

# Doporučené postupy ESC pro kardiostimulaci a srdeční resynchronizační terapii: aktualizace 2021.

Překlad dokumentu připravený Českou kardiologickou společností

(2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy.

Translation of the document prepared by the Czech Society of Cardiology)

**Miloš Tábořský<sup>a</sup>, Josef Kautzner<sup>b</sup>, Marián Fedorco<sup>a</sup>, Karol Čurila<sup>c</sup>,  
Hanka Wünschová<sup>b</sup>, Jan Pyszek<sup>a</sup>, Miroslav Novák<sup>d</sup>, Milan Kozák<sup>e</sup>,  
Martin Válek<sup>f</sup>, Rostislav Polášek<sup>g</sup>, Patrik Kepř<sup>a</sup>, Milena Kubíčková<sup>h</sup>,  
Jiří Plášek<sup>ch</sup>, Vít Gloger<sup>i</sup>, Alan Bulava<sup>j</sup>, Vlastimil Vančura<sup>k</sup>, Tomáš Skála<sup>a</sup>,  
Petr Pařízek<sup>l</sup>, Josef Daněk<sup>m</sup>**

<sup>a</sup> I. interní klinika – kardiologická, Lékařská fakulta Univerzity Palackého v Olomouci a Fakultní nemocnice Olomouc, Olomouc

<sup>b</sup> Klinika kardiologie, Institut klinické a experimentální medicíny, Praha

<sup>c</sup> Kardiologická klinika, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, Praha

<sup>d</sup> I. interní kardiologická klinika, Lékařská fakulta Masarykovy univerzity a Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně, Brno

<sup>e</sup> Interní kardiologická klinika, Lékařská fakulta Masarykovy univerzity a Fakultní nemocnice Brno, Brno

<sup>f</sup> II. interní klinika kardiologie a angiologie, 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze, Praha

<sup>g</sup> Kardiovaskulární centrum, Krajská nemocnice Liberec, a. s., Liberec

<sup>h</sup> Kardiologická klinika, Fakulta zdravotnických studií Univerzity J. E. Purkyně v Ústí nad Labem a Krajské zdravotní, a. s., a Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, o. z., Ústí nad Labem

<sup>ch</sup> Interní a kardiologická klinika, Lékařská fakulta Ostravské univerzity a Fakultní nemocnice Ostrava, Ostrava

<sup>i</sup> Kardiologické oddělení, Krajská nemocnice Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín

<sup>j</sup> Kardiologické oddělení, Nemocnice České Budějovice, a. s., České Budějovice a Zdravotně sociální fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice

<sup>k</sup> Kardiologická klinika, Lékařská fakulta Plzeň, Univerzita Karlova a Fakultní nemocnice Plzeň, Plzeň

<sup>l</sup> I. interní kardiologická klinika, Lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Hradec Králové, Hradec Králové

<sup>m</sup> Kardiologické oddělení, Interní klinika, 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Ústřední vojenská nemocnice, Praha

## Autoři originálního textu European Society of Cardiology (ESC):<sup>1</sup>

**Michael Glikson, Jens Cosedis Nielsen jménem pracovní skupiny  
the Task Force on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy  
Evropské kardiologické společnosti (ESC).**

### INFORMACE O ČLÁNKU

Historie článku:

Vložen do systému: 12. 3. 2022

Přijat: 12. 3. 2022

Dostupný online: 21. 3. 2022

### SOUHRN

Kapitola je detailním překladem aktuálně publikovaných doporučení Evropské kardiologické společnosti pro trvalou kardiostimulaci a srdeční resynchronizační terapii z roku 2021. Přináší modifikovanou klasifikaci bradyarytmií s indikací kardiostimulace, klade důraz na precizní diagnostiku ve vztahu k symptomatologii pacienta. Kromě klasických technik se nově objevuje problematika stimulace z oblasti převodního systému srdečního, která může být jistou alternativou srdeční resynchronizační terapie. Zcela nová je také problematika stimulace u pacientů, kteří podstupují katetrizační náhradu aortální chlopně. Indikace jsou precizovány, preventivní kardiostimulace u pacientů s raménkovou bloádou před výkonem není dnes již indikována. Je probírána bezelektrodová stimulace s realistickým pohledem na indikace. Přínosem pro klinickou praxi je oddíl věnující se indikacím stimulace ve specifických klinických scénářích – vrozené srdeční vady, gravidita, pooperační bradykardie aj.

**Adresa pro korespondenci:** Prof. MUDr. Miloš Tábořský, CSc., FESC, FACC, MBA, I. interní klinika – kardiologická, Lékařská fakulta Univerzity Palackého v Olomouci a Fakultní nemocnice Olomouc, I. P. Pavlova 6, 779 00 Olomouc, e-mail: milos.taborsky@fnol.cz

DOI: 10.33678/cor.2022.024

**Klíčová slova:**

bradykardie, dočasná stimulace, doporučené postupy (guidelines), fibrilace síní, indikace ke stimulaci, kardiostimulace, kardiostimulátor, komplikace, srdeční resynchronizační terapie, srdeční selhání, stimulace jiných (alternativních) míst, stimulace převodního systému, stimulace při TAVI, synkopa

**Keywords:**

alternate site pacing, atrial fibrillation, bradycardia, cardiac pacing, cardiac resynchronization therapy, complications, conduction system pacing, guidelines, heart failure, pacemaker, pacing indications, pacing in TAVI, syncope, temporary pacing

**ABSTRACT**

The chapter is a detailed translation of the updated, 2021 European Society of Cardiology guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. It presents a modified classification of bradyarrhythmias considered for cardiac pacing and highlights the importance of precision diagnosis based on the patient's symptomatology. In addition to conventional techniques, the updated version includes, as a novelty, the issue of conduction system pacing as an alternative to cardiac resynchronization therapy. A completely new subsection covers the topic of pacing in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation. The indications are clearly specified, with preventive pacing in patients developing bundle branch block no longer recommended. Yet another new concept incorporated into the update is leadless pacing in the "real-world" setting. A section that clinicians will find most useful examines indications for pacing in specific clinical scenarios such as congenital heart disease, pregnancy, postoperative bradycardias, and so on.

© 2022 European Society of Cardiology. All rights reserved. Published by the Czech Society of Cardiology. For permissions: please e-mail: [guidelines@escardio.org](mailto:guidelines@escardio.org)

**Obsah**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 Úvod</b>   | <b>10</b> |
| 1.1 Epidemiologie   | 10        |
| 1.2 Přirozený průběh onemocnění bez léčby   | 10        |
| 1.3 Patofyziologie a klasifikace bradyarytmií, u nichž se zvažuje léčba trvalou kardiostimulací   | 11        |
| 1.4 Typy a režimy stimulace: obecný popis   | 11        |
| 1.4.1 Endokardiální stimulace   | 11        |
| 1.4.2 Epikardiální stimulace  | 12        |
| 1.4.3 Srdeční resynchronizační léčba (endo- a/nebo epikardiální)  | 12        |
| 1.4.4 Alternativní metody (stimulace převodního systému srdečního, bezelektrodová stimulace)  | 12        |
| 1.4.4.1 Stimulace převodního systému srdečního  | 12        |
| 1.4.4.2 Bezelektrodová stimulace  | 12        |
| 1.4.5 Režimy stimulace  | 12        |
| 1.4.6 Kardiostimulace s proměnnou frekvencí   | 12        |
| 1.5 Rozdíly mezi pohlavími  | 12        |
| <b>2 Vyšetření pacienta s podezřením na bradykardii, případně s prokázanou bradykardií nebo s postižením převodního systému srdečního</b> | <b>12</b> |
| 2.1 Anamnéza a fyzikální vyšetření  | 12        |
| 2.2 Elektrokardiogram   | 14        |
| 2.3 Neinvazivní vyšetření   | 15        |
| 2.3.1 Ambulantní monitorování EKG   | 15        |
| 2.3.2 Zátěžové vyšetření  | 15        |
| 2.3.3 Zobrazovací metody  | 16        |
| 2.3.4 Laboratorní vyšetření   | 16        |
| 2.3.5 Genetické vyšetření   | 16        |
| 2.3.6 Vyšetření spánku  | 17        |
| 2.3.7 Test na nakloněné rovině  | 17        |
| 2.4 Implantabilní monitory  | 17        |
| 2.5 Elektrofyziologické vyšetření   | 18        |
| <b>3 Kardiostimulace pro bradykardii a postižení převodního systému srdečního</b>   | <b>18</b> |
| 3.1 Stimulace pro dysfunkci sinusového uzlu   | 18        |
| 3.1.1 Indikace ke stimulaci   | 18        |
| 3.1.1.1 Dysfunkce sinusového uzlu   | 18        |

|  |    |
|--|----|
| 3.1.1.2 Bradykardicko-tachykardická forma dysfunkce sinusového uzlu  | 20 |
| 3.1.2 Volba režimu stimulace a algoritmu   | 20 |
| 3.2 Kardiostimulace při síňokomorové blokádě   | 22 |
| 3.2.1 Indikace ke stimulaci  | 22 |
| 3.2.1.1 Atrioventrikulární blokáda prvního stupně  | 22 |
| 3.2.1.2 Atrioventrikulární blokáda druhého stupně typu Mobitz I (nebo Wenckebach)  | 22 |
| 3.2.1.3 Atrioventrikulární blokáda druhého stupně typu Mobitz II, 2 : 1 a pokročilá atrioventrikulární blokáda (někdy označovaná jako atrioventrikulární blokáda vysokého stupně s poměrem P : QRS 3 : 1 nebo vyšším), atrioventrikulární blokáda třetího stupně | 23 |
| 3.2.1.4 Paroxysmální atrioventrikulární blokáda  | 23 |
| 3.2.2 Volba režimu stimulace a algoritmu   | 23 |
| 3.2.2.1 Dvoudutinová versus komorová stimulace   | 23 |
| 3.2.2.2 Atrioventrikulární blokáda v případě trvalé fibrilace síní   | 23 |
| 3.3 Stimulace pro poruchy převodu impulsů bez atrioventrikulární blokady   | 24 |
| 3.3.1 Indikace ke stimulaci  | 24 |
| 3.3.1.1 Blokáda Tawarova raménka a neobjasněná synkopa   | 24 |
| 3.3.1.2 Blokáda Tawarova raménka, neobjasněná synkopa a abnormální výsledek elektrofyziologického vyšetření  | 24 |
| 3.3.1.3 Alternující blokáda Tawarova raménka   | 25 |
| 3.3.1.4 Blokáda Tawarova raménka bez symptomů  | 25 |
| 3.3.1.5 Pacienti s neuromuskulárními onemocněními  | 25 |
| 3.3.2 Volba režimu stimulace a algoritmu   | 26 |
| 3.4 Stimulace při reflexní synkopě   | 26 |

