equipment induced tachycardia in patients with minute ventilation rate-responsive pacemakers. Br J Anaesth 2000;84:508-509.

16. Sicherheitshinweise zur Atemfrequenzmessung. IntelliVue,-Patientenmonitor Benutzerinformationen 2002, Seite 96.

17. Atlee JL, Bernstein AD. Cardiac rhythm management devices (part II): perioperative management. Anesthesiology 2001; 95:1492-1506.

18. Goldschlager N, Epstein A, Friedman P, Gang E, Krol R, Olshansky B. Environmental and drug effects on patients with pacemakers and implantable cardioverter/defibrillators: a practical guide to patient treatment. Arch Intern Med 2001;161:649-655.

19. Carnes CA, Mehdirdad AA, Nelson SD. Drug and defibrillator interactions. Pharmacotherapy 1998;18:516-525.

20. Irnich W. Störbeeinflussung von implantierbaren Schrittmachern. ▶

Tab. 3: Perioperatives Vorgehen bei HSM- und ICD-Trägern.

Präoperativ	
Anamnese, klinische Untersuchung	<ul style="list-style-type: none"> • Schrittmachertyp, Datum (und ggf. Ort) der Implantation • Schrittmacherindikation, Symptome • Schrittmacherabhängigkeit? • letzte Schrittmacherkontrolle < 6 Monate? • aktuelles 12-Kanal-EKG • Schrittmacherlage im Patienten • Reaktion auf Magnetauflage
Prämedikation, perioperative Begleitmedikation	<ul style="list-style-type: none"> • Anhand der üblichen Kriterien
Planung der Prozedur	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Interferenz? • Bipolares Kauter oder Ultraschallskalpell, sofern möglich • Verfügbarkeit von externem Schrittmacher und Defibrillator prüfen
Präoperative Umprogrammierung	<p>wenn EMI wahrscheinlich</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asynchroner Modus, wenn Schrittmacher abhängiger Patient • ggf. Abschalten der Frequenzadaptation • ICD: Abschalten der antitachykarden Funktionen
Intraoperativ	
Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> • EKG: Schrittmachererkennung einschalten • Blutdruck noninvasiv/invasiv in Abhängigkeit von OP und sonstigen Begleiterkrankungen • ZVK auf kontralateraler Seite platzieren • PAK: strenge Indikation
EMI, Elektrokauter	<ul style="list-style-type: none"> • Bipolar oder Ultraschallskalpell, wenn möglich <p>Bei unipolarem Kauter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neutralelektrode soweit wie möglich von HSM/ICD entfernt, • Stromfluss nicht durch Impulsgenerator / Elektroden • kurze Bursts mit niedrigstmöglicher Energie
MRT	<ul style="list-style-type: none"> • prinzipiell kontraindiziert • im Ausnahmefall individuelles Vorgehen nach strenger Risiko-Nutzen-Abwägung, individuelles Prozedere
Strahlentherapie	<ul style="list-style-type: none"> • Bestrahlung im Bereich des Impulsgebers kontraindiziert • Bleischutz des HSMs/ICDs • Bei Schrittmacher-abhängigen Patienten asynchroner Modus
ESWL	<ul style="list-style-type: none"> • atriales Pacing deaktivieren • Stoßwelle soweit wie möglich vom Impulsgeber entfernt
Elektrokrampftherapie	<ul style="list-style-type: none"> • HSM-Inhibierung durch Myopotenziale beachten
Defibrillationsindikation	<ul style="list-style-type: none"> • Alle EMI-Quellen unverzüglich beenden • Defibrillatorelektroden anterior-posterior, möglichst >10cm vom Impulsgeber entfernt • Schockabgabe und Energiewahl laut ERC-Leitlinien <p>Wenn ICD nur durch Magnet inhibiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Magnet entfernen • ICD-Defibrillation abwarten • Externe Defibrillation, wenn keine erfolgreiche Schockabgabe innerhalb 15sek
Postoperativ	
	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuierliches hämodynamisches Monitoring • Aktivierung der ursprünglichen HSM-/ICD-Einstellung • Schrittmacherabfrage, falls Defibrillator oder Magnet zum Einsatz kam

