

Journal für **Kardiologie**

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauserkrankungen

Kardiale

Resynchronisationstherapie 2.0: Physiologisches Pacing – His-Bündel- und Linksschenkel-Stimulation // Cardiac resynchronization therapy 2.0: Physiological pacing – His-Bundle- and Left-Bundle-Branch-Pacing

Derndorfer M, Martinek M
Aichinger J, Pürerfellner H
Kollias G

*Journal für Kardiologie - Austrian
Journal of Cardiology* 2021; 28
(5-6), 158-165

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

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

Kardiale Resynchronisationstherapie 2.0: Physiologisches Pacing – His-Bündel- und Linksschenkel-Stimulation

M. Derndorfer, M. Martinek, J. Aichinger, H. Pürerfellner, G. Kollias

Kurzfassung: His-Bündel- und Linksschenkel-Stimulation sind neue und nun rasch aufstrebende Formen der Schrittmacherstimulation, die eine physiologische Erregungsausbreitung im Herzen durch Nutzung des intrinsischen Erregungsleitungssystems bewirken. Dadurch ist eine elektrische und mechanische kardiale Resynchronisation möglich, die in Studien mit klassischer CRT-Therapie zumindest vergleichbar sowie rechtsventrikulärem Pacing (apikal, septal) erwiesenermaßen überlegen war. Bei Patienten, wo ein höherer Pacing-Anteil (> 20 % bis > 40 %, je nach Studie) anzunehmen ist, insbesondere wenn bereits eine eingeschränkte LVEF vorliegt, sollte zur Vermeidung einer schrittmacherinduzierten Kardiomyopathie (12,3 % im Langzeit-FU [4]) mit dem implantierenden Kardiologen die Option einer physiologischen Schrittmacherstimulation besprochen werden.

LBBP weist im Vergleich zu HBP ein besseres Sensing, stabilere Reizschwellenwerte und bessere Erfolge zur Korrektur eines vorliegenden Schenkelblockes auf. Beide Optionen haben das Potential, die klassischen CRT-Sti-

mulation mittelfristig als primäre Strategie der Resynchronisationstherapie abzulösen. Durch Beherrschung aller 3 Varianten der Stimulation (HBP, LBBP, CRT) kann der prozedurale Erfolg für den Patienten deutlich maximiert werden.

Schlüsselwörter: Physiologische Schrittmacherstimulation, Stimulation des Erregungsleitungssystems, His-Bündel-Stimulation, Linksschenkelstimulation, kardiale Resynchronisationstherapie

Abstract: Cardiac resynchronization therapy 2.0: Physiological pacing – His-Bundle- and Left-Bundle-Branch-Pacing. His-Bundle-Pacing (HBP) and Left-Bundle-Branch-Pacing (LBBP) are new and rapidly emerging techniques of pacemaker therapy that provide physiological electrical activation of the heart by stimulating the intrinsic conduction system. This results in electrical and mechanical cardiac resynchronization which proved to be superior to right ventricular pacing (apical, septal) and was at least comparable to classic CRT

in various studies. In patients where a higher proportion of cardiac pacing is expected (> 20% to > 40%, depending on the study), the option of physiological pacing should be discussed with the implanting cardiologist to prevent development of a pacemaker-induced cardiomyopathy (12.3% in long-term FU [4]), especially if LV-function is already impaired.

Compared to HBP, LBBP provides superior sensing, better and very stable pacing threshold values and a higher success in correcting an existing bundle branch block. Both options have the potential to replace classic CRT stimulation as the primary strategy of resynchronization therapy in the medium term. By mastering all 3 variants of the stimulation (HBP, LBBP, CRT) procedural success for the patient can be clearly maximized. *J Kardiologie* 2021; 28 (5–6): 158–65.

Key words: Physiological Pacing, Conduction System Pacing, His-Bundle Pacing, Left-Bundle-Branch Pacing, Cardiac Resynchronization Therapy

Abkürzungen:

LSB:	Linksschenkelblock
RVOT:	rechtsventrikulärer Ausflusstrakt
CRT:	kardiale Resynchronisationstherapie
HBP:	His-Bundle Pacing (His-Bündel-Stimulation)
LBBP:	Left-Bundle-Branch-Pacing (Linksschenkel-Stimulation)
IVS:	interventrikuläres Septum
EAMS:	elektroanatomisches Mapping-System

Einleitung: Warum benötigt man physiologisches Pacing?

Rechtsventrikuläre (RV-) Herzschrittmacher-Stimulation stellt seit Jahrzehnten den ubiquitären Standard zur Langzeitbehandlung bradykarder Herzrhythmusstörungen dar. Der Bedarf an solchen Operationen steigt in Analogie zum zunehmenden Alter der Bevölkerung. Die Prozeduren sind mit moderatem Auf-

wand durchführbar und kostengünstig. Die Patienten erkaufen sich allerdings die unmittelbar gewonnene Lebensqualität mit einem erhöhten Risiko für Vorhofflimmern, der Entwicklung einer Herzinsuffizienz und auch einer gesteigerten Mortalität [1, 2], insbesondere bei Stimulation im rechtsventrikulären Apex, da hier fernab des intrinsischen Leitungssystems und entgegen der physiologischen Erregungsausbreitung des Herzens Impulse generiert werden.

Somit erfolgt eine langsame Signalausbreitung über das Arbeitsmyokard, was meist an der sehr breiten, stimulierten Linksschenkelblock-Morphologie (LSB) im EKG erkennbar ist. So wurde auch der Begriff einer Schrittmacher-induzierten Herzinsuffizienz (engl. Pacemaker-induced Cardiomyopathy, PICM) geprägt, die bei etwa 4–5 % der Patienten pro Jahr auftritt [3, 4], insbesondere dann, wenn bereits eine leicht- bis mittelgradige Herzinsuffizienz vorbesteht und der RV-Stimulationsanteil > 20 % liegt. Weitere prädiktive Risikofaktoren in publizierten Studien sind das männliche Geschlecht, eine chronische Niereninsuffizienz und sehr breite, stimulierte QRS-Komplexe.

Die alternativ etablierte Variante der Stimulation im rechtsventrikulären Ausflusstrakt (RVOT) bzw. am RV-Septum konnte in vielen Studien [5–7] ebenso keine Verbesserung klinischer Endpunkte im Vergleich zu apikalem RV-Pacing nachweisen, wobei hier eine große Heterogenität der Studienprotokolle und Implantations-Methoden vorlag und etwa eine Stimulation gezielt hochseptal, in der Nähe des His-Bündels (= para-His-äres Pacing), durchaus Erfolge brachte [8].