|  |           |   |           |
|--|-----------|---|-----------|
| 3.4.1 Indikace ke stimulaci . . . . .                        | 26        | 6.4.2 Vrozená atrioventrikulární blokáda . . . . .                    | 45        |
| 3.4.2 Volba režimu stimulace a algoritmu . . . . .           | 28        | 6.4.2.1 Indikace k implantaci   |           |
| 3.5 Stimulace pro (neprokázané) podezření                    |           | kardiostimulátoru . . . . .   | 45        |
| na bradykardii . . . . .                                     | 28        | 6.4.3 Pooperační atrioventrikulární blokáda . . . . .                 | 46        |
| 3.5.1 Recidivující nediagnostikovaná synkopa . . . . .       | 28        | 6.4.3.1 Indikace k implantaci   |           |
| 3.5.2 Opakované pády . . . . .                               | 29        | kardiostimulátoru . . . . .   | 46        |
| <b>4 Srdeční resynchronizační terapie . . . . .</b>          | <b>29</b> | 6.4.4 Srdeční resynchronizace . . . . .                               | 46        |
| 4.1 Epidemiologie, prognóza a patofyziologie                 |           | 6.5 Stimulace u hypertrofické kardiomyopatie . . . . .                | 46        |
| srdečního selhání vhodného pro srdeční                       |           | 6.5.1 Bradyarytmie . . . . .  | 46        |
| resynchronizační terapii biventrikulární stimulací . . . . . | 29        | 6.5.2 Stimulace v léčbě obstrukce výtokového                          |           |
| 4.2 Indikace k srdeční resynchronizační terapii:             |           | traktu levé komory . . . . .  | 46        |
| pacienti se sinusovým rytmem . . . . .                       | 29        | 6.5.3 Implantace kardiostimulátoru                                    |           |
| 4.3 Pacienti s fibrilací síní . . . . .                      | 31        | po septální myektomií a alkoholové                                    |           |
| 4.3.1 Pacienti s fibrilací síní a srdečním selháním,         |           | septální ablací . . . . .   | 46        |
| kterí jsou kandidáty srdeční                                 |           | 6.5.4 Srdeční resynchronizační terapie                                |           |
| resynchronizační léčby . . . . .                             | 31        | u terminální fáze hypertrofické                                       |           |
| 4.3.2 Pacienti s neupravenou srdeční frekvencí,              |           | kardiomyopatie . . . . .  | 46        |
| kterí jsou kandidáty ablace atrioventrikulární               |           | 6.6 Stimulace při vzácných onemocněních . . . . .                     | 47        |
| junkce (bez ohledu na šířku QRS) . . . . .                   | 32        | 6.6.1 Syndrom dlouhého intervalu QT . . . . .                         | 47        |
| 4.3.3 Rýsující se nové možnosti SRL: úloha stimulace         |           | 6.6.2 Neuromuskulární onemocnění . . . . .                            | 47        |
| převodního systému . . . . .                                 | 32        | 6.6.3 Dilatační kardiomyopatie při mutaci                             |           |
| 4.4 Pacienti s klasickým kardiostimulátorem                  |           | v genu pro lamin A/C . . . . .  | 47        |
| nebo s implantabilním kardioverterem-                        |           | 6.6.4 Mitochondriální cytopatie . . . . .                             | 48        |
| defibrilátorem, kteří potřebují převedení                    |           | 6.6.5 Infiltrativní a metabolická onemocnění . . . . .                | 48        |
| (upgrade) na srdeční resynchronizační terapii . . . . .      | 34        | 6.6.6 Zánětlivá onemocnění . . . . .                                  | 48        |
| 4.5 Stimulace u pacientů se sníženou ejekční                 |           | 6.6.6.1 Sarkoidóza . . . . .  | 49        |
| frakcí levé komory a klasickou indikací                      |           | 6.7 Kardiostimulace v těhotenství . . . . .                           | 49        |
| k antibradykardické stimulaci . . . . .                      | 34        | <b>7 Zvláštní okolnosti při implantaci přístrojů</b>                  |           |
| 4.6 Přínos přidání implantabilního kardioverteru-            |           | <b>a perioperační péče . . . . .</b>                                  | <b>49</b> |
| defibrilátoru u pacientů s indikacemi k srdeční              |           | 7.1 Obecné poznámky . . . . .   | 49        |
| resynchronizační terapii . . . . .                           | 35        | 7.2 Antibiotická profylaxe . . . . .                                  | 49        |
| 4.7 Faktory ovlivňující účinnost srdeční resynchronizační    |           | 7.3 Operační prostředí a asepse kůže . . . . .                        | 49        |
| terapie: úloha zobrazovacích metod . . . . .                 | 36        | 7.4 Vedení antikoagulační léčby . . . . .                             | 50        |
| <b>5 Alternativní strategie a místa stimulace . . . . .</b>  | <b>37</b> | 7.5 Žilní přístup . . . . .   | 50        |
| 5.1 Stimulace septa . . . . .                                | 37        | 7.6 Použití elektrody s aktivní vs. pasivní fixací . . . . .          | 51        |
| 5.2 Stimulace z oblasti srdečního                            |           | 7.7 Umístění elektrody . . . . .                                      | 51        |
| převodního systému . . . . .                                 | 37        | 7.8 Kapsa přístroje . . . . .   | 52        |
| 5.2.1 Implantace a sledování . . . . .                       | 37        | <b>8 Komplikace kardiostimulace a srdeční</b>                         |           |
| 5.2.2 Indikace . . . . .                                     | 39        | <b>resynchronizační terapie . . . . .</b>                             | <b>52</b> |
| 5.2.2.1 Stimulace pro bradykardii . . . . .                  | 39        | 8.1 Komplikace obecně . . . . .                                       | 52        |
| 5.2.2.2 Strategie „pace and ablate“ . . . . .                | 39        | 8.2 Specifické komplikace . . . . .                                   | 53        |
| 5.2.2.3 Úloha v srdeční resynchronizační                     |           | 8.2.1 Komplikace u elektrod . . . . .                                 | 53        |
| terapii . . . . .  | 39        | 8.2.2 Hematom . . . . .   | 53        |
| 5.3 Stimulace oblasti levého Tawarova raménka . . . . .      | 40        | 8.2.3 Infekce . . . . .   | 53        |
| 5.4 Bezelektroková stimulace . . . . .                       | 40        | 8.2.4 Interference s funkcí trojcípé chlopně . . . . .                | 54        |
| <b>6 Indikace ke stimulaci při zvláštních</b>                |           | 8.2.5 Jiné . . . . .  | 54        |
| <b>onemocněních a postiženích . . . . .</b>                  | <b>41</b> | <b>9 Péče o pacienty obecně . . . . .</b>                             | <b>54</b> |
| 6.1 Stimulace při akutním infarktu myokardu . . . . .        | 41        | 9.1 Vyšetření magnetickou rezonancí u pacientů                        |           |
| 6.2 Stimulace po kardiochirurgickém výkonu                   |           | s implantovanými přístroji . . . . .                                  | 54        |
| a transplantaci srdce . . . . .                              | 42        | 9.2 Radioterapie u pacientů s kardiostimulátorem . . . . .            | 57        |
| 6.2.1 Stimulace po koronárním bypassu                        |           | 9.3 Dočasná stimulace . . . . .                                       | 58        |
| a chlopenních operacích . . . . .                            | 42        | 9.4 Perioperační péče o pacienty s aktivním                           |           |
| 6.2.2 Stimulace po transplantaci srdce . . . . .             | 42        | implantabilním elektronickým přístrojem                               |           |
| 6.2.3 Stimulace po operaci na trojcípé chlopně . . . . .     | 42        | v kardiologii . . . . .   | 58        |
| 6.3 Stimulace po katetrizační implantaci aortální            |           | 9.5 Aktivní implantabilní elektronické přístroje                      |           |
| chlopně . . . . .  | 43        | v kardiologii a sport . . . . .                                       | 59        |
| 6.4 Kardiostimulace a srdeční resynchronizační               |           | 9.6 Když už stimulace není dále indikována . . . . .                  | 59        |
| terapie u městnavého srdečního selhání . . . . .             | 45        | 9.7 Následná pravidelná kontrola přístroje . . . . .                  | 59        |
| 6.4.1 Dysfunkce sinusového uzlu                              |           | <b>10 Komplexní péče o pacienta a společné rozhodování</b>            |           |
| a bradykardicko-tachykardický syndrom . . . . .              | 45        | <b>o kardiostimulaci a srdeční resynchronizační terapii . . . . .</b> | <b>60</b> |
| 6.4.1.1 Indikace k implantaci                                |           | <b>11 Ukazatele kvality . . . . .</b>                                 | <b>62</b> |
| kardiostimulátoru . . . . .                                  | 45        | <b>12 Hlavní sdělení . . . . .</b>                                    | <b>63</b> |

## 1 Úvod

### 1.1 Epidemiologie

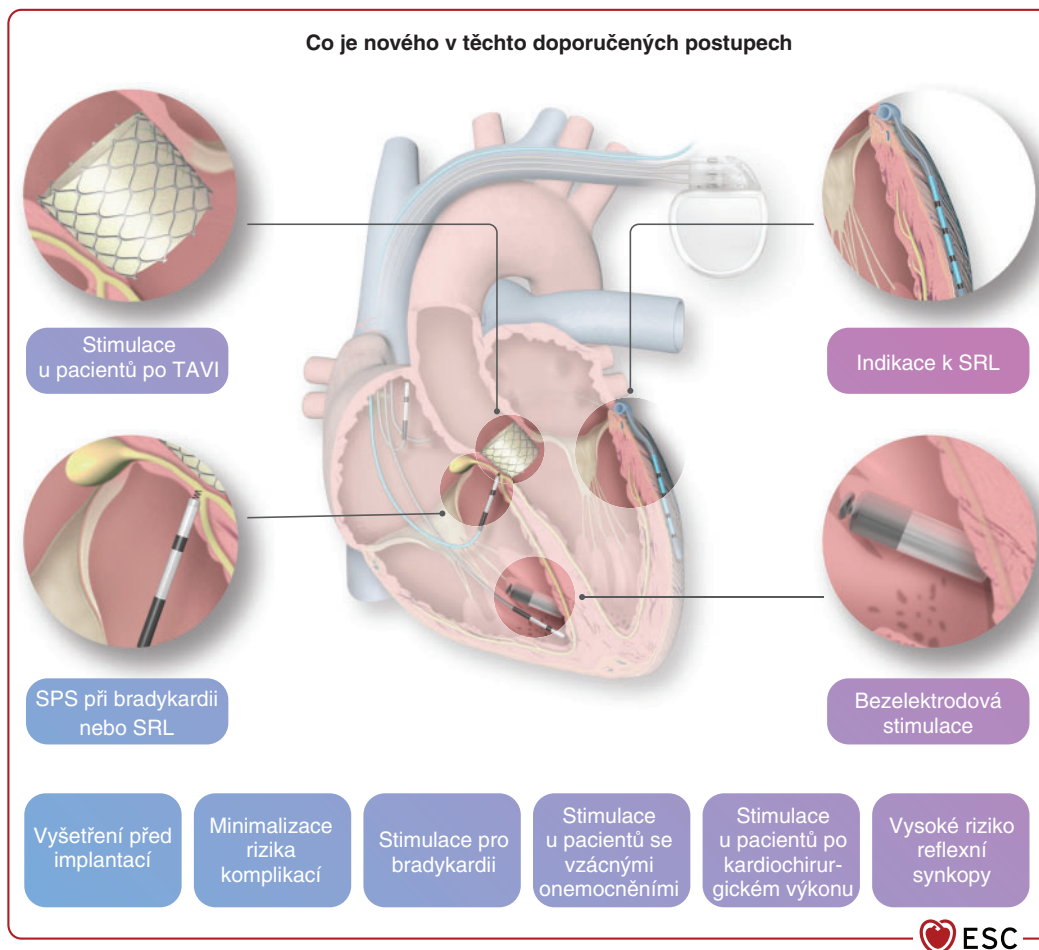
Údaje o prevalenci a incidenci implantace kardiostimulátorů nejsou v řadě zemí známy, nicméně bylo publikováno několik odhadů vycházejících z analýzy velkých observačních studií a databází. V uváděných počtech implantovaných kardiostimulátorů mezi evropskými zeměmi existuje značná variabilita pohybující se v rozmezí od < 25 implantací kardiostimulátorů na milion osob v Ázerbájdžánu, Bosně a Hercegovině a Kyrgyzstánu až po > 1 000 implantací na milion osob ve Francii, Itálii a Švédsku.<sup>2</sup> Tyto rozdíly mohou být výsledkem nedostatečné, nebo naopak nadměrné léčby pomocí kardiostimulátorů v některých zemích nebo odlišností v sociodemografických charakteristikách a patologických stavech. Díky prodlužující se době přežití a stárnutí populace počty implantovaných kardiostimulátorů trvale rostou.<sup>3-9</sup> Odhadovaný počet pacientů, u nichž se provádí implantace kardiostimulátorů v celosvětovém měřítku, se postupně zvýšil až na roční hodnoty ~1 milion přístrojů.<sup>3</sup> Mezi možné projevy srdeční patologie nebo onemocnění nekardiálního původu mohou patřit degenerace převodního srdečního systému a změny v mezibuněčném

převodu impulsů, přitom se s nimi lze nejčastěji setkat u starších jedinců. Většina případů bradykardií vyžadujících použití kardiostimulace se vyskytuje u starších osob, kdy se > 80 % kardiostimulátorů implantuje pacientům ve věku nad 65 let (obr. 1).

