

Kardiologie 2021 · 15:201–206

<https://doi.org/10.1007/s12181-021-00456-x>

Angenommen: 28. Januar 2021

Online publiziert: 4. März 2021

© Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung e.V. Published by Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature - all rights reserved 2021

D. Böcker¹ · P. Sommer² · C. Hansen³ · C. Israel⁴ · B. Lemke⁵ · J. Vogler⁶ · L. Eckardt⁷¹Klinik für Kardiologie, St Marien-Hospital Hamm, Hamm, Deutschland²Klinik für Elektrophysiologie und Rhythmologie. Herz- und Diabeteszentrum NRW, Bad Oeynhausen, Deutschland³Herz- und Gefäßzentrum am Krankenhaus Neu-Bethlehem, Göttingen, Deutschland⁴Klinik für Innere Medizin – Kardiologie, Diabetologie & Nephrologie, Evangelisches Klinikum Bethel, Bielefeld, Deutschland⁵Klinik für Kardiologie und Angiologie, Klinikum Lüdenscheid, Märkische Kliniken GmbH, Lüdenscheid, Deutschland⁶Medizinische Klinik II/Kardiologie, Sektion Elektrophysiologie, Universitätsklinikum Schleswig Holstein, Lübeck, Deutschland⁷Klinik für Kardiologie II – Rhythmologie, Universitätsklinikum Münster, Münster, Deutschland

Sachkunde Herzschrittmachertherapie

Der Einsatz von Medizinprodukten einschließlich aktiver Implantate ist in Deutschland vom Gesetzgeber im Medizinproduktegesetz sowie den zugehörigen Verordnungen geregelt. Für die Therapie mit Herzschrittmachern bedeutet dies neben fundierten Kenntnissen in der Rhythmologie auch grundlegende technische Kenntnisse. Die Sachkunde „Praxis der Herzschrittmachertherapie“ soll den strukturierten Erwerb der theoretischen Kenntnisse, die für die Therapie mit Herzschrittmachern erforderlich sind, beschreiben (■ Tab. 1).

Diese Empfehlungen wurden von Gremien der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie erstmals 2001 erarbeitet und zuletzt 2007 aktualisiert.

Die Sachkunde definiert aus Sicht der beteiligten Fachgremien die für eine Therapie mit Herzschrittmachern erforderlichen theoretischen Kenntnisse, die zusammen mit den praktischen Erfahrungen, die in der klinischen Aus- und Weiterbildung erlangt wurden, die Voraussetzung für eine qualitativ hochwertige Herzschrittmachertherapie darstellen.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit und Verständlichkeit der Texte wird in Springer-Publikationen in der Regel das generische Maskulinum als geschlechtsneutrale Form verwendet. Diese Form impliziert immer alle Geschlechter.

1. Grundlagen

1.1 Historischer Abriss

Darstellung technologischer Trends bei Schrittmacheraggregaten und in der Sonden-technologie

1.2 Schrittmachertypen und Kodierung

- Darstellung der Kodierungen: VVI, AAI, DDD, DDI, VDD, VAT, SSI, SST, ggf. in Kombination mit Frequenzadaptation (xxxR) und kardialer Resynchronisation (CRT-P, CRT-D)
- Darstellung der unterschiedlichen Bedeutung der Kodebenutzung:
 - Bezeichnung des Aggregattyps, des programmierten Stimulationsmodus, des augenblicklichen Stimulationsbetriebs anhand des Oberflächen-EKGs, eines bestimmten Schrittmacher Gesamtsystems

1.3 Medikamentöse Therapie bradykarder Herzrhythmusstörungen

- Medikamentöse Therapie in der Akut-/Notfalltherapie
- Besonderheiten der antiarrhythmischen Begleittherapie nach Schrittmacherimplantation

1.4 Pathophysiologie/Diagnostik/Differenzialdiagnose

1.4.1 Klassifikation bradykarder Rhythmusstörungen basierend auf klinischer Symptomatik und EKG-Befund

- Persistierende und intermittierende Bradykardien
- EKG-dokumentierte und vermutete Bradykardien
- Intrinsische und extrinsische Bradykardien

