

Richtlinien zur Herzschrittmachertherapie Indikationen, Systemwahl, Nachsorge

**herausgegeben vom Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie -
Herz- und Kreislaufforschung**

bearbeitet im Auftrag der Kommission für Klinische Kardiologie von

***Bernd Lemke, Bochum; Wilhelm Fischer, Peißenberg; Hans Karl Schulten, Köln
und den Arbeitsgruppen "Herzschrittmacher" und "Arrhythmie" der
Deutschen Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung***

Veröffentlicht in der Z. Kardiol 85: 611-628 (1996)

Die vorliegenden "Richtlinien zur Herzschrittmachertherapie" sind eine Überarbeitung und Weiterentwicklung der 1991 zuletzt erschienenen Empfehlungen (108). Die Indikationen lehnen sich teilweise - wie die 1989 erschienen Empfehlungen der *Deutschen Gesellschaft für Herz- und Kreislaufforschung* (14) - an die aktuellen "Guidelines" des *American College of Cardiology* (ACC) und der *American Heart Association* (AHA) an (26). Bei der Systemwahl wurden Anregungen der *British Pacing and Electrophysiology Group* (BPEG) (65) aufgenommen. Die Nachsorgerichtlinien berücksichtigen die Vorgaben der *Kassenärztlichen vereinigung* (21) und streben eine enge Kooperation zwischen implantierendem Zentrum und niedergelassenen Kollegen an.

1 Einleitung

Die Schrittmachertherapie hat sich seit der Erstimplantation durch Senning 1958 von einer rein lebenserhaltenden Maßnahme zu einer immer differenzierteren Therapieform entwickelt. Heute sind Lebensqualität, Leistungsfähigkeit und Langzeitprognose wichtige Zielgrößen in der Behandlung bradykarder Herzrhythmusstörungen. Um diese Anforderungen zu erreichen, sollte das Schrittmachersystem einen weitgehend physiologischen Zustand erhalten bzw. wieder herstellen.

Ziel dieser Richtlinien ist es, die Grundlagen für die korrekte Indikationsstellung, die Wahl der adäquaten Schrittmacherbetriebsart sowie für die Verbesserung der Nachsorge darzulegen. Im Gegensatz zur Pharmakotherapie von Herzerkrankungen liegen zur Prognose unter Schrittmacherbehandlung kaum randomisierte Studien vor. Die Vorschläge sind daher bewußt auf die jeweils physiologisch beste Stimulationsform mit dem Ziel einer optimalen Hämodynamik ausgerichtet. Einschränkungen und Abstriche von diesem Konzept können sich aus

patientenbezogenen Faktoren ergeben, z.B. terminale Erkrankungen. Hingegen dürfen Einschränkungen ausschließlich aus Kostengründen oder aus Mangel an praktischer Erfahrung (z.B. mit Vorhofsonden) nicht die Qualität in der Schrittmacherbehandlung bestimmen.

Zur Charakterisierung der Schrittmachermodi wird der 5-stellige **NBG-Code** (NBG-Code = NASPE/BPEG Generic Pacemaker Code) (12) verwendet. Dabei sind für die antibradykarde Schrittmachertherapie vor allem die ersten 3 Buchstaben relevant, die die Stimulation, die Wahrnehmung und die Betriebsart charakterisieren. Ergänzt wird der 3-stellige Code durch die Bezeichnung einer frequenzvariablen Betriebsart (**R** = Rate Modulation) als 4. Buchstabe. Der 5. Buchstabe behandelt antitachykarde Eigenschaften, die nicht Gegenstand dieser Richtlinien sind.

Tab.1: **NBG - Code (verkürzt)** (12)

Buchstabe	1.	2.	3.	4.
	Ort der Stimulation	Ort der Wahrnehmung	Betriebsart	Frequenzadaptation
	O = Keine	O = Keine	O = Keine	
	A = Atrium	A = Atrium	T = Getriggert	
	V = Ventrikel	V = Ventrikel	I = Inhibiert	
	D = Doppelt (A + V)	D = Doppelt (A + V)	D = Doppelt (T + I)	R = Frequenzadaptation ("rate modulation")

2 Schrittmacherbedürftige Rhythmusstörungen

Die Indikationsstellung zur Schrittmacherimplantation setzt eine sorgfältige Analyse der zugrunde liegenden Herzrhythmusstörungen und der Grunderkrankung voraus. Vor allem ist die Frage zu klären, ob die Symptomatik wirklich in kausalem Zusammenhang mit der dokumentierten oder vermuteten Bradykardie steht. Dabei ist auszuschließen, daß der Zustand passager ist und durch temporäre Stimulation und/oder durch Absetzen einer verzichtbaren chronotropen/dromotropen Medikation beseitigt werden kann.

Die Implantation eines permanenten Schrittmachers ist in der Regel bei "symptomatischer Bradykardie" indiziert. Die klinische Symptomatik umfaßt akute Beschwerden cerebraler Minderperfusion (Synkope und Präsynkope, akute Schwindelattacken), chronische Symptome reduzierter kardialer Förderleistung (Herzinsuffizienz, reduzierte Belastbarkeit) und uncharakteristische Beschwerden

(Verwirrheitszustände, Konzentrationsschwäche, Tagesmüdigkeit). Differentialdiagnostisch sind andere kardiale und nicht kardiale Ursachen, insbesondere tachykarde Rhythmusstörungen, neurologische Erkrankungen und schlafbezogene Atmungsstörungen (Schlafapnoesyndrom) auszuschließen. Beim Schlafapnoesyndrom können überwiegend nächtliche Herzrhythmusstörungen in Form von Sinusbradykardien, Sinusarrest sowie AV-Blockierungen, aber auch ventrikuläre Tachykardien auftreten, die nicht immer einer Schrittmachertherapie bedürfen (41,11).

Die Indikation zur Schrittmachertherapie bradykarder Herzrhythmusstörungen wird im folgenden eingeteilt in:

- **Indikation**
Hier herrscht allgemeine Übereinstimmung in den internationalen Fachgesellschaften.
- **Relative Indikation**
Hier wird die Schrittmachertherapie häufig eingesetzt. Bei bestimmten Rhythmusstörungen herrscht allerdings keine Übereinstimmung über die Notwendigkeit der Schrittmachertherapie. Relativ ist die Indikation auch dann, wenn zwar ein pathologischer EKG-Befund vorliegt, ein kausaler Zusammenhang mit der angegebenen Symptomatik aber nur vermutet werden kann.
- **Keine Indikation**
Hier herrscht weitgehend Übereinstimmung, daß eine Schrittmachertherapie unnötig ist.

2.1 Sinusknotenerkrankung

(Synonyme: Sinusknotendysfunktion, Sinusknoten-Syndrom, Sick-Sinus-Syndrome)

Unter der Sinusknotenerkrankung werden verschiedene Funktionsstörungen zusammengefaßt: *Sinusbradykardie*, *SA-Block*, *Sinusarrest* (35), *Bradykardie-Tachykardie-Syndrom* (4,51), häufig verbunden mit einem unzureichenden Frequenzanstieg unter Belastung (*chronotrope Inkompetenz*) (47). Neben intrinsischen Funktionsstörungen des Sinusknotens müssen extrinsische Einflüsse, überwiegend des autonomen Nervensystems, berücksichtigt werden.

Bei der Sinusknotenerkrankung ist eine **Prognoseverbesserung** durch die Schrittmachertherapie nicht gesichert (104,86,68,97). Arrhythmiebedingte Todesfälle treten sehr selten auf, häufiger sind thromboembolische Komplikationen (86,32). Bradykardien oder Pausen, insbesondere während des Schlafes, stellen bei

asymptomatischen Patienten in der Regel keine Indikation zur Schrittmachertherapie dar (45,68,4,116). Bei **symptomatischen Patienten** kann die Korrelation zwischen Beschwerden und spezifischer Arrhythmie schwierig sein. Eine abwartende Haltung ist bei fraglicher Indikation - auch unter Berücksichtigung der hohen Rate an Spontanremissionen bei erstmaligem Auftreten von Symptomen (68) - gerechtfertigt.

Symptomatische Patienten mit *intermittierenden tachykarden Rhythmusstörungen* können zunächst antiarrhythmisch behandelt werden, bevor - bei symptomatischer Bradykardie - eine Schrittmacherimplantation erfolgt. Beim *Bradykardie-Tachykardie-Syndrom* ist häufig zusätzlich zur Schrittmacherimplantation eine medikamentös-antiarrhythmische Behandlung erforderlich. Von der Sinusknotenerkrankung abzugrenzen ist das *vagal induzierte Vorhofflimmern*, das in Einzelfällen durch Vorhofstimulation therapeutisch zu beeinflussen ist (20,64). Unabhängig von einer Schrittmacherindikation oder antiarrhythmischen Behandlung ist bei Patienten mit intermittierendem Vorhofflimmern zu prüfen, ob eine Indikation zur Antikoagulation vorliegt.

Zur Beurteilung einer *chronotropen Inkompetenz* müssen der Frequenzanstieg unter Belastung, die maximale Leistungsfähigkeit und die subjektive Symptomatik herangezogen werden. Eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit durch frequenzvariable Stimulation (AAIR, DDIR, DDDR) ist in der Regel nur dann zu erwarten, wenn die Herzfrequenz bei symptomlimitierter Belastung 100 (26) bis 110 min⁻¹ (7) nicht überschreitet und/oder wenn die Frequenz an der Dauerleistungsgrenze (anaerobe Schwelle, ca. 40-50 % der Spitzenbelastung) unter 90 min⁻¹ (61,30) liegt.

- **Indikation**
Sinusknotenfunktionsstörung, spontan oder infolge unverzichtbarer Medikation, mit eindeutigem Zusammenhang zur klinischen Symptomatik
- **Relative Indikation**
Sinusknotenfunktionsstörung (Herzfrequenz < 40 min⁻¹, Pausen > 3 s), spontan oder infolge unverzichtbarer Medikation, mit vermutetem Zusammenhang zur klinischen Symptomatik
- **Keine Indikation**
Niedrige Herzfrequenzen und Pausen bei **asymptomatischen** Patienten

2.2 Atrioventrikuläre Leitungsstörungen

Die atrioventrikulären Leitungsstörungen werden eingeteilt in:

AV-Block I. Grades; AV-Block II. Grades Mobitz Typ I (Wenckebach) (progressive Verlängerung des PR-Intervalls bis zur Blockierung); AV-Block II. Grades Mobitz Typ II (einzelne, nicht überleitete P-Wellen mit konstanten PR-Intervallen vor und nach der Blockierung); 2:1 Block und höhergradige AV-Blockierungen und AV-Block III. Grades (totaler AV-Block) (118,124).

Beim AV-Block II. Grades Typ I (Wenckebach) ist die Blockierung in der Regel im AV-Knoten lokalisiert. Diese Blockierung weist eine eher günstige Prognose auf. Im Gegensatz dazu sind der AV-Block II. Grades Typ II und der erworbene AV-Block III. Grades mit breitem QRS-Komplex meist intra- oder infrahisär gelegen (124). Bei Patienten mit totalem AV-Block und Adams-Stokesschen Anfällen ist die Mortalität hoch (27,38). Durch eine Schrittmacherbehandlung wird die Überlebensprognose deutlich gebessert (57), bleibt aber, in Abhängigkeit von der kardialen Grunderkrankung (42), gegenüber der Normalbevölkerung weiter eingeschränkt (101,6).

Die Schrittmacherindikation richtet sich bei den AV-Blockierungen nach der **Symptomatik** und nach **prognostischen Erwägungen**. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei den *erworbenen Formen* der AV-Block III. Grades und die höhergradigen AV-Blockierungen in aller Regel symptomatisch und damit schrittmacherbedürftig sind. Auch bei der seltenen Form einer symptomatischen Wenckebach-Blockierung (AV-Block II. Grades Typ I) ist die Indikation zur Schrittmacherimplantation gegeben.