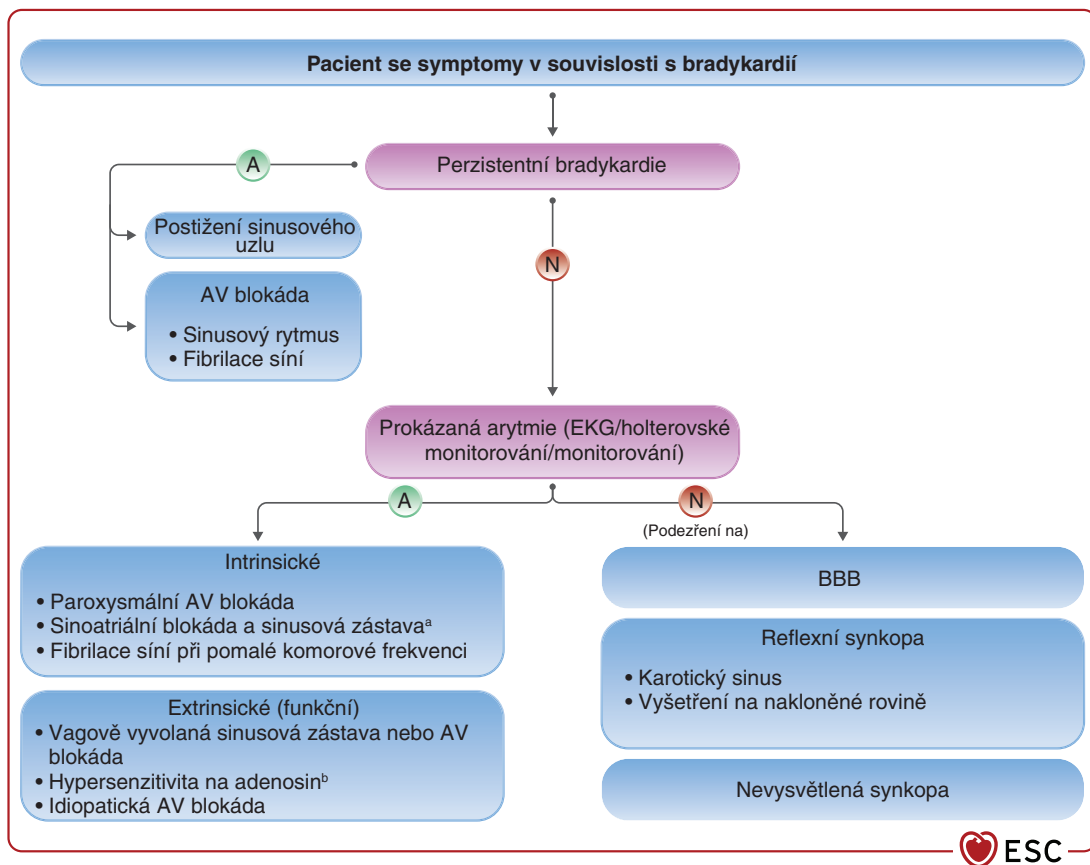
### 1.2 Přírozený průběh onemocnění bez léčby

Nejčastějšími indikacemi k zahájení trvalé kardiostimulace jsou síňokomorová (atrioventrikulární) blokáda (AVB) vysokého stupně a dysfunkce sinusového uzlu (sinus node dysfunction, SND). Konzervativně léčení (tzn. bez kardiostimulace) pacienti s AVB vysokého stupně vykazují značně horší hodnoty přežití oproti pacientům léčeným kardiostimulací.<sup>10-13</sup> Naproti tomu SND má nepředvídatelný průběh a nejsou k dispozici žádné důkazy o tom, že by léčba kardiostimulací zlepšovala prognózu.<sup>14-16</sup>

Prodloužení doby dožití nicméně není jediným cílem kardiostimulace. Základním kritériem při hodnocení klinického stavu pacienta a jeho prognózy je kvalita života, která nabízí holistický obrazek účinnosti klinické léčby.<sup>17</sup> Publikované studie shodně popisují lepší kvalitu života pacientů s kardiostimulací.<sup>18-23</sup>



Obr. 1 – Doporučené postupy ESC z roku 2021 pro kardiostimulaci a SRL přinášejí nová a aktualizovaná doporučení pro tyto způsoby léčby u příslušných patientských populací. SPS – stimulace převodního systému; SRL – srdeční resynchronizační léčba; TAVI – katetrizační implantace aortální chlopně.



Obr. 2 – Klasifikace prokázaných bradyarytmií a podezření na bradyarytmie. AV – atrioventrikulární; BBB – blokáda Tawarova raménka (bundle branch block); EKG – elektrokardiografický.

<sup>a</sup> Včetně bradykardicko-tachykardické formy syndromu chorého sinu.

<sup>b</sup> Deharo et al.<sup>33</sup>

Zdroj: Obrázek upraven z Brignole et al.<sup>34</sup>

### 1.3 Patofyziologie a klasifikace bradyarytmií, u nichž se zvažuje léčba trvalou kardiostimulací

Sinusovou bradykardii lze považovat za fyziologickou odpověď na specifické situace, s nimiž se lze setkat například u atletů s pravidelným tréninkem, mladých jedinců a během spánku. U patologických bradyarytmií hraje významnou úlohu jejich základní příčina a podle jejich etiologie je lze zhruba rozdělit na bradykardie s vnitřní (intrinsickou) a vnější (extrinsickou) etiologií. Významné intrinsické příčiny změn ve vysílání elektrických impulsů a jejich šíření převodním systémem představují pokročilý věk a s ním související degenerativní změny. Poruchy přechodu impulsů byly navíc uváděny do spojitosti s genetickými mutacemi (viz kap. 2.3.5); síňová kardiomyopatie<sup>24</sup> může představovat konkrétní onemocnění, jež může vést ke vzniku supraventrikulární tachyarytmie, SND a k postižení atrioventrikulárního (AV) uzlu.<sup>25</sup>

Je třeba od sebe odlišit reverzibilní a nereverzibilní příčiny bradykardie. Mezi možné reverzibilní příčiny bradykardie patří nežádoucí účinky léčiv, infarkt myokardu (IM), expozice toxickým látkám, infekce, chirurgické výkony a rozvrat iontové rovnováhy. Ve studii s 277 pacienty převezenými na oddělení neodkladné péče s bradykardií představovaly rozvrat iontové rovnováhy základní příčinu

ve 4 %, intoxikace v 6 %, akutní IM ve 14 % a nežádoucí účinky léčiv v 21 % případů.<sup>26</sup>

V případech nereverzibilních patologických příčin pomalé srdeční frekvence hraje při zvažování léčby trvalé bradykardie implantací kardiostimulátoru zásadní úlohu přítomnost a závažnost symptomů. To může představovat problém u pacientů s protichůdně působícími mechanismy vzniku symptomů. Obecně lze kandidáty léčby kardiostimulací zhruba rozdělit do dvou skupin: pacienty s perzistentní bradykardií a pacienty s intermitentní bradykardií (ať již potvrzenou, či nepotvrzenou elektrokardiografickým [EKG] vyšetřením). Perzistentní bradykardie obvykle ukazuje na vnitřní postižení tkáně sinusového uzlu nebo AV převodního systému, zatímco intermitentní bradykardie může být výsledkem dlouhé řady vnitřních a vnějších patologických procesů, jak ukazuje obrázek 2.<sup>27–32</sup>

### 1.4 Typy a režimy stimulace: obecný popis

#### 1.4.1 Endokardiální stimulace

Endokardiální kardiostimulátory s elektrodami sestávají z generátoru pulsů běžně umístěného v oblasti hrudníku a z transvenózní elektrody či vodičů implantovaných do myokardu, kde mohou sledovat srdeční aktivitu a v případě potřeby provádět kardiostimulaci. Od zavedení trans-



venózních epikardiálních kardiostimulátorů v 60. letech minulého století došlo k významnému technickému pokroku, který značně zvýšil jejich účinnost a bezpečnost. Obecně je implantace kardiostimulátoru považována za výkon spojený s nízkým rizikem, není nicméně prostá komplikací v souvislosti se samotným chirurgickým výkonem a s (případně chybným) fungováním kardiostimulátoru. Implantace kardiostimulátoru je předmětem nedávno publikovaného konsenzuálního dokumentu Evropské asociace pro srdeční rytmus (European Heart Rhythm Association, EHRA).<sup>35</sup>

#### 1.4.2 Epikardiální stimulace

Některé klinické scénáře přímo vyžadují implantaci epikardiálního stimulačního systému. Do této skupiny patří pacienti s vrozenými anomáliemi a bez žilního přístupu k srdci nebo se zkratovým prouděním mezi pravou a levou stranou oběhového systému, s recidivující infekcí přístroje, s uzávěrem žil a – dnes nejčastěji – v souvislosti s kardiochirurgickým výkonem na otevřeném srdci. V současnosti se epikardiální vodiče implantují různými (miniinvazivními) torakotomickými nebo torakoskopickými a robotickými metodami.<sup>36</sup>

#### 1.4.3 Srdeční resynchronizační léčba (endo- a/nebo epikardiální)

Srdeční dyssynchronie vzniká v důsledku rozdílného načasování elektrické a mechanické aktivace srdečních komor, které může snížit účinnost srdeční funkce. Srdeční resynchronizační léčba (SRL) zajišťuje biventrikulární stimulaci s cílem odstranit elektromechanickou dyssynchronii a zvýšit srdeční výdej.<sup>37</sup> V řadě studií byl prokázán významný přínos SRL z hlediska snížení morbiditu i mortality u specifických skupin pacientů se sníženou ejekční frakcí levé komory (EF LK).<sup>38–41</sup>

#### 1.4.4 Alternativní metody (stimulace převodního systému srdečního, bezelektrodová stimulace)

##### 1.4.4.1 Stimulace převodního systému srdečního

Ve srovnání se stimulací pravé komory představuje stimulace převodního systému fyziologičtější souběžnou elektrickou aktivaci srdečních komor cestou Hisova–Purkyňova systému. Stimulace převodního systému (SPS) dokáže obnovit převod impulsů u podskupiny pacientů s AVB vysokého stupně a zmenšit šířku komplexu QRS u některých pacientů s bloádou levého Tawarova raménka (left bundle branch block, LBBB) nebo s bloádou pravého Tawarova raménka (right bundle branch block, RBBB).<sup>42–45</sup> Probíhají další studie s cílem zjistit, zda SPS má větší klinický přínos než SRL nebo stimulace pravé komory (PK). Navíc je stimulace oblasti levého raménka předmětem výzkumu jako možný způsob stimulace u pacientů s postižením převodního systému srdečního příliš daleko pro SPS (viz kap. 5.3).

##### 1.4.4.2 Bezelektrodová stimulace

V klinické praxi se již objevily miniaturní intrakardiální bezelektrodové kardiostimulátory. Tyto přístroje se zavádějí perkutánně femorální žilou a implantují přímo do stěny PK pomocí speciálních zaváděcích katétrů. Ukázalo se, že bezelektrodové kardiostimulátory první generace

zajišťují účinnou léčbu formou jednodutinové kardiostimulace.<sup>46–51</sup> I když se jedná o slibnou techniku, jistým omezením zůstávají možné potíže s explantací bezelektrodového kardiostimulátoru na konci jeho životnosti. Dosud nejsou k dispozici žádné údaje z randomizovaných kontrolovaných studií srovnávajících klinické výsledky kardiostimulace bezelektrodovými přístroji versus jednodutinovými transvenózními přístroji.

#### 1.4.5 Režimy stimulace

Technický pokrok v oblasti kardiostimulace vedl ke vzniku dlouhé řady možností stimulace. Kardiostimulátory dokážou snímat vlastní elektrickou aktivitu srdce a obnovit jeho frekvenci i AV sekvenční aktivace srdce. Volba optimálního režimu kardiostimulace při poruchách převodu impulsů závisí hlavně na základním onemocnění, dopadu kardiostimulace na morbiditu a možném nežádoucím účinku zvoleného režimu kardiostimulace. Volba režimů kardiostimulace v konkrétních situacích je tématem kapitoly 3.

#### 1.4.6 Kardiostimulace s proměnnou frekvencí

Sinusový uzel mění během různých druhů a míry zátěže (tzn. fyzické zátěže, emocí, změny polohy a horečky) srdeční frekvenci úměrně k metabolickým potřebám. Úkolem kardiostimulátorů s proměnnou frekvencí je zajistit odpovídající kompenzační srdeční frekvenci během emocionální nebo fyzické aktivity snímáním pohybu těla / zrychlováním pohybu, měřením dechové frekvence za minutu, intrakardiální impedancí nebo jiných zástupných parametrů fyzické a psychické zátěže a jejich použití je indikováno v případech chronotropní inkompetence.<sup>52–58</sup> U vybraných pacientů lze použít přístroj s duálním snímáním srdeční aktivity a s proměnnou frekvencí.