1.4.2 Sinusknotensyndrom (SKS)

- Definition der Unterformen (persistierende Sinusbradykardie, Tachykardie-Bradykardie-Syndrom, intermittierender SA-Block/Sinusalrest, chronotrope Inkompetenz)
- Klinische Symptome und Diagnostik

1.4.3 AV-Blockierungen (AVB), Schenkelblockierungen, Bradyarrhythmia absoluta (BAA)

- Definition der atrioventrikulären Leitungsstörungen (AV-Block I. Grades; AV-Block II. Grades, Mobitz-Typ 1 [Wenckebach] und Mobitz Typ 2; 2:1 AV-Block; AV-Block III. Grades)
- Physiologie und Pathophysiologie der AV-Überleitung sowie ihrer autonomen Steuerung (paroxysmaler AV-Block [z. B. Phase-IV-Block]; idiopathischer AV-Block)

Tab. 1 Zeitrahmen für Sachkundekurs Herzschrittmachertherapie (1 UE = 45min)

1	Grundlagen		8 UE
	Historischer Abriss		
	Schrittmachertypen und Kodierung		
	Medikamentöse Therapie bradykarder Herzrhythmusstörungen		
	Pathophysiologie/Diagnostik/Differenzialdiagnose		
	Indikation zur permanenten und passageren Stimulation, zur Kardioverter-Defibrillator-Therapie und zur Resynchronisationstherapie		
	Grundlagen der Elektrostimulation		
	Gesetzliche Bestimmungen		
	Technik der Schrittmacherimplantation und Komplikationen		
2	Stimulationsformen	Abschnitt 2	6 UE
	Frequenzadaptive Stimulation		
	Hämodynamik der Schrittmacherstimulation		
	Systemauswahl		
	Zeitsteuerung von Herzschrittmachern		
3	Schrittmacherfehlfunktionen	Abschnitt 3	4 UE
	Schrittmacherfehlfunktionen an Beispielen		
	Störbeeinflussung von Herzschrittmachern		
	Schrittmacherbeteiligte Tachykardien		
4	Programmierung und Nachsorge	Abschnitt 4	10 UE
	Diagnostische Schrittmacherfunktionen		
	Schrittmacher-EKG-Analyse		
	Nachsorge		
	Programmierung		
5	Praktische Übungen und Fallbeispiele	Abschnitt 5	6 UE
6	Erfolgskontrolle	Abschnitt 6	2 UE

1 UE (Unterrichtseinheit) = 45min; nicht im Kurs enthalten ist die sachkundige Einweisung in die Programmiergeräte der einzelnen Hersteller. Diese muss durch den jeweiligen Hersteller vor Ort in der Klinik/Praxis oder in einem Programmiergerätekurs erfolgen

- Klinische Symptomatik und Diagnostik (u. a. EKG, Langzeit-EKG, Belastungs-EKG, implantierbarer Looprekorder [ILR], Stellenwert einer invasiven elektrophysiologischen Untersuchung), Adjustierung der Dauer des Monitorings an die Häufigkeit der Symptomatik, Assoziation der Symptomatik mit der Art der Bradykardie (paroxysmal oder persistierend)

1.4.4 Synkopen

- Definition, Pathophysiologie, Differenzialdiagnosen der Synkope im Kontext des TLOC („transient loss of consciousness“)
 - Neurokardiale Synkope
 - Karotissinus-Syndrom
- Diagnostik und Therapie (u. a. nichtinvasive Diagnostik, Kipp-

tischuntersuchung, Indikationen zur elektrophysiologischen Untersuchung)

1.4.5 Herzinsuffizienz

- Bedeutung, Pathophysiologie und Therapie (vgl. Sachkunde CRT der DGK)

1.5 Indikation zur permanenten und passageren Stimulation, zur ICD- und Resynchronisationstherapie

1.5.1 Indikation zur passageren Stimulation

- Z. B. bei medikamentös induzierter oder im Rahmen eines akuten Myokardinfarktes auftretender Bradykardie, postoperativ nach Herzoperationen, TAVI, nach AV-Knoten-