- machern und Defibrillatoren. Grundlagen. *Herzschr Elektrophys* 2004;15:9-21.
- 21. Finfer, SR.** Pacemaker failure on induction of anaesthesia. *Br J Anaesth* 1991;66:509-512.
- 22. Volkmann H.** Störbeeinflussung von implantierten Herzschrittmachern im medizinischen Bereich. *Herzschr Elektrophys* 2004;15:65-72.
- 23.** Practice advisory for the perioperative management of patients with cardiac rhythm management devices: pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators: a report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of Patients with Cardiac Rhythm Management Devices. *Anesthesiology* 2005;103:186-198.
- 24. Duru F, Luechinger R, Scheidegger MB, Luscher TF, Boesiger P, Candinas R.** Pacing in magnetic resonance imaging environment: clinical and technical considerations on compatibility. *Eur Heart J* 2001;22:113-124.
- 25. Martin ET, Coman JA, Shellock FG, Pulling CC, Fair R, Jenkins K.** Magnetic Resonance Imaging and Cardiac Pacemakers at 1.5 Tesla. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:1315-1324.
- 26. Gimbel JR, Kanal E.** Can patients with implantable pacemakers safely undergo magnetic resonance imaging? *J Am Coll Cardiol* 2004;43:1325-1327.
- 27. Rozner MA.** Intrathoracic Gadgets: Pacemakers and Defibrillators in the New Millenium. *ASA Annual Meeting Refresher Courses* 2003;271:1-7.
- 28. Atlee JL, Bernstein AD.** Cardiac rhythm management devices (part I): indications, device selection, and function. *Anesthesiology* 2001;95:1265-1280.
- 29. Rasche S, Koch T, Hübler M.** Das Long-QT-Syndrom in der Anästhesie. *Anaesthesist* 2006;55:229-246.
- 30. Zaidan JR, Curling PE, CraverJM Jr.** Effect of enflurane, isoflurane, and halothane on pacing stimulation thresholds in man. *Pacing Clin Electrophysiol* 1985;8:32-34.
- 31. Dohrmann ML, Goldschlager N.** Myocardial stimulation threshold in patients with cardiac pacemakers: effect of physiologic variables, pharmacologic agents, and lead electrodes. *Cardiol Clin* 1985;3:527-537.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Stefan Rasche
 Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und
 Intensivtherapie
 Universitätsklinikum Carl Gustav Carus
 Technische Universität Dresden
 Fetscherstraße 74
 D-01307 Dresden
 Tel.: 0351 458-2785
 Fax: 0351 458-4336
 E-Mail: Stefan.Rasche@uniklinikum-dresden.de ■

MULTIPLE-CHOICE-FRAGEN (CME 11/2006)

1. Elektromagnetische Interferenz tritt nicht auf bei

- Elektrokauterung
- Kontrastmittel-CT des Thorax
- MRT-Untersuchung
- ESWL
- externer Kardioversion.

2. Welche Aussage(n) trifft/treffen zu?

- Der AAI-Modus ist bei gestörter AV-Überleitung kontraindiziert
- Im VVI-Modus arbeitet der Schrittmacher synchron zu Vorhof- und Ventrikel-Eigenaktionen
- Im VOO-Modus kann eine Parasystolie auftreten
- Im DDO-Modus ist eine Schrittmacherinhibierung durch externe Störsignale unwahrscheinlich
 - Nur Aussage 1 und 2 sind richtig
 - Nur Aussage 1 und 3 sind richtig
 - Nur Aussage 1, 3 und 4 sind richtig
 - Nur Aussage 2, 3 und 4 sind richtig
 - Alle Aussagen sind richtig.

3. Welche Aussage trifft nicht zu?

Durch die Magnetauflage

- werden die meisten Herzschrittmacher in einen asynchronen Stimulationsmodus umgeschaltet
- kann der Schrittmacher nach einigen Impulsen automatisch wieder in den programmierten Modus zurückspringen
- kann beim ICD die antitachykarde Funktion permanent deaktiviert werden
- werden häufig Reentry-Tachykardien oder Kammerflimmern ausgelöst
- können Informationen über den Batteriezustand ermittelt werden.

