

Körperliche Aktivität und Sport bei Schrittmacherpatienten

Michael Kindermann
Gerd Fröhlig

Zusammenfassung

Die körperliche Leistungsfähigkeit eines Patienten mit künstlichem Herzschrittmacher wird von der kardialen Grunderkrankung, seinem Trainingszustand und der verwendeten Schrittmachertechnologie bestimmt. Bis auf wenige Ausnahmen (zum Beispiel Kontaktsport) gibt es keine grundsätzlichen Bedenken gegen eine sportliche Betätigung bei Schrittmacherpatienten. Voraussetzung für einen belastungsadäquaten Anstieg des Herzzeitvolumens ist die Versorgung mit physiologischen Schrittmachersystemen und, falls erforderlich, die Ausnutzung frequenzvariabler Stimulationsalgorithmen. Die Wahl des Schrittmachersystems und die Programmierung des Aggregates sind an die kardiale Grunderkrankung und die individuellen Bedürfnisse des Patienten anzupassen.

Schlüsselwörter: Herzschrittmacher, Herzkrankheit, körperliche Aktivität, koronare Herzkrankheit, Sportmedizin, Herzinsuffizienz

Summary

Physical Activity and Exercises in Patients with Cardiac Pacemakers

In patients with cardiac pacemakers, exercise capacity is determined by the underlying cardiac disease, training status and pacemaker technology. With few exceptions (e.g. contact sports) there are no principal objections to sporting activities in pacemaker patients. An adequate increase in cardiac output during exercise can be maintained by use of physiologic pacemaker systems and – if necessary – rate adaptive pacing. The choice of the pacing system and its programming are guided by the cardiac disease and the individual needs of the patient.

Key words: cardiac pacemaker, heart disease, physical activity, coronary heart disease, sport medicine, heart failure

Zum Zeitpunkt der Erstimplantation eines Herzschrittmachers beträgt das Durchschnittsalter der Patienten 75 Jahre. In Deutschland sind nur etwas mehr als sechs Prozent der Implantatempfänger jünger als 60 Jahre (23). Obwohl 70 bis 80 Prozent der 70- bis 79-Jährigen nicht mehr regelmäßig Sport treiben (26), zeigt ein Vergleich der Erhebungen des Gesundheitssurveys von 1991 und 1998 gerade in der Altersgruppe der 50- bis 70-Jährigen einen Trend hin zu vermehrter körperlicher Aktivität. Möglicherweise setzt sich hier – auch im Zuge von „anti-aging“ und „lifestyle“-Bewegung – zunehmend die Erkenntnis durch, dass körperliche Inaktivität als ein kardiovaskulärer Risikofaktor aufzufassen ist (30). Körperlich aktive Patienten haben einen relativ hohen Informationsbedarf, wenn ein Herzschrittmacher implantiert werden muss. Dabei beschränken sich die Fragen nicht nur auf die Grenzen der Belastbarkeit („Was darf ich noch machen?“).

Sportlich ambitionierte Patienten haben sich häufig bereits Kenntnisse zur Schrittmachertherapie erarbeitet und erwarten vom Arzt eine profunde Beratung über die bestmögliche Behandlung. Dass die ärztliche Aufklärung diesen Bedarf oft nicht deckt, ist belegt (31). Wegen der erforderlichen kardiologischen und technischen Spezialkenntnisse ist der Hausarzt oft überfordert. Aber auch sportmedizinisch nicht geschulte Kardiologen tendieren manchmal dazu, „sicherheits halber“ vom Sport abzuraten. Die Implantation eines Schrittmachers kann den unzureichend aufgeklärten Patienten soweit stigmatisieren, dass es zu relevanten psychischen und psychosomatischen Beschwerden und letztendlich zu einer Einbuße an Lebensqualität kommt (2).

Schrittmacherpropädeutik

In *Grafik 1* sind typische bradykarde Herzrhythmusstörungen, die zu empfehlender Schrittmacherversorgung und das sich daraus ergebende Elektrokardiogramm (EKG) schematisch dargestellt. Diese „physiologische“ Schrittmachertherapie berücksichtigt die jüngsten Kommentare zu den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie (20) und gilt für alle Patienten mit überwiegender Schrittmachernotwendigkeit. Ziel ist die Erhaltung der atrioventrikulären Kontraktionssequenz, wann immer die zugrunde liegende Rhythmusstörung dies zulässt. Dadurch sollen subjektive Nebenwirkungen der Stimulation vermieden und die Pumpleistung des Herzens optimiert werden.

Hauptindikation für den bis 1995 in Deutschland am häufigsten implantierten Einkammer-Ventrikelschrittmacher (VVI-Schrittmacher) ist das permanente Vorhofflimmern mit langsamer Kammerantwort. Bei Patienten mit intermittierenden Bradykardien und nur geringem Stimulationsbedarf (zum Beispiel intermittierender atrioventrikulärer Block/Sinusalblock) ist die Systemwahl weniger wichtig, sodass auf einen VVI-Schrittmacher zur Synkopenverhinderung zurückgegriffen werden kann.

Herzfrequenzanstieg und körperliche Leistungsfähigkeit

Die maximale Sauerstoffaufnahme ist die leistungsbestimmende Größe bei dynamischen Belastungen von Muskelgruppen, die mehr als ein Sechstel der Skelettmuskulatur umfassen und länger als drei Minuten andauern (zum Beispiel Laufen, Fahrradfahren). Wie *Grafik 2* zeigt, bestimmt al-

Medizinische Klinik und Poliklinik, Innere Medizin III (Kardiologie/Angiologie) (Direktor: Prof. Dr. med. Michael Böhm), Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar

lein die Herzfrequenz über ein Drittel der körperlichen Leistungsreserve. Bei Herzinsuffizienz nimmt dieser Anteil noch zu, da das Schlagvolumen nicht mehr adäquat gesteigert werden kann. Als physiologische Norm gilt, dass bei einem Anstieg der Sauerstoffaufnahme um 1 mL/min pro kg Körpergewicht die Herzfrequenz zwischen zwei und vier Schlägen/min zunimmt (24). Eine geringere Herzfrequenzsteigerung wird als „chronotrope Inkompetenz“ bezeichnet und muss bei der Schrittmacherversorgung berücksichtigt werden:

- Etwa die Hälfte der Patienten mit Sinusknotenerkrankung weist neben der Ruhebradykardie in Ruhe einen subnormalen Herzfrequenzanstieg unter Belastung auf (12). Die Leistungsfähigkeit dieser Patienten kann durch die Implantation eines frequenzadaptiven Schrittmachersystems verbessert werden.