Eingelangt am 20.10.2020, angenommen nach Revision am 08.03.2021
Aus dem Ordensklinikum Linz Elisabethinen

Korrespondenzadresse: OA Dr. Michael Derndorfer, Interne II/Kardiologie, Herzkatheterlabor und Internistische Intensivstation, Ordensklinikum Linz Elisabethinen, A-4020 Linz, Fadingerstraße 1;
E-Mail: michael.derndorfer@ordensklinikum.at

Zur Behandlung einer PICM besteht die Option einer Aufrüstung des liegenden Ein- oder Zweikammerschrittmachers bzw. -Defibrillators auf ein biventrikuläres System im Sinne einer kardialen Resynchronisationstherapie (CRT) durch zusätzliche Implantation einer Koronarsinus-Elektrode. Dies stellt auch den durch Studien gut belegten aktuellen Goldstandard zur Behandlung von Patienten mit symptomatischer Herzinsuffizienz bei bestehendem LSB nach Ausschöpfung medikamentöser Therapien dar. Der Wert der CRT-Therapie bei Patienten mit erhaltener Linksventrikelfunktion bleibt vorerst im Fokus von Studien und ist nicht vollständig geklärt.

Um nun eine stimulationsinduzierte Herzinsuffizienz bereits vorab zu verhindern, scheint eine möglichst physiologische Schrittmacherstimulation am spezifischen Reizleitungssystem wesentlich eleganter zu sein. Hierfür sollte nun 2 neuen Techniken der Herzschrittmacherimplantation Beachtung geschenkt werden: einerseits der bereits seit Jahren verfügbaren und nun zunehmend Einzug haltenden permanenten His-Bündel-Stimulation (engl. Permanent His-Bundle Pacing, HBP), andererseits der noch recht jungen Technik der direkten Stimulation des Linksschenkels (engl. Left-Bundle-Branch Pacing, LBBP, Synonym: Left-Bundle-Branch-Area Pacing) (Abb. 1).

Für das HBP konnten in Studien bereits eine gute Durchführbarkeit und ein klinischer Vorteil gegenüber RV-Stimulation nachgewiesen werden [9]. Allerdings begrenzen in Einzelfällen Bedenken hinsichtlich einer höheren Stimulations-Reizschwelle (mit folglich hohem Stromverbrauch und kurzer Batterielaufzeit des Schrittmachers), eine fallweise schwierige Signalwahrnehmung aufgrund niedriger Amplituden der Ventrikel-Signale und das Potential der Entwicklung eines distalen Leitungsblockes, bzw. das Unvermögen, einen distalen LSB zu korrigieren, die Anwendbarkeit von HBP bei manchen Patienten.

Aus diesem Grund fand in den vergangenen Jahren die Linksschenkel-Stimulation als aufstrebende Methode der physiologischen Schrittmacherstimulation zunehmend Beachtung, gelingt es damit doch in vielen Fällen, eine elektrische Resynchronisationstherapie auch dann noch zu erzielen, wenn ein bestehender Schenkelblock oder ein infranodaler Leitungsblock mittels HBP nicht korrigiert werden konnte. Vorteile dieser Technik gegenüber HBP sind eine meist sehr gute Wahrnehmung der intrakardialen Signale, ein niedrigeres Risiko, einen distalen Schenkelblock zu entwickeln sowie meist sehr gute Reizschwellenwerte mit niedrigem Stromverbrauch und langer Batterielebensdauer des implantierten Aggregates [10]. Die Schrittmacher-Sonde wird hierbei durch das interventrikuläre Septum hindurch am Linksschenkel bzw. in der Linksschenkel-Region verschraubt. LBBP konnte in Studien bereits eine gute Vergleichbarkeit [11, 12], teils auch Überlegenheit [13] zum Goldstandard CRT mit schmäleren QRS-Komplexen und besserer LVEF-Erholung beweisen.

■ Voraussetzungen für His und LBBP

Expertengremien empfehlen, His und LBBP von erfahrenen Elektrophysiologen durchführen zu lassen, die hohe Fallzahlen selbst-implantierter Schrittmacher oder Defibrillatoren aufweisen können und Erfahrung mit verschiedenen Implantationstechniken und komplexem Device-Management haben.

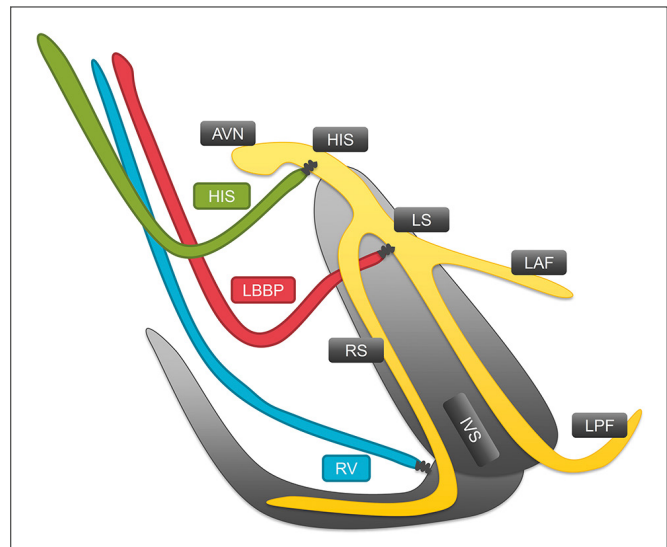


Abbildung 1: Schematische Darstellung verschiedener Varianten transvenöser Schrittmacherimplantation: Standard-RV-Apex (blau), His-Bündel (grün) und Linksschenkel-Stimulation (rot). Abkürzungen: AVN = AV-Knoten, His = His-Bündel, RS = Rechtsschenkel, RV = rechter Ventrikel, LS = Linksschenkel, LAF = links-anteriorer Faszikel, LPF = links-posteriorer Faszikel, IVS = interventrikuläres Septum, LBBP = Left Bundle Branch Pacing. © M. Derndorfer

Unter diesen Voraussetzungen wird davon ausgegangen, dass die initiale Lernkurve bei fokussiertem Training (Observation und Hands-On), ggf. unter Anwesenheit eines erfahrenen Proktors, in etwa 10–20 implantierte Fälle beträgt [14]. Die Verfügbarkeit eines elektroanatomischen 3D-Mapping-Systems (EAMS) ist keine zwingende Grundvoraussetzung, kann jedoch zum anatomischen Verständnis und besseren Auffinden geeigneter Implantationsstellen sehr hilfreich sein und vor allem in hohem Ausmaß dazu beitragen, die benötigte Röntgenstrahlung auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren.

■ Indikationen für physiologisches Pacing

Nachdem physiologisches Pacing eine noch junge Methode unter den Herzschrittmachertherapien darstellt, ist diese in Guidelines nicht verankert: Die amerikanischen Guidelines (AHA) zur Behandlung von Bradykardien aus dem Jahr 2018 [15] empfehlen aktuell bei Patienten mit AV-Block und Indikation zur permanenten Schrittmacherstimulation die Durchführung physiologischen Pacing, wenn die LVEF zwischen 36 % und 50 % liegt und ein Pacing-Anteil > 40 % anzunehmen ist (IIa, LOE: B). Eine umfassende Übersichtsarbeit [16] liefert Prof. Carsten Israel aus Deutschland, wo für alle nur denkbaren Indikationen spezifische Empfehlungen abgegeben und jeweils Pro und Kontra der einzelnen Methoden diskutiert werden. An LBBP sollte aktuell im Sinne einer *Ultima Ratio* insbesondere dann gedacht werden, wenn eine CRT-Implantation oder ein His-Bundle-Pacing frustan verliefen (z. B. mangels geeigneter Zielvenen, Phrenicus-Stimulation, His-Sonden-Dislokation oder Anstieg der His-Reizschwelle, fehlende Korrektur des Schenkelblockes durch die His-Sonde, ...).