Im Gegensatz dazu bleibt der **angeborene AV-Block III. Grades** häufig über lange Zeit asymptomatisch (31). In einer prospektiven Studie war das Risiko von Adam-Stokesschen Anfällen und plötzlichem Herztod in jedem Alter und unabhängig von prognostischen Hinweisen erhöht, so daß dort eine prophylaktische Schrittmacherimplantation empfohlen wurde (73). Bei abwartender Haltung sind jährliche Nachuntersuchungen durchzuführen. Obwohl zuverlässige Kriterien zur Risikoabschätzung fehlen (80), sollte bei assoziiertem Herzfehler (84,105,73), mittleren Frequenzen $< 50 \text{ min}^{-1}$ (22), fehlendem oder geringem Frequenzanstieg unter Belastung (22,90), nächtlichen Asystolien (22), einem Ersatzrhythmus mit breiten QRS-Komplexen (84), gehäuften ventrikulären Ektopien (22,105,119), verlängertem QT-Intervall (105,73), Kardiomegalie (105), eingeschränkter linksventrikulärer Funktion sowie vergrößerten Vorhöfen (105) eine Schrittmacherimplantation erfolgen.

Auch beim asymptomatischen Patienten mit **erworbenem AV-Block** sind prognostische Indikationen zu beachten. Beim AV-Block III. Grades zählen hierzu: breite QRS-Komplexe, langsamer Ersatzrhythmus, spontane Asystolien sowie gehäufte ventrikuläre Ektopien. Beim AV-Block II. Grades Typ II, beim 2:1 Block und höhergradigen AV-Blockierungen ist bei gleichzeitiger QRS-Verbreiterung die Indikation zur Schrittmacherimplantation gegeben (23). Umstritten ist die prognostische Indikation beim asymptomatischen AV-Block II. Grades mit

schmalen QRS-Komplexen, einschließlich des Typs I (Wenckebach) mit häufigen Blockierungen tagsüber (103,110). Die Empfehlungen der BPEG (65) sehen hier eine generelle Indikation, während die ACC/AHA-Empfehlungen (26) den asymptomatischen AV Block II. Grades als relative Indikation einstufen und für den Typ I (Wenckebach) den Nachweis einer intra- oder infrahisären Blockierung fordern. Die Prognose des isolierten AV-Blocks I. Grades ist gut (78). Einzelne Überleitungsblockierungen, insbesondere nachts oder bei gleichzeitiger Zunahme der Sinus-Zykluslängen, sind überwiegend durch einen erhöhten Vagotonus bedingt und bedürfen in der Regel keiner Schrittmachertherapie (45,67).

- **Indikation**

- *AV-Block III. Grades*, permanent oder intermittierend
- bei **symptomatischer** Bradykardie
- bei gehäuften ventrikulären Ektopien in Ruhe oder unter Belastung
- bei einem Ersatzrhythmus $< 40 \text{ min}^{-1}$, bei spontanen Asystolien $> 3 \text{ s}$
- bei einem Ersatzrhythmus mit breiten QRS-Komplexen
- nach AV-Knoten-Ablation
- bei myotoner Dystrophie
- *AV-Block II. Grades*, permanent oder intermittierend und ungeachtet der anatomischen Lokalisation bei **symptomatischer** Bradykardie
- *AV-Block II. Grades Mobitz Typ II, 2:1 oder höhergradige AV-Blockierungen* mit breiten QRS-Komplexen bei **asymptomatischen** Patienten

- **Relative Indikation**

- *AV-Block III. und II. Grades, 2:1 oder höhergradige Blockierungen* mit schmalen QRS-Komplexen bei **asymptomatischen** Patienten

- **Keine Indikation**

- *AV-Block I. Grades*
- **asymptomatische** Patienten mit *AV-Block II. Grades Mobitz Typ I (Wenckebach)*, wenn die Blockierungen nur selten auftreten
- isolierte Überleitungsblockierungen, insbesondere nachts

2.3 Intraventrikuläre Leitungsstörungen

Der chronische Schenkelblock ist gehäuft mit kardiovaskulären Erkrankungen

assoziiert (69,36). Beim *bifaszikulären Block* besteht eine erhöhte Gesamtmortalität. Das ebenfalls gesteigerte Risiko des plötzlichen Herztodes ist überwiegend auf akute Myokardinfarkte und ventrikuläre Tachyarrhythmien zurückzuführen (69,36,70). Diese Gefahr bleibt auch nach Schrittmacherimplantation weiter bestehen (98,123). Die Inzidenz eines totalen AV-Blocks ist beim bifaszikulären Schenkelblock gering und rechtfertigt bei asymptomatischen Patienten in der Regel keine prophylaktische Schrittmacher-Implantation (70,24,98). Nur in den seltenen Fällen eines deutlich verlängerten HV-Intervalls (> 100 ms) (98), eines alternierenden Schenkelblocks oder einer infrahisären Blockierung unter Vorhofstimulation (25) kann wegen des erhöhten AV-Block-Risikos eine prophylaktische Schrittmacher-Implantation indiziert sein.

Patienten mit *bifaszikulärem Block und Synkope* sollten zusätzlich zum Langzeit-EKG eine elektrophysiologische Untersuchung mit programmierter Ventrikelstimulation erhalten (124). In der Mehrzahl der Fälle ist ein pathologisches Ergebnis zu erheben. Anhaltende ventrikuläre Tachykardien stellen dabei den Hauptbefund dar (19,75) und erfordern eine spezifische Therapie. Patienten mit rezidivierenden Synkopen sollten bei verlängerter HV-Zeit (> 70 ms) einen Schrittmacher erhalten (98). Ein negatives elektrophysiologisches Ergebnis schließt intermittierende Bradykardien als Ursache von Synkopen nicht aus (39). Die Entscheidung zur Schrittmachertherapie wird sich dann nach klinischen Gesichtspunkten richten (87).

- **Indikation**

- *Bifaszikulärer Block* bei **symptomatischen** Patienten mit *intermittierendem totalem AV-Block* (siehe Abschnitt atrioventrikuläre Leitungsstörungen)
- *Bifaszikulärer Block* bei **asymptomatischen** Patienten mit *AV-Block II. Grades Mobitz Typ II, 2:1 oder höhergradigen AV-Blockierungen* (siehe Abschnitt atrioventrikuläre Leitungsstörungen)

- **Relative Indikation**

- *Bifaszikulärer Block mit oder ohne AV-Block I. Grades*, bei **symptomatischen** Patienten nach Ausschluß anderer Ursachen
- *Deutliche HV-Zeit-Verlängerung* (> 100 ms), *alternierender Schenkelblock* oder *infrahisäre Blockierung unter Vorhofstimulation* bei **asymptomatischen** Patienten

- **Keine Indikation**

- *Bifaszikulärer Block mit oder ohne AV-Block I. Grades* **ohne** Symptome

2.4 Bradyarrhythmie bei Vorhofflimmern

Patienten mit Bradyarrhythmie bei Vorhofflimmern stellen ein sehr heterogenes Krankengut dar. Dem Krankheitsbild liegt oft eine schwere Myokardschädigung zugrunde. Auch nach Schrittmacherimplantation bleibt die Überlebensprognose, in Abhängigkeit von der Grunderkrankung, deutlich eingeschränkt (6). Bei der Entscheidung zur Schrittmachertherapie müssen hämodynamische und medikamentöse Einflüsse besonders berücksichtigt werden. Pausen tagsüber bis zu 2,8 s und nachts bis zu 4 s gehören zum "Normalbefund" einer absoluten Arrhythmie bei Vorhofflimmern (85). Für die Diagnose ist die EKG-Registrierung einer langsamen Kammerfrequenz oder der Nachweis langer Pausen, ggf. im Langzeit-EKG, entscheidend.

Das Vorhofflimmern kann Ausdruck eines Sinusknotensyndroms sein, das erst nach Kardioversion diagnostizierbar wird (63). Neu aufgetretenes Vorhofflimmern sollte vor der Schrittmacherimplantation auf die Möglichkeit und Indikation zur Kardioversion überprüft werden. Bei resultierender Sinusbradykardie wird auf Punkt 2.1 verwiesen. Die Indikation zur oralen Antikoagulation muß bei Patienten mit Vorhofflimmern beachtet werden.

- **Indikation**
Vorhofflimmern mit langsamer Kammerfrequenz oder langen Pausen und eindeutigem Zusammenhang zu Symptomen einer cerebralen Minderdurchblutung oder Herzinsuffizienz
- **Relative Indikation**
Vorhofflimmern mit langsamer Kammerfrequenz ($< 40 \text{ min}^{-1}$) oder langen Pausen (> 3 bis 4 s) und vermutetem Zusammenhang zur klinischen Symptomatik
- **Keine Indikation**
Asymptomatische Bradyarrhythmie, auch wenn die Frequenz unter 40 min^{-1} abfällt oder einzelne RR-Intervalle mehr als 3 s aufweisen

2.5 Karotissinus-Syndrom

Das Karotissinus-Syndrom ist charakterisiert durch Synkopen, die auf einen hypersensitiven Karotissinus zurückgeführt werden können. Unterschieden wird ein *kardioinhibitorischer Typ*, mit Asystolie bei Sinusknotenstillstand und/oder AV-Block III. Grades, ein *vasodepressorischer Typ*, mit symptomatischem Blutdruckabfall ohne vorherige Asystolie oder Frequenzverlangsamung und

ein *gemischter Typ*. Differentialdiagnostisch ist auf das Vorliegen eines Glomustumors zu achten.

Nur bei klinischer Symptomatik im Zusammenhang mit spezifischen Auslösmechanismen und nach Absetzen bradykardisierender Medikamente mit besonderer Wirkung auf den Karotissinus (z.B. Digitalis, Clonidin) ist eine Therapie indiziert. Die Schrittmacher-Therapie hat sich beim kardioinhibitorischen Typ als wirkungsvoll erwiesen. Bei der gemischten Form ist die Rezidivquote hoch und abhängig von der Stimulationsform (76,16). Die günstige Überlebensprognose von Patienten mit Karotissinus-Syndrom (76,112,48) wird durch die Schrittmachertherapie nicht beeinflusst.

Als gesicherte Indikation gelten rezidivierende Synkopen, die durch spontane mechanische Reizungen, wie das Schließen eines engen Kragens, das Überstrecken des Halses oder einer Drehung des Kopfes auslösbar sind (72). Umstritten ist die Bewertung eines *hypersensitiven Karotissinus-Reflexes* (Pause > 3 s durch Karotissinus-Massage) bei Patienten mit Synkope und fehlenden spontanen Auslösemechanismen. Die Empfehlungen der BPEG (65) sehen hier eine Indikation, da unter Schrittmachertherapie eine hohe Rezidivfreiheit nachgewiesen werden konnte (76,15). Andere Untersuchungen fanden dagegen bei erstmaliger Synkope eine hohe Spontanremissionsrate (112,48). Außerdem ist eine positive Reflexantwort in einem hohen Prozentsatz sowohl bei asymptomatischen wie bei symptomatischen Patienten nachweisbar (117,17). Die ACC/AHA-Empfehlungen (26) raten deshalb zur Zurückhaltung bei einer reinen Koinzidenz von Synkope und positivem Karotissinus-Reflex. Eine relative Indikation zur Schrittmacherimplantation ist bei rezidivierenden, anderweitig nicht erklärbaren Synkopen und hypersensitivem Karotissinus-Reflex gegeben.

- **Indikation**

- Rezidivierende Synkopen, die in eindeutigem Zusammenhang mit einer Reizung des Karotissinus stehen und die durch Alltagsbewegungen (z.B. Drehen des Kopfes) auslösbar sind. Leichter Druck auf den Karotissinus führt zu einer reinen oder überwiegend *kardioinhibitorischen Reaktion*.

- **Relative Indikation**

- Rezidivierende, anderweitig nicht erklärbare Synkopen ohne eindeutig auslösende Alltagsbewegungen, aber mit positivem Nachweis eines hypersensitiven Karotissinus-Reflexes (Pause > 3 s).
- Karotissinus-Syndrom vom *gemischten Typ* (kardioinhibitorisch und vasodepressorisch) mit rezidivierenden Synkopen. Die Indikation

wird erhärtet durch eine erfolgreiche temporäre Stimulation während der Reizung des Karotissinus.