- Bei AV-Blockierungen wird die Kammer von den frequenzmodulierenden Impulsen des Sinusknotens nicht mehr erreicht, und die Belastungsherzfrequenz bleibt hinter den metabolischen Bedürfnissen zurück. Die Implantation eines vorhoff beteiligten Schrittmachers (zum Beispiel Zweikammer-Schrittmacher) norma-

lisiert die physiologische Frequenzanpassung unter Belastung, weil die Frequenzsteuerung durch den Vorhof wieder möglich wird.

Tatsächlich zeigen Untersuchungen im eigenen Patientenkollektiv (12), dass weniger als 15 Prozent der AV-Block-Patienten nach Implantation eines Zweikammer-Schrittmachers noch chronotrop inkompetent sind. Bei diesen Patienten besteht häufig eine zusätzliche Sinusknotendepression infolge der Einnahme bradykardisierender Medikamente.

- Bei Patienten mit Brady-Tachy-Syndrom (Wechsel von tachykardem Vorhofflimmern mit symptomatischer Sinusbradykardie) und bei der Bradyarrhythmia absoluta infolge permanenten Vorhofflimmerns ist in 75 Prozent beziehungsweise 67 Prozent eine chronotrope Inkompetenz feststellbar (12). Bei Schrittmacherbedürftigkeit ergibt sich demzufolge beinahe regelhaft die Indikation für ein frequenzadaptives Schrittmachersystem.

Für die klinische Bewertung der chronotropen Inkompetenz gilt folgende Faustregel: Eine relevante Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit ist dann zu erwarten, wenn die Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle, die grob der halbmaxima-

len Ergometerleistung entspricht, bei weniger als 90 bis 95 Schlägen/min liegt (5, 25). Zur differenzierten Diagnostik der chronotropen Inkompetenz können auch standardisierte Ergometrieprotokolle (CAEP, „chronotropic assessment exercise protocol“) (Grafik 3) herangezogen werden.

Frequenzadaptive Stimulation

Frequenzadaptive Schrittmacher können belastungsabhängig die Stimulationsfrequenz erhöhen. Über einen Sensor wird ein Biosignal detektiert, das anzeigt, ob und mit welcher Intensität der Patient körperlich aktiv ist. Der Sensor steuert im idealen Fall belastungsproportional die Stimulationsfrequenz des Schrittmachers.

Die am häufigsten verwendeten Sensortypen sind der „Aktivitätssensor“ und der „Atemminutenvolumen-Sensor“ (13). Der Aktivitätssensor ist wegen des geringen technischen Aufwandes das mit Abstand am häufigsten verwendete System zur frequenzadaptiven Stimulation. Er nutzt die bei körperlicher Aktivität auftretenden Beschleunigungskräfte, die auf einen im Schrittmacher implementierten Piezo-Kristall übertragen werden. In Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau verformt sich der Piezo-Kristall und generiert elektrische Spannungsimpulse (piezoelektrischer Effekt). Aus der Zahl und Amplitude dieser Spannungsimpulse wird das Belastungsniveau abgeschätzt und die Sollfrequenzänderung abgeleitet.

Der Aktivitätssensor erfasst verzögerungsfrei Anfang und Ende einer körperlichen Belastung. Hauptnachteil ist die unzureichende Korrelation des Sensorsignals mit dem tatsächlichen metabolischen Bedarf. Im Verlauf einer steigenden körperlichen Belastung verliert der Aktivitätssensor seine Belastungsproportionalität. Auf bestimmte Belastungsformen (zum Beispiel Fahrrad fahren) reagiert er nicht empfindlich genug (mangelnde Sensitivität) und nicht belastungsbedingte Erschütterungen und Vibrationen des Körpers (beispielsweise beim Reiten oder Motorrad fahren) führen

Grafik 1



Links: Kardiales Erregungsbildungs- und Reizleitungssystem. SK, Sinusknoten; AVK, atrioventrikulärer Knoten. Mitte: typische EKG-Morphologie bei Funktionsstörungen des Sinus- und AV-Knotens. Rechts: typische EKG-Morphologie nach Korrektur der bradykarden Rhythmusstörung durch „maßgeschneiderte“ Schrittmacherversorgung. Zusätzlich angegeben ist die Kurzbezeichnung der Schrittmacher-Betriebsarten (AAI, VDD, u.s.w. [4]), mit denen sich diese Stimulationsformen verwirklichen lassen; modifiziert nach (11)

Typische bradykarde Herzrhythmusstörungen, zu empfehlende Schrittmacherversorgung und das sich daraus ergebende Elektrokardiogramm (EKG)

zu einer fehlerhaften Sensoraktivierung (mangelnde Spezifität), die unangenehmes Herzklopfen hervorrufen kann. Im Unterschied zum Aktivitätssensor gilt der Atemminutenvolumensensor als ein physiologisches Sensorprinzip, weil er mit dem Atemminutenvolumen eine Steuergröße benutzt, die zumindest bis zur anaeroben Schwelle linear mit dem metabolischen Bedarf korreliert. Nachteil des Atemminutenvolumensensors ist das verzögerte Ansprechverhalten bei Beginn der Belastung, was jedoch durch Kombination mit einem Aktivitätssensor korrigiert werden kann (so genanntes Sensor-Blending). Sportlich aktive Schrittmacherpatienten mit chronotroper Inkompetenz sollten nach Möglichkeit einen Schrittmacher erhalten, der einen solchen physiologischen Sensor hat, weil auf diese Weise auch bei andauernder körperlicher Belastung eine adäquate Stimulationsfrequenz verfügbar ist.

Schrittmacherversorgung des sportlich aktiven Patienten

Patientenaufklärung

Gerade sportlich aktive Patienten tendieren dazu, die Implantation eines Herzschrittmachers als invalidisierenden Eingriff falsch zu verstehen. Vielen Patienten ist nicht bewusst, dass ihre körperliche Belastbarkeit, das heißt, das Belastungsniveau, dem sie sich schadlos aussetzen dürfen, keineswegs vom Herzschrittmacher abhängt, sondern von einer relevanten strukturellen Herzerkrankung. Es gehört zu den Aufgaben des Arztes zu verhindern, dass ein körperlich aktiver Patient ohne schwerwiegende Herzerkrankung die Implantation eines Schrittmachers als Hinweis auf den schlechten Zustand seines Herzens missdeutet und in der Folge auf sportliche Aktivitäten verzichtet. Auf der anderen Seite muss ein schwer herzkranker Patient mit bradykarden Herzrhythmusstörungen darüber aufgeklärt werden, dass durch die Implantation eines Schrittmachers nur die Symptome der Bradykardie, nicht jedoch die Herzkrankheit beseitigt werden.

