

Journal für **Kardiologie**

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauserkrankungen

**Neue Entwicklungen bei
antibradykarden Systemen // New
developments in antibradycardiac
systems**

Zweiker D, Nürnberg M

Journal für Kardiologie - Austrian

Journal of Cardiology 2021; 28

(7-8), 223-226

Homepage:

www.kup.at/kardiologie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche



Offizielles
Partnerjournal der ÖKG



Member of the ESC-Editor's Club



Offizielles Organ des
Österreichischen Herzfonds



ACVC
Association for
Acute CardioVascular Care

In Kooperation
mit der ACVC

Indexed in ESCI
part of Web of Science

Indexed in EMBASE

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031105M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

Veranstaltungskalender

Hybrid-Veranstaltungen der Herausgeber des **Journals für Kardiologie**

Finden Sie alle laufend aktualisierten Termine
auf einem Blick unter

www.kup.at/images/ads/kongress.pdf

Neue Entwicklungen bei antibradykarden Systemen

D. Zweiker^{1,2,3}, M. Nürnberg¹

Kurzfassung: Die Schrittmachertherapie ist der Goldstandard bei chronischen bradykarden Rhythmusstörungen. Seit den späten 1950er-Jahren hat sich das Grundprinzip eines subkutan implantierten Aggregats mit Sonden, die zum Herzen führen, kaum verändert. In den vergangenen Jahren machte der Fortschritt der Technologie Algorithmen zur Eindämmung der ventrikulären Stimulation, eine Verbesserung der Frequenzanpassung, Speicherung von tachykarden Rhythmusstörungen und eine telemetrische Nachsorge möglich. Die ventrikuläre Erregungsausbreitung kann mittels septaler Sondenpositionierung, Positionierung einer Sonde im Koronarsinus oder Stimulation des Reizleitungssystems optimiert werden. Weiters werden bereits in speziellen

Situationen sondenlose Systeme eingesetzt. In naher Zukunft wird es zu einer breiteren Verwendung von sondenlosen Systemen kommen. Möglicherweise können künftig menschliche Schrittmacherzellen gezüchtet werden, womit die Implantation eines elektronischen Schrittmachersystems entfällt.

Schlüsselwörter: Schrittmachertherapie, Kardiale Resynchronisationstherapie, His-Bündel, Sondenlose Systeme

Abstract: New developments in antibradycardiac systems. Pacemaker therapy is the gold standard in chronic bradycardia. Since the late 1950's, a generator is usually implanted subcutaneously and it is connected to the cardiac tis-

sue using leads. In the last years, evolving technology allowed the development of managed ventricular pacing, rate response optimisation, detailed registration of tachycardia episodes and remote monitoring. Ventricular stimulation can be optimised by septal lead positioning, by addition of a lead in the coronary sinus or by conduction system pacing. Furthermore, leadless systems are used in certain situations. In the near future, leadless system will be applied on a broader basis. In the remote future, human pacemaker cells may replace electronic pacemaker systems. **J Kardiologie 2021; 28 (7-8): 223-6.**

Key words: pacemaker therapy, cardiac resynchronization therapy, his bundle, leadless systems

■ Einleitung

Die Schrittmachertherapie ist der alternativlose Goldstandard bei chronischen bradykarden Rhythmusstörungen [1]. Ständige Weiterentwicklungen ermöglichen nicht nur optimierte Stimulationsmodi und optimales Timing der Stimulation, sondern es erfolgt auch eine stetige Revolution der grundsätzlichen Funktionsweise vom bisherigen Sonden-Prinzip hin zu sondenlosen Systemen. Diese Arbeit gibt nach einem kurzen geschichtlichen Rückblick einen Überblick über den derzeitigen Stand der Technik bei antibradykarden Systemen und wagt eine Vorschau in die Zukunft.