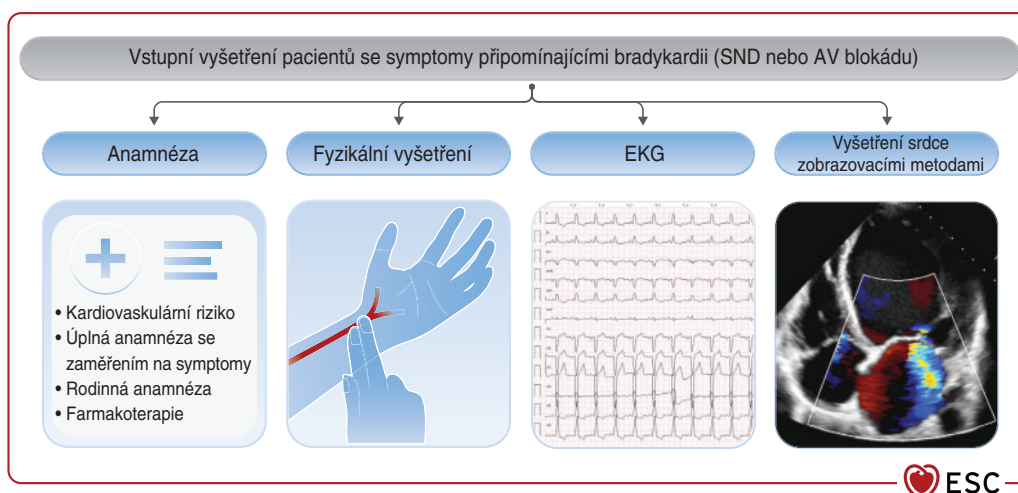
### 1.5 Rozdíly mezi pohlavími

Indikace ke stimulaci a incidence komplikací se mezi muži a ženami liší. U mužů se primární implantace kardiostimulátoru indikuje častěji pro AVB a méně často pro SND a fibrilaci síní (FS) s bradykardií.<sup>61,62</sup> U žen je incidence nežádoucích účinků v souvislosti s chirurgickým výkonem po korekci vzhledem k věku a typu přístroje statisticky významně vyšší. Na vyšší incidenci se podílejí hlavně pneumotorax, perikardiální výpotek a hematomy v oblasti kapsy.<sup>61,62</sup> Mezi možná vysvětlení této skutečnosti patří menší tělesná konstituce žen i anatomické rozdíly, jako jsou menší průsvit žil a velikost PK.

## 2 Vyšetření pacienta s podezřením na bradykardii, případně s prokázanou bradykardií nebo s postižením převodního systému srdečního

### 2.1 Anamnéza a fyzikální vyšetření

Při vyšetřování pacientů s podezřením na bradykardii nebo s prokázanou bradykardií je naprosto nezbytné důkladně odebrat anamnézu a provést fyzikální vyšetření (obr. 3). Současné doporučené postupy zdůrazňují význam anamnézy a fyzikálního vyšetření při vstupním



Obr. 3 – Počáteční vyšetření pacientů se symptomy připomínajícími bradykardií. AVB – atrioventrikulární blokáda; EKG – elektrokardiogram; SND – dysfunkce sinusového uzlu (sinus node dysfunction).

vyšetření s pacientem, zvláště kvůli vyhledávání jedinců se strukturálním postižením srdce.<sup>63,64</sup>

Úplná anamnéza zahrnuje rodinnou anamnézu, komplexní stanovení kardiovaskulárního rizika a seznámení se s onemocněními, která pacient prodělal v poslední době, ale i dříve, jež by mohla být příčinou bradykardie. Anamnéza se musí zaměřit na frekvenci, závažnost a délku přítomnosti symptomů, které by mohly připomínat bradykardií nebo postižení převodního systému srdečního. Je nutno prozkoumat vztah symptomů k fyzické aktivitě, emocionálnímu vypětí, změnám polohy, farmakoterapii (tabulka 1) a k typickým spouštěčům (např. močení, defekace, kašel, dlouhodobější stání a holení), stejně jako k tepové frekvenci, pokud se měří během epizody bradykardie.

Tabulka 1 – Léčiva, která mohou vyvolat bradykardií nebo poruchy převodu impulsů

|   | Sinusová bradykardie | AVB |
|---|----------------------|-----|
| Beta-blokátory                                    | +                    | +   |
| <b>Antihypertenziva</b>                           |                      |     |
| Non-dihydropyridinové blokátory kalciových kanálů | +                    | +   |
| Methyldopa  | +                    | –   |
| Clonidin  |                      |     |
| <b>Antiarytmika</b>                               |                      |     |
| Amiodaron   | +                    | +   |
| Dronedaron  | +                    | +   |
| Sotalol   | +                    | +   |
| Flecainid   | +                    | +   |
| Propafenon  | +                    | +   |
| Procainamid                                       | –                    | +   |
| Disopyramid                                       | +                    | +   |
| Adenosin  | +                    | +   |
| Digoxin   | +                    | +   |
| Ivabradin   | +                    | –   |

|   | Sinusová bradykardie | AVB |
|---|----------------------|-----|
| <b>Psychoaktivní a neuroaktivní látky</b>             |                      |     |
| Donepezil   | +                    | +   |
| Lithium   | +                    | +   |
| Opioidní analgetika                                   | +                    | –   |
| Fenothiazin   | +                    | +   |
| Fenytoin  | +                    | +   |
| Selektivní inhibitory zpětného vychytávání serotoninu | –                    | +   |
| Tricyklická antidepresiva                             | –                    | +   |
| Carbamazepin  | +                    | +   |
| <b>Jiné</b>   |                      |     |
| Svalová relaxancia                                    | +                    | –   |
| Konopí  | +                    | –   |
| Propofol  | +                    | –   |
| Ticagrelor  | +                    | +   |
| Kortikosteroidy ve vysokých dávkách                   | +                    | –   |
| Chlorochin  | –                    | +   |
| Antagonisté H <sub>2</sub>                            | +                    | +   |
| Inhibitory protonové pumpy                            | +                    | –   |
| <b>Chemoterapie</b>                                   |                      |     |
| Oxid arsenitý   | +                    | +   |
| Bortezomib  | +                    | +   |
| Capecitabin   | +                    | –   |
| Cisplatina  | +                    | –   |
| Cyklofosamid  | +                    | +   |
| Doxorubicin   | +                    | –   |
| Epirubicin  | +                    | –   |
| 5-fluorouracil  | +                    | +   |
| Ifosfamid   | +                    | –   |
| Interleukin-2   | +                    | –   |
| Methotrexát   | +                    | –   |

Tabulka 1 – Pokračování

|              | Sinusová<br>bradykardie | AVB |
|--------------|-------------------------|-----|
| Mitoxantron  | +                       | +   |
| Paclitaxel   | +                       | –   |
| Rituximab    | +                       | +   |
| Thalidomid   | +                       | +   |
| Anthracyclin | –                       | +   |
| Taxan        | –                       | +   |

AVB – atrioventrikulární blokáda.

Rodinná anamnéza může být obzvláště významná u mladých pacientů s progredujícím postižením srdečního převodního systému buď izolovaně, nebo ve spojení s kardiomyopatiemi a/nebo s myopatiemi.<sup>65,66</sup>

Při fyzikálním vyšetření je třeba se zaměřit na projevy bradykardie a známky základního strukturálního onemocnění srdce nebo systémové poruchy (tabulka 2).

Tabulka 2 – Vnitřní (intrinsické) a vnější (extrinsické) příčiny bradykardie

|  | Sinusová<br>bradykardie | Poruchy<br>funkce AVJ |
|--|-------------------------|-----------------------|
| <b>Intrinsické</b>   |                         |                       |
| Idiopatické (stárnutí, degenerativní)                          | +                       | +                     |
| Infarkt/ischemie   | +                       | +                     |
| Kardiomyopatie   | +                       | +                     |
| Genetické poruchy  | +                       | +                     |
| <b>Infiltrativní onemocnění</b>                                |                         |                       |
| Sarkoidóza   | +                       | +                     |
| Amyloidóza   | +                       | +                     |
| Hematochromatóza   | +                       | +                     |
| <b>Systémová onemocnění pojiva (kolagenózy)</b>                |                         |                       |
| Revmatoidní artritida  | +                       | +                     |
| Sklerodermie   | +                       | +                     |
| Systémový lupus erythematosus                                  | +                       | +                     |
| Střádavá onemocnění  | +                       | +                     |
| Neuromuskulární onemocnění                                     | +                       | +                     |
| <b>Infekční onemocnění</b>                                     |                         |                       |
| Endokarditida (perivalvulární absces)                          | +                       | –                     |
| Chagasova choroba  | +                       | +                     |
| Myokarditida   | –                       | +                     |
| Lymeská borelióza  | –                       | +                     |
| Záškrt   | –                       | +                     |
| Toxoplazmóza   | –                       | +                     |
| Vrozené srdeční vady   | +                       | +                     |
| <b>Kardiochirurgické výkony</b>                                |                         |                       |
| Aortokoronární bypass  | +                       | +                     |
| Operace chlopní (včetně katetrizační náhrady aortální chlopně) | +                       | +                     |
| Operace MAZE   | +                       | –                     |
| Transplantace srdce  | +                       | +                     |

|                                      | Sinusová<br>bradykardie | Poruchy<br>funkce AVJ |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Radioterapie                         | +                       | +                     |
| Záměrná nebo iatrogenní AVB          | –                       | +                     |
| Ablace při sinusové tachykardii      | +                       | –                     |
| <b>Extrinsické</b>                   |                         |                       |
| Trénink (sportovní)                  | +                       | +                     |
| Vagový reflex                        | +                       | +                     |
| Účinky léčiv                         | +                       | +                     |
| Idiopatická paroxysmální AVB         | –                       | +                     |
| <b>Rozvrat iontové rovnováhy</b>     |                         |                       |
| Hypokalemie                          | +                       | +                     |
| Hyperkalemie                         | +                       | +                     |
| Hyperkalcemie                        | +                       | +                     |
| Hypermagnezemie                      | +                       | +                     |
| <b>Metabolické poruchy</b>           |                         |                       |
| Hypotyreóza                          | +                       | +                     |
| Anorexie                             | +                       | +                     |
| Hypoxie                              | +                       | +                     |
| Acidóza                              | +                       | +                     |
| Hypotermie                           | +                       | +                     |
| <b>Neurologické poruchy</b>          |                         |                       |
| Zvýšený nitrolební tlak              | +                       | +                     |
| Nádory v centrálním nervovém systému | +                       | +                     |
| Temporální epilepsie                 | +                       | +                     |
| Obstrukční spánková apnoe            | +                       | +                     |

AV – atrioventrikulární; AVB – atrioventrikulární blokáda; AVJ – atrioventrikulární junkce; SND – dysfunkce sinusového uzlu.  
Upraveno z Mangrum et al.<sup>72</sup> a Da Costa et al.<sup>73a</sup>

Symptomatické pomalé periferní pulsy je nutno potvrdit poslechem srdce nebo EKG vyšetřením, aby se lékař ujistil, že se za bradykardii mylně nepovažují jiné rytmy (např. předčasné komorové stahy).

Poruchy autonomní regulace hrají významnou úlohu v diferenciální diagnostice synkopy nebo presynkopy; ortostatické změny v srdeční frekvenci a krevním tlaku tak mohou být nápomocné při vyšetřování pacientů.

Masáž karotického sinu (carotid sinus massage, CSM) může být užitečná u všech pacientů ve věku  $\geq 40$  let se symptomy připomínajícími syndrom karotického sinu (carotid sinus syndrome, CSS): synkopu nebo presynkopu vyvolanou těsným límečkem, holením či pootočením hlavy.<sup>67,68</sup> Diagnostika CSS vyžaduje jak reprodukci spontánních symptomů během CSM, tak klinické charakteristiky spontánní synkopy vyvolané reflexním mechanismem.<sup>69–71</sup>

## 2.2 Elektrokardiogram

Spolu s anamnézou a fyzikálním vyšetřením je základní složkou vstupního vyšetření pacientů s prokázanou nebo domnělou bradykardií klidový EKG. Dvanáctisvodový EKG nebo grafický záznam rytmu během symptomatické epizody pomůže stanovit definitivní diagnózu.