- **Keine Indikation**

- *Hypersensitiver Karotissinus-Reflex* (Pause > 3 s) **ohne spontane Symptomatik**
- Rein *vasodepressorischer Typ* (**ohne** Bradykardie)

2.6 Das vasovagale Syndrom

Das vasovagale Syndrom ist charakterisiert durch Synkopen, die in Ruhe in aufrechter Position auftreten und denen häufig Prodromalsymptome vorausgehen. Unterschieden wird die *vasodepressorische Reaktion* mit abruptem Abfall des arteriellen Blutdruckes von der *kardioinhibitorischen Reaktion* mit deutlicher Bradykardie und/oder Asystolie. Die Synkopen oder Präsynkopen können durch Kipptisch-Untersuchungen reproduziert werden (37). Bleibt beim *kardioinhibitorischen Typ* die alleinige medikamentöse Therapie ineffektiv (Test-Wiederholung, z.B. unter β -Blockade), kann in Einzelfällen die Implantation eines Zweikammer-Schrittmachers erfolgen (107). Die Indikation wird erhärtet durch eine erfolgreiche temporäre Stimulation während der Kipptisch-Untersuchung.

2.7 Neue Indikationen

- Bei der *hypertrophisch obstruktiven Kardiomyopathie (HOCM)* erfolgt die Schrittmacher-Implantation mit dem Ziel, die klinische Symptomatik zu verbessern, den intraventrikulären Druckgradienten zu reduzieren, die diastolische Funktion zu verbessern und eine eventuelle Mitralinsuffizienz zu vermindern (33). Akut- und Langzeiteffekte werden jedoch noch sehr diskrepant beurteilt (106,95).
- Auch bei *hypertrophischer nicht obstruktiver Kardiomyopathie (HNCM)*, *dilatativer Kardiomyopathie (DCM)* und *sekundärer Myokardschädigung* wurde eine Schrittmachertherapie versucht. Die Anzahl behandelter Patienten ist für eine Beurteilung jedoch noch zu gering.

2.8 Bradykarde Rhythmusstörungen nach herzchirurgischen Operationen

Vorübergehende bradykarde Rhythmusstörungen treten nach herzchirurgischen Operationen in einer Häufigkeit auf, die die routinemäßige Implantation temporärer epimyokardialer Schrittmacherelektroden während des herzchirurgischen Eingriffs gerechtfertigt erscheinen lassen. Die Indikation zur permanenten

Schrittmacherimplantation ergibt sich in der Regel erst nach Ablauf des 14. postoperativen Tages. Nach diesem Zeitraum bilden sich höhergradige AV-Blockierungen, insbesondere, wenn sie mit hoher Wahrscheinlichkeit chirurgisch bedingt sind (vor allem nach Aortenklappenersatz oder Korrektur kongenitaler Vitien, wie Vorhof- und Ventrikel-Septumdefekt), nicht mehr zurück (40,53). Aufgrund von Einzelbeobachtungen bei Patienten, die im späten postoperativen Verlauf erneut einen totalen AV-Block entwickelten, wird bei länger anhaltenden AV-Blockierungen die Empfehlung zur prophylaktischen Schrittmacherimplantation ausgesprochen. Eine Sinusknotenfunktionsstörung, in der Regel nach Eingriffen an den Koronararterien beobachtet, sollte sich ebenfalls bis zum 14. postoperativen Tag normalisiert haben. Prinzipiell folgt die Indikationsstellung zur permanenten Schrittmachertherapie nach herzchirurgischen Eingriffen je nach Rhythmusstörung den in den einzelnen Kapiteln genannten Richtlinien.

- **Indikation**
Chirurgisch bedingter AV-Block II. oder III. Grades
- **Relative Indikation**
Sinusknotenfunktionsstörung mit daraus resultierender hämodynamischer Instabilität, die eine Mobilisation und Rehabilitation der Patienten unmöglich macht
- **Keine Indikation**
 - In der Regel alle bradykarden Rhythmusstörungen während der ersten 14 postoperativen Tage
 - Alle bradykarden Rhythmusstörungen im Zusammenhang mit einem Mehrorganversagen

2.9 Bradykarde Rhythmusstörungen nach Herztransplantation

AV-Blockierungen nach Herztransplantation sind eine Rarität, so daß eine Empfehlung aufgrund zu niedriger Fallzahlen unmöglich erscheint.

Die Indikation zur permanenten Schrittmacherimplantation wegen Sinusknotendysfunktion nach Herztransplantation wird häufig zu früh und daher zu oft gestellt. Die Entscheidung sollte frühestens 14 Tage nach der Herztransplantation, besser jedoch erst nach Ablauf des 1. postoperativen Monats getroffen werden. Die bei allen herztransplantierten Patienten bestehende, chirurgisch bedingte chronotrope Inkompetenz und die fast immer nachweisbare intakte ventrikulo-atriale Leitung läßt die Implantation eines vorhofbeteiligten, frequenzvariablen Schrittmachersystems angeraten erscheinen (66,99).

- **Indikation**
Symptomatische Sinusknotenfunktionsstörung nach Ablauf des 1. postoperativen Monats
- **Relative Indikation**
Symptomatische Sinusknotenfunktionsstörung nach den ersten 14 postoperativen Tagen, aber vor Ablauf des 1. postoperativen Monats mit resultierender hämodynamischer Instabilität, die eine Mobilisation und Rehabilitation der Patienten unmöglich macht und medikamentös nicht zu beherrschen ist
- **Keine Indikation**
Alle bradykarden Rhythmusstörungen vor Ablauf der ersten 14 postoperativen Tage

2.10 Indikation zur permanenten Schrittmacherimplantation bei Rhythmusstörungen nach Herzinfarkt

Bradykarde Rhythmusstörungen während der Akutphase des Myokardinfarktes sind überwiegend vorübergehender Natur und bedürfen meist nur einer medikamentösen Therapie bzw. einer temporären Schrittmacherstimulation zur Überbrückung. Bei Patienten mit Hinterwandinfarkt und AV-Block II. oder III. Grades kehrt normalerweise die Überleitung innerhalb von 3 Wochen wieder zurück, so daß eine permanente Schrittmachertherapie nur in Ausnahmefällen erforderlich wird (79). Patienten mit Vorderwandinfarkt, die eine intraventrikuläre Leitungsstörung und höhergradige AV-Blockierungen entwickeln, haben eine schlechte Überlebensprognose (92). Bei Patienten mit Schenkelblock und vorübergehendem AV-Block II. und III. Grades muß die prophylaktische Implantation eines Schrittmachers erwogen werden (46,92,91). Ganz überwiegend sind plötzlicher Herztod und Synkopen nach Infarkt (13) aber auf ventrikuläre Tachykardien zurückzuführen, so daß symptomatische Patienten, auch bei gleichzeitig bestehenden Störungen der atrioventrikulären oder intraventrikulären Leitung, elektrophysiologisch untersucht werden sollten.

- **Indikation**
 - Persistierender AV-Block II. oder III. Grades beim Vorderwandinfarkt
 - AV-Block II. oder III. Grades beim Hinterwandinfarkt, der mehr als 2-4 Wochen nach dem Infarkt ereignis bestehen bleibt
- **Relative Indikation**
 - Schenkelblock mit vorübergehendem AV-Block II. oder III. Grades
- **Keine Indikation**
 - AV-Blockierungen während der ersten 2 Wochen nach Myokardinfarkt (siehe unten temporäre Stimulation)
 - linksanteriorer Hemiblock mit passagerem AV-Block II. oder III. Grades
 - neu aufgetretener Schenkelblock mit AV-Block I. Grades

2.11 Indikationen für die temporäre Stimulation

Folgende Indikationen für die temporäre Stimulation können sich ergeben:

- Während der Akutphase des Myokardinfarktes. Dabei kann bei AV-Blockierungen im Rahmen eines Hinterwandinfarktes eher abgewartet werden, während bei einem Vorderwandinfarkt relativ abrupt ein kompletter AV-Block (schlechte Prognose) ohne entsprechende Vorzeichen auftreten kann.
- Als Überbrückung bei symptomatischen bradykarden Rhythmusstörungen bis zur Implantation eines permanenten Schrittmachersystems.
- Zur Absicherung in der postoperativen Phase der Herzchirurgie.
- In komplizierten Fällen einer bakteriellen Endokarditis oder einer akuten Myokarditis mit Beteiligung des Reizleitungssystems.
- Bei Halstumoren oder chirurgischen Eingriffen am Hals.
-
- Bei lokalen Reizzuständen nach Radiotherapie in der Region des Glomus carotidis.
- Bei AV-Überleitungsstörungen im Rahmen einer Lyme-Erkrankung, bei der in der Regel nur temporäre Blockierungen auftreten.
- Im Rahmen interventioneller Eingriffe, z.B. PTCA der rechten Kranzarterie.
- Bei Vergiftung, Nebenwirkung bzw. Überdosierung negativ chronotroper Medikamente.
- Bei Elektrolytentgleisungen.
- Bei der Behandlung von Torsade de pointes.
- Im Rahmen von Reanimationsmaßnahmen.
- Bei Schrittmacher-Systemfehlern und Komplikationen, z.B. bei Schrittmacher-Sepsis, wenn das System entfernt werden muß.
- Bei rezidivierenden Kammertachykardien zur Überstimulation.
- Der bifaszikuläre Block bei asymptomatischen Patienten stellt im Rahmen von Operationen keine Indikation dar.

Bei Patienten mit Herzinsuffizienz sollte eine temporäre vorhofbeteiligende Stimulation (DVI; DDD) bevorzugt werden. Für passagere AV-Überleitungsstörungen ist ein temporäres VDD-System mit einer Einzelelektrode geeignet.

3 Systemwahl

Der prinzipiellen Indikationsstellung zur Schrittmachertherapie folgt die Auswahl des geeigneten Systems und des zu programmierenden Schrittmachermodus. Unter

Berücksichtigung der elektrophysiologischen und hämodynamischen Faktoren sowie der individuellen Situation sollte für jeden einzelnen Patienten eine optimale Lösung gefunden werden. Mit den Richtlinien wird der Erhalt bzw. die weitgehende Wiederherstellung des physiologischen Zustandes angestrebt. Unter diesem Gesichtspunkt erfolgt die Einteilung der Systeme und Betriebsarten in "**optimal**", "**akzeptabel**" und "**ungeeignet**" (Tabelle 2). Die Therapieentscheidung darf nicht durch das chirurgisch-technische Können des Operateurs limitiert sein. Wird die Technik der atrialen Elektrodenplatzierung nicht beherrscht, muß der Patient bei entsprechender Indikation an ein erfahrenes Zentrum weiterverwiesen werden. Nur durch eine an den physiologischen Verhältnissen ausgerichtete Schrittmachertherapie werden kostenaufwendige Revisionseingriffe und systembedingte Langzeitkomplikationen (insbesondere Schrittmacher-Syndrome und thromboembolische Ereignisse) vermieden.

Die individuelle Auswahl des Schrittmachersystems sollte sich an folgenden **Grundsätzen** orientieren:

- Der Vorhof sollte, solange dies möglich ist, in die Wahrnehmung und Stimulation mit einbezogen sein.
- Die ventrikuläre Stimulation muß, bei nachgewiesener oder zu erwartender Überleitungsstörung, gewährleistet sein.
- Auf eine Frequenzadaptation kann bei körperlicher Inaktivität, bei normaler oder nur gering eingeschränkter Frequenzregulation, verzichtet werden.

Der **Ventrikel-Schrittmacher (VVI)** hat danach nur noch bei chronischem Vorhofflimmern mit niedriger Kammerfrequenz, bei seltenen asystolischen Pausen und bei prophylaktischen Indikationen seine Berechtigung. Bei bradykarden Rhythmusstörungen, die eine häufige oder ausschließliche Schrittmacherstimulation erfordern, sollte einer **vorhofbeteiligten Stimulation (AAI oder DDD)** der Vorzug gegeben werden.

Die Möglichkeit der **Frequenzadaptation** wird bei den heutigen Schrittmachermodellen immer mehr zum zusätzlichen Standardparameter. Bei der Entscheidung zur frequenzvariablen Stimulation müssen neben der chronotropen Inkompetenz folgende Faktoren mit berücksichtigt werden:

- Vorhandene koronare Herzerkrankung mit oder ohne Angina pectoris
- Ausmaß einer linksventrikulären Funktionsstörung
- Überleitungs- und Erregungsausbreitungsstörungen
- Intensität und Art der körperlichen Aktivität.

Die unnötige Verwendung der frequenzvariablen Betriebsart kann zu Nachteilen für den Patienten führen (30) (z.B. bei häufigen kompetitiven Aktionen zwischen

Herzeigenaktionen und Schrittmacherstimulationen und bei zu hohen Stimulationsfrequenzen).