■ Geschichte

„*Ubi pulsus sit rarus semper expectanda est syncope*“ – Dass ein niedriger Puls zu einer Synkope führen kann, bemerkte schon Geronimo Mercuriale im späten 16. Jahrhundert [2]. Die ersten Schrittmachersysteme wurden um 1930 zeitgleich in Australien und Nordamerika entwickelt. Der australische Anästhesist Mark Lidwell gilt ebenso als Vater des Schrittmachers wie der amerikanische Physiologe Albert Hyman [2]. Das goldene Zeitalter der Schrittmachertherapie wurde in den 1950er-Jahren von Paul Zoll eingeleitet, der erste tragbare Geräte entwickelte. Am 8. Oktober 1958 wurde in Stockholm der erste Schrittmacher (Siemens Elema) implantiert. Der Patient überlebte Arzt und Techniker und verstarb 2001 mit seinem 22. Schrittmacher [2] – ein Beweis dafür, dass die Schrittmachertherapie die Lebenserwartung zumindest nicht beeinträchtigt.

■ Gegenwart

Die meisten Schrittmachersysteme, die heute implantiert werden, basieren noch immer auf dem Grundprinzip von Sonden, die transvenös im rechten Vorhof, der rechten Kammer und/oder einer Koronarvene positioniert werden und anschließend mit einem Aggregat verbunden werden, das in der Pektoralregion subfaszial oder submuskulär implantiert wird. Auf die neuesten Entwicklungen wird im Folgenden kurz eingegangen.

Managed Ventricular Pacing

Um eine aus hämodynamischen Gründen unnötige ventrikuläre Stimulation zu vermeiden oder zu reduzieren, wurden unterschiedliche Stimulationsalgorithmen entwickelt, die bei den Indikationen Sick-Sinus-Syndrom (SSS), AV-Block, bifaszikulärem Block und vasovagalen Synkopen verwendet werden können. „Managed Ventricular Pacing“ (MVP) hat auch in den 2013 publizierten ESC-Richtlinien Einzug gehalten [1].

Alle 5 großen Firmen (Abbott, Biotronik, Boston, Medtronic, Microport/Sorin) bieten unterschiedliche Algorithmen an, die sich zur Reduktion der ventrikulären Stimulation bei passageren AV-Überleitungsstörungen eignen.

AAI-DDD-Modus

Dieser Modus wird auch AAI-DDD-Safe® (Microport/Sorin), AAI-DDD (Medtronic), RhythmIQ (Boston Scientific) oder ADI-DDD (Biotronik) genannt. Bei erhaltener atrioventrikulärer Überleitung stimuliert der Schrittmacher nur den Vorhof im AAI-Modus. Bei nicht übergeleiteten P-Wellen und Pausen bis 3 Sekunden erfolgt ein Umstieg auf den DDD-Modus. Abhängig vom Hersteller wird anschließend nach einem vorgegebenen Intervall eine vorhandene intrinsische atrioventrikuläre Überleitung überprüft und so bei Bedarf wieder in den AAI-Modus umgeschaltet.

AV-Hysterese

Abhängig vom Hersteller wird der Algorithmus auch IRSplus (Biotronik), VIP (Abbott) oder Dplus (Sorin) bezeichnet. Dabei wird die AV-Zeit periodisch auf bis zu 400 ms verlängert

Eingelangt am 30.03.2021; angenommen am 13.04.2021

Aus der ¹3. Medizinischen Abteilung für Kardiologie und Intensivmedizin, Wilhelminenspital/Klinik Ottakring, Wien, der ²Abteilung für Rhythmologie und interventionelle Elektrophysiologie, IRCCS San Raffaele Spital, Mailand, Italien, und der ³Klinischen Abteilung für Kardiologie, Medizinische Universität Graz

Korrespondenzadresse: Dr. David Zweiker, 3. Medizinische Abteilung für Kardiologie und Intensivmedizin, Wilhelminenspital/Klinik Ottakring, A-1160 Wien, Montleartstraße 37; E-Mail: davidzweiker@gmail.com

und bei intrinsischer Überleitung diese lange AV-Zeit beibehalten. Sollte der Patient anschließend wieder einen AV-Block entwickeln, kommt es zu einer automatischen Reduktion der AV-Zeit zum Normalwert.