Sportanamnese, Operationsmodus und Systemwahl

Für eine optimale Schrittmacherversorgung des körperlich aktiven Patienten ist es wichtig, Art, Umfang und Intensität der körperlichen Betätigung zu kennen.

Grundsätzlich besteht bei sportlichen Aktivitäten, die mit einer einseitigen hohen Belastung der oberen Extremität einhergehen, die Möglichkeit

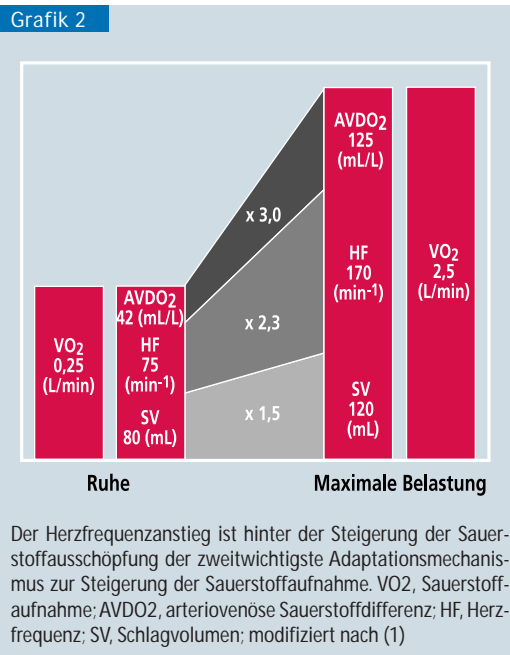
oberen Extremität (zum Beispiel bei den meisten Ballsportarten) hängt die physikalische Belastung der Schrittmachersonden von der Wahl des venösen Zugangs ab. Obwohl die Subklaviapunktion wegen der technischen Einfachheit und Zeitersparnis von einigen Zentren bevorzugt wird (19), sollte grundsätzlich die Venae sectio der Vena cephalica angestrebt werden, weil bei diesem Zugang die bei Bewegungen des Schultergürtels auf den Sondenschiff einwirkenden Kompressions-, Schub- und Scherkräfte kleiner sind (10, 21) und die Rate an Sondenkomplikationen im Vergleich zur Subklaviapunktion geringer ist (18, 27). Ist die Vena cephalica ungeeignet, muss die Vena subclavia möglichst weit lateral punktiert werden (22).

Bei der Platzierung der Schrittmacherelektroden im Herzen sollte stets versucht werden, eine Optimierung der Stimulations- und Wahrnehmungsschwellen zu erreichen. Bei AV-Blockierungen und Implantation eines vorhofbeteiligten Schrittmachersystems, ist ein gutes Wahrnehmungsverhalten im Vorhof kritisch für eine einwandfreie AV-Synchronizität und Frequenzsteuerung unter Belastung. Bei sehr mus-

kelkräftigen Patienten, die sich Belastungen mit hohem statischen Anteil (zum Beispiel Krafttraining) unterziehen, sind bipolare Sonden vorzuziehen, weil hierunter Interferenzen mit Muskelpotenzialen ausgeschlossen sind (6). Beim isolierten AV-Block kann wahlweise statt einer Vorhof- und Ventrikelsonde eine multipolare VDD-Einzelelektrode implantiert werden (9), die zusätzlich zur Kammerstimulation eine Wahrnehmung der Vorhofpotenziale ermöglicht (*Glossar*). Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass bei einer später hinzutretenden Sinusknotenfunktionsstörung eine Vorhofstimulation nicht möglich ist.

Die Wahl des Schrittmachersystems orientiert sich bei überwiegend

Grafik 2



Belastungshämodynamik am Beispiel einer 50-jährigen Normalperson

einer traumatischen Schädigung der Schrittmacherelektroden in ihrem Verlauf zwischen erster Rippe und Schlüsselbein. Kasuistiken, die dieses Risiko beschreiben (28), sind jedoch kein Grund, auf Sportarten wie beispielsweise Tennis, Squash oder Golf zu verzichten. In diesen Fällen ist es aber ratsam, den Patienten nach seiner Händigkeit (Rechts-, Linkshänder) zu fragen und das Schrittmacheraggregat kontralateral zum Schlagarm zu implantieren. Sportschützen und Jäger sollten präoperativ gefragt werden, auf welche Schulter der Gewehrschaft abgestützt wird, um diese Seite für die Implantation des Aggregates zu vermeiden.

Besonders bei hoher Beanspruchung des Schultergürtels und der

schrítmacherbedürftigen Patienten an den Grundsätzen der physiologischen Schrittmacherversorgung (*Grafik 1*). Bei körperlich aktiven Patienten sollte grundsätzlich die Indikation für ein frequenzadaptives System überprüft werden. Patienten mit isoliertem AV-Block benötigen in der Regel kein frequenzadaptives Schrittmachersystem. Bei Patienten mit symptomatischer Sinusbradykardie sollte durch ein präoperatives Belastungs-EKG eine insuffiziente Herzfrequenzregulation unter Belastung nachgewiesen werden. Da bei Brady-Tachy-Syndrom und Bradyarrhythmia absoluta in der Regel eine chronotrope Inkompetenz vorliegt, implizieren diese Diagnosen bereits die Wahl eines frequenzadaptiven Systems.

Setzen sich Patienten nur gelegentlichen, kurz dauernden Belastungen aus (zum Beispiel Treppensteigen), oder wird nur ein gleichförmiges Belastungsniveau von niedriger Intensität angestrebt (beispielsweise Spaziergänge), ist die Wahl eines Schrittmachers mit Aktivitätssensor adäquat, weil dieser Sensor zumindest eine oberhalb der Ruheherzfrequenz liegende Belastungsherzfrequenz bietet. Bei regelmäßiger länger andauernder sportlicher Aktivität, die sich über ein größeres Intensitätsspektrum erstreckt (zum Beispiel „Power-Walking“, Bergwandern, Laufen, Radfahren, Rudern, Schwimmen, Spilsportarten) sollte die chronotrope Inkompetenz mit einem physiologischen Sensor (beispielsweise Atemminutenvolumensensor) behandelt werden.