Zunehmend sind in den Schrittmachern weitere adaptierende Funktionen verfügbar, wie die **Frequenzglättung** (Rate-Smoothing, z.B. bei Sinuspausen unter Belastung), das **Mode-Switching** (automatischer Wechsel der Stimulationsart, z.B. von DDD(R) auf DDI(R)) bzw. die automatische Begrenzung der Maximalfrequenz (während atrialer Tachyarrhythmien) oder die frequenzabhängige **AV-Zeit-Verkürzung**. Zur Vermeidung unerwünschter Effekte ist vor der Aktivierung dieser "dynamischen" Funktionen häufig eine genaue Analyse der Rhythmusstörungen und Leitungsverhältnisse erforderlich.

3.1 Sinusknotenerkrankung

Eine hämodynamische Verbesserung kann bei der Sinusknotenerkrankung nur durch vorhofbeteiligende Stimulationsformen (AAI(R), DDD(R)) erreicht werden. VVI- und VVIR-Schrittmacher führen häufig zu einer retrograden Vorhoferregung. Damit verbunden ist eine Verschlechterung der hämodynamischen Verhältnisse (120,121,115,77,111,88), eine Aktivierung des neurohumoralen Systems (18,29,100) und das Auftreten von Kollapszuständen, Synkopen, Palpitationen und Dyspnoe ("Schrittmacher-Syndrom") (9,74,43,88). Retrospektive Vergleichsstudien von VVI- versus AAI/DDD-Stimulation ergaben eine erhöhte Inzidenz an permanentem Vorhofflimmern (93,44,96,97) und zerebralen Insulten (96,114). In einer prospektiv-randomisierten Studie (8) konnte eine 3-fach höhere Thromboembolierate unter VVI- im Vergleich zur AAI-Stimulation nachgewiesen werden, während die Inzidenz an Vorhofflimmern erhöht aber nicht signifikant unterschiedlich war. Trotz vermehrter thromboembolischer und kardialer Todesfälle unter VVI-Stimulation ließ sich eine Prognoseverbesserung nicht beweisen. Die Auswirkung der vorhofbeteiligten Stimulation auf die Überlebensrate wird unterschiedlich beurteilt (102). Hinweise auf eine geringere Mortalität unter AAI/DDD-Stimulation fanden sich bisher in retrospektiven Analysen (93,44,96,122,2,58).

- Bei *erhaltener AV-Überleitung* ist die **AAI**-Betriebsart die **optimale** Stimulationsform. Die jährliche Inzidenz therapiebedürftiger AV-Blockierungen ist bei sorgfältiger Patientenselektion gering (8,94). Zur Vermeidung von Komplikationen sollte
 - keine extrinsisch vermittelte Sinusknotenfunktionsstörung vorliegen (z.B. Karotissinus- Syndrom oder vasovagales Syndrom)
 - kein AV-Block I. Grades und kein bifaszikulärer Schenkelblock bestehen
 - eine 1:1 Überleitung bis zu einer Vorhof-Stimulationsfrequenz von 120 - 130 min⁻¹ erfolgen
 - intermittierendes Vorhofflimmern nicht gehäuft auftreten und

- keine Behandlungsnotwendigkeit mit AV-überleitungsverzögernden Medikamenten bestehen.
- Bei *gestörter oder unsicherer AV-Überleitung* (die Bestimmung des Wenckebachpunktes gibt nur die momentane Leitungskapazität proximaler Strukturen wieder) und bei Einsatz von Medikamenten, die die AV-Überleitung verzögern, verwendet man geeignete **Zwei-Kammer-Schrittmacher**. Dabei sind Systeme **optimal**, die eine überwiegende Vorhofstimulation ermöglichen (DDI mit langer AV-Zeit, AAI/DDD-Mode-Switching oder andere Spezialalgorithmen). Bei *seltene[n] paroxysmalen Pausen* kann eine **VVI-Stimulation** mit **niedriger Interventionsfrequenz** (<45/min.) **akzeptabel** sein. **Ungeeignet** ist eine **VVI-Stimulation** mit ständiger asynchroner Ventrikelerregung. Das gleiche gilt für die **VDD-Stimulation** (siehe unter 3.2).
- Bei *häufigen Episoden von intermittierendem Vorhofflimmern* sollte wegen der Gefahr bradykarder Überleitungsfrequenzen unter antiarrhythmischer Therapie einem geeigneten **Zwei-Kammer-System** der Vorzug gegeben werden (**optimale** Stimulationsform). Dabei muß ein Modus programmierbar sein, der eine Triggerung von Vorhoffarrhythmien verhindert (z.B. DDI-Stimulation, DDD/DDI-Mode-Switching oder andere Spezialalgorithmen). Die Verwendung eines **AAI-Schrittmachers** bei intermittierendem Vorhofflimmern kann **akzeptabel** sein, da die präautomatischen Pausen sicher terminiert werden. Die **VVI-Stimulation** ist **ungeeignet**. Nach retrospektiven Analysen wird durch die Vorhofstimulation (AAI/DDD/DDI) der Übergang ins chronische Vorhofflimmern vermindert (93,44). In der prospektiven Studie (8) war der Unterschied nicht signifikant, die VVI-Stimulation aber die einzige Variable, die signifikant mit einem erhöhten Thromboembolierisiko einherging.
- Bei *chronotroper Inkompetenz* ist ein frequenzvariables System (**AAIR, DDDR, DDIR**) **optimal**. Kritische Größen sind die Wahl der oberen Stimulationsfrequenz (Gefahr der Überstimulation) und die Länge des AV-Intervalls (Gefahr der Vorhofpfropfung bei zu kurz programmiertem Intervall im DDDR/DDIR-Mode, unphysiologische Verlängerung der AV-Überleitung im AAIR-Mode). Die **VVIR/VDDR-Stimulation** ist bei der Sinusknotenerkrankung **ungeeignet**.

3.2 Atrioventrikuläre Leitungsstörungen

Die festfrequente Ventrikelerregung (VVI) führt beim permanenten totalen AV-Block zu einer unzureichenden Versorgung des Patienten (1,28). Im Vergleich dazu kann durch vorhofsynchrone Kammerstimulation (VAT, VDD, DDD) die

Hämodynamik (55,82,60,52,89,34,88), die Leistungsfähigkeit (34,56,81,83,54) und die Symptomatik (74,43,55,83,54,88) gebessert und die neurohumorale Reaktion (82,60,18,109) verringert werden. Die frequenzvariable Ventrikelstimulation (VVIR) stellt keine Alternative dar (60,71,113,59,10). Retrospektive Studien weisen darauf hin, daß im Vergleich zur asynchronen Ventrikelstimulation die Überlebensprognose durch die Zweikammer-Stimulation verbessert wird (58), insbesondere bei Patienten mit eingeschränkter linksventrikulärer Funktion (3,62).

- Beim *permanenten AV-Block* ist ein konventioneller Zweikammer-Schrittmacher (**DDD**) das System der 1. Wahl. Er bietet die hämodynamisch**optimale** Lösung. Das **VDD**-Einzelelektrodensystem (VDD-single-lead) ist bei isolierten AV-Überleitungsstörungen die **akzeptable** Alternative. Eine Sinusknotendysfunktion muß aber sicher ausgeschlossen sein, da es sonst an der unteren Interventionsfrequenz zur VVI-Stimulation kommt. Bei vorhandener retrograder Leitung kann eine Schrittmacher-Reentrytachykardie (ELT = Endless-Loop-Tachykardie) provoziert werden, die bei fehlender atrialer Stimulationsmöglichkeit evtl. nicht zu terminieren ist, bzw. immer wieder induziert wird. **VVI**- und **VVIR**-Stimulation sind zur Behandlung des permanenten AV-Blocks **ungeeignet**.
- Beim *intermittierenden AV-Block* ist die konventionelle **DDD/VDD**-Stimulation **akzeptabel**, aber nicht **optimal**, da nur **Spezialalgorithmen** in der Lage sind, zwischen erhaltenem Eigenrhythmus und einer notwendigen Ventrikelstimulation mit optimiertem AV-Intervall zu wechseln. Bei *seltenen AV-Blockierungen* und bei *prophylaktischen Indikationen* kann eine **VVI**-Stimulation mit niedriger Interventionsfrequenz (<45/min.) **akzeptabel** sein. **Ungeeignet** sind Zweikammer-Schrittmacher in der **DDI**-Betriebsart, da bei auftretenden Überleitungsblockierungen keine AV-Synchronisation erfolgt, und **VVI**-Schrittmacher in einer Frequenzprogrammierung, die zu ständigen Interferenzen mit dem Eigenrhythmus führt.

3.3 Zweiknotenerkrankung

Besteht eine kombinierte Störung von Sinusknotenfunktion und AV-Überleitung, sind Zweikammer-Schrittmacher mit Zusatzfunktionen die Systeme der Wahl.

- Bei *chronotroper Inkompetenz* stellt die Möglichkeit zur frequenzvariablen Zweikammer-Stimulation (**DDDR**) die **optimale** Therapieform dar. Die konventionelle **DDD**-Stimulation ist **akzeptabel**. **VVI(R)**- und **VDD(R)**-Schrittmacher sind **ungeeignet**.
- Bei *intermittierenden Vorhof-Tachyarrhythmien* sind Schrittmacher mit **DDD-Mode-Switching** oder anderen frequenzbegrenzenden Algorithmen **optimal** (nach AV-Knoten-Ablation bei paroxysmalem Vorhofflimmern auch entsprechende VDD-Systeme).

Konventionelle **DDD/VDD**-Schrittmacher ohne automatischen Moduswechsel oder Frequenzbegrenzung, sowie die **DDI**-Betriebsart sind **ungeeignet**. Die **VVI(R)**-Stimulation begünstigt das Auftreten von chronischem Vorhofflimmern und ist ebenfalls ungeeignet.

3.4 Bradyarrhythmie bei Vorhofflimmern

- Bei *chronischem Vorhofflimmern* mit ventrikulärer Bradyarrhythmie ist ein **VVI**-Schrittmacher indiziert. Patienten, die sich körperlich belasten können und einen ungenügenden Anstieg der Eigenfrequenz aufweisen, sollten ein frequenzvariables System (**VVIR**) erhalten.
- Bei *neu aufgetretenem Vorhofflimmern* sollte vor der Schrittmacher-Implantation die Möglichkeit und Indikation zur Kardioversion überprüft werden. Bei resultierender Sinusbradykardie gelten die Richtlinien unter Punkt 3.1 (**Sinusnotenerkrankung**: *häufige Episoden von intermittierendem Vorhofflimmern*).

3.5 Karotissinus-Syndrom und vasovagales Syndrom

- Ein Zweikammersystem (**DDI**- oder **DDD**-Betriebsart) stellt beim *kardioinhibitorischen* und vor allem beim *gemischten Typ* (kardioinhibitorisch und vasodepressorisch) die **optimale** Therapieform dar, insbesondere wenn eine Hysterese-funktion möglich ist oder eine spezielle Frequenzanstiegs-möglichkeit während der Kardioinhibition besteht.
Ein **VVI**-System **mit Hysterese** ist **akzeptabel**, wenn nach vorangehender Untersuchung eine retrograde Leitung während der Kardioinhibition ausgeschlossen werden kann und die Bradykardie selten und episodenhaft auftritt.
Ein **AAI**-System ist **ungeeignet**, da neben der Inhibition des Sinusknotens häufig auch ein intermittierender AV-Block auftritt.