Eine subtile Kenntnis der unterschiedlichen Algorithmen ist Voraussetzung für eine optimale individuelle Patientenversorgung und abhängig von der vorliegenden Reizleitungs- oder Reizbildungsstörung. Algorithmen können auch zu bizarren Stimulationsarten führen, was als vermeintliche Fehlfunktion interpretiert werden kann und im schlimmsten Fall auch zu nicht notwendigen Behandlungen oder falschen Einstellungen führt (beispielsweise kann ein AV-Suchalgorithmus als ventrikuläres Oversensing interpretiert werden).

Sensoren

Um die chronotrope Inkompetenz beim SSS auszugleichen, wurden unterschiedliche Sensoren entwickelt. Der erste war der Bewegungssensor, derzeit werden über Messung der Thoraximpedanz auch physiologische Sensoren – oft als Doppelsensor – verwendet. Einen speziellen physiologischen Sensor stellt die „Closed Loop Stimulation“ (CLS) von Biotronik dar. Dabei wird über die Sondenspitze die Thoraximpedanz als Maß für die Myokardkontraktilität gemessen. Dieser Algorithmus ist der einzig wirklich effiziente Stimulationsmodus für Patienten mit vasovagalen Synkopen, da nicht auf den Abfall der Herzfrequenz, sondern auf einen Abfall des Blutdruckes – gemessen über die Myokardkontraktilität – mit einer erhöhten Stimulationsfrequenz reagiert wird.

Die Thoraximpedanz wird auch zur Vermessung der Atemfrequenz herangezogen und ein Apnoe-Hypopnoe-Index (AHI) errechnet. Zwei Firmen bieten damit Screening-Hinweise auf das eventuelle Vorliegen einer obstruktiven Schlafapnoe (OSAS). Der Wert als Screening-Tool im klinischen Alltag sei dahingestellt, jedoch ist die Funktion bei symptomatischen Patienten (z. B. Abklärung von Tagesmüdigkeit) hilfreich.

Implantiertes Rhythmusmonitoring

Bei den modernen Schrittmachersystemen werden Rhythmusstörungen gespeichert: bei Einkammersystemen atriale (AAI-SM) oder ventrikuläre (VVI-SM) Arrhythmien, bei DDD-Systemen sowohl atriale als auch ventrikuläre Tachyarrhythmien. Diese erweiterte Rhythmusdiagnostik ersetzt in den meisten Fällen einerseits das Langzeit-EKG bei Schrittmacherpatienten, andererseits kann man therapeutische Konsequenzen hinsichtlich der Notwendigkeit einer antiarrhythmischen oder antikoagulatorischen Therapie ziehen. Gerade beim Nachweis atrialer Tachyarrhythmien ohne Dokumentation im Oberflächen-EKG wird die Frage nach dem möglichen Benefit einer oralen Antikoagulation durch derzeit laufende internationale Studien (z. B. NOAH-AFNET) [3], an denen auch österreichische Zentren teilnehmen, hoffentlich bald geklärt werden.

Telemedizinische Nachsorge

Die meisten derzeit eingesetzten Schrittmacher haben die Möglichkeit einer telemedizinischen Nachsorge (Remote-Monitoring). Die COVID-19-Krise katalysierte den Einsatz von Remote-Monitoring-Systemen, die dem Patienten nicht nur regelmäßige Kontrollen in der Schrittmacherambulanz ersparen, sondern auch dem behandelnden Arzt früh Hin-

weise für technische Störungen oder Änderungen der kardiovaskulären Situation der Patienten geben. Sondenprobleme und atriale/ventrikuläre Rhythmusstörungen werden früher erkannt, Dekompensationsepisoden können abgewendet werden. Vor allem bei Herzinsuffizienzpatienten zeigen Studien einen Überlebens-Benefit von Remote-Monitoring gegenüber der klassischen Nachbeobachtung [4]. Real-world-Daten zeigen auch einen Benefit bei Schrittmacherpatienten, sodass 2015 von der amerikanischen Heart Rhythm Society eine Klasse-I-Empfehlung mit Evidenzgrad A für die Verwendung von Remote-Monitoring für alle implantierten Geräte abgegeben wurde [5].