Pro jedince, u nichž fyzikální vyšetření naznačí bradykardii, je vhodné k potvrzení rytmu, frekvence, povahy a rozsahu poruchy převodu impulsů natočit dvanáctisvodový EKG. Elektrokardiogram může navíc poskytnout informace o strukturálním postižení srdce nebo o systémovém onemocnění (např. o hypertrofii levé komory, kmitech Q, prodloužení intervalu QT a o nízké voltáži), které u symptomatických pacientů ukazují na nepříznivou prognózu.<sup>63</sup>

## 2.3 Neinvazivní vyšetření

### Doporučení pro neinvazivní vyšetření

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| Po vyloučení stenózy karotické tepny <sup>c</sup> se u pacientů se synkopou neznámé etiologie a odpovídající reflexnímu mechanismu nebo se symptomy v souvislosti s tlakem/manipulací v oblasti karotického sinu doporučuje provést CSM. <sup>69-71</sup> | I                  | B                   |

CSM – masáž karotického sinu.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

<sup>c</sup> CSM se nesmí provádět u pacientů po tranzitorní ischemické atace, cévní mozkové příhodě nebo při prokázané stenóze karotické tepny. Před CSM je nutné poslechem vyšetřit karotické tepny. Při zjištění šelestu nad karotickými tepnami je – k vyloučení jejich postižení – nutno karotidy vyšetřit ultrazvukem.

### 2.3.1 Ambulantní monitorování EKG

Aby bylo možno korelovat poruchy srdečního rytmu se symptomy, vyžaduje intermitentní povaha většiny epizod symptomatické bradykardie na podkladě postižení převodního systému srdečního často dlouhodobější ambulantní monitorování EKG. Toto monitorování umožňuje zjistit přerušení AV převodu impulsů buď primárním onemocněním převodního systému, vagovým nebo neurokardiogenním mechanismem, nebo reflexní AV blokádou.<sup>73,73a</sup>

Ambulantní monitorování EKG vyhledává poruchy sinusové automaticity, mezi něž patří sinusové pauzy, sinusová bradykardie, bradykardicko-tachykardický syndrom, asystolie po konverzi flutteru síní nebo FS a chronotropní inkompetence.

Různé způsoby ambulantního monitorování EKG byly hodnoceny v nedávno vydaném komplexním expertním konsenzuálním dokumentu.<sup>74</sup> Volba ambulantního EKG monitorování závisí na četnosti a charakteristice symptomů (tabulka 3).

### Doporučení pro ambulantní monitorování EKG

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| Aby bylo možno korelovat poruchy rytmu se symptomy, doporučuje se pro vyšetření pacientů s podezřením na bradykardii provést ambulantní monitorování EKG. <sup>74</sup> | I                  | C                   |

EKG – elektrokardiogram.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

Tabulka 3 – Volba ambulantního elektrokardiografického monitorování v závislosti na četnosti symptomů

| Četnost symptomů |  |
|------------------|--|
| Denní            | 24h holterovské EKG nebo telemetrické monitorování v nemocnici   |
| Každých 48–72 h  | 24–48–72h holterovské EKG monitorování   |
| Každý týden      | 7denní holterovské EKG monitorování / vnější smyčkový záznamník / vnější záznamník s nalepovací elektrodou |
| Každý měsíc      | vnější smyčkový záznamník / vnější záznamník s nalepovacími elektrodami / ruční záznamník EKG              |
| < 1 za měsíc     | IRL  |

EKG – elektrokardiogram; IRL – implantabilní smyčkový záznamník.

Upraveno z Brignole et al.<sup>34</sup>

### 2.3.2 Zátěžové vyšetření

Zátěžové vyšetření může být užitečné u vybraných pacientů s podezřením na bradykardii během zátěže nebo krátce po ní. Symptomy, které se objeví během zátěže, jsou nejspíše kardiálního původu, zatímco symptomy, které vzniknou po zátěži, jsou obvykle vyvolány reflexním mechanismem. Zátěžové vyšetření lze použít při stanovování diagnózy symptomatické chronotropní inkompetence definované jako neschopnost zvýšit srdeční frekvenci úměrně ke zvýšeným metabolickým nárokům fyzické aktivity.<sup>75,76</sup> Nejčastěji používanou definicí chronotropní inkompetence je neschopnost dosáhnout 80 % předpokládané rezervy srdeční frekvence. Předpokládaná rezerva srdeční frekvence je definována jako rozdíl mezi maximální srdeční frekvencí pro daný věk (220 – věk) a klidovou srdeční frekvencí. Některá léčiva a komorbidity nicméně způsobují intoleranci zátěže a ztěžují stanovení diagnózy chronotropní inkompetence zátěžovým vyšetřením.

U pacientů se symptomy projevujícími se při zátěži může být občas základní příčinou rozvoj nebo progres AVB. Je prokázáno, že kompletní AVB a AVB druhého stupně vyvolané zátěží v souvislosti s tachykardií vznikají distálně k síňokomorovému uzlu (atrioventricular node, AVN) a predikují progresi k trvalé AVB.<sup>77-79</sup> Na klidovém EKG tyto pacienti obvykle vykazují abnormality intraventrikulárního převodu; v takových případech však byl popsán i normální klidový EKG.<sup>78,80</sup> Zátěžové vyšetření může prokázat pokročilou infranodální AVB v přítomnosti postižení převodního systému srdečního v přesně neurčitelné oblasti.

Ve vzácných případech jsou zátěží vyvolané poruchy převodu impulsů způsobeny ischemií myokardu nebo koronárním vazospasmem a zátěžové vyšetření může reprodukovat příslušné symptomy.<sup>81,82</sup>

V současnosti nejsou k dispozici žádné údaje podporující indikaci k zátěžovému vyšetření u pacientů bez symptomů v souvislosti se zátěží. Zátěžové vyšetření může být užitečné u vybraných pacientů k odlišení AVN od poruch převodu impulsů v Hisově–Purkyněho systému v oblasti pod AVN při poruchách převodu impulsů na přesně neurčitelné.

**Doporučení pro zátěžové vyšetření**

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| Zátěžové vyšetření se doporučuje u pacientů se symptomy vyvolávajícími podezření na bradykardii během zátěže nebo bezprostředně po ní. <sup>63,75–81</sup>                               | I                  | C                   |
| U pacientů s podezřením na chronotropní inkompetenci je nutno pro potvrzení diagnózy zvážit zátěžové vyšetření. <sup>75,76</sup>   | IIa                | B                   |
| U pacientů s postižením intraventrikulárního převodu impulsů nebo s AVB neznámé závažnosti lze pro odhalení případné infranodální blokady zvážit zátěžové vyšetření. <sup>77,78,80</sup> | IIb                | C                   |

AVB – atrioventrikulární blokáda.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

**2.3.3 Zobrazovací metody**

U pacientů s podezřením na bradykardii nebo s prokázanou symptomatickou bradykardií se pro zjištění případného strukturálního postižení srdce, zhodnocení systolické funkce LK a zjištění možných reverzibilních příčin poruch převodu impulsů doporučuje provést vyšetření srdce pomocí zobrazovacích metod (tabulka 2).

Nejdostupnější zobrazovací metodou pro vyšetření výše uvedených možností je echokardiografie. Lze ji použít i v kontextu hemodynamické nestability. Při podezření na ischemickou chorobu srdeční se doporučuje provést vyšetření koronárních tepen výpočetní tomografií (CT), koronarografií nebo zobrazovací metodou při zátěži.<sup>83</sup> Vyšetření srdce metodami magnetické rezonance (CMR) a nukleární medicíny poskytuje informace o charakteristikách tkání (zánět, fibróza/zjizvení), a pokud existuje podezření na specifické etiologie spojené s abnormalitami převodu impulsů (zvláště u mladých pacientů), je nutno jejich použití zvážit ještě před implantací kardiostimulátoru. Metody pozdního syčení gadolinem (LGE) a T2 CMR umožňují stanovit diagnózu specifických příčin poruch převodu impulsů (tzn. sarkoidózy a myokarditidy). Kombinace LGE a CMR pomáhá při rozhodování u jedinců s arytmiickými příhodami; přítomnost velkých oblastí LGE (jizva/fibróza) nejspíše ukazuje na zvýšené riziko komorových arytmií bez ohledu na EF LK a může znamenat nutnost zavedení implantabilního kardioverteru-defibrilátoru (ICD).<sup>84–86</sup> Sekvence metody T2 CMR jsou vhodné při vyhledávání zánětu myokardu (tzn. otoků a hyperemie) jako možné příčiny tranzitorních převodních abnormalit, které nemusejí vyžadovat implantaci trvalého kardiostimulátoru.<sup>87</sup> Podobně i pozitronová emisní tomografie (PET) ve spojení s CMR nebo s CT pomáhá v diagnostice zánětlivé aktivity infiltrativních kardiomyopatií (tzn. sarkoidózy).<sup>88,89</sup>

**Doporučení pro vyšetření pomocí zobrazovacích metod před implantací**

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| Vyšetření srdce zobrazovacími metodami se doporučuje u pacientů s podezřením na bradykardii nebo s prokázanou symptomatickou bradykardií pro vyšetření strukturálního postižení srdce, zhodnocení systolické funkce LK a pro diagnostiku možných příčin poruch převodu impulsů.                    | I                  | C                   |
| Pro charakterizaci tkáně myokardu v diagnostice specifických patologií spojených s abnormalitami převodu impulsů vyžadujícími implantaci kardiostimulátoru, zvláště u pacientů mladších 60 let, je nutno zvážit použití multimodálních zobrazovacích metod (CMR, CT nebo PET). <sup>84–87,89</sup> | IIa                | C                   |

CMR – srdeční magnetická rezonance; CT – výpočetní tomografie; LK – levá komora; PET – pozitronová emisní tomografie.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

**2.3.4 Laboratorní vyšetření**

Při plánování implantace kardiostimulátoru je nutno provést laboratorní vyšetření včetně celkového krevního obrazu, protrombinového času, částečného tromboplastinového času, posouzení renálních funkcí a změření hodnot elektrolytů.

Ke vzniku bradykardie nebo AVB může dojít na podkladě jiných onemocnění (tabulka 2). Při podezření na bradykardii nebo AVB jsou užitečné laboratorní údaje pro vyhledávání a léčbu těchto onemocnění (např. funkce štítné žlázy, hodnoty protilátek proti lymeské borelióze pro diagnostiku myokarditidy u mladého jedince s AVB, endokarditidy, hyperkalemie, hodnoty digoxinu a hyperkalcemie).<sup>90–95</sup>

**Doporučení pro laboratorní vyšetření**

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| Kromě laboratorních vyšetření před implantací <sup>c</sup> se pro diagnostiku a léčbu těchto onemocnění doporučuje provést specifické laboratorní vyšetření u pacientů s klinickým podezřením na možné základní příčiny reverzibilní bradykardie (např. vyšetření funkce štítné žlázy, stanovení protilátek proti lymeské borelióze, hodnoty digoxinu, draslíku, kalcia a pH). <sup>91–95</sup> | I                  | C                   |

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

<sup>c</sup> Celkový krevní obraz, protrombinový čas, parciální tromboplastinový čas, sérová koncentrace kreatininu a elektrolyty.

**2.3.5 Genetické vyšetření**

Většina poruch převodu impulsů v srdci je důsledkem buď stárnutí, nebo strukturálních abnormalit převodního systému srdečního vyvolaných základním strukturálním srdečním onemocněním. Již byly identifikovány geny zodpovědné za vrozené srdeční vady jako dědičná onemocnění spojená s poruchami převodu srdečních impulsů.<sup>66,96,97</sup>

U řady abnormalit, které se mohou projevovat v izolovaných formách poruch převodu srdečních impulsů nebo ve spojení s kardiomyopatiemi, vrozenými srdečními vadami nebo s extrakardiálními poruchami se předpokládá, že jsou způsobeny mutací genů. Ve většině případů geneticky podmíněných poruch převodu srdečních impulsů se jedná o autosomálně dominantní dědičné onemocnění.<sup>66,96</sup>

S progredujícím postižením převodu srdečních impulsů (progressive cardiac conduction disease, PCCD) se lze setkat při neobjasněných progredujících abnormalitách pře-

vodu impulsů u mladých (< 50 let věku) jedinců se strukturálně zdravým srdcem, bez postižení kosterního svalstva, zvláště u jedinců s rodinnou anamnézou PCCD.<sup>99</sup> Běžnými geny spojenými s PCCD jsou *SCN5A* a *TRPM4* v případě izolované formy a *LMNA* v případě PCCD spojeného se srdečním selháním.

Diagnóza PCCD u daného pacienta se stanovuje na základě klinických údajů včetně osobní a rodinné anamnézy a výsledku 12svodového EKG. Pro zjištění případné vrozené srdeční vady (VSV) a/nebo kardiomyopatie je nutno provést vyšetření srdce zobrazovací metodou.