Sporttauglichkeit von Schrittmacherträgern

Kernpunkt bei der Beurteilung der Sporttauglichkeit eines Herzschrittmacherpatienten ist die Frage nach Vorliegen und Ausmaß einer strukturellen Herzerkrankung. Patienten, die sich der Implantation eines Herzschrittmachers unterziehen müssen, weisen zu 62 Prozent einen arteriellen Hypertonus auf, 36 Prozent haben eine koronare Herzkrankheit und sieben Prozent ein Vitium. Eine linksventrikuläre systolische Dysfunktion mit

einer Ejektionsfraktion ≤ 40 Prozent lässt sich bei 31 Prozent aller Schrittmacherpatienten nachweisen, wohingegen 42 Prozent weder eine eingeschränkte systolische Funktion noch eine Herzinsuffizienzsymptomatik haben (29).

Schrittmacherträger ohne strukturelle Herzerkrankung

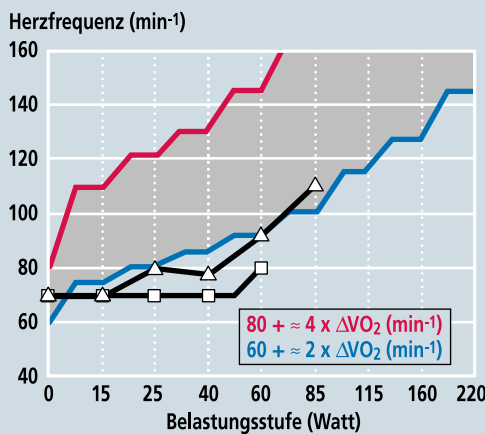
Bei Schrittmacherträgern ohne strukturelle Herzerkrankung besteht grundsätzlich keine Einschränkung der sportlichen Belastbarkeit. Wichtig ist in diesem Fall eine optimale Programmierung des Schrittmacheraggregates, die dem Patienten gestattet, seinen Leistungsspielraum voll auszunutzen. Das Belassen der Fabrikeinstellungen („Nominalwerte“) erfüllt diese Voraussetzung nicht. Zu den häufigen Fehlern bei jungen Patienten mit AV-Block gehört zum Beispiel die Wahl einer relativ niedrigen oberen Grenz-

frequenz. Häufig sehen die Nominal-einstellungen, die am Gros der älteren Schrittmacherpatienten orientiert sind, hierfür einen Wert von 120/min vor. Weil für einen 40-jährigen Patienten eine maximale Belastungsherzfrequenz von 180/min physiologisch ist, wird durch das Belassen der Fabrikeinstellung eine wesentliche Leistungs-limitierung in Kauf genommen. Um den vollen physiologischen Frequenzbereich bei diesen Patienten ausschöpfen zu können, muss in der Regel auch eine Anpassung der schrittmacherinternen AV-Verzögerung und der postventrikulären atrialen Refraktärperiode (PVARP, siehe *Glossar*) erfolgen. Eine inadäquat lange AV-Zeit (beispielsweise 150 ms) führt in Verbindung mit einer langen PVARP (zum Beispiel 300 ms) bei einem leistungsfähigen Patienten mit komplettem AV-Block unter Belastung zu einem abrupten und selten asymptomatischen Frequenzabfall auf 67/min, sobald eine Herzfrequenz

von 133/min überschritten wird. Zur Entscheidungsfindung, ob bei einem Patienten eine Frequenzadaptation benötigt wird, kann vor Aktivierung des Sensors eine Fahrradergometrie gemäß dem CAEP-Protokoll (CAEP, „chronotropic assessment exercise protocol“) durchgeführt werden (*Grafik 3*).

Bei nachgewiesener chronotroper Inkompetenz kann als erster Schritt zunächst die nominal vorgegebene Einstellung für den Sensoralgorithmus (Schwelle, Response Faktor, maximale Sensorrategie; siehe *Glossar*) programmiert werden. Häufig führt diese Einstellung jedoch nicht zu einer belastungsadäquaten Frequenzanpassung, sodass eine individuelle Belastungserprobung erforderlich ist. Idealerweise wird zur Überprüfung der Frequenzanpassung eine Belastungsform eingesetzt, die dem Lebensalltag des Patienten entspricht: Einen Patienten, der gerne wandert, kann man ein

Grafik 3



Ursprünglich für das Laufband angegebene Belastungsstufen von je 2 Minuten Dauer (32) sind an die Fahrradergometrie angepasst. Der Bereich „physiologischer“ Frequenzkompetenz liegt in einem Korridor, dessen Grenzen definiert sind durch einen Herzfrequenzanstieg von 2 bis 4 Schlägen pro Minute pro 1 mL/kg/min der (geschätzten) Steigerung der Sauerstoffaufnahme. Eingezeichnet sind exemplarisch zwei Frequenzverläufe. In einem Beispiel (viereckige Symbole), zeigt sich die Frequenzinkompetenz über alle Belastungsstufen. Im zweiten Fall (Dreiecke) besteht sie vor allem auf niedriger Belastungsstufe, während der Sympathikusantrieb bei maximaler Belastung den Normbereich der Frequenzkompetenz noch erreichen lässt. Modifiziert nach (12)

Chronotropic assessment exercise protocol (CAEP)

vorgegebenes Terrain mit Ebenen, Treppen, und Anstiegen durchschreiten lassen. Ein Radfahrer kann auf dem Fahrradergometer untersucht werden. Für Läufer und Schwimmer kommen prinzipiell die Laufbandergometrie oder Schwimmtelemetrie infrage, obwohl hier aufgrund mangelnder Verfügbarkeit Grenzen bestehen.