Tab. 2: **Richtlinien für die Auswahl des Schrittmachermodus**

Diagnose	Optimal	Akzeptabel	Ungeeignet
Sinusknotensyndrom			
1. ohne tachykarde Phasen	AAI(R) DDD(R) + Spezialalgorithmen (*1) DDI(R)	VVI <45/min (*4)	VVI(R) VDD(R)
2. Bradykardie-Tachykardie-Syndrom intermittierendes Vorhofflimmern	DDD(R) + Mode-Switching (*2) DDI(R)	AAI(R)	VVI(R) VDD(R) DDD(R) ohne Mode-Switching (*2)
AV-Block			
1. permanent	DDD	VDD	VVI(R)
2. intermittierend	DDD + Spezialalgorithmen (*1)	DDD VDD VVI <45/min (*4)	VVI(R) DDI(R)
Zweiknotenerkrankung			
1. chronotrope Inkompetenz ohne tachykarde Phasen	DDDR	DDD	VVI(R) VDD(R)
2. Vorhoffarrhythmien	DDD(R) + Mode-Switching (*2)	VDD(R) + Mode-Switching (*2)	VVI(R) - DDI(R) DDD(R) und VDD(R) ohne Mode-Switching (*2)
Bradyarrhythmie bei chronischem Vorhofflimmern	VVI(R)		DDD(R) VDD(R)
Karotissinus-Syndrom und Vasovagales Syndrom	DDD (+ Spezialalgorithmen (*3)) DDI (+ Hysterese) DDD (+ Hysterese)	VVI + Hysterese (*5)	AAI(R) VDD(R) VVI(R)

(*1) z. B.: automatischer Moduswechsel von AAI nach DDD oder AV-Zeit-Hysterese

(*2) automatischer Moduswechsel, z.B. von DDD nach DDI, oder andere frequenzbegrenzende Algorithmen

(*3) z. B.: spezieller Frequenzanstieg während der Kardioinhibition

(*4) nur akzeptabel bei seltenen asystolischen Pausen

(*5) nur bei fehlender retrograder Leitung während Kardioinhibition und bei niedrig programmierter Interventionsfrequenz

4 Nachsorge des Schrittmacherpatienten

Die korrekte Indikationsstellung und adäquate Systemwahl garantieren noch keineswegs die Qualität der Schrittmacherbehandlung im weiteren Verlauf. Dafür bedarf es unbedingt einer sachkundigen Nachsorge. Die Erweiterung der Indikationen zur Vorhoffbeteiligen Stimulation setzt entsprechende Kenntnisse der zugrundeliegenden Rhythmusstörungen und der verschiedenen Schrittmacher-Betriebsarten voraus. Eine adäquate Schrittmacherkontrolle erfordert heutzutage erhebliche Spezialkenntnisse.

4.1 Aufgaben der Schrittmacherkontrolle

Die Aufgaben der Nachsorge können definiert werden als

- Optimierung der Schrittmachersysteme durch Anpassung an die hämodynamischen und individuellen Erfordernisse des Patienten
- Verlängerung der Laufzeit der Schrittmacher durch die Anpassung der Energieabgabe, unter Berücksichtigung des Sicherheitsabstands zur Reizschwelle
- Erkennen und Beheben von Komplikationen

4.2 Qualifikationsvoraussetzungen

nach Vorgaben der Kassenärztlichen Vereinigung (21)

"Qualifikationsvoraussetzungen gemäß § 135 Abs. 2 SGB V für die Durchführung von Untersuchungen zur Herzschrittmacher-Kontrolle

Untersuchungen zur Herzschrittmacher-Kontrolle dürfen in der kassen-/vertragsärztlichen Versorgung nur solche Ärzte durchführen, die der Kassenärztlichen Vereinigung nachgewiesen haben, daß sie die nachfolgenden Anforderungen an die persönliche Qualifikation sowie die apparativen Voraussetzungen erfüllen.

Umfang der Untersuchungen zur Herzschrittmacher-Kontrolle

1. Die Untersuchungen zur Herzschrittmacher-Kontrolle beinhalten insbesondere

1.1 etwa alle 6 Monate (bei nachlassender Batterieleistung auch in kürzeren Abständen) die Überprüfung der Reizbeantwortung und - wahrnehmung (EKG) und die Beurteilung der Batteriekapazität (Messung von Impulsfrequenz und Impulsdauer, gegebenenfalls mit Magnetauflage),

1.2 etwa 3 Monate nach der Implantation und im weiteren Verlauf in der Regel alle 12 bis 18 Monate die komplette Funktionsanalyse der programmierbaren Parameter, gegebenenfalls einschließlich Umprogrammierung und - falls

vorhanden - telemetrischer Abfrage.

Fachliche Voraussetzungen

2. Untersuchungen nach Nr. 1.1 dürfen nur von solchen Ärzten durchgeführt und abgerechnet werden, die nachgewiesen haben, daß sie mindestens 200 Untersuchungen nach Nr. 1.1, einschließlich der Befundung des Schrittmacher-EKG's, unter Anleitung und Aufsicht eines entsprechend qualifizierten Arztes durchgeführt haben.

3. Untersuchungen nach den Nrn. 1.1 und 1.2 dürfen nur von solchen Ärzten durchgeführt und abgerechnet werden, die nachgewiesen haben, daß sie
3.1 zum Führen der Teilgebietsbezeichnung "Kardiologie" berechtigt sind oder
3.2 mindestens 200 Untersuchungen nach Nr. 1.2 - davon mindestens 100 Untersuchungen bei Zweikammer- bzw. frequenzadaptierten Systemen - unter Anleitung und Aufsicht eines entsprechend qualifizierten Arztes durchgeführt haben.

Apparative Voraussetzungen

4. Untersuchungen nach Nr. 1.1 dürfen in der kassen-/vertragsärztlichen Versorgung nur durchgeführt werden, wenn folgende apparative Ausstattung zur Verfügung steht:

4.1 ein Analysegerät zur Messung von Stimulationsintervall und Impulsdauer.

4.2 ein zur Schrittmacherkontrolle geeigneter EKG-Schreiber.

4.3 eine Notfallausrüstung zur kardio-pulmonalen Wiederbelebung, einschließlich Defibrillator.

5. Untersuchungen nach Nr. 1.2 dürfen in der kassen-/vertragsärztlichen Versorgung nur durchgeführt werden, wenn zusätzlich zu den Anforderungen nach den Nrn. 4.2 und 4.3 für die Durchführung der Schrittmacherkontrolle das für den jeweiligen Schrittmacher spezifische Programmiergerät zur Verfügung steht."

Darüber hinaus sollten zur Kontrolle komplexer Schrittmacher-Systeme ein Belastungs-EKG, Laufband, Langzeit-EKG und Echokardiographiegerät vorhanden sein.

4.3 Durchführung der Schrittmacherkontrolle

4.3.1 Anamnese

Die Schrittmacherkontrolle beginnt mit einer Befragung des Patienten über sein Allgemeinbefinden, spezielle kardiale Symptome (z.B. Synkopen, Dyspnoe, Herzklopfen, Angina pectoris, Belastungsfähigkeit) und zerebrale Symptome sowie Anzeichen von Zwerchfell- und Muskelstimulation oder Thoraxschmerzen. Wichtig ist die Frage nach dem Pulsverhalten. Auch nach den Anzeichen eines Schrittmachersyndroms sollte gefragt werden. Dies kann sich in allgemeinen

Symptomen, wie Übelkeit, Kopfschmerzen, Konzentrationsstörungen, Belastungseinschränkungen etc., bis hin zum Kreislaufkollaps äußern.

4.3.2 Klinischer Untersuchungsbefund

Die klinische Untersuchung sollte als Minimum eine Inspektion der Schrittmachertasche und Palpation des Pulses enthalten. Auch eine Blutdruckmessung gehört zu den Routinemaßnahmen bei der Schrittmacherkontrolle. Ebenso muß auf die Anzeichen einer Herzinsuffizienz, wie z.B. periphere Ödeme bzw. auskultatorisch feststellbare Lungenstauung, geachtet werden.

4.3.3 Basisuntersuchung (Tab. 3)

Grundaufgaben jeder Kontrolle sind die Prüfung der Reizbeantwortung und Wahrnehmungsfunktion sowie die Beurteilung des Batteriezustandes. Es muß geprüft werden, ob die programmierte Schrittmacherfunktionsweise den aktuellen Erfordernissen des Patienten noch angepaßt ist.

In Abhängigkeit von der Situation können zur Basiskontrolle auch weitere Untersuchungen vorgenommen werden, wie Reizschwellenmessungen oder die telemetrische Abfrage von speziellen Holterfunktionen.

4.3.4 Erweiterte Kontrolle (Tab. 4)

In mindestens 12 - 18 monatigen Abständen müssen weitergehende Untersuchungen durchgeführt werden, damit eine optimale, d. h. den Möglichkeiten des jeweiligen Schrittmachertyps und den Erfordernissen des jeweiligen Patienten entsprechende Arbeitsweise des Schrittmachers garantiert werden kann.

4.3.5 Kontrollparameter

4.3.5.1 Batteriezustand

Die Beurteilung des Batteriezustandes durch Magnetauflage hat bei jeder Kontrolle zu erfolgen. Leider fehlen einheitliche Austauschkriterien, was produktspezifische Kenntnisse für die Beurteilung voraussetzt (vgl. Herstellerhandbuch). Sie ist bei modernen Schrittmacher oft telemetrisch möglich.

4.3.5.2 Telemetrie (Abfragen des Schrittmachers)

- Batteriezustand

Anhand der Parameter "Batteriespannung" und/oder "Batterieimpedanz" können Aussagen über den Batteriezustand gemacht werden. Zusätzlich läßt sich anhand von Stromverbrauch und der verfügbaren Batteriekapazität die Funktionszeit der Batterie grob abschätzen.

- Elektrodenimpedanz

Die Elektrodenimpedanz ist in modernen Telemetrieschrittmachern abfragbar und liefert Informationen über die Integrität der Elektroden und der Elektrodenkonnektion. Bei bipolaren Elektroden muß die **Stimulation** für den Zeitpunkt der Elektrodenmessung auf bipolare Konfiguration umprogrammiert werden, damit die Elektrodenimpedanz der gesamten Elektrode (innere und äußere Wendel) erfaßt wird.

- Diagnostische Funktionen

Moderne Telemetrieschrittmacher mit Speicherfunktionen ermöglichen die Abfrage diagnostischer Daten, die Hinweise auf Funktionsstörungen und Arrhythmien geben und für eine Optimierung der Schrittmachereinstellung genutzt werden können.

- Anfangs- und Endabfrage

Bei der Anfangsabfrage in der Schrittmacherkontrolle wird u.a. überprüft, welche Programmierung vorliegt, bei der Endabfrage, ob der Schrittmacher die gewünschte Programmierung angenommen hat.

4.3.5.3 Überprüfung des Eigenrhythmus

Es empfiehlt sich, den Eigenrhythmus des Patienten zu überprüfen, insbesondere abzuklären, wie weit der Patient vom Schrittmacher abhängig ist. Wenn im Ruhe-EKG kein Spontanrhythmus erkennbar wird, kann dieser evtl bei Belastung ersichtlich werden. Über das Programmiergerät kann der Schrittmacher **temporär** inhibiert, bzw. die Stimulationsfrequenz (bei Zweikammer-Schrittmacher im VVI-Modus) entsprechend gesenkt werden. In Akutsituationen, wenn kein entsprechendes Programmiergerät vorhanden ist, kann (bei unipolarer Wahrnehmung) der Schrittmacher durch eine externe Überstimulation inhibiert werden.

4.3.5.4 Reizschwelle von Vorhof und Kammer

Die Verfahren der Reizschwellenprüfung sind modellgebunden vorgegeben. Aufgrund des natürlichen Reizschwellenverlaufes mit einem passageren Anstieg der Reizschwelle innerhalb der ersten Wochen nach Implantation ist in diesem Zeitraum eine initial höhere Stimulationsenergie erforderlich. Die endgültige Einstellung mit dem Ziel der Energieeinsparung und konsekutiven Laufzeitverlängerung sollte nach 3, spätestens 6 Monaten erfolgen. Ein Sicherheitsabstand von mindestens 100% wird durch die Verdoppelung der Amplituden-Reizschwelle erreicht. Die Verdreifachung der Impulsdauer-Reizschwelle bietet nur dann einen ausreichenden Sicherheitsabstand, wenn dabei die Chronaxiezeit nicht überschritten wird (49,50). Auf die Sicherheitsprogrammierung ist bei permanent schrittmacherabhängigen Patienten besonders zu achten. In der Regel läßt sich die Spannung bei 2,5 V einstellen. Im Einzelfall muß der Hersteller mitteilen oder wird vom Programmiergerät angezeigt, welche Amplituden-Impulsdauer-Kombination den geringsten Stromverbrauch bewirkt.

4.3.5.5 Wahrnehmungsschwelle

Die korrekte Wahrnehmung des Systems setzt eine entsprechende Einstellung der Wahrnehmungsschwelle des Schrittmachers voraus.