Časný rozvoj PCCD, buď izolovaně, nebo současně se strukturálním postižením srdce, musí lékaře okamžitě vést ke zvážení genetického vyšetření na nosičství genu pro PCCD, zvláště u pacientů s pozitivní rodinnou anamnézou abnormalit převodu srdečních impulsů, s implantovanými kardiostimulátory nebo rodinnou anamnézou náhlé srdeční smrti.<sup>98</sup>

Skupina odborníků pro vypracování konsenzuálního dokumentu podpořila provádění genetického vyšetření na konkrétní mutaci u rodinných příslušníků a příbuzných poté, co se u daného jedince zjistí mutace vyvolávající PCCD. Toto vyšetření lze odložit u asymptomatických dětí vzhledem k tomu, že postižení převodu srdečních impulsů a inkompletní penetrance závisí na věku.<sup>66</sup> Každý případ je nicméně nutno posoudit individuálně v závislosti na riziku zjištěné mutace.

Asymptomatické rodinné příslušníky s pozitivitou pro rodinné mutace genu pro PCCD je nutno pravidelně sledovat pro možnost vzniku symptomů v souvislosti s postižením převodu srdečních impulsů, se zhoršením převodu srdečních impulsů a s rozvojem srdečního selhání (HF).

### 2.3.6 Vyšetření spánku

Noční bradyarytmie se v běžné populaci vyskytují často. Ve většině případů se jedná o fyziologické vagově vyvolané asymptomatické příhody nevyžadující žádnou intervenci.<sup>99–101</sup>

U pacientů se syndromem spánkové apnoe (sleep apnoea syndrome, SAS) byla během epizody apnoe zjištěna vyšší prevalence bradykardií ve spánku (jak sinusových, tak souvisejících s převodním systémem srdečním).<sup>102,103</sup> Hypoxemie navozená SAS představuje hlavní mechanismus vedoucí ke zvýšení vagového tonu a bradykardických poruch srdečního rytmu.<sup>102,103</sup> Dalším vzácným mechanismem bradykardie ve spánku (obvykle v podobě delší sinusové zástavy) je bradykardie ve fázi REM spánku, bez souvislosti s apnoe. Tento mechanismus lze zjistit i polysomnografickým vyšetřením.<sup>104</sup> I když většina případů uváděných v literatuře byla řešena implantací kardiostimulátoru, důkazů pro vhodnost tohoto přístupu je velmi málo a shody ohledně léčby těchto pacientů zatím nebylo dosaženo.<sup>104</sup>

Léčba kontinuálním přetlakem v dýchacích cestách (continuous positive airway pressure, CPAP) zmírňuje symptomy související s obstrukční spánkovou apnoe a zlepšuje výsledný stav kardiovaskulárního systému. Vhodná léčba snižuje výskyt epizod bradykardie o 72–89 %<sup>105</sup> a u pacientů existuje během dlouhodobého sledování minimální pravděpodobnost vzniku symptomatické bradykardie.<sup>105–107</sup> Pacienti s asymptomatickou noční bradykardií nebo poruchami převodu impulsů je proto nutno vyšet-

řit na přítomnost SAS. Pokud se diagnóza potvrdí, může léčba spánkové apnoe s použitím CPAP při současném zhubnutí účinně snížit vznik bradyarytmií během spánku, čímž odpadá nutnost trvalé kardiostimulace. U pacientů s prokázaným SAS nebo podezřením na tento syndrom a se symptomatickými bradyarytmiemi bez souvislosti se spánkem je nutno provést komplexnější posouzení rizik spojených s bradyarytmiemi a přínosu případné kardiostimulace.

### Doporučení pro vyšetření spánku

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| U pacientů se symptomy SAS a současně s těžkou bradykardií nebo s pokročilou AVB během spánku se doporučuje provést screening na přítomnost SAS. <sup>102–107</sup> | I                  | C                   |

AVB – atrioventrikulární blokáda; SAS – syndrom spánkové apnoe.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

### 2.3.7 Test na nakloněné rovině

O provedení testu na nakloněné rovině je třeba uvažovat jako o vyšetření potvrzujícím diagnózu reflexní synkopy u pacientů s podezřením na tuto diagnózu, kterou však vstupní vyšetření nepotvrdilo.<sup>63,108</sup> Sledovaným parametrem u testu na nakloněné rovině je opakované vyvolávání (reprodukování) symptomů spolu s typickými oběhovými charakteristikami reflexní synkopy.

Pozitivní kardiioinhibiční odpověď na test na nakloněné rovině ukazuje s vysokou pravděpodobností na asystolickou spontánní synkopu, což je zjištění významné pro léčbu, pokud se zvažuje kardiostimulace (viz kap. 3.4). Naopak pozitivní vazodepresivní smíšená odpověď, nebo dokonce negativní odpověď nevylučuje asystolii během spontánní synkopy.<sup>63</sup>

### Doporučení pro test na nakloněné rovině

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| Provedení testu na nakloněné rovině je nutno zvážit u pacientů s podezřením na recidivující reflexní synkopu. <sup>63</sup> | Ila                | B                   |

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

### 2.4 Implantabilní monitory

U pacientů s méně častými symptomy bradykardie (méně než jednou za měsíc) je nutno provádět monitorování EKG po delší dobu. Pro tyto pacienty je ideálním diagnostickým nástrojem implantabilní smyčkový záznamník (implantable loop recorder, ILR), protože je schopen fungovat po poměrně dlouhou dobu (až tři roky) bez nutnosti aktivní obsluhy ze strany pacienta (tabulka 3). U pacientů s neobjasněnými synkopami při prvním vyšetření a s méně častými symptomy (méně než jednou za měsíc) prokázalo několik studií vyšší účinnost časně implantace ILR než klasické strategie. Řada postižení diagnostikovaných pomocí ILR vzniká na podkladě bradykardie.<sup>109–113</sup> Další diskusi k diagnostickým úlohám ILR a ambulatorního EKG

monitorování i indikací k jejich použití lze nalézt v Doporučeních ESC pro diagnostiku a léčbu synkopy (ESC Guidelines for the diagnosis and management of syncope).<sup>63</sup>

### Doporučení pro použití implantabilních smyčkových záznamníků

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| U pacientů s málo častou (méně než jednou za měsíc) neobjasněnou synkopou nebo s jinými symptomy vyvolávajícími podezření na bradykardii jako příčinou, u nichž komplexní vyšetření žádnou příčinu neprokázalo, se doporučuje provést dlouhodobé ambulantní monitorování s použitím ILR. <sup>109–113</sup> | I                  | A                   |

ILR – implantabilní smyčkový záznamník (implantable loop recorder).

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

## 2.5 Elektrofyzilogické vyšetření

Vývoj přístrojové techniky pro neinvazivní ambulantní monitorování EKG zmenšil potřebu elektrofyzilogického vyšetření (EFV) jako diagnostického nástroje. Dnes obecně EFV představuje doplňující výkon při vyšetření pacienta se synkopou, u něhož existuje podezření na bradykardii, přičemž toto podezření nebylo neinvazivně prokázáno (obr. 4). Cílem EFV v kontextu vyšetření na přítomnost bradykardie je zjistit abnormální funkci sinusového uzlu nebo anatomicky určit místo poruch převodu impulsů (v AVN nebo v Hisově-Purkyněho systému distálně k AVN).

U pacientů se synkopou a sinusovou bradykardií se pravděpodobnost synkopy v souvislosti s bradykardií ještě před vyšetřením zvyšuje v případě sinusové bradykardie (< 50 tepů/min) nebo sinoatriální blokády. Observační studie prokázaly vztah mezi delším zotavováním sinusového uzlu při synkopě a účinkem stimulace na symptomy.<sup>114,115</sup>

U pacientů se synkopou a bifascikulární bloádou se skupina s vyšším rizikem vzniku AVB vyhledává na základě prodloužení intervalu mezi aktivací Hisova svazku a komorovou aktivací (HV)  $\geq 70$  ms nebo HV  $\geq 100$  ms po farmakologické zátěži (ajmalin, procainamid, flecainid nebo disopyramid) nebo vyvolání AVB druhého nebo třetího stupně síňovou stimulací nebo farmakologickou zátěží.<sup>116–123</sup>

Účinnost EFV v diagnostice synkop je nejvyšší u pacientů se sinusovou bradykardií, s bifascikulární bloádou a s podezřením na tachykardii<sup>63</sup> a nejnižší u pacientů se synkopou, normálním EKG záznamem, bez strukturálního postižení srdce a bez palpitací. Proto se dává EFV přednost před použitím ILR u pacientů se synkopou, u nichž existuje před vyšetřením vysoká pravděpodobnost přítomnosti významné srdeční vady (např. na základě abnormálního záznamu EKG, blokády Tawarova raménka [BBB], ischemické choroby srdeční nebo kardiomyopatie se zjizvením srdeční tkáně). U pacientů s nízkou pravděpodobností před vyšetřením (bez strukturálního postižení srdce, s normálním EKG záznamem) se dává přednost ILR před EFV. Přednost se dává EFV i v případě vysoké pravděpodobnosti, že další epizoda synkopy bude nebezpečná nebo život ohrožující, přičemž je pravděpodobné, že EFV pomůže okamžitě stanovit diagnózu.

Protože negativní výsledek EFV nevylučuje arytmiickou synkopu, je třeba provést další vyšetření. Přibližně u třetiny pacientů s negativním výsledkem EFV, jimž se implantuje ILR, dochází během kontrol a sledování ke vzniku AVB.<sup>124</sup>

### Doporučení pro elektrofyzilogické vyšetření

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| U pacientů se synkopou a s bifascikulární bloádou je nutno zvážit provedení EFV v případě, že synkopa zůstává i po neinvazivním vyšetření neobjasněna, nebo pokud je nutné kvůli její závažnosti okamžitě rozhodnout o stimulaci, pokud se nedá přednost empirické implantaci kardiostimulátoru (zvláště u starších a křehkých pacientů). <sup>116–122</sup> | IIb                | B                   |
| U pacientů se synkopou a se sinusovou bradykardií lze zvážit provedení EFV v případě, že neinvazivní vyšetření neprokázala souvislost mezi synkopou a bradykardií. <sup>114,115</sup>  | IIb                | B                   |

EFV – elektrofyzilogické vyšetření.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

## 3 Kardiostimulace pro bradykardii a postižení převodního systému srdečního

### 3.1 Stimulace pro dysfunkci sinusového uzlu

SND, známá i pod označením syndrom chorého sinu, zahrnuje široké spektrum sinoatriálních dysfunkcí od sinusové bradykardie přes sinoatriální blokádu a sinusovou zástavu až po bradykardicko-tachykardický (brady-tachy) syndrom.<sup>125,126</sup> Dodatečným projevem SND je nedostatečná chronotropní odpověď na zátěž, označovaná termínem chronotropní inkompetence.