Das schrittweise Herangehen an eine Schrittmacherimplantation (z. B. zuerst Versuch von HBP, wenn unzureichend möglich dann LBBP, wenn nicht durchführbar und auch indiziert dann CS-Sonde) verhilft in nahezu allen Fällen zu einem sehr

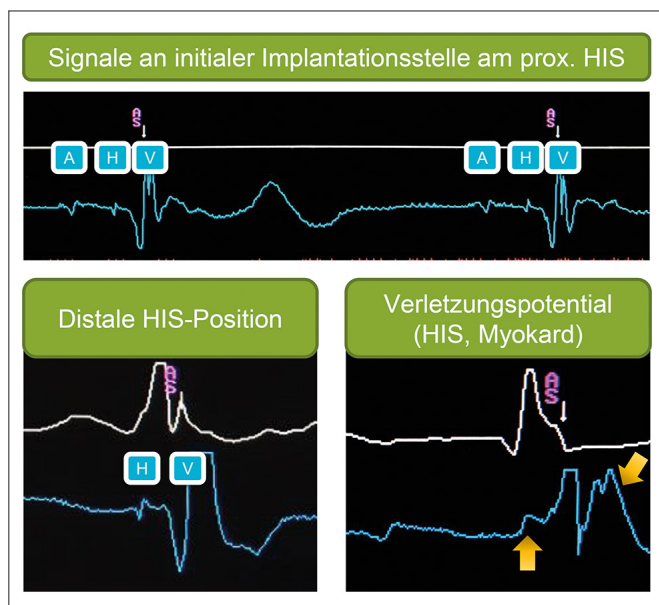


Abbildung 2: Intrakardiale Signale während Implantation einer Sonde zum His-Bündel-Pacing. © M. Derndorfer

zufriedenstellenden Ergebnis mit suffizienter Resynchronisationstherapie.

■ Equipment für physiologisches Pacing

Mit physiologischem Pacing verlagert sich die Schrittmacherimplantation zunehmend vom OP in das Elektrophysiologie-Labor (EP) bzw. in Hybrid-Räume. Für HBP oder LBBP wird neben einer Durchleuchtungsanlage und optional einem EAMS ein elektrophysiologischer Arbeitsplatz benötigt, der die permanente Ableitung eines 12-Ableitungs-EKGs sowie

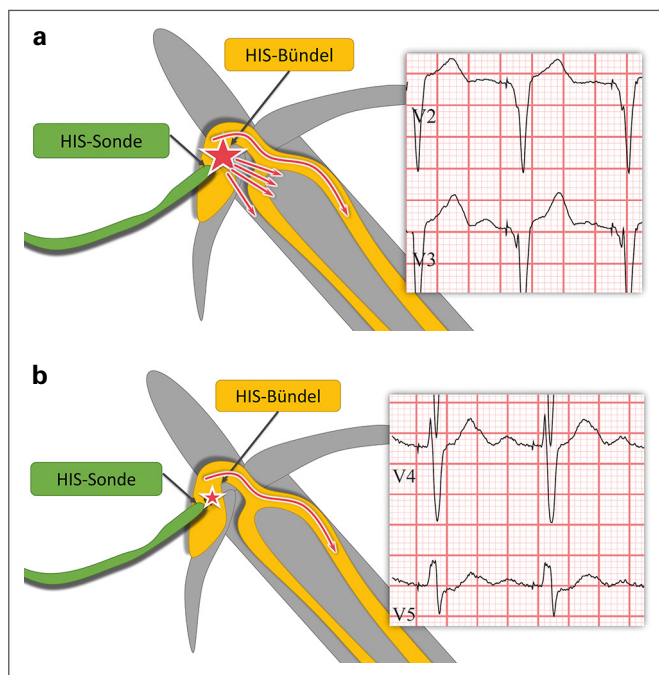


Abbildung 3: (a): Nichtselektive His-Bündel-Stimulation: Durch Stimulation werden das His-Bündel sowie das umliegende, septale Myokard erregt, was sich in Form eines „Pseudo-Deltas“ nach dem Stimulus-Artefakt darstellt. (b): Selektive His-Bündel-Stimulation: Durch Stimulation wird nur das His-Bündel allein erregt, was sich in Form einer kurzen isoelektrischen Linie nach dem Stimulus-Artefakt zeigt. © M. Derndorfer

die Darstellung intrakardialer Signale über die Schrittmacher-sonde bzw. wahlweise einen EP-Katheter ermöglicht. Weiters wird empfohlen, die intrakardialen Signale zusätzlich live über das Schrittmacherprogrammiergerät (engl. Pacing System Analyzer, PSA) mit einer Schreibgeschwindigkeit von 100 mm/s abzuleiten, da dieses durch optimierte Filtersettings eine besonders klare Signaldarstellung aufweist. Idealerweise sind all diese Informationen auf einem großen Monitor gesammelt dargestellt (Fluoro live und Standbild, EP-Signale live und Standbild, PSA, ggf. EAMS), um ein übersichtliches Arbeiten zu ermöglichen.

An Materialien zum HBP sowie LBBP findet derzeit in den meisten Zentren dominierend Implantations-Equipment der Firma Medtronic Verwendung, da einerseits mit der speziell vorgeformten C315-His-Schleuse die septal gelegene Zielregion leichter angesteuert werden kann, andererseits die bereits seit etwa 15 Jahren am Markt verfügbare 3830 Select-Secure™-Sonde sich durch ihr schlankes Design (4,1F, kein Innenlumen für einen Führungsdraht) leichter im interventrikulären Septum verschrauben lässt. Auch eine steuerbare Schleuse (C304 SelectSite™) ist verfügbar und erweist sich in schwierigen Fällen (etwa große Vorhöfe) manchmal als hilfreich.

Mehrere Schrittmacherfirmen haben die baldige Verfügbarkeit oder zumindest fortgeschrittene Entwicklung geeigneter Implantationstools angekündigt, um diese fortschrittliche und rasch aufstrebende Implantationstechnik physiologischer Schrittmacherstimulation in ihrem Repertoire mit abdecken zu können (Fa. Biotronik: CE-Zulassung für His-Equipment bereits erreicht, Fa. Boston Scientific: mehrere His-Schleusen angekündigt, Abbott: His-Agilis-Schleuse in klinischen Studien).