Sondenpositionierung

Aktive Fixierungen ermöglichen heutzutage eine freie Sondenpositionierung ohne die Notwendigkeit von Trabekeln als Widerhaken. Somit kann die Sonde des rechten Ventrikels nicht nur in der rechten Herzspitze positioniert werden, sondern beispielsweise auch rechtsseitig am interventrikulären Septum. Dies ermöglicht eine physiologische Erregungsausbreitung und sollte das Risiko für eine Schrittmacher-induzierte Kardiomyopathie, wie sie bei rund jedem vierten Patienten mit einer Stimulationsrate von > 40 % auftritt [6], reduziert werden. Die hoch-septale Sondenimplantation ist bereits in einigen Zentren der Standard-Implantationsort für RV-Sonden geworden. Studien, die die Sondenpositionierung und das Outcome vergleichen, kommen jedoch zu einem heterogenen Ergebnis [7].

Kardiale Resynchronisationstherapie

Eine weitere Möglichkeit einer physiologischeren Erregungsausbreitung ist die biventrikuläre Stimulation durch eine weitere Sonde, die über den Koronarsinus in eine links-lateral liegende Koronarvene gelegt wird. Bei Patienten mit Herzinsuffizienz und verbreitertem QRS-Komplex führt die sogenannte kardiale Resynchronisationstherapie zu einer Verbesserung der Pumpleistung, und damit verbunden zu einer verbesserten Lebensqualität, weniger Spitalsaufenthalten und einem besseren Überleben [8]. Studien zeigen, dass von der kardialen Resynchronisationstherapie vor allem Patienten mit Herzinsuffizienz, zuvor stark verbreitertem QRS und Linksschenkelblock-Morphologie profitieren, weshalb aktuelle Leitlinien in diesem Patientenkollektiv (bei QRS-Dauer ≥ 130 ms) eine Klasse-I-Indikation aussprechen [9]. Wichtig ist eine Abgrenzung des Linksschenkelblocks von einem intraventrikulären Leitungsblock [10], der mit einem geringeren Benefit durch die Resynchronisationstherapie einhergeht [9]. Neueste Algorithmen (z. B. SyncAV von Abbott, AdaptivCRT von Medtronic oder CRT AutoAdapt von Biotronik) machen sich eine erhaltene atrioventrikuläre Überleitung über den rechten Schenkel zu Nutze und stimulieren nur mit der Koronarsinus-Sonde. Dadurch ist bei einem Teil der Patienten die Stimulation noch physiologischer und zusätzlich wird die Batterielaufzeit verlängert.

His-Bündel-Stimulation

Bereits im Jahr 2000 gelang Deshmukh et al. erstmals die Implantation eines permanenten Schrittmachers mit Stimulation des His-Bündels [11]. Das Prinzip der His-Bündel-Stimulation ermöglicht nicht nur eine physiologische Erregungsausbreitung, sondern es änderte auch unser Verständnis betreffend

die Pathophysiologie von Störungen der Erregungsausbreitung (Abb. 1, 2). Zuvor wurde bei Linksschenkelblock und bei fortgeschrittenem AV-Block (Typen IIb und III) immer von einer infrahissären Störung (also distal des His-Bündels) ausgegangen. Interessanterweise kann jedoch bei diesen Patientenkollektiven durch Stimulation in der Nähe des His-Bündels beispielsweise ein Linksschenkelblock sogar rückgängig gemacht werden [12]. Deshalb wird die His-Bündel-Stimulation möglicherweise in Zukunft in manchen Situationen einer kardialen Resynchronisationstherapie gleichgestellt werden [12]. Während zu Beginn eine Stimulation mit den verfügbaren Sonden nur schwer zu erreichen war [11], gibt es heute eigens für diese Position entwickelte SONDENSYSTEME, die dank Delivery-Kathetern eine schnelle und sichere Positionierung ermöglichen. Trotz dieser Fortschritte ist die His-Bündel-Stimulation mit höheren Reizschwellenwerten vergesellschaftet, als normalerweise zur Stimulation von Myokard notwendig sind [12]. Weiters ist der Erfolg der His-Bündel-Stimulation von anatomischen Gegebenheiten abhängig und deshalb nicht immer möglich [13].