Will man die Einstellung eines Piezogesteuerten Aktivitätssensor überprüfen, ist die Fahrradergometrie ungeeignet, weil dieser Sensor auf Belastungen mit dem Standfahrrad keine wesentliche Reaktion zeigt. Zur Kalibrierung bieten sich dagegen ein Terrain-Test oder die Laufbandergometrie an. Die Registrierung des vom

Sensorschrittmacher erzeugten Frequenzprofils erfolgt online mittels direkter EKG-Aufzeichnung oder Telemetrie-EKG. Eine Off-line-Analyse des Frequenzprofils stützt sich auf konventionelle Holter-EKG-Registrierungen oder die in den meisten Schrittmachersystemen vorhandene Frequenz-Holter-Funktion. Auch bei Schrittmacherträgern ohne strukturelle Herzkrankheit ergeben sich Limitierungen der Sporttauglichkeit, wenn die funktionelle Integrität des Schrittmachersystems gefährdet ist.

Von Kampfsportarten ist grundsätzlich abzuraten, weil das Aggregat oder der Elektrodenkonnector durch direkte Schlägeinwirkung beschädigt werden können. Gemäß den Leitlinien der Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin gilt auch für Patienten ohne strukturelle Herzerkrankung ein Zustand nach Schrittmacherimplantation als relative Kontraindikation zum Tauchen (8).

Bei ausreichender kardiopulmonaler Leistungsfähigkeit (maximale Sauerstoffaufnahme mindestens 45 mL/kg Körpergewicht /min) kann jedoch eine eingeschränkte Tauchtauglichkeit bestehen. Grundsätzlich kann es unter hyperbaren Bedingungen durch das Eindringen von Flüssigkeit in den Elektrodenkonnector oder das Schrittmachergehäuse oder im Extremfall durch eine Verformung des Aggregates zu einer Funktionsstörung kommen. Dabei müssen die zum Teil sehr voneinander divergierenden Empfehlungen der Hersteller beachtet werden. Nach einer eigenen Umfrage bei den drei größten Schrittmacherherstellern variieren die Freigaben bezüglich der maximalen Druckbelastung des gesamten Schrittmachersystems, bestehend aus Aggregat und Elektroden, zwischen 200 und 690 kPa, entsprechend einer maximalen Wassertiefe zwischen 10 und 60 m. Piezo-gesteuerte Aktivitätssensoren müssen beim Tauchen meist inaktiviert werden, weil sie durch erhöhten hydrostatischen Druck fehlgesteuert werden. Eine Ausnahme hiervon bilden Aktivitätssensoren, die nach dem Accelerometerprinzip arbeiten, weil sie nur auf Beschleunigungen und nicht auf steigenden Gehäusedruck reagieren.

Textkasten 1

Nachsorgeuntersuchung des Sport treibenden Schrittmacherpatienten

Obligate Informationen

- Strukturelle Herzkrankheit nachweisbar? (Koronare Herzkrankheit, hypertensive Herzkrankheit, Vitium, Kardiomyopathie)
- Ausmaß der linksventrikulären Funktionseinschränkung
- Indikation zur Schrittmacherimplantation
 - Sinusknotensyndrom, AV-Block, Bradyarrhythmia absoluta, chronotrope Inkompetenz
 - Ist der Patient abhängig vom Schrittmacher? (Ersatzrhythmus?)
- Art des Schrittmachersystems
 - Modellbezeichnung
 - Vorhofbeteiligendes System bei erhaltener Stimulierbarkeit des Vorhofes?
 - Frequenzadaptives System? Wenn ja, welches Sensorprinzip?
 - Elektrodenkonfiguration (unipolar/bipolar)

Anamnese

- Allgemeine kardiologische Anamnese
- Trainingsanamnese
- Wiederauftreten von Symptomen aus der Zeit vor Schrittmacherimplantation? (Schwindel, Synkopen, langsamer Pulsschlag, Palpitationen)
- Schrittmacherspezifische Anamnese (Palpitationen durch SM-Fehlfunktion [SM, Schrittmacher], pulssynchrone Batterietaschen- oder Zwerchfellzuckungen, Entzündung der SM-Tasche, Fieber?)

Untersuchung

- Allgemeine kardiologische Untersuchung
- Schrittmacherspezifische körperliche Untersuchung (Wundheilungsstörung, Perforation, Pectoralis-/Zwerchfellzucken?)
- Telemetrische Abfrage des Schrittmachers (Aktuelles Programm, Speicherabfragen: % SM-Aktionen, Frequenzprofil, Arrhythmieepisoden, Überwachungsdaten zur Funktion von Algorithmen und SM-Elektroden)
- Funktionsüberprüfung des Schrittmachers (Wahrnehmungsschwellen, Reizschwellen, Elektrodenintegrität, Batteriezustand, korrekt programmierte Refraktär- und Blankingzeiten? Korrekte Funktion der Spezialalgorithmen?)

Zusätzliche Untersuchungen bei Spezialfragestellungen

- Ergometrie, Terraintest (Belastbarkeit, Leistungsfähigkeit, Blutdruck- und Frequenzverhalten, chronotrope Inkompetenz, korrekte Sensorfunktion?)
- Holter-EKG (Intermittierende SM-Fehlfunktion? Frequenzprofil während des Trainings)
- Echokardiographie (Beurteilung der Ventrikelfunktion, Optimierung der SM-internen AV-Zeit)
- Spiroergometrie (Differenzierte Beurteilung der chronotropen Inkompetenz, Optimierung der maximalen Sensorfrequenz bei Herzinsuffizienz)

Abschlussprogrammierung

Schrittmacherträger mit struktureller Herzerkrankung

Koronare Herzkrankheit

Bei vollständig revaskularisierten Koronarpatienten mit normaler linksventrikulärer Funktion und unauffälliger Belastungsreaktion (normale Maximalleistung, normales Frequenz- und Blutdruckverhalten, keine Ischämieinduktion, keine Arrhythmien) besteht keine Einschränkung der körperlichen Belastbarkeit. Ein Verbot bestimmter Sportarten ist bei diesen Patienten unbegründet. Wegen der Progressionstendenz der Erkrankung sind allerdings auch bei beschwerdefreien, voll revaskularisierten Koronarpatienten regelmäßige Nachuntersuchungen (Intervall von sechs Monaten) erforderlich. Wichtigster Bestandteil der Nachsorge ist die symptomlimitierte Ergometrie, die auch bei Schrittmacherpatienten mit Kammerstimulation sinnvoll ist, weil sie eine Beurteilung von Leistungsfähigkeit, Blutdruck- und Frequenzprofil ermöglicht und die Provokation von Angina pectoris die Notwendigkeit einer weiterführenden Diagnostik anzeigt. Koronarpatienten mit induzierbarer Ischämie dürfen sich im Koronarsport nicht über die Ischämieschwelle hinaus belasten, die daher genau festgelegt sein muss. Alle Belastungen mit hohem Anteil statischer Haltearbeit (zum Beispiel einseitiges hochintensives Krafttraining) sind zu vermeiden, weil hierdurch der myokardiale Sauerstoffverbrauch erheblich ansteigen kann, ohne dass kardiovaskuläre Trainingseffekte erzielt werden.