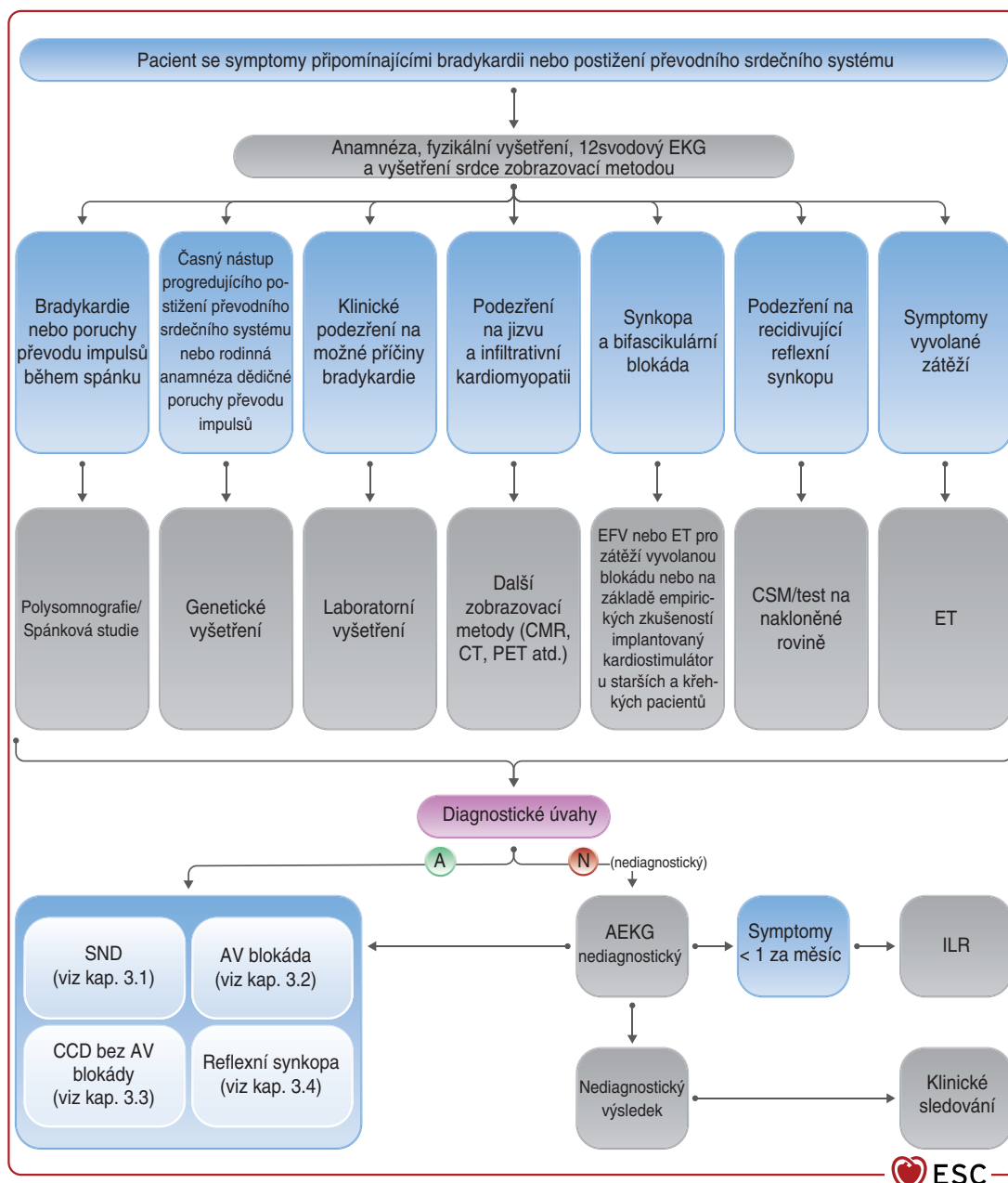
#### 3.1.1 Indikace ke stimulaci

##### 3.1.1.1 Dysfunkce sinusového uzlu

Obecně řečeno, nikdy nebylo prokázáno, že by stimulace při asymptomatické SND – na rozdíl od stimulace při AVB – ovlivňovala prognózu. SND tak lze považovat za vhodnou indikaci k trvalé stimulaci, pouze pokud je bradykardie v důsledku SND symptomatická.<sup>127</sup> Pacienti se SND mohou vykazovat symptomy, jež lze připisovat bradyarytmii, a/nebo symptomy doprovázející síňové tachyarytmie při bradykardicko-tachykardické formě postižení. Symptomy mohou být přítomny buď v klidu, nebo na konci epizody tachyarytmie (asystolická pauza označovaná i jako pre-automatická pauza), případně se mohou objevit během zátěže v podobě mírné únavy přes pocit lehkosti v hlavě, krátkodobé točení hlavy, presynkopu až po synkopu. Dyspnoe při zátěži může souviset s chronotropní inkompetencí. Synkopa je běžným projevem SND a uvádí se u 50 % pacientů, jimž je implantován kardiostimulátor pro SND.<sup>128</sup>

Naprostě zásadním krokem při rozhodování je zjištění případné souvislosti mezi symptomy a bradyarytmií. Jednoznačné určení příčinného vztahu mezi SND a sympto-





**Obr. 4 – Algoritmus vyšetření na bradykardií a postižení převodního srdečního systému (ambulatorní monitorování EKG).** AV – atrioventrikulární; CCD – postižení přenosu srdečních impulsů (cardiac conduction disease [or disorder]); CMR – srdeční magnetická rezonance; CSM – masáž karotického sinu (carotid sinus massage); CT – výpočetní tomografie; EFV – elektrofyzilogické vyšetření; EKG – elektrokardiogram; ET – zátěžové vyšetření (exercise test); ILR – implantabilní smyčkový záznamník (implantable loop recorder); PET – pozitronová emisní tomografie; SND – dysfunkce sinusového uzlu (sinus node dysfunction).

my však mohou ztěžovat faktory jako věk, již přítomné srdeční onemocnění a další komorbidity.

Vliv kardiostimulace na přirozený vznik bradyarytmii bez léčby zkoumaly nerandomizované studie již v době úsvitu éry kardiostimulace, které naznačily zmírnění symptomů kardiostimulací.<sup>129–132</sup> To potvrdila jedna randomizovaná kontrolovaná studie (RCT),<sup>15</sup> v níž bylo 107 pacientů (ve věku  $73 \pm 11$  let) se symptomatickou SND náhodně zařazeno do skupin bez léčby, s perorálním užíváním teofylinu nebo s léčbou dvoudutinovým (dual-chamber, DDD) kardiostimulátorem s proměnnou frekvencí. V této studii byl během sledování v délce  $19 \pm$

14 měsíců výskyt synkop a HF nižší ve skupině s kardiostimulátorem.

U pacientů s intolerancí zátěže a se sníženou chronotropní inkompetencí je užitečnost kardiostimulace nejistá a o implantaci kardiostimulátoru je nutno rozhodovat případ od případu.

V některých případech mohou symptomatické bradyarytmie souviset s přechodnými, potenciálně reverzibilními nebo léčitelnými stavy (kap. 2, tabulka 2). V takových případech je nutno odstranit příčiny a trvalá stimulace není indikována. V klinické praxi je naprosto nezbytné odlišit fyziologickou bradykardií (v důsledku autonomních vli-



vů nebo účinků tréninku) od nefyziologické bradykardie vyžadující trvalou kardiostimulaci. Například sinusovou bradykardii – dokonce i s frekvencí 40–50 tepů/minutu v klidu nebo až pouhých 30 tepů/minutu ve spánku, zvláště u trénovaných sportovců – lze považovat za fyziologickou, nevyžadující kardiostimulaci. Asymptomatická bradykardie (buď v důsledku sinusových pauz, nebo epizod AVB) není žádnou vzácností a je nutno ji zasadit do klinického kontextu pacienta: u zdravých jedinců nejsou pauzy > 2,5 sekundy nijak časté, samy o sobě však nutně neukazují na klinickou poruchu; u sportovců se asymptomatické bradyarytmie vyskytují často.<sup>133</sup> Protože dosud nebyly publikovány žádné klinické studie na toto téma, nelze nabídnout žádná doporučení pro léčbu bradykardií u asymptomatických pacientů. Na druhé straně u pacientů vyšetřovaných pro vznik synkopy, u nichž je nakonec naměřena asymptomatická pauza nebo pauzy > 6 sekund v důsledku sinusové zástavy, lze stimulaci indikovat. Tito pacienti představovali pouze malou menšinu z jedinců zařazených do jedné observační studie a jedné randomizované studie stimulace u reflexní synkopy.<sup>134,135</sup> U pacientů vyšetřovaných lékařem pro asymptomatickou intermitentní bradykardii ve spánku (sinusová bradykardie nebo AVB) je nutno zvážit jako možné příčiny spánkovou apnoe a bradykardii při spánku ve fázi REM (rapid eye movement).

### 3.1.1.2 Bradykardicko-tachykardická forma dysfunkce sinusového uzlu

Nejčastější formou je bradykardicko-tachykardická varianta SND, charakterizovaná progredující degenerativní fibrotizací tkáně sinusového uzlu a myokardu síně s přibývajícím věkem. Bradyarytmie mohou být spojeny s různými formami síňových tachyarytmií včetně FS.<sup>126</sup> U této formy SND mohou bradyarytmie odpovídat síňovým pauzám v důsledku sinoatriálních bloků nebo mohou být důsledkem deaktivace ložisek s nejnižší frekvencí (overdrive suppression) po epizodě síňové tachyarytmie.<sup>136</sup>

Síňové tachyarytmie mohou být přítomny v době stanovení diagnózy, typicky při sinusové zástavě a asystolických pauzách na konci síňových tachyarytmií nebo po implantaci přístroje. Zrušení síňové tachyarytmie u pacientů s vysokou komorovou frekvencí před implantací může být obtížné, protože léky předepsané pro úpravu frekvence mohou bradyarytmie ještě zhoršit. Místo stimulace a pokračující medikace vybraných pacientů byla navržena ablace síňové tachyarytmie, hlavně FS,<sup>137–139</sup> dosud však nejsou k dispozici žádné údaje z RCT, z nichž by bylo možno usuzovat, zda katetrizační ablace FS není u pacientů s bradykardicko-tachykardickým syndromem vzhledem k symptomům bradykardie méně vhodná (non-inferiorní) než kardiostimulace.<sup>140</sup> Pokud se zvolí farmakologický přístup, lze bradyarytmie během farmakoterapie pro úpravu frekvence nebo rytmu odstranit – jako alternativu ke kardiostimulaci – snížením dávky nebo vysazením terapie, nicméně v řadě případů se bradyarytmie i nadále vyskytují.

### 3.1.2 Volba režimu stimulace a algoritmu

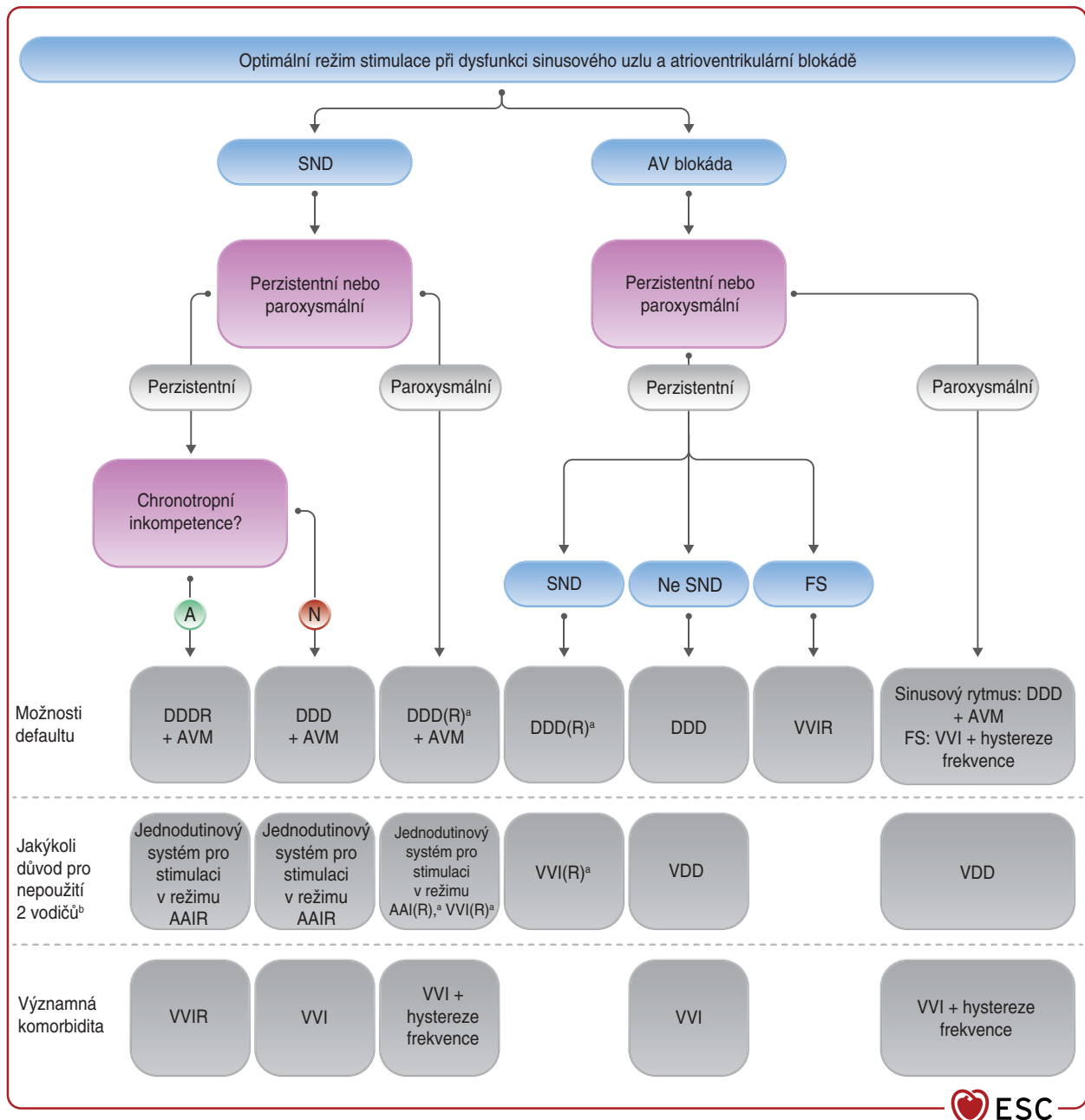
Kontrolované studie s pacienty se SND zjistily, že stimulace v režimu DDD snižuje incidenci FS spolehlivěji než jednodutinová komorová stimulace. Tyto studie rovněž prokázaly