- **Atriale Wahrnehmung**
Biologische Schwankungen des P-Wellen-Signals im Einzelfall legen für Vorhofsysteme einen Sicherheitsabstand von mehr als 0,5 mV nahe. Dabei muß berücksichtigt werden, daß bei hoher Empfindlichkeit, insbesondere bei unipolaren Systemen, die Wahrscheinlichkeit externer Störbeeinflussungen (z.B. Muskelsignale) entsprechend steigt. Empfohlen wird eine Empfindlichkeitseinstellung von 50% der Wahrnehmungsschwelle. Bei VDD-Systemen mit einer Einzelelektrode wird die maximale Empfindlichkeit, bei der kein Oversensing nachweisbar ist, als zu programmierende Empfindlichkeit empfohlen.
- **Ventrikuläre Wahrnehmung**
Die Wahrnehmung im Ventrikel läßt auf Grund der höheren Signalamplituden die Einstellung von höheren Werten (= unempfindlicher) zu, z.B. 4-5 mV oder darüber. Sofern empfindlichere Einstellungen gewählt werden müssen, sind vor allem bei unipolarer Wahrnehmung Prüfungen von Störeinflüssen (z.B. Muskelsignale) geboten. Ist der Patient permanent schrittmacherabhängig, so empfiehlt sich bei unipolarer Wahrnehmungskonfiguration eine so unempfindliche Einstellung, daß bei Provokation kein Oversensing auftritt.

4.3.5.6 Refraktärzeiten

Die Refraktärzeit ist auf **Ventrikel**ebene mit der Norminaleinstellung (300-350 ms) in den meisten Fällen adäquat; eine Verlängerung kann bei T-Wellen-Wahrnehmungen relevant werden.

Auf **Vorhof**ebene kann in der AAI-Betriebsart bei Wahrnehmung von ventrikulären Fernsignalen (far-field sensing) eine Verlängerung der totalen atrialen Refraktärzeit (TARP) notwendig werden. Sie wird in der Regel länger als 400 ms programmiert.

In der DDD-Betriebsart muß die postventrikuläre atriale Refraktärzeit (PVARP) individuell eingestellt werden. Sie ist abhängig von einer retrograden Leitung bzw. vom Auftreten von Schrittmacher-Reentrytachykardien (ELT=Endless-Loop-Tachykardien), aber auch von den im jeweiligen Modell vorhandenen Schutzalgorithmen. Sie wird in der Regel länger als 240 ms programmiert. Bei Werten < 280 ms sollte die retrograde Leitungszeit bestimmt werden. Um die Ausblendzeiten des Schrittmachers möglichst zu begrenzen, sind die Refraktärzeiten so lang wie nötig und so kurz wie möglich zu wählen.

4.3.6 Besonderheiten bei Zweikammersystemen

Funktionsprüfungen sind bei Zweikammersystemen im gleichen zeitlichen Rahmen durchzuführen. Der Reizschwellentest umfaßt Vorhof und Kammer; analog dazu ist die Wahrnehmung in Vorhof und Kammer zu prüfen, wobei der adäquaten atrialen Wahrnehmung eine wichtige Rolle hinsichtlich der intakten Funktion des Systems zukommt.

Zusätzlich sind bei Zweikammersystemen folgende Parameter zu prüfen und den klinischen Vorgaben des jeweiligen Patienten anzupassen:

- AV-Intervall (Optimierung z.B. mit dopplerechokardiographischen Verfahren)
- maximale synchrone Frequenz (z.B. Langzeit-EKG, Belastungs-EKG)
- postventrikuläre atriale Refraktärzeit, bzw. totale atriale Refraktärzeit
- weitere - spezielle - Algorithmen

4.3.7 Besonderheiten bei frequenzadaptierenden Systemen

Bei frequenzadaptierenden Systemen sind grundsätzlich die oben aufgeführten Funktionen im gleichen Umfang zu prüfen. Die Einstellung der frequenzadaptierenden Funktion setzt weitere Spezialkenntnisse der Funktionsweise und Störbeeinflussung des Sensors voraus. Die Anpassung an die adäquate Frequenz kann initial häufigere klinische, ergometrische und langzeitelektrokardiographische Kontrollen erforderlich machen.

4.4 Zeitplan der Schrittmacherkontrollen

4.4.1 Komplikationslose Neuimplantation

Die ersten Kontrollen erfolgen vor Entlassung des Patienten und umfassen neben der Basisuntersuchung mit evtl. Reizschwellenmessung im Vorhof und Ventrikel die Beurteilung der Wundverhältnisse. Wichtig ist ein ausführliches Informationsgespräch mit dem Patienten.

Zur Dokumentation der Elektrodenlage wird eine radiologische Kontrolle durchgeführt.

Die 2. Kontrolle erfolgt etwa 4 Wochen nach Implantation und umfaßt eine Basis- bzw. eine erweiterte Kontrolle, sowie eine Prüfung der Wundverhältnisse. Zur Erfassung eines überdurchschnittlichen Reizschwellen-Anstiegs sollte vor Entlassung bzw. nach 4 Wochen eine Messung der Reizschwelle erfolgen.

Bei frequenzadaptierenden System sind zur individuellen Anpassung initial oder nach 4 Wochen zusätzliche Kontrollen und ergometrische Tests notwendig.

Die 3. Kontrolle erfolgt 3 Monate nach Implantation und umfaßt die erweiterte Kontrolle. Es sollte jetzt die EndEinstellung mit Reduktion der Stimulationsenergie vorgenommen werden, da nach einem Zeitraum von 3 (-6) Monaten von einer weitgehenden Stabilisierung der Reizschwelle ausgegangen werden kann (bei Neuimplantation der Elektroden).

Die weiteren Kontrollen sind in der Regel alle 6-12 Monate vorzunehmen.

Vor einem geplanten Impulsgeberwechsel erfolgt eine ausführliche Schrittmacher-Kontrolle.

4.4.2 Komplikationsloser Impulsgeberwechsel

Bei Impulsgeberwechsel kann die endgültige Einstellung der Stimulationsenergie bereits unmittelbar postoperativ oder bei der ersten ambulanten Kontrolle nach 4 Wochen erfolgen.

Beim frequenzadaptierenden Systemen sind zur individuellen Anpassung initial oder nach 4 Wochen zusätzliche Kontrollen und ergometrische Tests notwendig.

4.4.3 Komplikationen, Batterieerschöpfung

Bei chirurgischen oder technischen Komplikationen haben sich die Kontrollintervalle abweichend vom Zeitplan allein nach der klinischen Situation zu richten und müssen entsprechend kürzer angesetzt werden. Bei Hinweisen auf Batterieerschöpfung, bei Schrittmachern, die über die empfohlene Amplitude hinaus programmiert wurden und bei epimyokardialen Systemen sind die Kontrollintervalle kürzer (z.B. dreimonatlich) zu wählen.

4.5 Empfehlung zur effektiven Zusammenarbeit zwischen implantierendem Zentrum und niedergelassenen Kollegen

Für die Nachsorge von Schrittmacherpatienten ist die

1. gegenseitige Information über alle durchgeführten Maßnahmen zwischen implantierender Einrichtung und ambulanter Nachsorge im niedergelassenen Bereich unerlässlich.
2. Die implantierende Einrichtung erstellt einen Krankheitsbericht mit detaillierter Beschreibung der Indikation zur Implantation, Beschreibung des implantierten Schrittmachers und der Elektroden, der Funktionsweise und der bei Entlassung aus dem Krankenhaus abschließend programmierten Parameter sowie der Austauschkriterien.
3. Die Dokumentation über alle bei der Nachsorge durchgeführten Maßnahmen wird gegenseitig ausgetauscht und im Schrittmacherpaß vermerkt.

Die Schrittmacher-Kontrolle ist eine ambulante ärztliche Leistung. Eine Ermächtigung zur Nachsorge bei Schrittmacherpatienten am implantierenden Zentrum muß gewährleistet sein für:

1. Kontrollen ein und drei Monate nach Implantation des Systems.
2. Alle Kontrollen auf Zuweisung schrittmacherkontrollierender Ärzte.
3. Im Rahmen des Notfalles.
4. Erweiterte Kontrollen (4.3.4) mindestens alle 18 Monate mit kompletter Überprüfung, bei denen mit Hilfe eines nicht im niedergelassenen Bereich unmittelbar verfügbaren typspezifischen Programmiergerätes eine Überprüfung und Einstellung des Schrittmachers erfolgt.
5. In Fällen, in denen in keiner zumutbaren Entfernung vom Wohnort des Patienten die Nachsorge im niedergelassenen Bereich durchgeführt werden kann (5).

Literatur

1. Adolph RJ, Holmes JC, Fukusumi H (1968) Hemodynamic studies in patients with chronically implanted pacemakers. *Am Heart J* 76:829-838
2. Alpert MA, Curtis JJ, Sanfelippo JF, Flaker GC, Walls JT, Mukerji V, Villarreal D, Katti SK, Madigan NP, Morgan RJ (1987) Comparative survival following permanent ventricular and dual-chamber pacing for patients with chronic symptomatic sinus node dysfunction with and without heart failure. *Am Heart J* 113:958-965
3. Alpert MA, Curtis JJ, Sanfelippo JF, Flaker GC, Walls JT, Mukerji V, Villarreal D, Katti SK, Madigan NP, Krol RB (1986) Comparative survival after permanent ventricular dual chamber pacing for patients with chronic high degree atrioventricular block with and without preexistent heart failure. *J Am Coll Cardiol* 7:925-932
4. Alpert MA, Flaker GC (1983) Arrhythmias associated with sinus node dysfunction. *JAMA* 250:2160-2166
5. Alt E, Behrenbeck DW, Fischer W, Schorn A, Schmitter HT, Sonntag F (1995) Empfehlungen zur Schrittmachernachsorge - Zusammenarbeit zwischen implantierendem Krankenhaus und niedergelassenen Kollegen bei der Nachsorge von Schrittmacherpatienten. *Z Kardiol* 84:420-421
6. Alt E, Dechand E, Wirtzfeld A, Ulm K (1983) Überlebenszeit und Verlauf nach Schrittmacherimplantation. *Dtsch Med Wschr* 108:331-335
7. Alt E, Schlegl MJ, Matula MM (1995) Intrinsic heart rate response as a predictor of rate-adaptive pacing benefit. *Chest* 107:925-930
8. Andersen HR, Thuesen L, Bagger JP, Vesterlund T, Thomsen PEB (1994) Prospective randomised trial of atrial versus ventricular pacing in sick-sinus syndrome. *ncet* 344:1523-1528
9. Ausubel K, Furman S (1985) The pacemaker syndrome. *Ann Intern Med* 103:420-429
10. Ausubel K, Steingart RM, Shimshi M, Klementowicz P, Furman S (1985) Maintenance of exercise stroke volume during ventricular versus atrial synchronous pacing: role of contractility. *Circulation* 5:1037-1043
11. Becker H, Brandenburg U, Peter JH, von Wichert P (1995) Reversal of sinus arrest and atrioventricular conduction block in patients with sleep apnea during nasal continuous positive airway pressure. *Am J Respir Crit Care Med* 151:215-218
12. Bernstein AD, Camm AJ, Fletcher RD, Gold RD, Rickards AF, Smyth NPD, Spielman SR, Sutton R (1987) The NASPE/BPEG generic pacemaker code for antibradyarrhythmia and adaptive-rate pacing and antitachyarrhythmia devices. *PACE* 10:794-799
13. Borggreffe M, Seipel L, Breithardt G (1984) Klinische und elektrophysiologische Befunde bei Patienten mit Synkope nach Myokardinfarkt. *Z Kardiol* 73:297-303
14. Breithardt G, Lüderitz B, Schlepper M (1989) Empfehlungen für die Indikation zur permanenten Schrittmacherimplantation. *Z Kardiol* 78:212-217

