



**Mitteilungen
der Deutschen Gesellschaft
für Kardiologie
– Herz- und Kreislaufforschung**

Korrespondenz:
Deutsche Gesellschaft
für Kardiologie
– Herz- und Kreislaufforschung
Geschäftsstelle
Goethestr. 38 a
D-40237 Düsseldorf
Telefon (02 11) 60 06 92-0
Fax (02 11) 60 06 92-10
E-mail: info@dgkardio.de
Internet: www.dgkardio.de

Curriculum „Praxis der Herzschrittmachertherapie“

Herausgegeben vom Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie
– Herz- und Kreislaufforschung

Bearbeitet im Auftrag der Kommission für Klinische Kardiologie
von Prof. Dr. A. Markewitz, Prof. Dr. G. Fröhlig, Dr. W. Fischer
für die Arbeitsgruppe Herzschrittmacher
und Prof. Dr. R. Griebenow, Dr. L.I. Krämer für die Bundesärztekammer

Zeit- rahmen	Themenblöcke	Zeit
1	Grundlagen	12 UE
1.1	Historischer Abriss	
1.2	Schrittmachertypen und Codierung	
1.3	Medikamentöse Therapie bradykarder Herzrhythmusstörungen	
1.4	Pathophysiologie/Diagnostik/Differenzialdiagnose	
1.5	Indikation zur permanenten und passageren Stimulation	
1.6	Grundlagen der Elektrostimulation	
1.7	Technik der Schrittmacherimplantation und Komplikationen	
1.8	Gesetzliche Bestimmungen*)	
2	Stimulationsformen	8 UE
2.1	Frequenzadaptive Stimulation	
2.2	Hämodynamik der Schrittmacherstimulation	
2.3	Systemauswahl	
2.4	Zeitsteuerung von Herzschrittmachern	
3	Schrittmacher-Fehlfunktionen	8 UE
3.1	Schrittmacherfehlfunktionen	
3.2	Störbeeinflussung von Herzschrittmachern*)	
3.3	Schrittmacherbeteiligte Tachykardien	
4	Programmierung und Nachsorge	12 UE
4.1	Diagnostische Schrittmacherfunktionen	
4.2	Schrittmacher-EKG-Analyse	
4.3	Nachsorge	
4.4	Programmierung	
4.5	Probleme im Praxisalltag (Troubleshooting)	
5	Erfolgskontrolle	

1 UE (Unterrichtseinheit) = 45 min

5-tägig: Grundkurs: 1.1–2.3, Aufbaukurs: 2.4–4.2, Abschlusskurs: 4.3–5
(4-tägig: Grundkurs: 1.1–2.4, Abschlusskurs: 3.1–5)
(6-tägig: Grundkurs: 1.1–1.8, Aufbaukurs: 2.1–3.3, Abschlusskurs: 4.1–5)

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.

*) Die Themen „Störbeeinflussung von Herzschrittmachern“ und „Gesetzliche Bestimmungen“ sollten durch einen entsprechend sachkundigen Referenten, z. B. einen Ingenieur der Biomedizintechnik vertreten werden.

1 Grundlagen

1.1 Historischer Abriss

- Darstellung technologischer Trends bei Schrittmacheraggregaten und in der Sontentechnologie.

1.2 Schrittmachertypen und Codierung

- Darstellung der Codierungen: VVI, AAI, DDD, DDI, VDD, VAT, SSI, SST, ggf. in Kombination mit Frequenzadaptation (xxxR) und/oder anti-tachykarder Funktionen (xxxxP).
- Darstellung der unterschiedlichen Bedeutung der Code-Bezeichnung:
 - Bezeichnung des Aggregatyps (z. B. SSIR)
 - Bezeichnung des programmierten Stimulationsmodus (z. B. DDI bei DDD-Schrittmacher)
 - Bezeichnung des augenblicklichen Stimulationsbetriebs anhand des Oberflächen-EKG's (z. B. VAT-Betrieb bei programmiertem DDD-Modus eines DDDR-Schrittmachers)
 - Bezeichnung eines bestimmten Schrittmacher-Gesamtsystems (z. B. „single-lead“-VDD).