Bei der His-Bündel-Stimulation unterscheidet man selektive von unselektiver Stimulation, je nachdem, ob gleichzeitig auch das septumnahe Myokard erregt wird. Bei unselektiver His-Bündel-Stimulation führen niedrige Stromstärken lediglich zur Stimulation des Myokards im Bereich des His-Bündels (Abb. 3).

Linksschenkel-Stimulation

Eine weitere Möglichkeit der Stimulation des Reizleitungssystems besteht in der direkten Stimulation des linken Schenkels, einige Millimeter distal des His-Bündels (Abb. 1). Da sich in diesem Bereich die Fasern des Reizleitungssystems bereits aufteilen, ist im Vergleich zur His-Bündel-Stimulation keine genaue Positionierung der Sonde notwendig (man spricht deswegen auch von einer „Linksschenkel-Bereich-Stimulation“ – „Left Bundle Branch Area Pacing“). Es können stabile, niedrige Reizschwellen erreicht werden [14]. Damit könnte sich diese Stimulationsart als Alternative zur herkömmlichen kardialen Resynchronisationstherapie etablieren. Die Überprüfung der

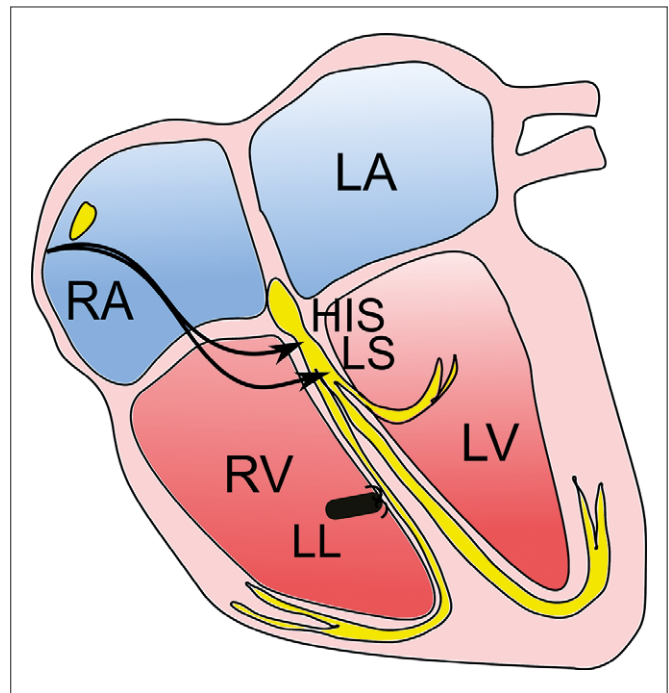
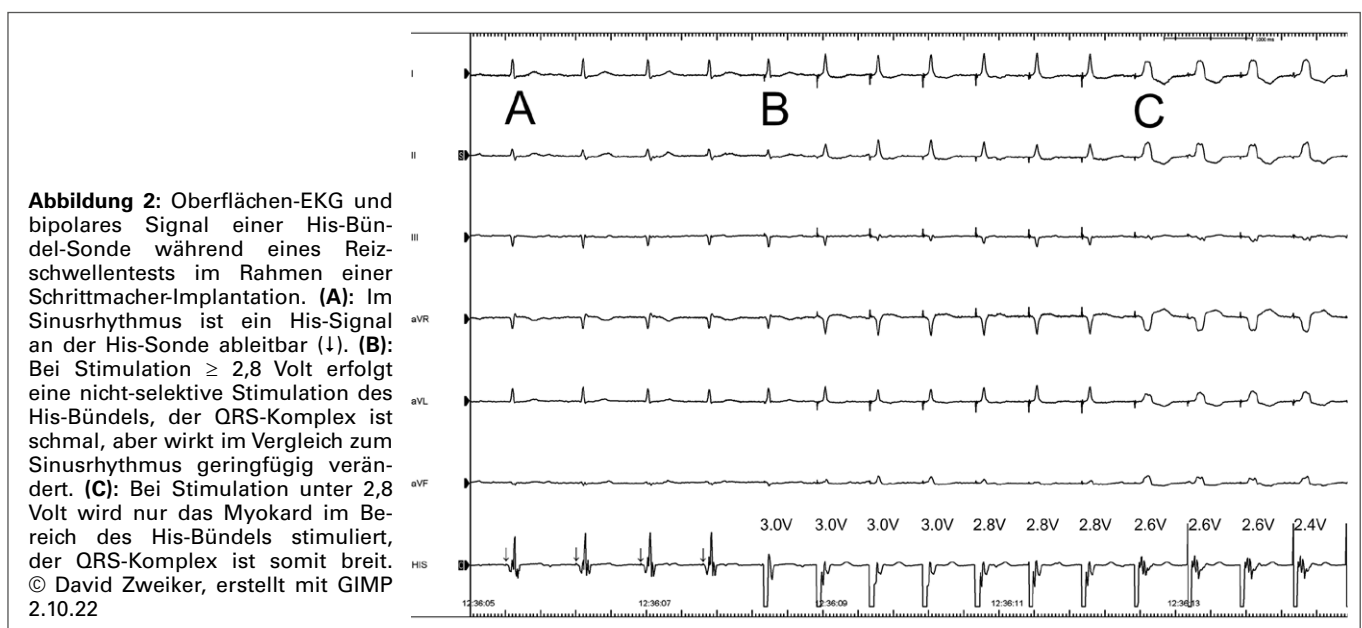