Frequenzadaptive Schrittmachersysteme dürfen nach individueller Auswertung nur vorsichtig genutzt werden. Die maximal erzielte Sensorfrequenz muss unterhalb der Ischämieschwelle liegen. Bei Patienten mit AV-Block und vorhofbeteiligendem Schrittmachersystem sollte eine ischämievermeidende Reduktion der maximalen Herzfrequenz in erster Linie durch pharmakologische Begrenzung der Sinusknotenfrequenz (zum Beispiel durch β -Blocker) erfolgen. Eine drastische Reduktion der oberen Grenz-

Glossar	
Einkammer-schrittmacher	Schrittmacher mit einer Schrittmachersonde entweder im rechten Vorhof oder Ventrikel
Zweikammer-schrittmacher	Schrittmacher mit zwei Sonden für den rechten Vorhof und den rechten Ventrikel
Einsonden-Zweikammerschrittmacher	Schrittmachersystem mit einer einzigen multipolaren Sonde für Vorhof und Kammer. Auf dem Sondenschaft montierte Elektroden flottieren im rechten Vorhof und detektieren patienteneigene Vorhofpotenziale, die zur Triggerung der Ventrikelstimulation benutzt werden (VDD-Modus)
Vorhofbeteiligender Schrittmacher	Sammelbezeichnung für alle Schrittmachersysteme, die die elektrische Vorhofaktion berücksichtigen
AAI, VVI, DDD, etc.	Code zur Kennzeichnung der Arbeitsweise eines programmierbaren Schrittmachers (vgl. [4]). Der erste Buchstabe kennzeichnet den Ort der Stimulation (A: Atrium, V: Ventrikel, D: A+V), der zweite den Ort der Wahrnehmung und der dritte die Reaktion des Schrittmachers auf herzeigene Aktionen (I: Inhibition eines Impulses, T: Triggerung eines Impulses, D: Abgabe eines Ventrikelimpulses nach Wahrnehmung einer herzeigenden Vorhofaktion)
Frequenzadaptiver Schrittmacher	Schrittmachersystem, das in Abhängigkeit von der körperlichen Aktivität des Patienten die Stimulationsfrequenz steigert. Bei eingeschalteter Frequenzadaption wird der Schrittmachercode um ein „R“ (für „rate response“) in der vierten Position ergänzt (z. B. AAIR, VVIR, DDDR).
Untere Grenzfrequenz	Basisstimulationsfrequenz eines Herzschrittmachers
Obere Grenzfrequenz	Bei vorhofbeteiligenden Schrittmachern im DDD- oder VDD-Modus diejenige Vorhoffrequenz, die noch im Verhältnis 1 : 1 zur Abgabe eines Ventrikelstimulus führt. Ein Patient mit komplettem AV-Block kann seine Herzfrequenz unter Belastung nur bis zur programmierten oberen Grenzfrequenz steigern. Darüber hinaus verzögert der Schrittmacher die Abgabe der Ventrikelstimuli durch AV-Zeitverlängerung (Pseudo-Wenckebach-Verhalten)
Sensor	Technisches Prinzip zur Detektion und Messung der körperlichen Aktivität des Patienten
Aktivitätsschwelle	Bei Piezo-gesteuerten Aktivitätssensoren diejenige körperliche Aktivität, ab der eine frequenzadaptive Stimulation einsetzt. Die Schwelle („niedrig“- „mittel“- „hoch“) muss patientenindividuell ausgetestet werden.
Response-Faktor	Steilheit des adaptiven Frequenzanstieges im Verhältnis zum gemessenen Biosignal
Maximale Sensorrate	Maximalfrequenz für den sensorinduzierten Frequenzanstieg
AV-Zeit	Bei vorhofbeteiligenden Schrittmachern im DDD- oder VDD-Modus: schrittmacherinterne Zeitverzögerung zwischen Wahrnehmung eines Vorhofereignisses oder Abgabe eines Vorhofimpulses und der Impulsabgabe im Ventrikel. Wird eine „dynamische“ AV-Zeit programmiert, verkürzt sich das AV-Intervall mit zunehmender Herzfrequenz.
PVARP	Postventrikuläre atriale Refraktärperiode. Zeitintervall, das ein im DDD- oder VDD-Modus betriebener Schrittmacher nach Abgabe eines Ventrikelimpulses abwartet, bevor er wieder herzeigene Vorhofaktionen zur getriggerten Abgabe eines Ventrikelimpulses wahrnimmt.
TARP	Totale atriale Refraktärperiode. Summe aus AV-Zeit und PVARP. Mit der Formel $60/(TARP \text{ [sec.]})$ lässt sich der maximal zu programmierende Wert für die obere Grenzfrequenz ausrechnen.
Mode Switch	Programmierbarer Algorithmus, der bei Auftreten einer supraventrikulären Tachykardie von einer vorhofgetriggerten (VDD, DDD) auf eine nicht vorhofgetriggerte Betriebsart umschaltet (VVI, DDI).

frequenz (< 90/min) führt zur AV-Desynchronisation und kann über ein unphysiologisch langes AV-Intervall bei Patienten mit erhaltener retrograder AV-Knotenleitung zu desynchronisationsbedingten Schrittmacher-Reentry-Phänomenen führen. Auch paroxysmales Vorhofflimmern in der Anamnese ist kein Grund zur Wahl einer unphysiologisch niedrigen oberen Grenzfrequenz, weil sich die befürchtete vorhofgetriggerte Stimulation an der oberen Grenzfrequenz durch die Aktivierung der Mode-Switch-Funktion (*Glossar*) vermeiden lässt.