1.3 Medikamentöse Therapie bradykarder Herzrhythmusstörungen

- Differenzielle Betrachtung der Bedeutung der medikamentösen Therapie in der Akut/Notfall-Therapie und der Langzeit-Therapie.
- Pathophysiologische Begründung für den Einsatz von Parasympatholytika und Sympathomimetika bei Sinusbradykardie, AV-Blockierungen, reflexogenen Synkopen.
- Darstellung der Indikation, Durchführung der Therapie, der zu beachtenden Kontraindikationen sowie der zu er-

wartenden Nebenwirkungen und Risiken.

- Beurteilung der Langzeiterfolge.
- Besonderheiten bei der antiarrhythmischen Begleittherapie nach Schrittmacherimplantation.

1.4 Pathophysiologie/ Diagnostik/Differenzialdiagnose

1.4.1 Sinusknoten-Syndrom (SSS)

- Definition der Unterformen
 - persistierende Sinusbradykardie
 - Bradykardie-Tachykardie-Syndrom
 - intermittierender SA-Block/Sinusalblock
 - chronotrope Inkompetenz.
- Klinische Symptome
Physiologie und Pathophysiologie des Sinusknotens sowie seiner autonomen Steuerung, Bedeutung für die Interpretation diagnostischer Verfahren, pathologisch-anatomische Befunde, ätiologisch-pathogenetische Korrelationen.
- Nicht invasive Testverfahren: Ruhe-EKG, Langzeit-EKG, Belastungs-EKG (in der Diagnostik des SSS, zur Bestimmung der chronotropen Inkompetenz).
- Pharmakologische Testverfahren: Atropin, autonome Blockade, andere.
- Invasive Testverfahren: Bestimmung der Sinusknoten-erholungszeit.
- Für die Testverfahren jeweils Darstellung des technischen Vorgehens, Demonstration typischer Ergebnisse, Diskussion der Möglichkeiten falsch-positiver oder falsch-negativer Befunde.
- Wertung der diagnostischen Befunde im Sinne ihres Stellenwertes zur Diagnostik des SSS.
- Definition der chronotropen Inkompetenz.
- Häufigkeit und Erscheinungsform von kombinierten

Störungen aus SSS zusammen mit höhergradigen AV-Blockierungen (Zweiknoten-Erkrankung) oder einem Karotissinus-Syndrom.

1.4.2 AV-Blockierungen (AVB), Schenkelblockierungen und Bradyarrhythmia absoluta (BAA)

- Physiologie und Pathophysiologie der AV-Überleitung sowie ihre autonome Steuerung, pathologisch-anatomische Befunde, ätiologisch-pathogenetische Korrelationen (einschließlich BAA bei Vorhofflimmern, chirurgischer AVB, nach AV-Knoten-Ablation).
- Klinische Symptomatik
- Einteilung der AVB nach Kriterien des Oberflächen-EKG's
- Einteilung der AVB nach intrakardialen EKG-Befunden
- Nichtinvasive Testverfahren: Ruhe-EKG, Belastungs-EKG, Langzeit-EKG
- Pharmakologische Provokationen: Ajmalin, Disopyramid i.v.
- Invasive Testverfahren: Ableitung des HIS-Bündel-EKG's, Wenckebachpunkt-Bestimmung.
- Für die einzelnen Testverfahren jeweils Darstellung des technischen Vorgehens, Demonstration typischer Ergebnisse, Diskussion der Möglichkeiten falsch-positiver oder -negativer Befunde.
- Darstellung der Kombinationen aus AVB zusammen mit einem SSS (Zweiknoten-Erkrankung, ZKE) oder einem Karotissinus-Syndrom.

1.4.3 Reflexogene Synkopen

- Physiologie und Pathophysiologie der reflexvermittelten Steuerung des Herzrhythmus (und des peripheren Widerstandes), klinische Symptome, ätiologisch-pathogenetische Korrelationen
- Definition des hypersensitiven Karotissinus-Reflexes