Abbildung 1: Neue Ansätze bei antibradykarden Systemen. HIS: His-Bündel-Stimulation, LS: Linksschenkel-Stimulation, LL: Leadless-System, RA: Rechter Vorhof, LA: Linker Vorhof, RV: Rechter Ventrikel, LV: Linker Ventrikel. © David Zweiker, erstellt mit Inkscape 1.0.2

korrekten Positionierung und Tiefe bedarf jedoch verschiedener Stimulationsmethoden und komplexer Bildgebung. Derzeit ist die Methode auch noch mit einer hohen Komplikationsrate von 12 % vergesellschaftet [15], weshalb sie vorerst nur erfahrenen Zentren vorbehalten ist. Ein besonderes Problem stellen hier Septumperforationen dar, da zur Erreichung des linken Schenkels ein besonders tiefes Einschrauben in das interventrikuläre Septum notwendig ist. Mit mehr Erfahrung und Verbesserung der Sonden bzw. Delivery-Systeme ist jedoch damit zu rechnen, dass diese Stimulationsart bald breiter zum Einsatz kommen wird. Letzten Endes werden randomisierte Studien den Vorteil der Reizleitungs-Stimulation gegenüber konventionellen Stimulationsarten beweisen müssen.



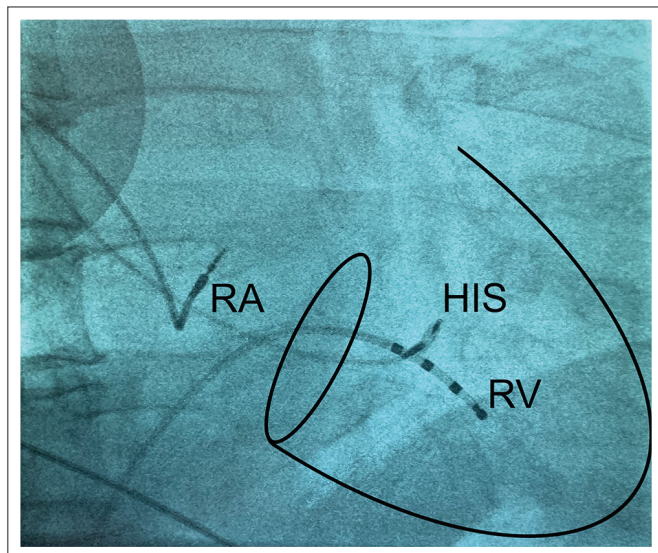


Abbildung 3: Positionierung einer His-Sonde zur permanenten Stimulation, Fall von Abbildung 1, Durchleuchtung 30° RAO, 0° CRAN. Zur Orientierung erfolgt über den femoralen Zugang die Positionierung eines quadripolaren Katheters in den Bereich des His-Bündels, bis ein His-Signal ableitbar ist (in diesem Fall zwischen den beiden proximalen Polen). Anschließend erfolgt die Positionierung einer Sonde im Bereich des His-Bündels mittels einer Delivery-Schleuse.

RA: Rechter Vorhof mit im rechten Herzhorn positionierter Vorhofsonde; RV: Schema des rechten Ventrikels und der Trikuspidalklappe; HIS: Spitze der His-Sonde. © David Zweiker, erstellt mit GIMP 2.10.22

Leadless Pacing