Ablation, perioperativ bei extrakardialen Operationen sowie anderen extrakardialen Erkrankungen (z. B. Hirnödem bei Schädel-Hirn-Trauma)

1.5.2 Indikationen zur permanenten Stimulation

- Indikationsbezogene Schrittmachertherapie bei persistierenden und intermittierenden Bradykardien
- Berücksichtigung der Indikationen zur kardialen Resynchronisations- und Defibrillatortherapie (u. a. DGK Sachkunde CRT-Therapie)

1.6 Grundlagen der Elektrostimulation

- Wichtige physikalische Größen und Gesetze sowie deren Herleitung (Spannung, Strom, Impedanz, Ladung, Energie, Ohmsches Gesetz etc.)
- Darstellung unterschiedlicher Batterietechniken und -charakteristika
- Austauschzeitpunkt/-kriterien (BOS, IRI, ERI, EOS)
- Komponenten, Materialien und Aufbau verschiedener Stimulationselektroden und Darstellung der jeweiligen Vor- und Nachteile/Risiken
- Unterschiede unipolarer/bipolarer Stimulation und Wahrnehmung
- Unterschiede anodaler/kathodaler Stimulation
- Bedeutung der einzelnen Komponenten der Schnittstelle Elektrode/Myokard für die Stimulation (Ladungsverbrauch) und Wahrnehmung sowie Erörterung verschiedener Konzepte zur Optimierung des Stimulationssystems. Elektrostimulation: Definition und
- Darstellung der Bedeutung von Chronaxie und Rheobase, Bestimmung einer ausreichenden Sicherheitsschwelle mit der Chronaxie-Rheobase-Kurve
- Berechnung des Gesamtladungsverbrauchs und der Laufzeit

1.7 Technik der Schrittmacherimplantation und Komplikationen

1.7.1 Operationsvorbereitung

- Patientenaufklärung über
 - anästhesiologische, intra-, peri- und postoperative Risiken
 - Notwendigkeit regelmäßiger Nachkontrollen
 - mögliche SM-Fehlfunktionen und Störbeeinflussungen
 - evtl. berufliche und private (z. B. Sport) Einschränkungen
- Wahl des Narkoseverfahrens
- Wahl des Implantationsortes:
 - Zugang von rechts/links pektoral/abdominal/transfemoral unter Beachtung von Beruf und Gewohnheiten des Patienten sowie von Begleiterkrankungen

1.7.2 Implantationstechnik

- *Zugang*: über V. cephalica, Punktion von V. subclavia oder V. axillaris, epikardial
- Sondenauswahl
- Sondenplatzierung: Vorgehen, Lagekontrolle, Fehlpositionierungen und ihre Erkennung
- Besonderheiten bei der Platzierung von Elektroden an alternativen atrialen (Bachmann-Bündel, Koch-Dreieck, Coronarsinus) bzw. ventrikulären Positionen (RV-Ausflustrakt, interventrikuläres Septum)
- His-Bündel/Linksschenkelstimulation (Prinzip, Studienlage und Indikationen)
- Kabellose Schrittmacher (Prinzip, Studienlage und Indikationen)
- Besonderheiten der Schrittmacherimplantation im Kindesalter bei EMAH-Patienten und
- *Tasche*: Präparation, Fixierung von Sonde und Aggregat, ggf. lokale Antisepsis
- intraoperative Messwerte
- Reizschwelle, intrinsische Signalamplitude, „slew rate“, Stimulationsimpedanz
- Prüfung der Fremdstimulation atrial/ventrikulär
- Besonderheiten bei Batteriewechsel: Messungen, Eigenrhythmus, unipolare Stimulation

Kardiologie 2021 · 15:201–206 <https://doi.org/10.1007/s12181-021-00456-x>
 © Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung e.V. Published by Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature - all rights reserved 2021