- Definition des Karotissinus-Syndroms (KSS)
- Definition des vasovagalen Syndroms/neurokardiogene Synkope
- Definition der konstituierenden Komponenten (kardioinhibitorische/vasodepressorische Reaktion)
- Durchführung des Karotissinus-Druckversuches und Interpretation seiner Ergebnisse
- Durchführung der Kipptischuntersuchung und zusätzlicher medikament. Provokationsverfahren
- Demonstration typischer Befunde für eine isolierte kardioinhibitorische Reaktion, eine isolierte vasodepressorische Reaktion sowie eine Mischreaktion aus Kardioinhibition und herzfrequenzunabhängiger vasodepressorischer Komponente. Darstellung der Differenzialdiagnose zu anderen reflexogen vermittelten Synkopen (vasovagale Reaktion, neurokardiogene bzw. maligne vasovagale Synkope, orthostatische Hypotonie, Glossopharyngeusneuralgie, Schlucksynkope, Miktionssynkope, andere vagal vermittelte Reflexreaktionen z. B. auf Augenbulbusdruck, gastrointestinale Dehnungsreflexe).
- Darstellung der Kombination aus KSS und SSS oder AV-Blockierungen oder chronischem Vorhofflimmern.

1.5 Indikation zur permanenten und passageren Stimulation

1.5.1 Indikation zur passageren Stimulation

- bei medikamentös induzierten bradykarden Herzrhythmusstörungen, Bradykardien im Rahmen des akuten Myokard-(Hinterwand-)Infarktes, postoperativ nach Herzoperationen, nach AV-Knotenmodulation, -ablation, perioperativ bei extrakardialen Opera-

tionen sowie anderen extrakardialen Erkrankungen (z. B. Hirnödem bei Schädelhirntrauma).

1.5.2 Indikationen zur permanenten Stimulation

- anhand der Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie, Herz- und Kreislaufforschung mit Darstellung der für die genannten Indikationen jeweils notwendigen Resultate diagnostischer Untersuchungen.

1.5.3 Darstellung neuer sowie bisher noch unzureichend abgesicherter oder kontroverser Indikationen

Schrittmacherstimulation bei

- HOCM,
- dilatativer Kardiomyopathie und AV-Block I° oder interventrikulärer Leitungsstörung,
- neurokardiogener Synkope,
- Long-QT-Syndrom,
- prophylaktisch bei tachykarden Vorhoffrhythmusstörungen,
- zur Abstoßungsdiagnostik nach Herztransplantation (jeweils mit Darstellung pathophysiologischer Grundlagen und bisheriger klinischer Ergebnisse).

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
 - Besonderheiten der Spannungs-/Impedanz-Entladekurven von LiIj-Batterien
 - Bestimmung des Austauschzeitpunktes (BOS, IRI, ERI, EOS)
- Komponenten, Materialien und Aufbau verschiedener Stimulations Elektroden 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
 - Darstellung der biophysikalischen Besonderheiten der Phasengrenze (Helmholtzschicht)
 - Bedeutung der Fibrosekapselbildung für Stimulation und Wahrnehmung
 - Bedeutung des Shuntstromes für den Ladungsverbrauch und die Stimulationsimpedanz
 - Einfluss einer mikroporösen Beschichtung und der geometrischen/elektrochemischen Oberfläche auf Impedanz und Reizschwelle
 - Einfluss eines Steroidreservoirs auf den Reizschwellenverlauf
 - Vorteile und Nachteile/Risiken von Hochimpedanzelektroden.
- Grundgesetz der Elektrostimulation:
 - Definition und Darstellung der Bedeutung von Chronaxie und Rheobase
 - Berechnung des Ladungs-/Energieverbrauches
 - Bestimmung einer ausreichenden Sicherheitsschwelle mit der Chronaxie-Rheobasekurve
 - Intra-/Interelektrodenvergleich anhand der Chronaxie-Rheobasekurve.
- Berechnung des Gesamtladungsverbrauches 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,
 - eventuelle berufliche Einschränkungen.
- Wahl des Narkoseverfahrens
- Wahl des Implantationsortes: Zugang von rechts/links pectoral/abdominal unter Beachtung von Beruf und Gewohnheiten des Patienten sowie von Begleiterkrankungen.