15. Brignole M, Menozzi C, Lolli G, Bottoni N, Gaggioli G (1992) Long-term outcome of paced and nonpaced patients with severe carotid sinus syndrome. *Am J Cardiol* 69:1039-1043
16. Brignole M, Menozzi C, Lolli G, Oddone D, Gianfranchi L, Bertulla A (1991) Validation of a method for choice of pacing mode in carotid sinus syndrome with or without sinus bradycardia. *PACE* 14:196-203
17. Brown KA, Maloney JD, Smith HC, Hartzler GO, Ilstrup DM (1980) Carotid sinus reflex in patients undergoing coronary angiography: Relationship of degree and location of coronary artery disease to response to carotid sinus massage. *Circulation* 62:697-703
18. Clemo HF, Baumgarten CM, Stambler BS, Wood MA, Ellenbogen KA (1994) Atrial natriuretic factor: implications for cardiac pacing and electrophysiology. *PACE* 17:70-91
19. Click RL, Gersh BJ, Sugrue DD, Wood DL, Holmes DR Jr, Osborn MJ, Hammill SC (1987) Role of invasive electrophysiologic testing in patients with symptomatic bundle branch block. *Am J Cardiol* 59:817-823
20. Coumel P (1992) Neural aspects of paroxysmal atrial fibrillation. In: Falk RH, Podrid PJ. *Atrial fibrillation. Mechanisms and Management*. Raven Press, New York, pp109-125
21. *Deutsches Ärzteblatt* 89, Heft 8, 21 Februar 1992
22. Dewey RC, Capeless MA, Levy AM (1987) Use of ambulatory electrocardiographic monitoring to identify high-risk patients with congenital complete heart block. *N Engl J Med* 316:835-839
23. Dhingra RC, Denes P, Wu D, Chuquimia R, Rosen KM (1974) The significance of second degree atrioventricular block and bundle branch block: observations regarding site and type of block. *Circulation* 49:638-646
24. Dhingra RC, Palileo E, Strasberg B, Swiryn S, Bauernfeind RA, Wyndham CRC, Rosen KM (1981) Significance of the HV interval in 517 patients with chronic bifascicular block. *Circulation* 64:1265-1271
25. Dhingra RC, Wyndham C, Bauernfeind R, Swiryn S, Deedwania PC, Smith T, Denes P, Rosen KM (1979) Significance of block distal to the His bundle induced by atrial pacing in patients with chronic bifascicular block. *Circulation* 60:1455-1464
26. Dreifus LS, Fisch C, Griffin JC, Gillette PC, Mason JW, Parsonnet V (1991) Guidelines for implantation of cardiac pacemakers and antiarrhythmia devices. A report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Assessment of Diagnostic and Therapeutic Cardiovascular Procedures (Committee on Pacemaker Implantation). *Circulation* 84:455-467
27. Edhag O, Swahn A (1976) Prognosis of patients with complete heart block or arrhythmic syncope who were not treated with artificial pacemakers: A long-term follow-up study of 101 patients. *Acta Med Scand* 200:457-463
28. Eimer HH, Witte J (1974) Zur Leistungsbreite bei Patienten mit festfrequentem Herzschrittmacher unter Berücksichtigung von Hämodynamik, arteriovenöser Sauerstoffdifferenz und Lungenfunktion. *Z Kardiol* 63:1099-1110

29. Ellenbogen KA, Thames MD, Mohanty PK (1990) New insights into pacemaker syndrome gained from hemodynamic, humoral and vascular responses during ventriculo-atrial pacing. *Am J Cardiol* 65:53-59
30. Epperlein S, Kreft A, Siegert V, Liebrich A, Himmrich E, Treese N (1996) DDD- versus DDDR-Schrittmacherstimulation: Vergleich der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit, der Häufigkeit von Vorhoffarrhythmien und der Lebensqualität. *Z Kardiologie* 85:226-236
31. Escher EB (1981) Congenital complete heart block in adolescence and adult life: a follow-up study. *Eur Heart J* 2:281-288
32. Fairfax AJ, Lambert CD, Leatham A (1976) Systemic embolism in chronic sinoatrial disorders. *N Engl J Med* 295:190-192
33. Fananapazir L, Epstein ND, Curiel RV, Panza JA, Tripodi D, McAreavey D (1994) Long-term results of dual-chamber (DDD) pacing in obstructive hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation* 90:2731-2742
34. Fananapazir L, Srinivas V, Bennett DH (1983) Comparison of resting hemodynamic indices and exercise performance during atrial synchronized and asynchronous ventricular pacing. *PACE* 6:202-209
35. Ferrer M (1968) Sick sinus syndrome in atrial disease. *JAMA* 206:645-646
36. Fisch GR, Zipes D, Fisch C (1980) Bundle branch block and sudden death. *Prog Cardiovasc Dis* 23:187-224
37. Fitzpatrick A, Sutton R (1989) Tilting towards a diagnosis in recurrent unexplained syncope. *Lancet* March 25 i:658-660
38. Friedberg CK, Donoso E, Stein WB (1964) Nonsurgical acquired heart block. *Ann N Y Acad Sci* 111:833-847
39. Fujimura O, Yee R, Klein GJ, Sharma A, Boahene KA (1989) The diagnostic sensitivity of electrophysiologic testing in patients with syncope caused by transient bradycardia. *N Engl J Med* 321:1703-1707
40. Goldman BS, Hill TJ, Weisel RD, Scully HE, Mickleborough LL, Pym J, Baird RJ (1984) Permanent cardiac pacing after open-heart surgery. Acquired heart disease. *PACE* 7: 367-371
41. Guilleminault C, Connolly SJ, Winkle RA (1983) Cardiac arrhythmia and conduction disturbances during sleep in 400 patients with sleep apnea syndrome. *Am J Cardiol* 52:490-494
42. Hansen JF, Meibon J (1974) The prognosis for patients with complete heart block treated with permanent pacemaker. *Acta med scand* 195:385-389
43. Heldman D, Mulvihill D, Nguyen H et al. (1990) True incidence of pacemaker syndrome. *PACE* 13:1742-1750
44. Hesselson AB, Parsonnet V, Bernstein AD, Bonavita GJ (1992) Deleterious effects of long-term single-chamber ventricular pacing in patients with sick sinus syndrome: the hidden benefits of dual-chamber pacing. *J Am Coll Cardiol* 19:1065-1069
45. Hilgard J, Ezri MD, Denes P (1985). Significance of ventricular pauses of three seconds or more detected on twenty-four Holter recordings. *Am J Cardiol* 55:1005- 1008
46. Hindman MC, Wagner GS, JaRo M, Atkins JM, Scheinman MM, DeSanctis RW, Hutter AM Jr, Yeatman L, Rubenfire M, Pujura C, Rubin M, Morris JJ

- (1978) The clinical significance of bundle branch block. 2. Indications for temporary and permanent pacemaker insertion. *Circulation* 58:689-699
47. Holden W, McAnulty JH, Rahimtoola SH (1978) Characterisation of heart rate response to exercise in the sick sinus syndrome. *Br Heart J* 40:923-930
48. Huang SKS, Ezri MD, Hauser R, Denes P (1988) Carotid sinus hypersensitivity in patients with unexplained syncope: clinical, electrophysiologic, and long-term follow-up observations. *Am Heart J* 116:989-996
49. Irnich W (1980) The chronaxie time and its practical importance. *PACE* 3:292-301
50. Irnich W (1989) Die Funktionszeiten miniaturisierter Herzschrittmacher. *Herzschrittmacher* 9:164-171
51. Kaplan BM, Langendorf R, Lev M, Pick A (1973) Tachycardia-bradycardia syndrome (so-called "sick sinus syndrome"). *Am J Cardiol* 31:497-508
52. Karlöf I (1975) Haemodynamic effect of atrial triggered versus fixed rate pacing at rest and during exercise in complete heart block. *Acta med Scand* 197:195-206
53. Keefe DL, Griffin JC, Harrison DC, Stinson EB (1985) Atrioventricular conduction abnormalities in patients undergoing isolated aortic or mitral valve replacement. *PACE* 8: 393-398
54. Kristensson BE, Arnman K, Smedgard P, Ryden L (1985) Physiological versus fixed rate ventricular pacing: a double-blind cross-over study. *PACE* 8:73-84
55. Kruse I, Arnman K, Conradson TB, Ryden L (1982) A comparison of the acute and long-term hemodynamic effects of ventricular inhibited and atrial synchronous ventricular inhibited pacing. *Circulation* 65:846-855
56. Kruse IB, Ryden L (1981) Comparison of physical work capacity and systolic time intervals with ventricular inhibited and atrial synchronous ventricular inhibited pacing. *Br Heart J* 46:129-136
57. Lagergren H, Johannsson L, Schüller H, Kugelberg J, Bojs G, Alestig K, Linder E, Borst HG, Schaudig A, Giebel O, Harms H, Rodewald G, Scheppokat KD (1966) 305 cases of permanent intravenous pacemaker treatment for Adam-Stokes syndrom. *Surgery* 59:494-497
58. Lamas GA, Pashos CL, Normand S-LT, McNeil B (1995) Permanent pacemaker selection and subsequent survival in elderly Medicare pacemaker recipients. *Circulation* 91:1063-1069
59. Lau CP, Wong CK, Leung WH, Liu WX (1990) Superior cardiac hemodynamics of atrioventricular synchrony over rate responsive pacing at submaximal exercise: observations in activity sensing DDDR pacemakers. *PACE* 13:1832-1837
60. Lemke B, Gude J, von Dryander S, Barmeyer J, Braun E, Krieg M (1990) Einfluß von AV- Synchronisation und Frequenzsteigerung auf die Häodynamik und das atriale natriuretische Peptid bei Patienten mit totalem AV-Block. *Z Kardiol* 79:547-556
61. Lemke B, von Dryander S, Jäger D, Machraoui A, MacCarter D, Barmeyer J (1992) Aerobic capacity in rate modulated pacing. *PACE* 15:1914-1918

62. Linde-Edelstam C, Gullberg B, Norlander R, Pehrsson SK, Rosenqvist M, Ryden L (1992) Longevity in patients with high degree atrioventricular block paced in the atrial synchronous or the fixed rate ventricular inhibited mode. *PACE* 15:304-313
63. Lown B (1967) Electrical reversion of cardiac arrhythmias. *Brit Heart J* 29:469-489
64. Mabo P, Denjoy I, Leclercq JF, Druelles P, Daubert C, Coumel P (1989) Comparative efficacy of permanent atrial pacing in vagal atrial arrhythmias and in bradycardia-tachycardia syndrome (abstract). *PACE* 12:1236
65. Malcolm C, Ward D, Camm J, Rickards AF, Ingrams A, Perrins J, Charles R, Jones S, Cobbe S (1991) Recommendations for pacemaker prescription for symptomatic bradycardia. *Br Heart J* 66:185-191
66. Markewitz A, Schmoekel M, Nollert G, Überfuhr P, Weinhold C, Reichart B (1993) Long-term results of pacemaker therapy after orthotopic heart transplantation. *J Card Surg* 8: 411-416
67. Massi B, Scheinman MM, Peters R, Desai J, Hirschfeld D, O'Young J (1978) Clinical and electrophysiologic findings in patients with paroxysmal slowing of the sinus rate and apparent Mobitz II atrioventricular block. *Circulation* 58:305-314
68. Mazuz M, Friedman HS (1983) Significance of prolonged electrocardiographic pauses in sinoatrial disease: sick sinus syndrome. *Am J Cardiol* 52:485-489
69. McAnulty JH, Rahimtoola SH (1983) Bundle branch block. *Prog Cardiovasc Dis* 26:333-354
70. McAnulty JH, Rahimtoola SH, Murphy ES, DeMots H, Ritzmann L, Kanarek PE, Kauffman S (1982) Natural history of "high risk" bundle-branch block: Final report of a prospective study. *N Engl J Med* 307:137-143
71. Menozzi C, Brignole M, Moracchini PV, Lolli G, Bacchi M, Tesorieri MC, Tosoni GD, Bollini R (1990) Inpatient comparison between chronic VVIR and DDD pacing in patients affected by high degree AV block without heart failure. *PACE* 13:1816-1822
72. Merx W, Effert S, Hanrath P, Pop T, Rehder W, Schweizer P (1981) Hyperaktiver Carotissinusreflex. *Dtsch med Wschr* 106:135-140
73. Michaëlsson M, Jonzon A, Riesenfeld T (1995) Isolated congenital complete atrioventricular block in adult life. A prospective study. *Circulation* 92:442-449
74. Mitsuoka T, Kenny RA, Au Yeung T, Lu Chan S, Perrins JE, Sutton R (1988) Benefits of dual chamber pacing in sick sinus syndrome. *Br. Heart J* 60:338-347
75. Morady F, Higgins J, Peters RW, Schwartz AB, Shen EN, Bhandari A, Scheinman MM, Sauvé MJ (1984) Electrophysiologic testing in bundle branch block and unexplained syncope. *Am J Cardiol* 54:587-591
76. Morley CA, Perrins EJ, Grant P, Chan SL, McBrien DJ, Sutton R (1982) Carotid sinus syncope treated by pacing. *Br Heart J* 47:411-418
77. Mukharji J, Rehr RB, Hastillo A, Thompson JA, Hess ML, Paulsen WJ, Vetrovec GW (1990) Comparison of atrial contribution to cardiac