Herzinsuffizienz bei linksventrikulärer systolischer Dysfunktion

Bis zu Beginn der 1990er-Jahre gehörte die Einschränkung körperlicher Aktivität zu den Therapieprinzipien bei Herzinsuffizienz infolge fortgeschrittener linksventrikulärer Dysfunktion. Inzwischen ist gut belegt, dass auch Patienten mit Herzinsuffizienz der NYHA-Stadien II und III (NYHA, New York Heart Association) selbst bei hochgradig eingeschränkter Pumpfunktion (Ejektionsfraktion < 20 Prozent) von einer ärztlich überwachten Trainingstherapie hinsichtlich ihres NYHA-Stadiums, ihrer Lebensqualität und Leistungsfähigkeit profitieren können, ohne eine Verschlechterung der Ventrikel-funktion befürchten zu müssen (14). Bei der Schrittmachertherapie herzinsuffizienter Patienten ist zu beachten, dass mit zunehmender Pumpfunktionseinschränkung infolge eines Verlusts des Bowditch-Effektes eine Abnahme der hämodynamisch optimalen Herzfrequenz eintritt. Bei herzinsuffizienten Schrittmacherpatienten, die mit einem frequenzadaptiven Aggregat versorgt sind, sollte daher die maximale Sensorfrequenz je nach Alter und Ausmaß der Pumpfunktionsstörung auf 100 bis 120/min begrenzt werden (15).

Die elektrische Erregung des Ventrikelmyokards durch die üblicherweise in der Routine-Schrittmacher-Versorgung verwendete rechtsventrikuläre Sonde erzeugt eine Depolarisationwelle mit unphysiologischer apikobasaler Ausbreitungsrichtung. Im

Ergebnis kann es zu einer mechanischen Desynchronisation beider Ventrikel und der einzelnen Wandsegmente des linken Ventrikels kommen (3). Um eine desynchronisationsbedingte Verschlechterung der Pumpfunktion zu vermeiden, sollte grundsätzlich bei allen Schrittmacherpatienten die Stimulation des rechten Ventrikels auf ein Mindestmaß reduziert werden. Praktisch bedeutet dies, dass bei reiner Sinusknotenfunktionsstörung der Vorhofstimulation (AAI-Modus) gegenüber der Zweikammerstimulation (DDD-Mode) der Vorzug gegeben wird. Bei Sinusknotenerkrankung und intermittierender AV-Blockierung sollten Schrittmacher bevorzugt werden, die neben der DDD-Stimulation über einen Algorithmus zur Verminderung der Ventrikelstimulation verfügen (zum Beispiel AV-Such-Hysterese, „AAI-Safe-R“-Mode). Ist eine permanente Ventrikelstimulation nicht zu vermeiden, kann die mechanische Desynchronisation verringert werden, indem mit einer zusätzlichen Koronar-sinussonde biventrikulär statt rechtsventrikulär stimuliert wird. Diese Möglichkeit sollte vor allem bei Patienten mit bereits eingeschränkter Pumpfunktion erwogen werden, da diese Patienten von schrittmacherinduzierten Desynchronisationseffekten am stärksten beeinträchtigt werden. Kontrollierte Studien zu dieser Spezialindikation sind im Gang. Die im eigenen Haus initiierte HOBIPACE-Studie (HOBIPACE, Homburger Studie zum biventrikulären Pacing bei Patienten mit klassischer Schrittmacherindikation) sieht bei Patienten mit schrittmacherbedürftigem AV-Block und einer Ejektionsfraktion \leq 40 Prozent die primäre Implantation eines biventrikulären Schrittmachersystems vor. Erste Zwischenergebnisse zeigen bereits eine signifikante Verbesserung der Pumpfunktion unter biventrikulärem Pacing im Vergleich zur konventionellen rechtsventrikulären Stimulation (16).

Eine differenzierte Darstellung der Trainings- und Sporttauglichkeit bei kardialen Erkrankungen einschließlich Vitien und Rhythmusstörungen kann einschlägigen Monographien entnommen werden (17).

Nachsorgeuntersuchung

Der *Textkasten* gibt den Ablauf einer Nachuntersuchung bei sporttreibenden Schrittmacherpatienten wieder. Aufgrund der erforderlichen Spezialkenntnisse, des benötigten Geräteinventars (zum Beispiel Programmiergeräte) und nicht zuletzt wegen des beträchtlichen Zeitaufwandes, vor allem bei individueller Adjustierung erweiterter Algorithmen, ist die komplette Nachuntersuchung realistisch nur in einer Spezialambulanz durchführbar.

Fazit

Nicht das Merkmal „Herzschrittmacher“, sondern Grundkrankheit, Trainingszustand und das Ausschöpfen moderner Schrittmachertechnologien bestimmen die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit von Schrittmacherpatienten. Mit wenigen Ausnahmen sind die meisten sportlichen Aktivitäten grundsätzlich auch für Patienten mit implantierten Herzschrittmachern geeignet.

Manuskript eingereicht: 21. 4. 2004, revidierte Fassung angenommen: 28. 6. 2004

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

Zitierweise dieses Beitrags:
Dtsch Arztebl 2004; 101: A 3191–3197 [Heft 47]



Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis, das bei den Verfassern erhältlich oder im Internet unter www.aerzteblatt.de/lit4704 abrufbar ist.

Anschrift für die Verfasser:
Dr. med. Michael Kindermann
Innere Medizin III (Kardiologie/Angiologie)
Medizinische Klinik und Poliklinik
Universitätsklinikum des Saarlandes
66421 Homburg/Saar
E-Mail: Michael.Kindermann@t-online.de

Deutsches Arzteblatt cme

DÄ online: Ergebnisse

Die Ergebnisse der Fortbildungseinheit „Dysphagie“ aus Heft 41 sind ab dem 19.11.2004 unter www.aerzteblatt.de/cme, Rubrik „Meine Daten“ abrufbar. Der cme-Beitrag „Bildgebende Diagnostik bei der Abklärung des Kopfschmerzes“ aus Heft 45 kann noch bis zum 16. Dezember bearbeitet werden.