1.7.2 Implantationstechnik

- Zugang über Vena cephalica, durch Subklaviapunktion, epikardial (Vena jugularis externa/interna)
- Sondenauswahl atrial, ventrikulär: aktive/passive Fixierung, uni-/bipolar, Länge, Isolationsmaterial usw. (siehe auch Kap. 1.6)
- Sondenplatzierung atrial, ventrikulär: Vorgehen, Lagekontrolle, Fehlpositionierungen und ihre Erkennung intraoperativ
- Besonderheiten der Schrittmacherimplantation im Kindesalter
- Tasche: Präparation, Fixierung von Sonde und Aggregat, ggf. lokale Antisepsis
- Messwerte intraoperativ:
 - Reizschwelle
 - intrinsische Signalamplitude
 - Slew-rate
 - Stimulationsimpedanz
 - Prüfung der Fremdstimulation atrial/ventrikulär jeweils Darstellung der Bedeutung, der Messdurchführung und der Grenzwerte

te bei unterschiedlichen Sondensystemen und zugrundeliegender Rhythmusstörung.

- Schrittmacher-Aggregatwechsel („Batteriewechsel“)

1.7.3 Komplikationen:

Darstellung typischer Komplikationen mit Empfehlungen zur Vorbeugung und Behandlung

- intraoperativ:
 - Asystolie, Kammerflimmern, Vorhofflimmern
 - Myokardperforation, -penetration
 - Pneumothorax, Hämatothorax, Luftembolie
 - linkskardiale Implantation,
- peri- /postoperativ
 - Taschenhämatom
 - primäre und sekundäre Tascheninfektion
 - primäre und sekundäre Infektion des gesamten Schrittmachersystems: Darstellung der Diagnostik, Vorgehen bei Infektion der Tasche und/oder der Sonde, Vorgehensweise zur Entfernung chronisch implantierter Sonden (internistisch/chirurgisch).
 - Drucknekrose
 - schmerzhafte Schrittmacher-Tasche
 - Sepsis, Endokarditis
 - Allergie, „zirkumskriptes Schrittmachererythem“
 - Stimulation von Zwerchfell oder Pektoralismuskulatur
 - Venenthrombose
 - Sondendislokation (Mikro-, Makrodislokation, Twiddler-Syndrom).

1.8 Gesetzliche Bestimmungen

1.8.1 Übersicht gesetzlicher Vorschriften

- Medizingeräteverordnung (MedGV)
- Medizinproduktegesetz (MPG)
- Medizinprodukte-Betreiberverordnung (MPBetreibV)
- Gerätesicherheitsgesetz
- Röntgenverordnung (RöV)

- Richtlinien für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention
- CE-Zeichen
- klinische Prüfungen ohne/mit CE-Zeichen
- Sachkunde

1.8.2 Für den Arzt in Zusammenhang mit Schrittmachern relevante Vorschriften im Einzelnen

- bei der Inbetriebnahme und Benutzung von Medizinprodukten
 - EKG ohne/mit intrakardialer Ableitung, Programmiergeräte, Reizschwellenmessgeräte,
 - Gerätebuch, Bestandsverzeichnis, Einweisung, Geräteverantwortlicher, Sachkunde,
 - Sicherheitstechnische Kontrollen, Meldung von Vorkommnissen etc.
- bei der Auswahl von Implantaten und Hilfsmitteln
 - CE-Zeichen, Äußerstes Implantationsdatum (UBD), Wiederverwendung/Restertilisation
- bei der Implantation
 - Räumlichkeiten, Hygienevorschriften, Strahlenschutz, Isolationschutz etc.

1.8.3 Für den Patienten relevante Vorschriften nach Schrittmacher/AICD-Implantation

- Fahrerlaubnis beruflich/privat
- Anschnallpflicht.

2 Stimulationsformen

2.1 Frequenzadaptive Stimulation

- Darstellung und Charakterisierung möglicher Parameter zur Frequenzadaptation
- Charakteristika und Besonderheiten der verfügbaren Sensoren mit Darstellung der möglichen Vor- / Nachteile und Fehlfunktionen sowie verfügbarer klinischer Daten und Studienergebnisse

(Bewegungs-, QT-Zeit-, Atemminutenvolumen-, PEA-, VIP-Sensoren)

- Einteilung der Sensoren:
 - physiologische/nicht physiologische (Bewegungs-)Sensoren
 - entsprechend der Reaktionszeit
 - entsprechend der Sensitivität und Spezifität in Bezug zur Belastungshöhe
- Kombinationen von Sensoren und Besonderheiten der verfügbaren Realisierungen
- Unterschied zwischen Steuerkette und (geschlossenem) Regelkreis
- Problematik der hämodynamischen Optimierung der frequenzadaptiven Stimulation.