Leadless Pacing stellt eine Revolution von antibradykarden Systemen dar: Das Aggregat ist viel kleiner als herkömmliche Aggregate, sodass es direkt in das Herz implantiert werden kann (Abb. 1). Dies führt nicht nur zu ästhetischen Vorteilen, sondern auch zu einem geringeren Risiko für Infektionen. Details zu dieser neuen Form von Schrittmacher finden Sie im Artikel von Steinwender et al. in dieser Ausgabe [16].

Zukunft

Hat das klassische System mit Aggregat und Sonden, die zum Herzen führen, ausgedient? Zwei neue Konzepte werden hier vorgestellt.

Leadless DDD/CRT-Systeme

„Die Zukunft ist leadless“ – In naher Zukunft kann davon ausgegangen werden, dass neben den derzeit verfügbaren sondenfreien VDD oder VVI-Systemen auch bald DDD- bzw. CRT-Systeme entwickelt werden. Details dazu sind im Artikel von Steinwender et al. zu finden [16].

Genetische Möglichkeiten?

Darf man die im Deutschen übliche Bezeichnung „Einpflanzung“ eines Schrittmachers bald wörtlich nehmen? Denn präliminäre Studien deuten darauf hin, dass Schrittmacherzellen, die im Sinusknoten vorkommen und bei Patienten mit Sick-Sinus-Syndrom nicht mehr ordnungsgemäß funktionieren [17], im Labor gezüchtet werden können [18]. Durch die Heranzüchtung von neuen Zellen könnten Nachteile, die mit klassischen Schrittmachern einhergehen (z. B. Infektionsrisi-

ko, Batterieerschöpfung) vermieden werden. Ob diese Möglichkeit jedoch überhaupt Eingang in die tägliche klinische Praxis findet bzw. ob auch Zellen des Reizleitungssystems herangezogen werden können, wird sich erst in den nächsten Jahren zeigen.

Conclusio

Die neuen Entwicklungen der antibradykarden Schrittmachtherapie bestehen in der Aufrechterhaltung/Wiederherstellung der physiologischen Reizleitung. So wird einerseits versucht, durch Algorithmen eine unnötige ventrikuläre Stimulation zu vermeiden und andererseits durch eine nichtapikale Stimulation die physiologische Reizleitung möglichst ohne Schenkelblockmorphologie zu ermöglichen.