4. Welche Aussage(n) trifft/treffen zu? Im DDD-Modus

- Wird der Schrittmacher durch Vorhof- und Ventrikel-signale komplett inhibiert
- Kann der Schrittmacher in Vorhof und Ventrikel AV-sequentiell stimulieren
- Können ventrikuläre Schrittmacherimpulse atrial getriggert werden
- Stimuliert der Schrittmacher bei bestimmten Rhythmusstörungen nur atrial.
 - Nur Aussage 2 ist richtig
 - Nur Aussage 1, 2 und 3 sind richtig
 - Nur Aussage 1, 2, und 4 sind richtig
 - Nur Aussage 2, 3 und 4 sind richtig
 - Alle Aussagen sind richtig.

5. Welche Aussage trifft nicht zu?

Zu einer klinisch relevanten Erhöhung der Reizschwelle bei HSM können führen

- Flecainid
- interne oder externe Defibrillation
- Volatile Anästhetika
- Hypoxämie
- Hyperkaliämie > 7 mmol/l.

6. Welche Aussage trifft nicht zu?

Bei ICDs

- wird empfohlen, die antitachykarden Funktionen präoperativ zu deaktivieren
- ist die Schockabgabe meistens schmerzhaft
- gefährdet die Schockabgabe andere Personen mit direktem Kontakt zum Patienten
- erfolgt die Energieabgabe mono- oder biphasisch
- kann durch das antitachykarde Pacing eine Akzeleration der Tachykardie hervorgerufen werden.

7. Die externe Defibrillation eines ICD-Patienten

- erfolgt mit einer Energie von 40 Joule
- ist kontraindiziert
- sollte am besten mit anterior-posteriorer Elektrodenposition erfolgen
- hat keine Auswirkungen auf die Funktion des ICD
- darf nur mit monophasischem Schock erfolgen.

8. Welche Aussage trifft nicht zu?

Störsignale können bei entsprechendem Signalcharakter

- zu einer Asystolie durch Inhibierung des Schrittmachers führen
- in VDD- und DDD-Schrittmachern eine Tachykardie auslösen
- eine asynchrone Stimulation verursachen
- beim ICD eine antitachykarde Therapie triggern
- bei bipolaren HSM-Elektroden häufiger eingekoppelt werden als bei unipolaren.

9. Welche Aussage trifft zu

- Ionisierende Strahlung zu therapeutischen Zwecken beeinflusst neuere HSM im Gegensatz zu älteren Geräten kaum
- im MRT ist vor allem mit mechanischen Komplikationen durch den Einfluss des Magnetfeldes auf den Schrittmacher zu rechnen
- Die ESWL ist bei HSM- und ICD-Patienten kontraindiziert
- Die Elektrokrampftherapie kann bei HSM-Patienten unter Beachtung möglicher Myopotentiale durchgeführt werden
- die Magnetauflage ist ein sicherer Schutz vor elektromagnetischen Störsignalen.

10. Für das prä- und intraoperative Vorgehen beim HSM- und ICD-Patienten wird grundsätzlich empfohlen:

- eine Umprogrammierung des HSM in einen asynchronen Modus bei starker EMI und Schrittmacher-abhängigen Patienten
- präoperativer Röntgenthorax
- die Verwendung von bipolarem Kauter oder Ultraschallskalpell
- ein invasives Blutdruckmonitoring
- Lokalanästhetika zu vermeiden.
 - 1, 2 und 4 sind richtig
 - 1 und 3 sind richtig
 - 1, 3 und 4 sind richtig
 - 1, 3 und 5 sind richtig
 - 1-5 alle sind richtig.

AUSWERTUNGSBOGEN

(CME 11/2006)

▼ An dieser Auswertung können alle Mitglieder der DGAI und/oder des BDA teilnehmen.

Name:	<input type="text"/>
PLZ, Ort:	<input type="text"/>

▼ Eine korrekte Auswertung ist jedoch nur bei Angabe der Mitgliedsnummer möglich.