2.2 Hämodynamik der Schrittmacherstimulation

- Bedeutung der Vorhofkontraktion für ein optimales Schlagvolumen.
- (AAI/DDD-Stimulation vs. VVI-Stimulation) in Ruhe und unter Belastung
Darstellung der Bedeutung der Vorhofkontraktion im Verlauf der Belastung und bei unterschiedlichen Stadien der Einschränkung der linksventrikulären Förderleistung.
- Darstellung der Bedeutung eines optimalen AV-Intervalls bei DDD-Stimulation:
Quantitative Bedeutung in Ruhe und unter Belastung sowie in Relation etwa zum Herzfrequenzverhalten unter Belastung,
Bestimmung des optimalen AV-Intervalls,
Darstellung klinisch praktischer Bestimmungsmethoden.
- Bedeutung des Herzfrequenzanstieges für das Verhalten des Herzminutenvolumens unter Belastung.
- Definition des Schrittmachersyndroms,
Determinanten des „Schrittmachereffektes“ unter VVI-

Stimulation (einschließlich Desynchronisationsarrhythmie unter Zweikammerstimulation):

- Fehlender Vorhofbeitrag zur diastolischen Füllung,
- asynchrone Ventrikelkontraktion,
- Trikuspidal-, Mitralinsuffizienz,
- durch kardiale Mechanorezeptoren vermittelte vaso-depressorische Reflexreaktionen (einschließlich erhöhter ANP-Freisetzung).
- Bedeutung der vorhofbeteiligten Stimulation im Gegensatz zur Ventrikelstimulation für die Belastungsfähigkeit der Patienten, die Häufigkeit des Auftretens von Vorhofflimmern und thromboembolischer Komplikationen im Langzeitverlauf sowie auf die Mortalität der Patienten nach Schrittmacherimplantation (jeweils Darstellung der aktuellen Datenlage und z. Zt. noch laufender Studien).

2.3 Systemauswahl

- Darstellung anhand der einzelnen Stimulationsformen (VVI/R, AAI/R, DDI/R, DDD/R, VDD) in Bezug zu den jeweiligen Indikationen (SSS, AVB, BAA, KSS, ZKE)
- jeweils Erörterung der hämodynamischen, klinischen und elektrophysiologischen Aspekte der einzelnen Stimulationsformen und Darstellung der Indikationen und Kontraindikationen sowie ggf. notwendiger zusätzlicher Diagnostik (z. B. Ausschluss SSS bei VDD Implantation)
- Erarbeitung eines Flussdiagrammes zur Systemauswahl
- Darstellung spezieller Stimulationsformen (z. B. Frequenzanhebung bei KSS).

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 des Schrittmacher-EKG's sowie zur Erkennung und Vermeidung von Schrittmacher-Fehlfunktionen
 - 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)
 - 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
 - Safety Window Pacing/Sicherheitsstimulation
- Störerkennung
 - Störsammelperiode (NSP)
- T-Wellen Sensing
- Grenzfrequenzverhalten
 - Obere Grenzfrequenz
 - Wenckebachverhalten, n:1-Block-Verhalten, Mode Switch, CVTL
 - Untere Grenzfrequenz
 - Frequenzhysterese, Suchhysterese, Frequenzabfallreaktion
- Tachykardieerkennung
 - Mode Switch, Fallback, CVTL, Schrittmacherbeteiligte Tachykardie (PMT) Algorithmen.

3 Schrittmacherfehlfunktionen

3.1 Schrittmacherfehlfunktionen

Dargestellt anhand der möglichen unterschiedlichen Ursachenkomplexe, jeweils mit EKG-Beispielen (bzw. Röntgen-Bildern) und Empfehlungen zur Vorbeugung und Behandlung:

- Schrittmacheraggregat:
 - Hardware-, Software-Fehler, fehlerhafte Schaltungsentwicklung
- Sonden:
 - Kabelbruch, Isolationsdefekt, Diskonnektion, Vertauschung der Anschlüsse, Makro-, Mikrodislokation
- Programmierung:
 - Modus, Sensitivity, PVARP, Frequenzadaptationsparameter u.a.
- kardiovaskuläre Ursachen (einschließlich iatrogenen Auslösemechanismen):
 - Rhythmusstörungen (supraventrikulär, ventrikulär), retrograde 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, Parasystolie, Myokardschäden, Störbetrieb, Schaltungsdefekte, Umprogrammierungen