Interessenkonflikt

D. Z.: Boston Scientific (Forschungsgrant)

M. N.: Abbott, Biotronik, Boston Scientific, Medtronic, Microport (Vortragshonorare)

Literatur:

- Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G, Bordachar P, Boriani G, et al. 2013 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: the Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). Eur Heart J 2013; 34: 2281–329.
- Aquilina O. A brief history of cardiac pacing. Images Paediatr Cardiol 2006; 8: 17–81.
- Kirchhof P, Blank BF, Calvert M, Camm AJ, Chlouverakis G, et al. Probing oral anticoagulation in patients with atrial high rate episodes: Rationale and design of the Non-vitamin K antagonist Oral anticoagulants in patients with Atrial High rate episodes (NOAH-AFNET 6) trial. Am Heart J 2017; 190: 12–8.
- Hindricks G, Taborsky M, Glikson M, Heinrich U, Schumacher B, et al. Implant-based multiparameter telemonitoring of patients with heart failure (IN-TIME): a randomised controlled trial. Lancet 2014; 384: 583–90.
- Slotwiner D, Varma N, Akar JG, Annas G, Beardsall M, et al. HRS Expert Consensus Statement on remote interrogation and monitoring for cardiovascular implantable electronic devices. Heart Rhythm 2015; 12: e69–100.
- Merchant FM, Mittal S. Pacing induced cardiomyopathy. J Cardiovasc Electro-physiol 2020; 31: 286–92.
- Das A, Kahali D. Ventricular septal pacing: Optimum method to position the lead. Indian Heart J 2018; 70: 713–20.
- Cleland JG, Abraham WT, Linde C, Gold MR, Young JB, et al. An individual patient meta-analysis of five randomized trials assessing the effects of cardiac resynchronization therapy on morbidity and mortality in patients with symptomatic heart failure. Eur Heart J 2013; 34: 3547–56.
- Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JG, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. Eur Heart J 2016; 37: 2129–200.
- Strauss DG, Selvester RH, Wagner GS. Defining left bundle branch block in the era of cardiac resynchronization therapy. Am J Cardiol 2011; 107: 927–34.
- Deshmukh P, Casavant DA, Roman-yshyn M, Anderson K. Permanent, direct His-bundle pacing: a novel approach to cardiac pacing in patients with normal His-Purkinje activation. Circulation 2000; 101: 869–77.
- Lustgarten DL, Crespo EM, Arkhipova-Jenkins I, Lobel R, Winget J, Koehler J, et al. His-bundle pacing versus biventricular pacing in cardiac resynchronization therapy patients: A crossover design comparison. Heart Rhythm 2015; 12: 1548–57.
- Sharma PS, Dandamudi G, Herweg B, Wilson D, Singh R, et al. Permanent His-bundle pacing as an alternative to biventricular pacing for cardiac resynchronization therapy: A multicenter experience. Heart Rhythm 2018; 15: 413–20.
- Hou X, Qian Z, Wang Y, Qiu Y, Chen X, et al. Feasibility and cardiac synchrony of permanent left bundle branch pacing through the interventricular septum. Europace 2019; 21: 1694–702.
- Ravi V, Hanifin JL, Larsen T, Huang HD, Trohman RG, Sharma PS. Pros and cons of left bundle branch pacing: A single-center experience. Circulation Arrhythm Electrophysiol 2020; 13: e008874.
- Steinwender C, Saleh K, Schwarz S, Reiter C, Fellner A, et al. Sondenlose Schrittmachersysteme. J Kardiologie 2021; 28: 234–9.
- De Ponti R, Marazzato J, Bagliani G, Leonelli FM, Padeletti L. Sick Sinus Syndrome. Card Electrophysiol Clin 2018; 10: 183–95.
- Kiuchi S, Usami A, Shimoyama T, Otsuka F, Yamaguchi S, et al. Cardiac pacemaker cells generate cardiomyocytes from fibroblasts in long-term cultures. Sci Rep 2019; 9: 15174.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

☒ Medizintechnik-Produkte



Neues CRT-D Implantat
Intica 7 HF-T QP von Biotronik



Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH



InControl 1050
Labotect GmbH

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

☒ Bestellung e-Journal-Abo

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

Impressum

Disclaimers & Copyright

Datenschutzerklärung