D. Böcker · P. Sommer · C. Hansen · C. Israel · B. Lemke · J. Vogler · L. Eckardt

Sachkunde Herzschrittmachertherapie

Zusammenfassung

Der Einsatz aktiver Implantate ist in Deutschland vom Gesetzgeber im Medizinproduktegesetz sowie den zugehörigen Verordnungen geregelt. Über die Medizinprodukte-Betreiberverordnung dürfen Medizinprodukte nur von Personen betrieben oder angewendet werden, die eine dafür erforderliche Ausbildung und Erfahrung besitzen. Dies bedeutet, dass Ärzte, die eine Therapie mit Herzschrittmachern anwenden, neben fundierten Kenntnissen in der Rhythmologie auch grundlegende technische Kenntnisse erwerben müssen. Die vorliegende „Sachkunde der Herzschrittmachertherapie“ fasst die Inhalte für den Erwerb der erforderlichen Sachkunde und die vermittelten theoretischen Kenntnisse zusammen. Gemeinsam mit den praktischen Erfahrungen, die in der klinischen Aus- und Weiterbildung erlangt werden, stellen die dargestellten Inhalte die Voraussetzung für eine qualitativ hochwertige Herzschrittmachertherapie dar.

chertherapie“ fasst die Inhalte für den Erwerb der erforderlichen Sachkunde und die vermittelten theoretischen Kenntnisse zusammen. Gemeinsam mit den praktischen Erfahrungen, die in der klinischen Aus- und Weiterbildung erlangt werden, stellen die dargestellten Inhalte die Voraussetzung für eine qualitativ hochwertige Herzschrittmachertherapie dar.

Schlüsselwörter

Herzschrittmachertherapie · Herzschrittmacherfunktion · Herzschrittmacherfehlfunktion · Programmierung · Nachsorge

Expertise in pacemaker treatment

Abstract

The use of active implants is regulated in Germany by the Medical Devices Act and the associated ordinances. According to the medical devices user regulations, medical devices can only be operated or used by people who have the necessary training and experience. This means that physicians who use pacemaker treatment need to acquire basic technical knowledge in addition to in-depth knowledge of rhythmology. The present “expertise in pacemaker treatment” summarizes the contents for the acquisition

of the necessary expertise and theoretical knowledge. Together with the practical experience gained in clinical training and further education, the contents presented are the prerequisite for high-quality cardiac pacemaker treatment.

Keywords

Pacemaker treatment · Pacemaker function · Pacemaker malfunction · Programming · Aftercare

1.7.3 Komplikationen

Darstellung typischer Komplikationen mit Empfehlungen zur Vorbeugung und Behandlung

- Intraoperativ:
 - Asystolie, Kammerflimmern, Vorhofflimmern
 - Myokardperforation, -penetration
 - Pneumothorax, Hämatothorax, Luftembolie
 - Ungewollte linkskardiale Implantation
- Peri-/postoperativ
 - Taschenhämatom
 - Primäre, sekundäre Taschen- und Elektrodeninfektion (Diagnostik und Therapie)

- Primäre und sekundäre Infektion des gesamten Schrittmachersystems: Diagnostik, Therapie
- Stimulation von Zwerchfell oder Pektoralismuskulatur
- Venenthrombose
- Sondendislokation (Mikro-, Makrodislokation, Twiddler-Syndrom)
- Spezielle Komplikationen bei linksventrikulären Elektroden oder bei kabellosen Systemen

1.8 Gesetzliche Bestimmungen

- Übersicht gesetzlicher Vorschriften und Empfehlungen der Fachgesellschaft

- u. a. Medizinproduktegesetz [MPG],
- Röntgenverordnung [RöV],
- Richtlinien für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention,
- Sachkunde
- Meldung von Vorkommnissen
- Fahrerlaubnis beruflich/privat

2 Stimulationsformen

2.1 Frequenzadaptive Stimulation

- Charakteristika und Besonderheiten der verfügbaren Sensoren mit Darstellung der möglichen Vor-/Nachteile und Fehlfunktionen (Bewegungs-, Atemminutenvolumensensoren)
- Problematik der hämodynamischen Optimierung der frequenzadaptiven Stimulation