Tragen Sie hier Ihre Mitgliedsnummer ein:

<input type="text"/>					
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

▼ Diese finden Sie auf Ihrer Mitgliedskarte oder auf dem Adressaufkleber Ihrer Zeitschrift, in der Mitte der 3. Zeile. Hier eine Beispielsabbildung des Aufklebers:

DIOMed Gesellschaft mit beschränkter Haftung	Äußere Sulzbacher Straße 29	DE-90491 Nürnberg
PvSt. DPAG	B2330	Entgeld bezahlt
01 /02	▶ 012345 ◀	000

Der Fragebogen bezieht sich auf den vorstehenden Fortbildungsbeitrag. Die richtigen Antworten werden in der „Anästhesiologie & Intensivmedizin“ publiziert.

Tragen Sie hier Ihre Lösung ein:

	a	b	c	d	e
1	<input type="text"/>				
2	<input type="text"/>				
3	<input type="text"/>				
4	<input type="text"/>				
5	<input type="text"/>				
6	<input type="text"/>				
7	<input type="text"/>				
8	<input type="text"/>				
9	<input type="text"/>				
10	<input type="text"/>				

Die Teilnahme an dieser Auswertung wird Ihnen Anfang des 2. Quartals des Folgejahres attestiert. Sie erhalten einen Fortbildungspunkt je Beitrag, wenn mindestens 70% der Fragen richtig beantwortet wurden. Ab 90% richtiger Antworten erhalten Sie zwei Punkte.

Pro Fragebogen wird eine Bearbeitungsgebühr von 2,50 € berechnet. Nach Zahlungseingang wird Ihnen das Fortbildungszertifikat zugesandt.

Die Bearbeitung erfolgt für Sie kostenlos, falls Sie Ihre Antworten online unter folgender Adresse einreichen: <http://cme.anaesthesisten.de>

Fortbildungszertifikate werden durch die Landesärztekammer Westfalen-Lippe ausgestellt. Sie werden auch von den anderen Ärztekammern im Rahmen der jeweiligen Bestimmungen anerkannt.



Einsendeschluss: 31.12.2006

Bitte senden Sie uns den Fragebogen **online** <http://cme.anaesthesisten.de> oder **per Fax 0911 3938195** zurück.

DGAI / BDA - Geschäftsstelle

Roritzerstraße 27
D-90419 Nürnberg
Tel.: 0911 933780
Fax: 0911 3938195,
E-Mail: dgai@dgai-ev.de
<http://www.dgai.de>
E-Mail: bda@dgai-ev.de
<http://www.bda.de>

Geschäftsführung

Dr. med. Alexander Schleppers
Dipl.-Sozw. Holger Sorgatz

Sekretariat:

Monika Gugel	0911 9337811
Alexandra Hisom, M.A.	0911 9337812
Klaudija Lazovska	0911 9337821
E-Mail: dgai@dgai-ev.de	
E-Mail: bda@dgai-ev.de	

Rechtsabteilung

Dr. iur. Elmar Biermann
Ass. iur. Evelyn Weis

Sekretariat:

Ingeborg Pschorn-Glöckner (L - Z)	0911 9337817
Gabriele Schneider-Trautmann (A - K)	0911 9337827
E-Mail: BDA.Justitiare@dgai-ev.de	

Buchhaltung / Mitgliederverwaltung

Kathrin Barbian	0911 9337816
Karin Rauscher	0911 9337815
E-Mail: DGAI.Mitgliederverw@dgai-ev.de	
E-Mail: BDA.Mitgliederverw@dgai-ev.de	

BDA - Referate:

Referat für Versicherungsfragen

Ass. iur. Evelyn Weis
Roritzerstraße 27
D-90419 Nürnberg
Tel.: 0911 9337817 oder 27, Fax: 0911 3938195
E-Mail: BDA.Versicherungsref@dgai-ev.de

Referat für Krankenhausmanagement und -ökonomie

Dr. med. Alexander Schleppers
Keltenweg 9c
D-65843 Sulzbach
Tel.: 06196 580441, Fax: 06196 580442
E-Mail: Aschleppers@t-online.de

Referat für den vertragsärztlichen Bereich

Elmar Mertens
Niedergelassener Anästhesist
Trierer Straße 766
D-52078 Aachen
Tel.: 0241 4018533, Fax: 0241 4018534
E-Mail: bda-Mertens@T-Online.de
Bürozeiten: 9.00 - 13.00 Uhr (Mo. - Fr.)