- hemodynamics in patients with normal and severely compromised cardiac function. *Clin Cardiol* 13:639-643
78. Mymin D, Mathewson FAL, Tate RB, Manfreda J (1986) The natural history of primary first-degree atrioventricular heart block. *N Engl J Med* 315:1183-1187
 79. Nicod P, Gilpin E, Dittrich H (1988) Long-term outcome in patients with inferior myocardial infarction and complete atrioventricular block. *J Am Coll Cardiol* 12:589
 80. Odemuyiwa O, Camm J (1992) Prophylactic pacing for prevention of sudden death in congenital complete heart block? *PACE* 15:1526-1530
 81. Pehrsson SK (1983) Influence of heart rate and atrioventricular synchronization on maximal work tolerance in patients treated with artificial pacemakers. *Acta Med Scand* 214:311-315
 82. Pehrsson SK, Hjemdahl P, Nordlander R, Aström H (1988) A comparison of sympathoadrenal activity and cardiac performance at rest and during exercise in patients with ventricular demand or atrial synchronous pacing. *Br Heart J* 60:212-220
 83. Perrins EJ, Morley CA, Chan SL, Sutton R (1983) Randomized controlled trial of physiological and ventricular pacing. *Br Heart J* 50:112-117
 84. Pinsky WW, Gillette PC, Garson A Jr, McNamara DG (1982) Diagnosis, management, and long-term results of patients with congenital complete atrioventricular block. *Pediatrics* 69:728-733
 85. Pitcher D, Papouchado M, James MA, Rees RJ (1986) Twenty-four hour ambulatory electrocardiography in patients with chronic atrial fibrillation. *Br Med J* 292:594
 86. Rasmussen K (1981) Chronic sinus node disease: Natural course and indications for pacing. *Eur Heart J* 2:455-459
 87. Rattes MF, Klein GJ, Sharma AD, Boone JA, Kerr C, Milstein S (1989) Efficacy of empirical cardiac pacing in syncope of unknown cause. *Can Med Assoc J* 140:381-385
 88. Rediker DE, Eagle KA, Homma S, Gillam LD, Harthorne JW (1988) Clinical and hemodynamic comparison of VVI versus DDD pacing in patients with DDD pacemakers. *Am J Cardiol* 61:323-329
 89. Reiter MJ, Hindman MC (1982) Hemodynamic effects of acute atrioventricular sequential pacing in patients with left ventricular dysfunction. *Am J Cardiol* 49:687-692
 90. Reybrouck T, Vanden Eynde B, Dumoulin M, Van der Hauwaert LG (1989) Cardiorespiratory response to exercise in congenital complete atrioventricular block. *Am J Cardiol* 64:896-899
 91. Ritter WS, Atkins J, Blomqvist CG, Mullins CB (1976) Permanent pacing in patients with transient trifascicular block during acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 38:205-208
 92. Roos JC, Dunning AJ (1978) Bundle branch block. *Eur J Cardiol* 6:403
 93. Rosenqvist M, Brandt J, Schüller H (1988) Long-term pacing in sinus node disease: effects of stimulation mode on cardiovascular morbidity and mortality. *Am Heart J* 116:16-22

94. Rosenqvist M, Obel IW (1989) Atrial pacing and the risk for AV block: is there a time for change in attitude? *PACE* 12:97-101
95. Sadoul N, Simon JP, de Chillou C, Dodinot B, Aliot E, Slade AKB, Saumarez RC, Prasad K, Camm AJ (1995) Dual chamber pacemaker therapy in obstructive hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation* 92:1062-1064
96. Santini M, Alexidou G, Ansalone G, Cacciatore G, Cini R, Turitto G (1990) Relation of prognosis in sick sinus syndrome to age, conduction defects and modes of permanent cardiac pacing. *Am J Cardiol* 65:729-735
97. Sasaki Y, Shimotori M, Akahane K, Yonekura H, Hirano K, Endoh R, Koike S, Kawa S, Furuta S, Homma T (1988) Long-term follow-up of patients with sick sinus syndrome: a comparison of clinical aspects among unpaced, ventricular inhibited paced, and physiologically paced groups. *PACE* 11:1575-1583
98. Scheinman MM, Peters RW, Sauvè MJ, Desai J, Abbott JA, Cogan J, Wohl B, Williams K (1982) Value of the H-Q interval in patients with bundle branch block and the role of prophylactic permanent pacing. *Am J Cardiol* 50:1316-1322
99. Scott CD, Omar I, McComb JM, Dark JH, Bexton RB (1991) Long-term pacing in heart transplant recipients is usually unnecessary. *PACE* 14, 1792-1796
100. Seino Y, Shimai S, Nagae Y, Ibuki C, Takano T, Tanaka S, Hayakawa H (1993) Cardiodynamic and neurohormonal importance of atrial contribution in rate-responsive pacing. *Am J Cardiol* 72:36-40
101. Seipel L, Pietrek G, Körfer R, Loogen F (1977) Prognose nach Schrittmacherimplantation. *Internist* 18:21-24
102. Sgarbossa WB, Pinski SL, Maloney JD (1993) The role of pacing modality in determining long-term survival in the sick sinus syndrome. *Ann Intern Med* 119:359-365
103. Shaw DB, Kerwick CA, Veale D, Gowers J, Whistance T (1985) Survival in second degree atrioventricular block. *Br Heart J* 53:587-593
104. Shaw, DB, Holman RR, Gowers JI (1980) Survival in sinoatrial disorder (sick sinus syndrome). *Br Med J* 280:139-141
105. Sholler GF, Walsh EP (1989) Congenital complete heart block in patients without anatomic cardiac defects. *Am Heart J* 118:1193-1198
106. Spirito P, Mc Kenna W, Schultheiss HP (1995) DDD pacing in obstructive HCM. *Circulation* 92:1670
107. Sra JS, Jazayeri MR, Avitall B, Dhala A, Deshpande S, Blanck Z, Akhtar M (1993) Comparison of cardiac pacing with drug therapy in the treatment of neurocardiogenic (vasovagal) syncope with bradycardia or asystole. *N Engl J Med* 328:1085-1090
108. Stangl K, Schüller H, Schulten HK (1991) Empfehlungen zur Herzschrittmachertherapie. *Herzschr Elektrophys* 2:35-44
109. Stangl K, Weil J, Seitz K, Laule M, Gerzer R (1988) Influence of AV synchrony on the plasma levels of atrial natriuretic peptide (ANP) in patients with total AV block. *PACE* 11:1176-1181

110. Stasberg B, Amat-Y-Leon F, Dhingra RC, Palileo E, Swiryn S, Bauernfeind R, Wyndham C, Rosen KM (1981) Natural history of chronic second-degree atrioventricular nodal block. *Circulation* 63:1043-1049
111. Stewart WJ, Dicola VC, Harthorne JW, Gillam LD, Weyman AE (1984) Doppler ultrasound measurement of cardiac output in patients with physiologic pacemakers. *Am J Cardiol* 54:308-312
112. Sugrue DD, Gersh BJ, Holmes DR, Wood DL, Osborn MJ, Hammill SC (1986) Symptomatic "isolated" carotid sinus hypersensitivity: natural history and results of treatment with anticholinergic drugs or pacemaker. *J Am Coll Cardiol* 7:158-162
113. Sulke AN, Pipilis A, Henderson RA, Bucknall CA, Sowton E (1990) Comparison of the normal sinus node with seven types of rate responsive pacemaker during everyday activity. *Br Heart J* 64:25-31
114. Sutton R, Kenny RA (1986) The natural history of sick sinus syndrome. *PACE* 9:1110-1114
115. Sutton R, Perrins J, Citron P (1980) Physiological cardiac pacing. *PACE* 3:207-219
116. Tresch DD, Jerome LF (1986) Unexplained sinus bradycardia: clinical significance and long-term prognosis in apparently healthy persons older than 40 years. *Am J Cardiol* 58:1009-1013
117. Volkmann H, Schnerch B, Kühnert H (1990) Diagnostic value of carotid sinus hypersensitivity. *PACE* 13:2065-2070
118. WHO/ISC Task Force (1978) Definition of terms related to cardiac rhythm. *Am Heart J* 95:796-806
119. Winkler RB, Freed MD, Nadas AS (1980) Exercise-induced ventricular ectopy in children and young adults with complete heart block. *Am Heart J* 99:87-92
120. Wirtzfeld A, Himmler FC, Präuer HW, Klein G (1979) Atrial and ventricular pacing in patients with the sick sinus syndrome. In: Meere CM (ed) *Cardiac pacing. Proceedings of the VIth World Symposium on Cardiac Pacing, Montreal 1979, Chap. 15-5*
121. Witte J, Dressler L, Schröder G (1979) 10 years of experience with permanent atrial electrodes. In: Meere CM (ed) *Cardiac pacing. Proceedings of the VIth World Symposium on Cardiac Pacing, Montreal 1979, Chap. 16-1*
122. Witte J, von Knorre GH, Volkmann HJ, Weber D, Jenssen S, Bondke H (1991) Survival rate in patients with sick-sinus-syndrome in AAI/DDD vs. VVI-pacing (abstract). *PACE* 14:680
123. Zehender M, Büchner C, Meinertz T, Just H (1992) Prevalence, circumstances, mechanisms, and risk stratification of sudden cardiac death in unipolar single-chamber ventricular pacing. *Circulation* 85:596-605
124. Zipes DP, DiMarco JP, Gillette PC, Jackman WM, Myerburg RJ, Rahimtoola SH (1995) Guidelines for clinical intracardiac electrophysiological and catheter ablation procedures. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines (committee on clinical intracardiac electrophysiologic

and catheter ablation procedures), developed in collaboration with the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *J Am Coll Cardiol* 26:555-573

Die Autoren danken Prof. *W. Irrnich*, Gießen, für die Durchsicht des Kapitels 4.3.5 (Kontrollparameter), Priv. Doz. *A. Markewitz*, Koblenz, für die Bearbeitung der Kapitel 2.8 und 2.9 (Bradykarde Rhythmusstörungen nach herzchirurgischen Operationen und nach Herztransplantation), Prof. *H. Schüller*, Lund, für die Anregungen zum angeborenen AV-Block, sowie Prof. *G. Breithardt*, Münster, Prof. *H. Kuhn*, Bielefeld, Priv. Doz. *K. Kunze*, Hamburg, Prof. *W. Rödiger*, Hamburg, Dr. *Schwaab*, Homburg (Saar), Dr. *Stellbrink*, Aachen, Prof. *H. Volkmann*, Annaberg und Prof. *J. Witte*, Berlin, für ihre Stellungnahmen zum Indikations- und Therapieteil. Allen anderen Experten, die mit ihren Korrektur- und Verbesserungsvorschlägen wertvolle Beiträge zu diesen Richtlinien lieferten, sei ausdrücklich gedankt.

Korrespondenzadresse:

Priv.-Doz. Dr. B. Lemke
 BG-Kliniken Bergmannsheil, Universitätsklinik
 Abt. für Kardiologie und Angiologie
 Bürkle-de-la-Camp Platz 1
 44789 Bochum
 Tel. 0234/302-6077
 Fax 0234/302-6084

Tab. 3. Basisuntersuchung

	Einkammer	Zweikammer	Frequenzadaptiv
Anamnese	+	+	+
Klinische Untersuchung	+	+	+
Ruhe-EKG	+	+	+
Magnetttest-EKG	+	+	+
Impulsanalyse	+	+	+
Reizschwelle	(+)	(+)	(+)
Speicherabfrage	(+)	(+)	(+)

+ obligat, (+) fakultativ, ggfs. bei entsprechender Indikation

Tab. 4. Erweiterte Kontrolle

	Einkammer	Zweikammer	Frequenzadaptiv
Anamnese	+	+	+
Klinische Untersuchung	+	+	+
Ruhe-/Magnettest-EKG	+	+	+
Reizschwelle	+	+	+
Wahrnehmungsschwelle	+	+	+
Ausführliche Telemetrie	+	+	+
Überprüfung d. retrogr. Leitung		(+)	
Wenckebach-Punkt	(+)		(+)
Langzeit-EKG	(+)	(+)	(+)
Belastungs-EKG	(+)	(+)	(+)
Dopplerechokardiographie	(+)	(+)	(+)