2.2 Hämodynamik der Schrittmacherstimulation

- Bedeutung der Vorhofkontraktion für ein optimales Schlagvolumen
- Darstellung der Bedeutung eines optimalen AV-Intervalls bei DDD-Stimulation
 - Bestimmung des optimalen AV-Intervalls
- Bedeutung des Herzfrequenzanstieges für das Verhalten des Herzminutenvolumens unter Belastung bei RV- und biventrikulärer Stimulation
- Definition und Formen des Schrittmachersyndroms
- Bedeutung der vorhofbeteiligten Stimulation (u. a. Schrittmachersyndrom, Belastungsfähigkeit, Vorhofflimmern, Prognose)
- Bedeutung der Vermeidung einer rechtsventrikulären Stimulation
- Vor- und Nachteile verschiedener Konzepte zur Vermeidung der ventrikulären Stimulation (langes AV-Intervall, AV-Hysterese, AAI/DDD-Programmierungs-/Moduswechsel und andere Moduswechsel)
- Vor- und Nachteile alternativer ventrikulärer Stimulationsstrategien bei Patienten mit ventrikulärer Stimulationsnotwendigkeit: RV-Ausflustraktstimulation, Stimulation

am intraventrikulären Septum, His-Bündel-Stimulation, links- bzw. biventrikuläre Stimulation

2.3 Systemauswahl

- Darstellung anhand der einzelnen Stimulationsformen (VVI/R, AAI/R, DDI/R, DDD/R, VDD) in Bezug zu den jeweiligen Indikationen
- Jeweils Erörterung der hämodynamischen, klinischen und elektrophysiologischen Aspekte der einzelnen Stimulationsformen und Darstellung der Indikationen und Kontraindikationen
- Darstellung spezieller Stimulationsformen (z. B. Frequenzabfallreaktion)

2.4 Zeitsteuerung von Herzschrittmachern

- Umrechnung Frequenzen in Zeitintervalle
- Markerkanal-Annotierungen (P, A, R, V)
- Zuordnung intrakardialer Ereignisse zum Oberflächen-EKG
- Fusion, Pseudofusion, Pseudopseudofusion
- *Zeitintervalle*: Bedeutung der Kenntnis der Zeitintervalle zur Interpretation eines Schrittmacher-EKG sowie zur Erkennung und Vermeidung von Schrittmacherfehlfunktionen
- *Frequenzen*: untere Grenzfrequenz (LRL), obere Grenzfrequenz (URL, MTR) Sensorfrequenz (SIR), maximale Sensorfrequenz (MSR), Hysteresefrequenz (HRL)
- *Refraktärperioden*: atriale Refraktärperiode (ARP), ventrikuläre Refraktärperiode (VRP), postventrikuläre ARP (PVARP), totale ARP (TARP), atriales Blanking (AB), ventrikuläres Blanking (VB), postatriales Ventrikelblanking (PAVB), postventrikuläres Vorhofblanking (PVAB), Vorzeitigkeitsfenster (WARAD u. a.)
- *AV-Intervalle*: AV-Intervall (AVI), PV-Intervall (PVI), frequenzadaptives AV-Intervall, AV-Intervall-Hysterese (positiv, negativ)
- Steuerungsgrundlagen
 - *Betriebsarten*: AAI, VVI, DDI, DDD, sensorgesteuert

- *Steuerungsarten*: atriale (AA-) Steuerung, ventrikuläre (VV-) Steuerung, kombinierte Steuerungen
- „Crosstalk“: „AV-Crosstalk“, „VA-Crosstalk“
- Sicherheitsstimulation/„safety pacing“, VV-Crosstalk bei biventrikulärer Stimulation
- Störerkennung, Störsammelperiode (NSP)
 - T-Wellen-Sensing
- Grenzfrequenzverhalten:
 - Obere Grenzfrequenz: Wenckebach-Verhalten, n:1-Block-Verhalten, Mode-Switch
 - Untere Grenzfrequenz: Frequenzhysterese, Suchhysterese, Frequenzabfallreaktion
 - Tachykardieerkennung: Mode-Switch, Fallback, Vorhofflattererkennung (Lock-in-Schutz), Schrittmacher-Tachykardie-(PMT-)Algorithmen

3 Schrittmacherfehlfunktionen

3.1 Schrittmacherfehlfunktionen

Dargestellt anhand der möglichen unterschiedlichen Ursachenkomplexe, u. a. mit EKG-Beispielen (bzw. Röntgenbildern) und Empfehlungen zur Vorbeugung und Behandlung:

- Schrittmacheraggregat:
 - Hardware-, Softwarefehler, fehlerhafte Schaltungsentwicklung
- Sonden:
 - Kabelbruch, Isolationsdefekt, Diskonnektion
 - Vertauschen der Anschlüsse, „loose set-screw“ etc.
 - Makro-, Mikrodislokation
- Programmierung:
 - Modus, Empfindlichkeit, PVARP, Frequenzadaptationsparameter u. a.
- Kardiovaskuläre Ursachen (einschließlich iatrogenen Auslösemechanismen):
 - Rhythmusstörungen (supraventrikulär, ventrikulär), ventrikuloatriale Leitung, Reizschwellenveränderungen (z. B. nach Herzinfarkt, bei Herzinsuffizienz, medikamentös)
- Externe Störbeeinflussung

3.2 Störbeeinflussung von Herzschrittmachern

3.2.1 Biologische Grundlagen/ Auswirkungen einer Störbeeinflussung

- Asystolie, Parasytolie, Myokardschäden, Störbetrieb, Schaltungsdefekte, Umprogrammierungen

3.2.2 Technische Grundlagen/ Auswirkungen einer Störbeeinflussung

- Beeinflussung durch elektromagnetische Felder, statische/dynamische Magnetfelder, direkten galvanischen Strom, ionisierende Strahlen
- Störschutzvorrichtungen und deren Realisierung

3.2.3 Störquellen und Empfehlungen zur Vermeidung einer Störbeeinflussung

- *Funkeinrichtungen*: Mobiltelefone, Amateurfunk, Funkfernsteuerungen, Radio-/Fernsehsender, Radar
- *Sicherungsanlagen*: Metalldetektoren, elektromagnetische Störfelder (Kaufhäuser, Flughäfen, Personenschleusen u. a.)
- *Haushaltsgeräte*: Mikrowelle, Fön, Rasierer, Bohrmaschine, Magnete, Gartengeräte etc.
- *Berufliche Gefahrenquellen*: Elektroschweißgeräte, Trafos, Hochspannungsleitungen, Autoelektrik, Eisenbahn, Elektrotechnik, Elektrostahlöfen, Hebmagnete etc.
- *Medizinische Geräte*: Bestrahlungen (Infrarot, Mikrowelle, Ultraschall, ionisierende Strahlen), Elektrokauter, Kernspintomographie, Defibrillatoren, Neurostimulatoren, Stoßwellenlithotripsie
- Empfehlungen zur Kontrolle nach/bei absehbaren Störbeeinflussungen (z. B. Strahlentherapie)
- Empfehlungen zur Patientenaufklärung

3.3 Schrittmacherbeteiligte Tachykardien

- Definition des Begriffes „schrittmacherbeteiligte Tachykardie“ (PMT)

- Einteilung der PMTs
 - Schrittmacher-Reentrytachykardien: SM-Reentrytachykardien durch retrograde VA-Leitung, orthodrome SM-Reentrytachykardien (z. B. durch vertauschte Elektroden u. a.)
 - PMT bei atrialen Tachyarrhythmien
 - PMT bei Oversensing
 - PMT bei frequenzadaptiven Systemen durch Sensor-Oversensing, positive Rückkopplung, falsche Programmierung („rate-drop response“)
 - PMT durch Schaltungsdefekt („SM-Rasen“, „runaway pacemaker“)
- PMT-Algorithmen zur Erkennung und/oder Vermeidung von SM-Reentrytachykardien
- RNRVAS („repetitive non-reentrant VA synchrony“)
- Mode-Switch-Algorithmen: Erörterung unterschiedlich realisierter Mode-Switch-Konzepte