Punkte cme

3

Literaturverzeichnis Heft 47/2004:

Michael Kindermann
Gerd Fröhlig

Körperliche Aktivität und Sport bei Schrittmacherpatienten

Literatur

1. Alt E: Frequenzadaptierende Herzschrittmacher. In: Naumann d'Alnoncourt C, eds.: Herzrhythmusstörungen. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo: Springer 1986; 178–196.
2. Aydemir O, Ozmen E, Kuey L et al.: Psychiatric morbidity and depressive symptomatology in patients with permanent pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol* 1997; 20: 1628–1632.
3. Barold SS: Adverse effects of ventricular desynchronization induced by long-term right ventricular pacing. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42: 624–626.
4. Bernstein AD, Daubert JC, Fletcher RD et al.: The revised NASPE/BPEG generic pacemaker code for antibradycardia, adaptive-rate, and multisite pacing. *Pacing Clin Electrophysiol* 2002; 25: 260–264.
5. Epperlein S, Krefl A, Sievert V, Liebrich A, Himmrich E, Treese N: DDD-versus DDDR-Schrittmacherstimulation: Vergleich der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit, der Häufigkeit von Vorhoffibrillationen und der Lebensqualität. *Z Kardiol* 1996; 85: 226–236.
6. Gabry MD, Behrens M, Andrews C, Wanliss M, Klementowicz PT, and Furman S: Comparison of myopotential interference in unipolar-bipolar programmable DDD pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol* 1987; 10: 1322–1330.
7. Gregoratos G, Abrams J, Epstein AE et al.: ACC/AHA/NASPE 2002 guideline update for implantation of cardiac pacemakers and antiarrhythmia devices: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/NASPE Committee to Update the 1998 Pacemaker Guidelines). *Circulation* 2002; 106: 2145–2161.
8. GTÜM/ÖGTH/SGUHM: Tauchtauglichkeits-Manual: Wendling J, Ehm O, Ehrsam R, Knessl P, Nussberger P, eds., 2nd Edition, September 2001. Berlin: Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin (GTÜM), Vertriebsstelle W + S GmbH.
9. Huang M, Krahn AD, Yee R, Klein GJ, and Skanes AC: Optimal Pacing for Symptomatic AV Block. *Pacing Clin Electrophysiol* 2004; 27: 19–23.
10. Jacobs DM, Fink AS, Miller RP et al.: Anatomical and morphological evaluation of pacemaker lead compression. *Pacing Clin Electrophysiol* 1993; 16: 434–444.
11. Kindermann M: Sport bei Patienten mit Herzschrittmacher. *Dtsch Z Sportmed* 2001; 52, Nr. 6: 222–226.
12. Kindermann M, Fröhlig G: Frequenzadaptive Schrittmachertherapie bei chronotroper Inkompetenz – Diagnostik. *Dtsch Med Wochenschr* 2002; 127: 1526–1529.
13. Kindermann M, Fröhlig G: Frequenzadaptive Schrittmachertherapie bei chronotroper Inkompetenz – Therapie. *Dtsch Med Wochenschr* 2002; 127: 1530–1532.
14. Kindermann M, Meyer T, Kindermann W, Nickenig G: Körperliches Training bei Herzinsuffizienz. *Herz* 2003; 28: 153–165.
15. Kindermann M, Schwaab B, Finkler N, Schaller S, Böhm M, Fröhlig G: Defining the optimum upper heart rate limit during exercise: a study in pacemaker patients with heart failure. *Eur Heart J* 2002; 23: 1301–1308.
16. Kindermann M, Jung J, Hennen B, Geisel J, Fröhlig G: Biventricular pacing in patients with pacemaker indication and left ventricular dysfunction. *Heart Rhythm* 2004; 1: 121.
17. Kindermann W, Dickhuth H-H, Niess A, Röcker K, Urhausen A, eds.: Sportkardiologie. Darmstadt: Steinkopff 2003.
18. Kron J, Herre J, Renfroe EG et al.: Lead- and device-related complications in the antiarrhythmics versus implantable defibrillators Trial. *Am Heart J* 2001; 141: 92–98.
19. Kronski D, Haas H: Punktion der Vena subclavia als primärer Zugang bei der Schrittmacher-Sondenimplantation. *Herzschrittmachertherapie* 2001; 12: 204–207.
20. Lemke B, Rybak K, Wiegand U: Stellungnahme zu den Leitlinien zur Herzschrittmachertherapie. *Z Kardiol* 2003; 92: 200–206.
21. Magney JE, Flynn DM, Parsons JA et al.: Anatomical mechanisms explaining damage to pacemaker leads, defibrillator leads, and failure of central venous catheters adjacent to the sternoclavicular joint. *Pacing Clin Electrophysiol* 1993; 16: 445–457.
22. Magney JE, Staplin DH, Flynn DM, and Hunter DW: A new approach to percutaneous subclavian venipuncture to avoid lead fracture or central venous catheter occlusion. *Pacing Clin Electrophysiol* 1993; 16: 2133–2142.
23. Markewitz A: Jahresbericht 2000/2001 des Deutschen Zentralregisters Herzschrittmacher. *Herzschrittmachertherapie* 2002; 13: 242–257.
24. McElroy PA, Janicki JS, Weber KT: Physiologic correlates of the heart rate response to upright isotonic exercise: Relevance to rate-responsive pacemakers. *J Am Coll Cardiol* 1988; 11: 94–99.
25. Meine M, Israel CW, Wehmeier K, Elker N, Mügge A, Werner J: Welche Patienten profitieren von einer physiologischen frequenzadaptiven Schrittmachertherapie? *Herzschrittmachertherapie* 2000; 11: 27–28.
26. Mensink GBM: Körperliche Aktivität. *Gesundheitswesen* 1999; 61 (Sonderheft 2): 126–131.
27. Parsonnet V, Roelke M: The cephalic vein cutdown versus subclavian puncture for pacemaker/ICD lead implantation. *Pacing Clin Electrophysiol* 1999; 22: 695–697.
28. Schuger CD, Mittleman R, Habbal B, Wagshal A, Huang SK: Ventricular lead transection and atrial lead damage in a young softball player shortly after the insertion of a permanent pacemaker. *Pacing Clin Electrophysiol* 1992; 15: 1236–1239.
29. Thackray SDR, Witte KKA, Nikitin NP, Clark AL, Kaye GC, Cleland JGF: The prevalence of heart failure and asymptomatic left ventricular systolic dysfunction in a typical regional pacemaker population. *Eur Heart J* 2003; 24: 1143–1152.
30. Thompson PD, Buchner D, Piña IL et al.: Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease. A statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Circulation* 2003; 107: 3109–3116.
31. Torrington M, Botha JL, Weymar HW: What do pacemaker recipients think of their implantations? An exploratory study. *S Afr Med J* 1985; 3: 163–166.
32. Wilkoff BL, Corey J, Blackburn G: A mathematical model of the cardiac chronotropic response to exercise. *J Electrophys* 1989; 3: 176–180.