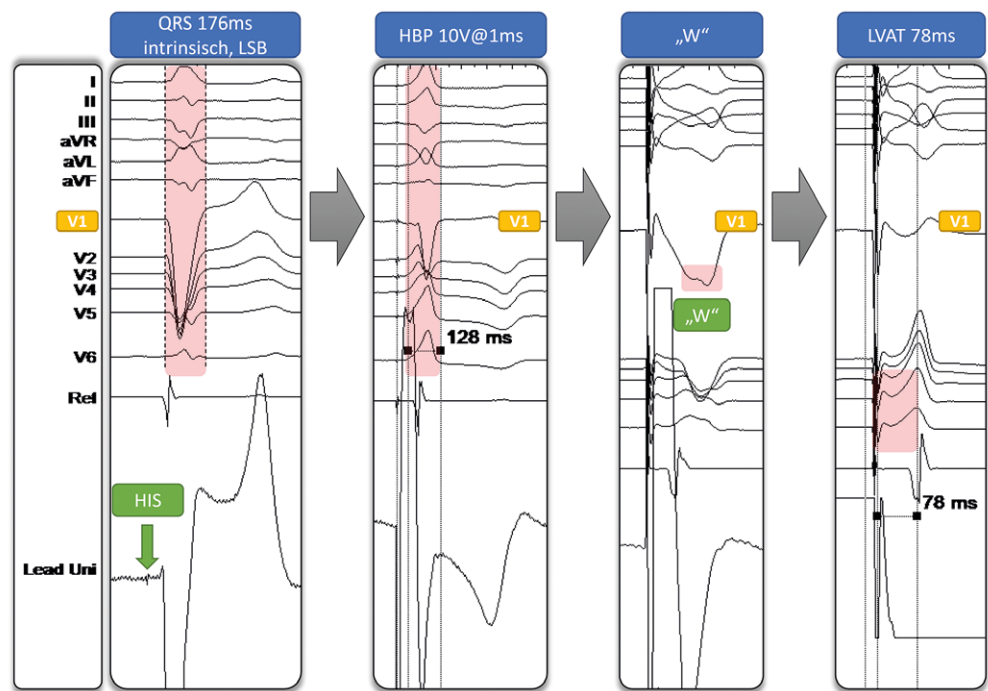
■ Technik der His-Bündel-Stimulation

Nach üblichem transvenösen Zugang wird eine geeignete His-Schleuse in das rechte Atrium eingebracht, eine geeignete Schrittmachersonde nachgeführt und nahe des Trikuspidal-Anulus nach His-Signalen gesucht, die kleine atriale und große ventrikuläre Elektrogramme aufweisen sollten (proximale/distale His-Position, Abb. 2). An dieser Stelle wird nun mit 5V@1 ms über die Sonde stimuliert und bei erfolgreichem Nachweis von HBP auch dort geschraubt. Ziel ist es, eine His-Reizschwelle < 2V@1 ms zu erreichen. In Analogie zum myokardialen Verletzungspotential kann in etwa 40 % der Fälle auch ein His-Verletzungspotential beobachtet werden, das eine günstige Entwicklung der Reizschwellenwerte annehmen lässt (Abb. 2). Die entsprechenden Reizschwellen für nicht-selektives, selektives HBP (Abb. 3a, b) und RV-only-Capture sollten notiert werden. Details können diversen Publikationen und sehr guten Anleitungen zu diesem Thema entnommen werden [7].

■ Technik der Linksschenkel-Stimulation (LBBP)

Die proximalen Abschnitte des Linksschenkels laufen durch das linksseitige interventrikuläre Septum und fächern sich dann dort in einem größeren Areal auf, als es in der His-Re-

Abbildung 4: EKG-Ableitungen und Signale während Implantation der Linksschenkel-Sonde: 1) Auffinden einer geeigneten His-Position bei einem Patienten mit VHF; 2) Verschmälerung des QRS-Komplexes von initial 176 ms auf nunmehr 128 ms durch effektive His-Bündel-Stimulation mit 10V@1 ms; 3) Aufsuchen des interventrikulären Septums, wo durch unipolare Stimulation mit 5V@1 ms in Ableitung V1 ein Notching im LSB („w“-Pattern) bewirkt wird; 4) nach Einschrauben der LBBP-Sonde in das Septum kann während Stimulation eine Verkürzung der linksventrikulären Aktivierungszeit (LVAT), ein Zeichen für Capture des spezifischen Reizleitungssystems, erreicht werden.



gion der Fall ist [17]. LBBP wird als Stimulation des Stammes des Linksschenkels oder seiner proximalen Faszikel definiert, häufig fusioniert mit lokaler Erregung des septalen Myokards („non-selective“) bei niedrigem Output < 1,0V@0,4ms.

Kurz gefasst erfolgt die Implantation der Sonde für die Linksschenkelstimulation in 3 Schritten, die anschließend noch detaillierter erläutert werden: Nach üblichem transvenösem Zugang wird die LBBP-Zielregion anhand elektrophysiologischer Merkmale aufgesucht, die Sonde anschließend (von rechts-septal kommend) tief im linksseitigen Myokard in der Linksschenkel-Region verankert und dann, wiederum anhand elektrophysiologischer Kriterien, die regelrechte Erregung („capture“) des Linksschenkels bestätigt.

Als Grundvoraussetzung für LBBP muss die Technik von His-Bundle-Pacing beherrscht werden.

■ LBBP-Implantationstechnik im Detail

Aus oben genannten Gründen wird aktuell die Prozedur unter Verwendung von Medtronic-Equipment beschrieben. Als initialer Venenzugang empfiehlt sich – wie bei allen Schrittmacherimplantationen – wenn möglich ein Zugang über die V. cephalica oder V. axillaris, um einerseits das unmittelbare Risiko eines Pneumothorax, andererseits durch bereits sehr distales Eindringen in die Vene das langfristige Risiko eines Subclavian-Crush-Syndromes an der Schrittmachersonde zu minimieren. Aus eigener Erfahrung kann es allerdings in Einzelfällen, insbesondere bei sehr großen Patienten oder fortgeschrittener Herzerkrankung mit großen Vorhof- und Ventrikeldimensionen, nach sehr lateralem Zugang dazu kommen, dass die verwendete C315-His-Schleuse nicht mehr ausreichend lange ist, um die Distanz bis zum Septum zu überbrücken und adäquaten Support beim Verschrauben der Sonde zu geben. In solchen Fällen können oft einige Zentimeter Länge

durch anschließend medialere Punktion der V. subclavia gewonnen werden.

Sollte kein elektroanatomisches 3D-Mapping System (EAMS) zur Verfügung zu stehen, wird primär mit der C315-His-Schleuse und 3830-SelectSecure-Sonde an eine geeignete His-Position mit typischen elektrophysiologischen Merkmalen des distalen His-Bündels vorgegangen (Abb. 4).