4 Programmierung und Nachsorge

4.1 Diagnostische Schrittmacherfunktionen

- Telemetrische Messungen
 - Batterieimpedanz, Elektrodenimpedanz
 - Reizschwellenmessung, Signalamplitudenmessung
 - Markerkanal, intrakardiales EKG (IKEG)
 - Retrograder Leitungstest u. a.
- Speicherfunktionen
 - Ereigniszähler („counter“, „Statistiken“)
 - Herzfrequenzprofil 1–24 h („Holter“), Sensorsimulation
 - Frequenzhistogramm, AV-Histogramm, Sensorhistogramm u. a.
 - Amplitudenhistogramme, Elektrodenimpedanzhistogramm u. a.
 - Ereignisspeicher (Marker, IKEG)
- Bedeutung automatisierter Überwachungssysteme
 - Automatische Elektrodenintegritätsüberwachung
 - Automatische Reizschwellen-/Wahrnehmungsschwellenbestimmung mit/ohne Adaptation von Output/Sensitivität durch das Schrittmachersystem

4.2 Schrittmacher-EKG- und EGM-Analyse

- Darstellung des normalen Schrittmacher-EKG
 - Bei den einzelnen Stimulationsformen (AAI, VVI, DDI, VDD, DDD)
 - In verschiedenen EKG-Ableitungen (z. B. Erkennung linksventrikulärer Stimulation)
- Darstellung typischer Fehlfunktionen
 - Stimulationsstörungen (Exitblock, Capture-Defekt)
 - Wahrnehmungsstörungen (Undersensing, Oversensing)
 - Detektionsstörungen (refraktäre Wahrnehmung)
 - Unterschiedlich lange AV-Intervalle
 - Falsche Wahl der Betriebsart
 - Bedeutung der Steuerungsform (atrial, ventrikulär, kombiniert)

4.3 Nachsorge

4.3.1 Organisation einer Schrittmacherambulanz

- Personelle Erfordernisse
- Erforderliche Geräte
- Dokumentation
- Qualitätssicherung

4.3.2 Organisation einer strukturierten Nachsorge

- Durchführung einer Nachsorgeuntersuchung
 - Zwischenanamnese, Medikamentenanamnese
 - Orientierende kardiale Untersuchung
 - Untersuchung der Schrittmachertasche
 - EKG
 - Technische Funktionskontrolle
- Reguläre Kontrollen und Mindestanforderungen: Überprüfung von Spontanrhythmus, effektiver Stimulation, Stimulationsmodus, effektiver Wahrnehmung, Batteriekapazität,

Messung der Elektrodenimpedanz, Abfrage diagnostischer Daten

- Telemedizinische Nachsorge (s. Abschn. 4.3.4)
- Erweiterte Kontrollen
 - Indikationen für vorzeitige/häufigere erweiterte Kontrollen
 - Zusätzliche Messungen: Reizschwelle, Sensingschwelle, Muskelinhibitionsschwelle, retrograder Leitungstest, Wenckebach-Punkt, Sensorverhalten, intrakardiales EKG, AV-Zeit-Optimierung, Abfrage aller diagnostischen Daten,
 - Ggf. zusätzliche Diagnostik: Langzeit-EKG, Eventrekorder, Thoraxröntgenaufnahme/-durchleuchtung, Echokardiographie, Belastungs-EKG

4.3.3 Leitfaden zur Messdurchführung (jeweils mit praxisbezogener Anleitung zur Messdurchführung und Bewertung der Ergebnisse)

- Kenntnis der zugrunde liegenden Rhythmusstörung (Indikation zur Implantation)
- Analyse des Spontanrhythmus
- Bestimmung der Batteriekapazität und Restlaufzeitabschätzung
- Messung der Elektrodenimpedanz
- Bestimmung der Reizschwelle und Programmierung von Amplitude und Impulsdauer
- Bestimmung der Sensingschwelle und der Muskelinhibitionsschwelle und Programmierung der Empfindlichkeit und Polarität
- Retrograder Leitungstest, Messung der Fernfeld-R-Wahrnehmung (bei Zweikammersystemen)
- Bestimmung des Wenckebach-Punktes (bei AAI[R]- und DDI[R]Systemen)
- Überprüfung der frequenzadaptiven Funktion

4.3.4 Telemedizinische Abfragen und moderne Abfrageformen

- Darstellung der Leitlinien zur Telemedizin und aktueller technischer Möglichkeiten
- Organisation einer telemedizinischen Überwachung (u. a. Alarm-, Routinefunktionen), rechtliche Datenlage