3.2.2 Technische Grundlagen

- Beeinflussung durch
 - elektromagnetische Felder: Darstellung der Einflüsse unterschiedlicher Felder (bis 50 Hz, Haushaltsgeräte; bis 30 MHz, 30–100 MHz, 100 MHz bis 2,5 GHz)
 - statische / dynamische Magnetfelder
 - direkten galvanischen Strom
 - ionisierende Strahlen
- Störschutzvorrichtungen und deren Realisierung
 - Abschirmung, Filter, Störbetrieb, uni/bipolarer Betrieb
 - Studienergebnisse zur unterschiedlichen Störsicherheit existierender Schrittmachermodelle
 - Technische Grenzen der Störschutzoptimierung heutiger Schrittmacher
 - Empfehlungen zur optimalen Störschutzprogrammierung

3.2.3 Reale Störquellen und Empfehlungen zur Vermeidung einer Störbeeinflussung

- Funkeinrichtungen
 - Schnurlostelefone, Mobilfunk: C/D/E-Netz, Autotelefon, Amateurfunk, Funkfernsteuerungen, Radio-/Fernsehsender, Radar
- Artikelsicherungsanlagen, Metalldetektoren, Elektromagnetische Störfelder (Kaufhäuser, Flughäfen, Personenschleusen u.a.)
- Haushaltsgeräte
 - Mikrowelle, Fön, Rasierer, Bohrmaschine, Lautsprecher-magnete, Gartengeräte etc.

- Berufliche Gefahrenquellen
 - Elektroschweißgeräte, Trafos, Hochspannungsleitungen, Autoelektrik, Eisenbahn, Elektrotechnik, Elektrostahlöfen, Hebamagnete etc.
- Medizinische Geräte
 - Bestrahlungen (Infrarot, Mikrowelle, Ultraschall, ionisierende), Elektrokauter, Kernspintomogramm, Defibrillatoren, Dentalgeräte, Neurostimulatoren, Stoßwellenlithotripsie,
- Militärische Einrichtungen
 - Flugplätze, Radar etc.
- Empfehlungen zur Patientenaufklärung.

3.3 Schrittmacherbeteiligte Tachykardien

- Definition des Begriffes „Schrittmacherbeteiligte Tachykardie“ (PMT)
- Einteilung der PMT's
 - Schrittmacher-Reentrytachykardien
 - antidrome 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 Rückkoppelung
 - falsche Programmierung
 - PMT durch Spezialalgorithmen (z. B. Sudden rate drop Algorithmus)
 - PMT durch Schaltungsdefekt („SM – Rasen“, „runaway-pacemaker“)
- Darstellung jeweils mit EKG-Beispielen, Erläuterung der Ursachen und Erörterung der verschiedenen Algorithmen und Programmiermöglichkeiten zur Vermeidung der PMT
 - PMT Algorithmen zur Erkennung und/oder Vermeidung

– 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 Std. („Holter“), Sensorsimulation
 - Frequenzhistogramm, AV-Histogramm, Sensorhistogramm u.a.
 - Amplituden – Histogramme, Elektrodenimpedanz – Histogramm u.a.
 - Ereignisspeicher (Marker, IKEG)

(Darstellung jeweils mit Beispielen und Hinweise zur sinnvollen Anwendung).

4.2 Schrittmacher-EKG-Analyse

- Darstellung des normalen Schrittmacher-EKG's
 - bei den einzelnen Stimulationsformen (AAI, VVI, DDI, VDD, DDD)
 - in verschiedenen EKG-Ableitungen (z.B. Erkennung linksventrikulärer Stimulation)
- Darstellung typischer Fehlfunktionen (ggf. bei verschiedenen Stimulationsformen)
 - Stimulationsstörungen (Exitblock, Capture-Defekt)

- Wahrnehmungsstörungen (Undersensing, Oversensing)
- Detektionsstörungen (refraktäre Wahrnehmung)
- unterschiedlich lange AV-Intervalle
- falsche Wahl der Betriebsart
- Bedeutung der Steuerungsform (atrial, ventrikulär, kombiniert)
- Erarbeitung eines Schemas zur schrittweisen Schrittmacher-EKG-Analyse
- **Schrittmacher-EKG-Quiz:**
 - Selbständige Bearbeitung von mindestens 20 Schrittmacher-EKG's durch die Teilnehmer
 - und anschließende gemeinsame Diskussion der Lösungen.