Anschließend wird diese Position fluoroskopisch in den Projektionen RAO 30° und LAO 30° als Referenz markiert. Ist ein EAMS (z. B. Ensité NavX™) verfügbar, empfiehlt sich das initiale Einbringen eines Mappingkatheters, um relevante Strukturen fluoroskopiefrei übersichtsmäßig darstellen und markieren zu können (rechtes Atrium, AV-Übergang, RV und Septum, Koronarsinus, His-Region).

Sollte der Patient einen intrinsischen LSB aufweisen wird empfohlen, spätestens nun eine rechtsventrikuläre Backup-Sonde zu platzieren (permanent oder temporär; z. B. EP-Katheter), da – sowohl beim HBP als auch LBBP – ein theoretisches Risiko besteht, den noch intakten Rechtsschenkel zu verletzen und so einen totalen AV-Block zu generieren. Bei der optionalen „2-Sonden-Technik“ wird zusätzlich eine Schrittmachersonde am His-Bündel geschraubt, um im weiteren Verlauf der Prozedur korrektes LBB-Capture zu bestätigen.

Ist das His-Bündel ausreichend markiert (3D-System oder Fluoroskopie), wird nun ca. 1–1,5 cm distal davon RV-seitig das interventrikuläre Septum (IVS) aufgesucht. Bei Stimulation an korrekter Stelle findet sich nun am stimulierten Kammerkomplex typischerweise eine „w“-Morphologie im QRS-Komplex in Ableitung V₁ (Abb. 4). Hier ist nun eine senkrechte Stellung der Schleuse zum Septum wichtig, um der LBBP-Sonde beim Schrauben ausreichend Support zu geben. Die Sonde wird nun etwa 6–8 mm tief in das interventrikuläre Septum verschraubt,

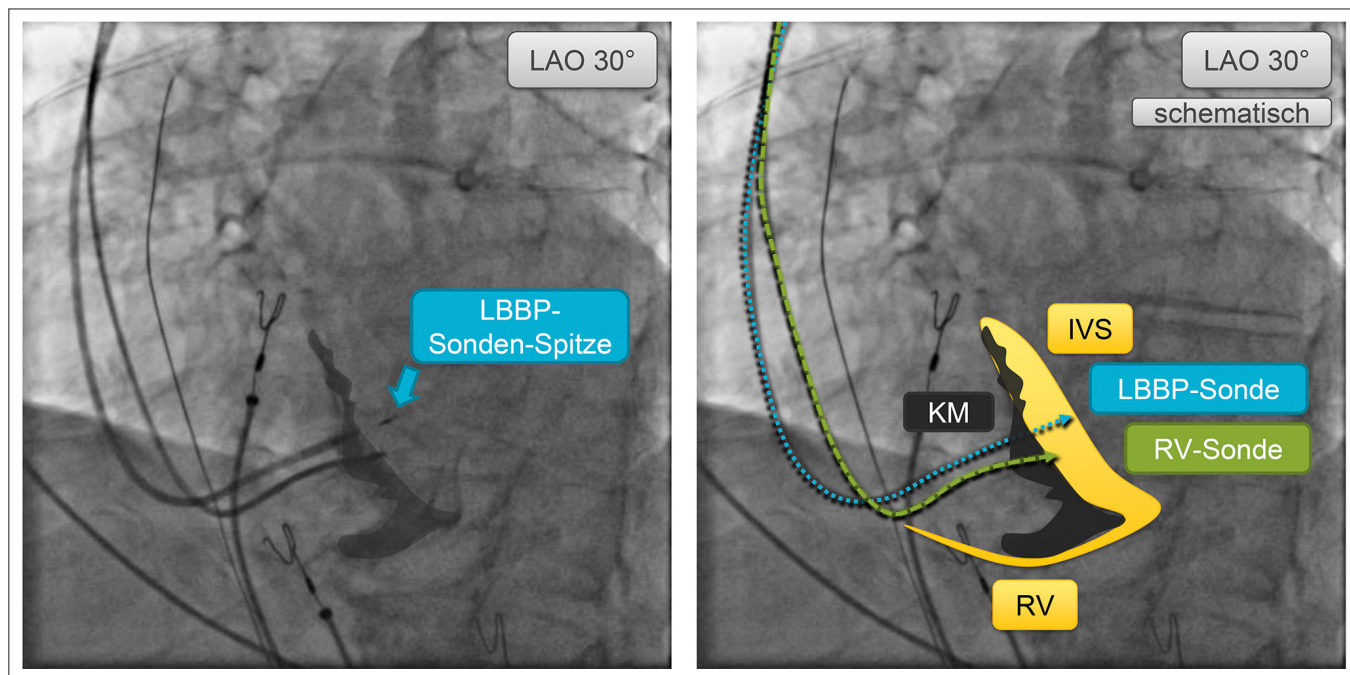


Abbildung 5: Schleusen-Angiographie (engl. sheath angiography): Die RV-Backup-Sonde wurde septal, die Sonde zur Linksschenkelstimulation (LBBP) tief im interventrikulären Septum (IVS) in der Linksschenkelregion verschraubt. Über die Schleuse wird nun ein Kontrastmittelbolus verabreicht, der die rechtsventrikuläre Seite des IVS anfärbt und die Eindringtiefe der LBBP-Sonde visualisiert.

wobei in den repetitiven Kontrollstimulationen mehrere Kriterien erreicht werden müssen: zum einen eine QRS-Morphologie-Änderung bei Stimulation über die Sonde (vom „w“ zu einer einem RSB ähnlichen Pattern in V_1), weiters ein Anstieg der unipolaren Impedanz. Bei ausreichender Schraubtiefe kommt nun zusätzlich ein leichter „Knick“ in der Sonde zur Darstellung, der den Umschwenkpunkt am Übergang Ventrikel/Septum darstellt („engl. „hinge point“, „fulcrum sign“). Meist sind mehrere Schraubvorgänge erforderlich, um die Sonde ausreichend tief im Septum zu versenken. Eine penible Beachtung der Impedanzen ist hier erforderlich, um eine drohende Perforation durch das Septum in den LV frühzeitig zu erkennen.

Wurde die Sonde korrekt positioniert, lässt sich nun ein Phänomen beobachten, das dem Elektrophysiologen in umgekehrter Analogie zum para-His-ären Pacing bekannt ist: Bei Pacing mit hohem Output (und somit Capture des Linksschenkel) muss nun eine sprunghafte Verkürzung der sogenannten linksventrikulären Aktivierungszeit (engl. left ventricular activation time, LVAT, Abb. 4) erkennbar sein. Die Impedanzen sollten in etwa $> 500 \text{ Ohm}$ bleiben. Wenn Reizschwellen $< 1,5\text{V}@0,5\text{ms}$ erreicht wurden, sollte nicht mehr tiefer geschraubt werden.

Um nun eine satte Verankerung im IVS auch visuell zu bestätigen, empfiehlt sich nun eine Kontrastmittelgabe über die lange Schleuse in LAO 30° (engl. „sheath angiography“, Abb. 5).