4.4 Programmierung

- Programmierleitfaden, möglichst mit praxisbezogener Programmierempfehlung (Standardempfehlungen):
 - Betriebsart
 - Frequenzgrenzen: untere Grenzfrequenz (LRL), obere Grenzfrequenz (URL, MTR), maximale Sensorfrequenz (MSR)
 - Amplitude, Impulsdauer, Empfindlichkeit, Polarität
 - Aktivierung bzw. Deaktivierung von automatischen Algorithmen zur Stimulation und Wahrnehmung
 - Frequenzadaptive Parameter (Schwelle, Anstieg, Slope, Abfallzeit etc.)
 - AV-Intervall/-Hysterese: wahrgenommenes Intervall, stimuliertes Intervall
 - Frequenzhysterese
 - Gleitintervall („rate smoothing“, „flywheel“ etc.)
 - Frequenzabfallreaktion (Frequenzanhebung nach Hysterese, Suchhysterese)
 - Schutz vor „crosstalk“ und Fernfeldwahrnehmung, Sicherheitsstimulation („safety window pacing“), Ventrikelblanking, Vorhofblanking
 - Schutz vor schrittmacherbeteiligten Tachykardien: PVARP, PVARP-Verlängerung, VES-synchrone Vorhofstimulation
 - Programmierung des automatischen Mode-Switchs
 - Nichtkonkurrierende atriale Stimulation
- Programmierübungen

4.5 Troubleshooting

- Praxisbezogene Falldarstellungen typischer Problemsituationen an Beispielen

5 Erfolgskontrolle

Multiple-Choice-Prüfung: mindestens 30 Fragen

6 Zeitkontingente^{1,2}

(Tab. 1)

Korrespondenzadresse



Prof. Dr. L. Eckardt
Klinik für Kardiologie
II – Rhythmologie,
Universitätsklinikum Münster
Albert-Schweitzer-Campus 1,
A1, Münster, Deutschland
lars.eckardt@ukmuenster.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. D. Böcker: Beratertätigkeit für die Mitarbeit im Adverse-Events Advisory Committee von Medtronic Europe (Bakken Research Center). P. Sommer: Beratertätigkeit: Abbott, Boston Scientific, Medtronic. Sponsoring von Studien: Abbott, Boston Scientific. C. Israel: Advisory Board: Medtronic. Vortragshonorare, Reisekostensponsoring: Abbott, Biotronik, Boston Scientific, Medtronic, MicroPort. Sponsoring von Studien: MicroPort. B. Lemke: Vortragshonorare, Reisekostensponsoring: Medtronic, Abbott, Boston Scientific, Biotronik, Boehringer, Bayer, Daiichi-Sankyo, Novartis. Sponsoring von Studien: Abbott, Medtronic, Boehringer J. Vogler: Vortragshonorare/Reisekosten: Abbott, Medtronic, Daiichi-Sankyo, AstraZeneca, Biotronik. Studiensponsoring: Abbott, Biotronik, Boston Scientific, Medtronic, Life- tech. L. Eckardt: Vortragshonorare, Reisekostensponsoring: Abbott, Biotronik, Boston Scientific, Medtronic. Sponsoring von Studien: Abbott, Biotronik, Boston Scientific, Medtronic. C. Hansen gibt an, dass kein Interessenskonflikt besteht.

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

¹ Kurse, die nach dem Curriculum von der DGK durchgeführt werden und deren Teilnahme durch die Weiter- und Fortbildungsakademie der DGK urkundlich bestätigt werden, bedürfen bezüglich des Programms und der vorgesehenen Referenten der Genehmigung der DGK. Alle Referenten dieser DGK-Kurse müssen Mitglied der AGEP sein.

² Die Abschnitte 1 und 2 können auch im Rahmen einer e-Learning-Veranstaltung durchgeführt werden. In diesem Fall muss die vorgeschriebene Lerndauer elektronisch überprüfbar sein. Außerdem muss vor Absolvieren der folgenden Abschnitte eine Lernerfolgskontrolle durchgeführt worden sein.