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 Schrittmacher-Tasche
 - EKG
 - technische Funktionskontrolle
- Reguläre Kontrollen (mindestens alle 6 Monate)
Mindestanforderungen an eine reguläre Kontrolle:
 - Überprüfung von Spontarrhythmus, effektiver Stimulation, effektiver Wahrnehmung, Batteriekapazität, ggf. Telemetrieabfrage

- Erweiterte Kontrollen (ca. alle 2 Jahre)
 - Indikationen für vorzeitige/häufigere erweiterte Kontrollen
 - zusätzliche Messungen bei der erweiterten Kontrolle: Reizschwelle, Sensing-schwelle, Muskelinhibitionsschwelle, Elektrodenimpedanz, retrograder Leitungstest, Wenckebachpunkt, Sensorverhalten, intrakardiales EKG, AV-Zeit-Optimierung, Abfrage aller diagnostischer Daten, ggf. Neueinstellung aller programmierbaren Parameter
- Zusätzliche Diagnostik
 - Langzeit-EKG, Event-Rekorder, Röntgen-Thorax/-Durchleuchtung, Belastungs-EKG.

4.3.3 Leitfaden zur Messdurchführung

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

- Kenntnis der zugrundeliegenden Rhythmusstörung (Indikation zur Implantation)
- Analyse des Spontarrhythmus
- Bestimmung der Batteriekapazität und Restlaufzeitabschätzung
- Messung der Elektrodenimpedanz
- Bestimmung der Reizschwelle und Programmierung von Amplitude und Impulsdauer
- Bestimmung der Sensing-schwelle und der Muskelinhibitionsschwelle und Programmierung der Empfindlichkeit und Polarität
- Retrograder Leitungstest, Messung der Fernfeld-R-Wahrnehmung (bei Zweikammersystemen)
- Bestimmung des Wenckebachpunktes (bei AAI(R)- und DDI(R)-Systemen)
- Überprüfung der frequenz-adaptiven Funktion.

4.4 Programmierung

- Programmierleitfaden (Darstellung der grundlegenden Programmierparameter unter Berücksichtigung möglicher unerwünschter Wirkungen und Interaktionen der Parameter untereinander, möglichst mit praxisbezogener Programmierempfehlung (Standardempfehlungen)):
 - Betriebsart
 - Untere Grenzfrequenz (LRL)
 - Obere Grenzfrequenz (URL, MTR)
 - Maximale Sensorfrequenz (MSR)
 - Frequenzadaptive Parameter bei nicht automatisch regulierenden Sensoren (Schwelle, Anstieg, Slope, Abfallzeit etc.)

- AV-Intervall wahrgenommenes Intervall (PVI), stimuliertes Intervall (AVI)
- frequenzadaptives P/AVI, P/AVI-Hysterese
- P/AVI-Optimierung (z. B. durch Echo/Doppler-Messung)
- Hysterese
- Gleitintervall („Rate smoothing“, „Flywheel“ etc.)
- Frequenzabfallreaktion (Frequenzanhebung nach Hysterese, Suchhysterese)
- PVARP
- PMT-Algorithmen
- PVARP-Verlängerung, VES-synchrone Vorhofstimulation, spezielle PMT-Algorithmen siehe Kapitel 3.3 (Schritt-

macherbeteiligte Tachykardien)

- Safety-window-pacing („Sicherheitsstimulation“)
- Ventrikelblanking, Vorhofblanking
- Amplitude, Impulsdauer, Empfindlichkeit, Polarität siehe Kapitel 4.3.3 (Leitfaden zur Messdurchführung).

4.5 Troubleshooting

- Praxisbezogene Falldarstellungen typischer Problemsituationen am EKG-Simulator und gemeinsame Erarbeitung der Lösungsansätze mit allen Teilnehmern

5 Erfolgskontrolle

z. B. Multiple-Choice-Prüfung