Bei Patienten, die keinen LSB aufweisen, sollte immer versucht werden, ein Linksschenkel-Potential an der Schrittmachersonde aufzuzeichnen (übliches Potential-zu-Ventrikel-Intervall 20–30 ms), um zu bestätigen, an korrekter Position geschraubt zu haben und das Reizleitungssystem direkt zu stimulieren. Im Falle eines bestehenden LSB kann einerseits mit einer am His geschraubten Sonde versucht werden, die Linksschenkel-

Überleitung zu reaktivieren. Auch linksseitig entspringende VES (RSB-Morphologie) können unter Umständen ein LBB-Potential zum Vorschein bringen.

Der Nachweis vom selektivem LBBP zusätzlich zum nicht-selektivem LBBP (vgl. Abb. 3) ist ein weiteres Kriterium einer guten Sondenposition. Nichtselektives LBBP erklärt sich durch gleichzeitige Erregung des Linksschenkels mit dem angrenzenden septalen Myokard, selektive Stimulation durch alleiniges Capture des Linksschenkels, das sich an den intrakardialen Signalen in Form eines lokalen Antwortsignals zusätzlich zum Stimulus-Artefakt darstellt. Angemerkt werden sollte an dieser Stelle, dass im Gegensatz zum HBP, wo eine Unterscheidung zwischen nichtselektivem und selektivem HBP im Oberflächen-EKG meist klar und einfach möglich ist, diese Unterscheidung beim LBBP sehr schwierig sein kann, da die EKG-Unterschiede hier meist sehr diskret ausfallen.

Ähnlich dem HBP bzw. der rechtsventrikulären Stimulation lässt sich auch am Linksschenkel und septalen Myokard ein unipolares Verletzungspotential (engl.: potential of injury, POI) erkennen.

Nach erfolgreicher Fixierung und Testung der Sonde (unipolar, bipolar) erinnern die abschließenden Schritte mit vorsichtigem Schlitzen der langen Schleuse sehr an selben Vorgang bei Implantation einer Koronar sinus-Sonde.

Sondenkennzeichnung, OP-/Schrittmacherbericht

Mit Etablierung von HBP und LBBP ist es nun essenziell geworden, eine exakte Kennzeichnung der Schrittmachersonden zu bedenken. Dringlich erforderlich wäre da auch Unterstützung durch die Industrie, um einen gemeinsamen Standard hierfür zu generieren und z. B. Ports einheitlich und flexibel benennen oder ihnen klare Funktionen zuordnen zu können (z. B. „LV Port = LBBP-Sonde“). Da aktuelle Herzschrittmacher fix ge-

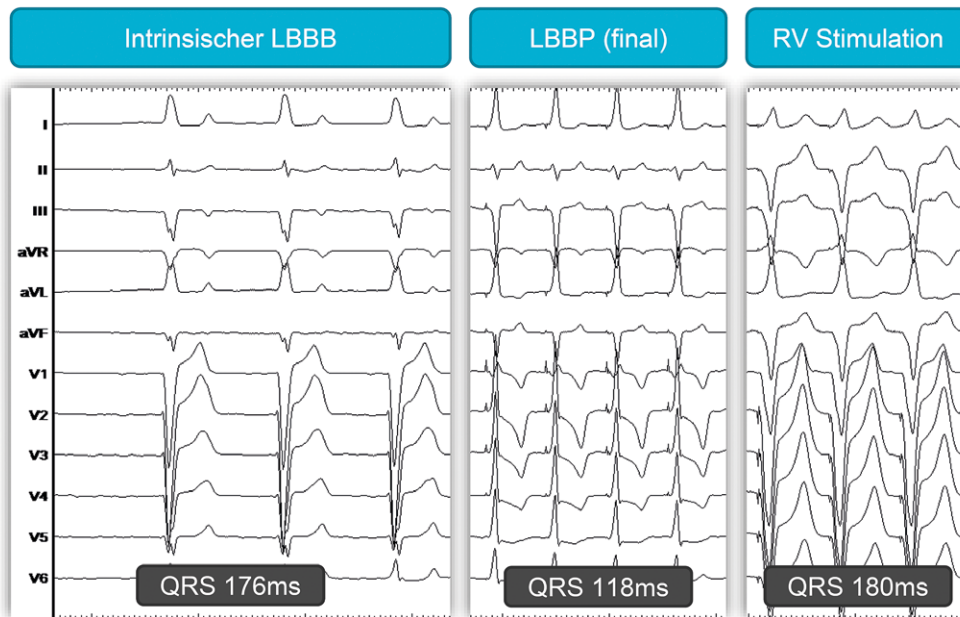


Abbildung 6: Vergleich: intrinsischer QRS-Komplex (176 ms), LBBP (QRS 118 ms) mit anfangs noch negativen T-Wellen im Sinne eines „cardiac memory“ und RV-Pacing (QRS 180 ms).

kennzeichnete Ports für die atriale, RV- und LV-Sonde haben, nicht jedoch für die physiologischen Schrittmacherstrategien, müssen His- und LBBP-Sonden, die dann an einen anderwärtig benannten Port konnektiert werden, bereits im OP-Bericht, allerspätestens aber bei der Schrittmacherkontrolle vor Entlassung des Patienten detailliert vermerkt werden (z. B. atrialer Port: LBBP-Sonde, RV-Port: RV-Backup-Sonde).

Schrittmacherprogrammierung

Die Programmierung des implantierten Device hängt stark von dessen Konfiguration („welche Sonde an welchem Port“), der Indikationsstellung, dem Grundrhythmus und dem Vorhandensein einer RV-Backup-Sonde ab. Die Details würden den Umfang dieses Artikels deutlich sprengen, sodass hier auf eine Übersichtsarbeit [18] von Prof. Haran Burri verwiesen wird. Nur eines sei erwähnt: Die Programmierung bzw. Nachsorge ändert sich grundlegend und beginnt bereits bei der Implantation im Sinne der korrekten Wahl des Aggregates und der Konnektierung der Sonden an das Device (z. B. Patient mit chron. VHF, LVEF 30 % und LSB: z. B. 2-Kammer-Schrittmacher mit LBBP-Sonde im A-Port und RV-Backup-Sonde im RV-Port, ...). Insbesondere bei Nachsorge des Aggregates im nicht initial implantierenden Zentrum kann eine unzureichende Kennzeichnung zu Verwirrung führen und das Follow-up deutlich erschweren.

■ Fallbericht, 81a, m

Ein 81-jähriger Patient mit ischämischer Kardiomyopathie, LVEF 35 %, permanentem und teils bradykard übergeleitetem Vorhofflimmern (VHF) sowie breitem, intrinsischem Linksschenkelblock (LSB) wurde 05/2020 unserer Abteilung zugewiesen. Klinisch lag ein NYHA-III-Stadium vor, die neurohumorale Therapie war bereits optimiert.

Es war von einem hohen Pacing-Anteil nach Schrittmacherimplantation auszugehen; Kriterien zur Resynchronisationstherapie lagen vor, sodass folgendes, stufenweises Procedere

beschlossen wurde: Versuch von HBP, falls nicht möglich, dann LBBP, falls ebenfalls nicht machbar, dann herkömmliche CRTP-Therapie durch Implantation einer Koronarsinus-Sonde.

Unter Verwendung des EAMS Ensité NavX™ (Abbott) konnte nach regulärem transvenösem Zugang über die V. cephalica rasch ein geeignetes, wenn auch im permanentem VHF recht diskretes His-Signal gefunden werden (Abb. 2, 4). Additiv wurde ein orientierendes anatomisches Map von V. cava, rechtem Atrium, CS und rechtem Ventrikel abgefertigt. His-Schleuse (C315-His, Medtronic) und Schrittmachersonde (Select Secure™, Modell 3830, Medtronic) wurde eingebracht und am His-Bündel eingeschraubt (Abb. 2). Es gelang, den bestehenden LSB (176 ms) durch HBP zu korrigieren (Abb. 4), jedoch lag auch nach mehrmaligem Umplatzen (proximale und distale His-Position) weiterhin eine inakzeptabel hohe Reizschwelle von 9V@1 ms vor, wo HBP in reines RV-Pacing mit wiederum breitem LSB überging. Nun wurde – in der Intention von LBBP – zuerst eine RV-Backup-Sonde implantiert sowie anschließend mit demselben His-Equipment das proximale interventrikuläre Septum (IVS) angesteuert und dort eine adäquate Reizantwort durch unipolare Stimulation im Sinne eines „w“-Pattern erzielt (Abb. 4). Das Einschrauben der Sonde in das IVS erfolgte schrittweise unter Impedanz-Monitoring und wiederholter Stimulation, um die gewünschte Morphologie-Änderung in einen Rechtsschenkelblock-ähnlichen QRS-Komplex beobachten zu können. Dann ergänzende Stimulation mit verschiedenen Outputs, wo eine sprunghafte Verkürzung der LVAT auf 78 ms (Abb. 4) und Schmälerung des QRS-Komplexes auf 118 ms beobachtet und somit Capture des Linksschenkels bestätigt werden konnte. Der Nachweis eines Linksschenkelpotentials war bei bestehendem LSB nicht möglich. Die Verankerung im IVS wurde durch eine Schleusen-Angiographie nochmalig bestätigt (Abb. 5). Reizschwellenmessung: 0,75V@0,4 ms über die neue LBBP-Sonde, Impedanz 580 Ohm, gutes ventrikuläres Sensing um 9 mV. Abschließend wurden noch der intrinsische QRS-Komplex (QRS 176 ms),

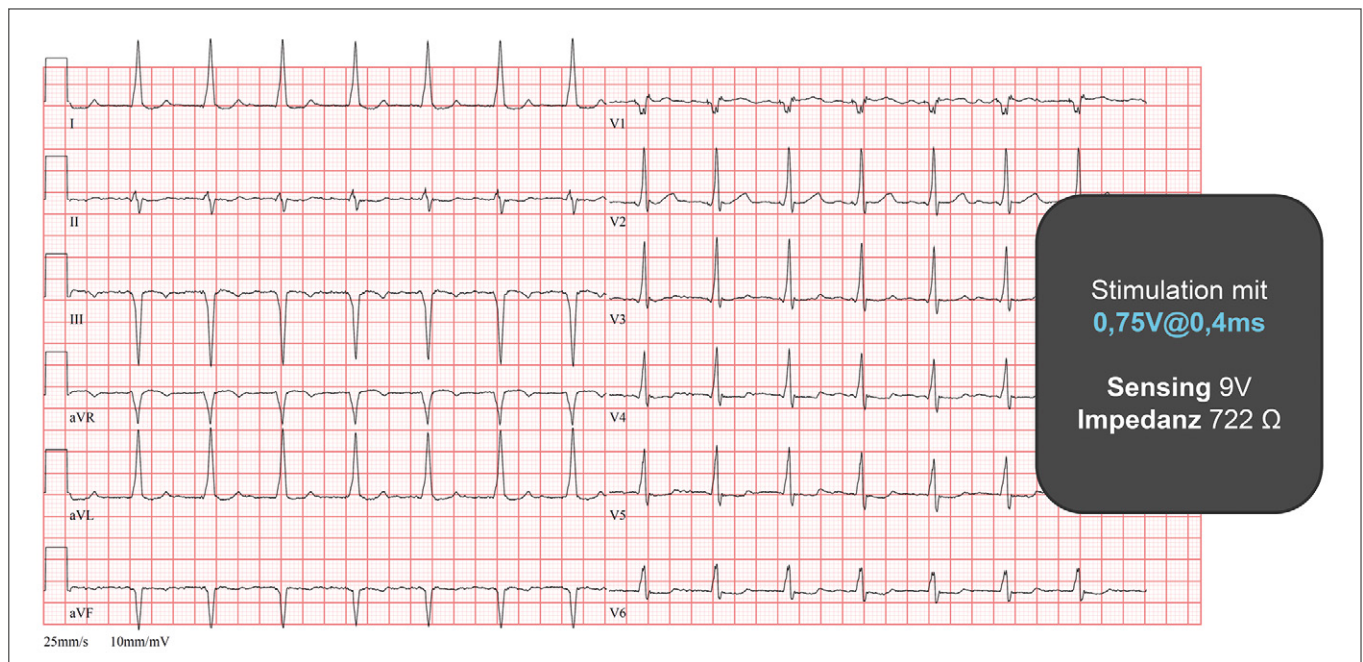


Abbildung 7: EKG zum Follow-up nach 3 Monaten; Linksschenkel-Stimulation.

LBBP (QRS 112 ms) und reines RV-Pacing über die RV-Back-up-Sonde (QRS 180 ms) vergleichend dargestellt (Abb. 6).

Zum 1-Monats-Follow-up wurde vom Patienten eine nunmehr wesentlich gebesserte kardiale Belastungsbreite beschrieben. Echokardiographisch konnte einer Verbesserung der LVEF auf nun 40–45 % bei einem LBBP-Pacing-Anteil von 95 % (5 %

übergeleitetes VHF) dokumentiert werden. Nach ursprünglichem „cardiac memory“ (Abb. 6) mit generalisierten T-Negativierungen über den Brustwandableitungen in den ersten Tagen nach Implantation kam es bis zur 3-Monats-Kontrolle zu einer Normalisierung der Repolarisation bei weiterhin unverändert guten Reizschwellen und weiterhin schlankem QRS-Komplex (Abb. 7).

Fragen zum Text

1) Mit welchen der folgenden Verfahren kann physiologische Schrittmacherstimulation erzielt werden? (1 Antwort)

- a) apikales und septales RV-Pacing
- b) sondenloser Herzschrittmacher und subkutaner Defibrillator
- c) His-Bündel- und Linksschenkel-Stimulation

2) Welche Angabe zu rechtsventrikulärer (RV) Stimulation ist richtig? (1 Antwort)

- a) RV-Stimulation verursacht eine elektrische und mechanische Dyssynchronie des Herzens und kann die Mortalität erhöhen.
- b) Eine Studie aus dem Jahr 2016 zeigt die Entwicklung einer Schrittmacher-induzierten Herzinsuffizienz durch RV-Stimulation bei 12,3 % der Patienten.
- c) Prädiktoren für die Entwicklung einer Schrittmacher-induzierten Herzinsuffizienz sind unter anderem die LVEF zum Implantationszeitpunkt sowie der RV-Stimulationsanteil in %.
- d) Alle oben genannten Antworten sind richtig.

3) Welche Frage zur His-Bündel-Stimulation ist nicht richtig? (1 Antwort)

- a) Patienten mit His-Bundle-Pacing können im EKG selektive und nicht-selektive His-Stimulation aufweisen.
- b) His-Bundle-Pacing konnte in der Studie von Vijayaraman im Jahr 2018 eine gleichbleibende LVEF im Beobachtungszeitraum sowie weniger Tod oder Herzinsuffizienz-assoziierte Hospitalisation im Vergleich zur RV-Stimulation nachweisen.
- c) Für His-Bundle Pacing ist im Gegensatz zu allen anderen transvenösen Stimulationsformen eine Sternotomie durch den Herzchirurgen erforderlich.
- d) Guidelines empfehlen physiologisches Pacing bei Patienten mit geringgradig eingeschränkter Linksventrikelfunktion (LVEF 36–50 %) und erwartbarem RV-Pacing-Anteil von > 40 %.

4) Welche Frage zur Linksschenkel-Stimulation (LBBP) ist falsch? (1 Antwort)

- a) Bei LBBP wird die Schrittmachersonde tief im interventrikulären Septum in der Linksschenkel-Region verankert.
- b) Linksschenkelstimulation konnte in der Studie von Xiaofei im Jahr 2020, verglichen zum aktuellen Goldstandard eines biventrikulären Herzschrittmachers (CRT), jeweils signifikant eine bessere Abnahme der QRS-Breite und deutlichere Verbesserung der LVEF nachweisen.
- c) Bei der Linksschenkel-Stimulation wird die Schrittmachersonde über den Koronarsinus in den linken Ventrikel eingebracht.
- d) LBBP vermag in vielen Fällen, einen bestehenden Linksschenkelblock nachhaltig zu korrigieren und so einen schlanken Kammerkomplex für den Patienten zu erzielen.

[Zu den Antworten](#)

■ Interessenkonflikt

Die Autoren geben folgenden Interessenkonflikt an: Fortbildungsunterstützung (Reisekosten) durch die Fa. Abbott.

Literatur:

1. Sweeney MO, Hellkamp AS, Ellenbogen KA, et al. Mode Selection Trial Investigators. Adverse effect of ventricular pacing on heart failure and atrial fibrillation among patients with normal baseline QRS duration in a clinical trial of pacemaker therapy for sinus node dysfunction. *Circulation* 2003; 107: 2932–7.
2. Wilkoff BL, Cook JR, Epstein AE, et al. Dual chamber and VVI Implantable Defibrillator Trial Investigators. Dual-chamber pacing or ventricular back up pacing in patients with an implantable defibrillator. *JAMA* 2002; 288: 3115–23.
3. Tayal B, Frøelund P, Sogaard P, et al. Incidence of heart failure after pacemaker implantation: a nationwide Danish registry-based follow-up study. *Eur Heart J* 2019; 40: 3641–8.
4. Kiehl EL, Makki T, Kumar R, et al. Incidence and predictors of right ventricular pacing-induced cardiomyopathy in patients with complete atrioventricular block and preserved left ventricular systolic function. *Heart Rhythm* 2016; 13: 2272–8.
5. Kypta A, Steinwender C, Kammler J, et al. Long-term outcomes in patients with atrioventricular block undergoing septal ventricular lead implantation compared with standard apical pacing. *Europace* 2008; 10: 574–9.
6. Vlay SC. Right ventricular outflow tract pacing: practical and beneficial. A 9-year experience of 460 consecutive implants. *Pacing Clin Electrophysiol* 2006; 29: 1055–62.
7. Da Costa A, Gabriel L, Romeyer-Bouchard C, et al. Focus on right ventricular outflow tract septal pacing. *Arch Cardiovasc Dis* 2013; 6–7: 394–403.
8. Occhetta E, Bortnik M, Magnani A, et al. Prevention of ventricular desynchronization by permanent para-Hisian pacing after atrioventricular natriuretic peptide ablation in chronic atrial fibrillation: a crossover, blinded, randomized study versus apical right ventricular pacing. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 1938–45.
9. Vijayaraman P, Chung MK, Dandamudi G, et al. His bundle pacing. *J Am Coll Cardiol* 2018; 72: 927–47.
10. Wu S, Su L, Wang S, et al. Peri-left bundle branch pacing in a patient with right ventricular pacing-induced cardiomyopathy and atrioventricular infra-Hisian block. *Europace* 2019; 21: 1038.
11. Salden FCWM, Luermans JGLM, Westra SW, et al. Short-term hemodynamic and electrophysiological effects of cardiac resynchronization by left ventricular septal pacing. *J Am Coll Cardiol* 2020; 75: 347–59.
12. Vijayaraman P, Ponnusamy S, Cano Ó, et al. Left bundle branch area pacing for cardiac resynchronization therapy: results from the international LBBAP Collaborative Study Group. *JACC Clin Electrophysiol* 2021; 7: 135–47.
13. Li X, Qiu C, Xie R, et al. Left bundle branch area pacing delivery of cardiac resynchronization therapy and comparison with biventricular pacing. *ESC Heart Fail* 2020; 7: 1711–22.
14. Vijayaraman P, Dandamudi G, Zanon F, et al. Permanent His bundle pacing: Recommendations from a Multicenter His Bundle Pacing Collaborative Working Group for standardization of definitions, implant measurements, and follow-up. *Heart Rhythm* 2018; 15: 460–8.
15. Kusumoto FM, Schoenfeld MH, Barrett C, et al. 2018 ACC/AHA/HRS guideline on the evaluation and management of patients with bradycardia and cardiac conduction delay: Executive Summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines, and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol* 2019; 74: 932–87.
16. Israel CW, Tribunyan S, Richter S. Indikationen zur His-Bündel- und Linksschenkelstimulation [Indications for His bundle and left bundle branch pacing]. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol* 2020; 31: 135–43.
17. Elizari MV. The normal variants in the left bundle branch system. *J Electrocardiol* 2017; 50: 389–99.
18. Burri H, Keene D, Whinnett Z, Zanon F, Vijayaraman P. Device Programming for His Bundle Pacing. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2019; 12: e006816.

Antworten von Seite 164

1c, 2d, 3c, 4c

[— Zurück zu den Fragen —](#)

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