jistý účinek stimulace v režimu DDD na výskyt cévních mozkových příhod.<sup>141,142</sup> Stimulace dvoudutinovými systémy snižuje riziko vzniku pacemakerového syndromu, s nímž se lze setkat u více než čtvrtiny pacientů se SND.<sup>22,143</sup> Pacemakerový syndrom je spojen se sníženou kvalitou života a obvykle ospravedlňuje preferování stimulace v režimu DDD oproti stimulaci podle komorové frekvence při SND, kdykoli je to možné.<sup>144</sup> Mezi potenciální výjimky patří velmi staří a/nebo křehcí pacienti s nepříliš častými pauzami, s omezenou funkční kapacitou a/nebo s krátkou dobou očekávaného přežití. U těchto pacientů se předpokládá, že přínos režimu DDD(R) versus režimu VVIR je omezený nebo z klinického hlediska nulový a při volbě režimu stimulace je rovněž nutno vzít v úvahu rostoucí riziko komplikací v souvislosti s umístěním druhého vodiče do síně, jak vyžaduje implantace kardiostimulátoru DDD(R). U pacientů se SND léčených kardiostimulátorem DDD může dále snížit riziko vzniku FS, a zvláště perzistentní FS, naprogramování AV intervalu a použití konkrétních algoritmů pro maximální omezení stimulace RV.<sup>145</sup> Dvoudutinová stimulace je bezpečnější a lépe udržitelná než režimy pouze síňové stimulace, jak tomu bylo v minulosti,<sup>128</sup> i když se ukázalo, že jednodutinová stimulace síní je účinnější než jednovodičová komorová stimulace.<sup>146,147</sup>

Co se týče volby mezi režimy stimulace DDD(R) a síňové frekvenčně reagující stimulace (AAIR), výsledky jedné RCT naznačily pouze se 177 pacienty snížené riziko vzniku FS při použití AAIR.<sup>148</sup> Nejnovější dánská studie DANPACE (Danish Multicenter Randomized Trial on Single Lead Atrial Pacing versus Dual Chamber Pacing in Sick Sinus Syndrome), do níž bylo zařazeno 1 415 jedinců sledovaných po průměrnou dobu 5,4 roku, nicméně nenašla mezi režimy stimulace DDD(R) a AAIR žádný rozdíl v mortalitě z jakýchkoli příčin.<sup>128</sup> Studie DANPACE mimo to zjistila vyšší incidenci epizod paroxysmální FS (poměr rizik [hazard ratio, HR] 1,27) a dvojnásobně zvýšené riziko reimplantace kardiostimulátoru při použití režimu AAIR, přičemž vznik AVB byl každoročně zaznamenán u 0,6–1,9 % pacientů.<sup>128</sup> Tato zjištění podporují u pacientů se SND rutinní používání spíše režimu stimulace DDD(R) než režimu AAIR.

Vzhledem k výše uvedeným údajům je při SND režimem volby DDD(R) (obr. 5). Zbytečné stimulace PK je u pacientů se SND nutno se systematicky vyvarovat, protože může vyvolávat FS a zhoršení HF, zvláště při porušené nebo hraniční systolické funkci.<sup>145,149</sup> Toho lze dosáhnout naprogramováním AV intervalu nebo použitím konkrétních algoritmů pro minimalizaci stimulace PK. Naprogramování nadměrně dlouhého AV intervalu, aby se předešlo stimulaci PK u pacientů s prodlouženým AV převodem, může být z hlediska hemodynamiky nevýhodné, protože vede ke vzniku mitrální regurgitace v diastole a následně může vyvolávat symptomy a/nebo FS.<sup>145,150,151</sup>

Při SND se často používají algoritmy stimulace s cílem omezit na minimum stimulaci komor.<sup>145,152</sup> Metaanalýza algoritmů pro minimalizaci stimulace PK neprokázala ve srovnání s klasickou stimulací v režimu DDD u pacientů s normální funkcí komor statisticky významný rozdíl ve sledovaných parametrech, jako jsou incidence perzistentní/trvalé FS, hospitalizace z jakýchkoli příčin a celková mortalita.<sup>153</sup> Důvody pro omezení zbytečné stimulace PK jsou i nadále platné a souvisejí s delší životností přístro-



**Obr. 5 – Volba optimálního režimu stimulace a algoritmu při dysfunkci sinusového uzlu a atrioventrikulární blokádě.** AV – atrioventrikulární (atrioventricular); AVM – management atrioventrikulární blokády (tj. programování AV zpoždění [vyhýbání se hodnotám > 230 ms] nebo specifické algoritmy bránící/omezující zbytečnou komorovou stimulaci); FS – fibrilace síní; SND – dysfunkce sinusového uzlu (sinus node dysfunction); SRL – srdeční resynchronizační léčba.

<sup>a</sup> (R) znamená, že naprogramování takového režimu stimulace se dává přednost pouze v případě chronotropní inkompetence.

<sup>b</sup> Mezi důvody pro nepoužití dvou vodičů patří nižší věk a omezený žilní přístup.

Pozn.: U pacientů, kteří jsou kandidáty pro implantaci kardiostimulátoru VVI/VDD, lze zvážit použití bezdrátového kardiostimulátoru (viz kapitolu 5). Pro kombinované indikace k SRL viz kapitolu 4. Upraveno z Brignole et al.<sup>63</sup>

je.<sup>152,153</sup> Některé specifické algoritmy výrobců účinněji omezují na minimum stimulaci komor, mohou však přinášet i nevýhody, protože umožňují asynchronní aktivity síní a komor.<sup>154,155</sup> Ve vzácných případech mohou algoritmy vyvinuté s cílem omezit na minimum stimulaci komor vyvolávat život ohrožující komorové arytmie závislé na pauze nebo spouštěné pauzami.<sup>156–159</sup> Dosud nebylo provedeno žádné přímé porovnání těchto algoritmů, avšak poolované údaje z randomizovaných studií neprokázaly

ly jednoznačné přednosti jednoho algoritmu ve smyslu zlepšení výsledného klinického stavu pacientů.<sup>153,160</sup>

U pacientů s těžce sníženou EF LK a se SND indikovanou ke stimulaci, přičemž lze očekávat vysoký podíl komorové stimulace, je nutno zvážit indikaci k SRL nebo k SPS (viz kap. 4 o SRL a kap. 5 o SPS).

Úloha stimulačních algoritmů v prevenci FS je i nadále předmětem sporu. Byla hodnocena řada algoritmů pro prevenci/zrušení FS, například dynamický overdrive síní,

síňová stimulace jako odpověď na předčasné síňové stahy, stimulace jako odpověď na zátěž a speciální algoritmus stimulace po změně stimulačního režimu. Klinické hodnocení těchto algoritmů i při jejich použití na různých místech pro síňovou stimulaci nevyznělo přesvědčivě a nebyl ani prokázán žádný klinický přínos z hlediska hlavních klinických sledovaných parametrů.<sup>161,162</sup>

Jako možnost snížení zátěže síňovou tachyarytmií a potlačení postupné progresy k trvalé FS byla zkoušena i antitachykardická síňová stimulace (atrial antitachycardia pacing, ATP; tzn. aplikace vysokofrekvenční síňové stimulace s cílem převést síňovou tachyarytmií na sinusový rytmus [SR]).<sup>163</sup> Klasická aplikace síňové ATP způsobem, který zrcadlově odráží aplikaci komorové ATP (schémata typu bursts/ramp při nástupu arytmiie), má poměrně nízkou úspěšnost a ve skutečnosti studie hodnotící klasickou síňovou ATP neprokázaly žádný přínos ve smyslu zmenšení zátěže v podobě FS nebo nižší incidence klinických příhod.<sup>164</sup> Byl navržen nový způsob aplikace ATP zaměřený konkrétně na snížení incidence síňových tachyarytmií; jeho účinnost při zpomalování progresy k trvalé FS byla validována v jedné RCT.<sup>163,165</sup>

V uvedené studii<sup>165</sup> byla incidence primárního složeného sledovaného parametru (úmrtí, hospitalizace z kardiovaskulárních příčin nebo trvalá FS) po dvou letech statisticky významně nižší u pacientů s přístrojem kombinujícím ATP a algoritmy pro maximální omezení stimulace PK (36% snížení relativního rizika oproti klasické stimulaci v režimu DDD[R]). Pozitivní ovlivnění primárního sledovaného parametru spočívalo v pomalejší progresi k trvalé FS. *Post-hoc* analýza prokázala, že tato forma síňové ATP byla nezávislým prediktorem snížení incidence trvalé nebo perzistentní FS.<sup>163,165,166</sup> V případě VSV, kdy jsou síňové re-entry arytmiie velmi časté, lze použití kardiostimulátorů DDD(R) se síňovou ATP zvážit (viz kap. 6).

#### Doporučení pro stimulaci při dysfunkci sinusového uzlu

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| U pacientů se SND a kardiostimulátorem DDD se doporučuje omezit na minimum použití zbytečné komorové stimulace vhodnou programací. <sup>145,152,160,165,167–170</sup>   | I                  | A                   |
| Stimulace je indikována při SND v případech, kdy lze symptomy jednoznačně připisovat bradyarytmiím. <sup>15,129–132</sup>   | I                  | B                   |
| Stimulace je indikována u symptomatických pacientů s bradykardicko-tachykardickou formou SND s cílem odstranit bradyarytmiie a umožnit farmakologickou léčbu, pokud se nedá přednost ablaci ložiska tachyarytmiie. <sup>18,21,22,137–139,171,172</sup>                            | I                  | B                   |
| U pacientů s prokázanou chronotropní inkompetencí, kteří vykazují jednoznačné symptomy během zátěže, je nutno zvážit stimulaci s proměnnou frekvencí. <sup>173,174</sup>  | IIa                | B                   |
| Ablaci ložiska FS je třeba zvážit jako strategii pro vyhnutí se implantaci kardiostimulátoru u pacientů s bradykardií v souvislosti s FS nebo se symptomatickými preautomatickými pauzami po konverzi FS, přičemž se bere ohled na klinický stav pacienta. <sup>137–140,175</sup> | IIa                | C                   |

|   |     |   |
|---|-----|---|
| U pacientů s bradykardicko-tachykardickou variantou SND lze zvážit naprogramování síňové ATP. <sup>165,166</sup>  | IIb | B |
| U pacientů se synkopou lze zvážit kardiostimulaci s cílem snížit recidivu synkop v případech dokumentované pauzy či pauz > 6 sekund pro sinusovou zástavu. <sup>134,135</sup> | IIb | C |

ATP – antitachykardická stimulace (antitachycardia pacing);  
DDD – dvoudutinová atrioventrikulární stimulace (dual-chamber, atrioventricular pacing); SND – dysfunkce sinusového uzlu (sinus node dysfunction).

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

## 3.2 Kardiostimulace při síňokomorové bloádě

### 3.2.1 Indikace ke stimulaci

Cílem léčby AVB je zmírnit symptomy a zabránit vzniku synkopy a náhlé srdeční smrti (sudden cardiac death, SCD). AVB prvního stupně je obvykle asymptomatická. Se synkopami a závratí se lze setkat hlavně při AVB vysokého stupně a úplné AVB, zvláště paroxysmálních forem. Symptomy chronického srdečního selhání jsou častější při chronické AVB s trvalou bradykardií, lze je však pozorovat i při AVB prvního stupně s velmi prodlouženým intervalem PR. Vzhledem k často pokročilému věku při vzniku AVB jsou někdy projevy únavy, intolerance zátěže a HF podceňovány. Zhoršení kognitivních funkcí je často pouze předpokládáno, takže možnosti zlepšení po implantaci kardiostimulátoru jsou nepředvídatelné a nepravděpodobné. Úmrtí pacientů s neléčenou AVB není způsobeno pouze HF na podkladě nízkého srdečního výdeje, ale jedná se i o SCD vyvolanou delší asystolií nebo bradykardií spuštěnou komorovou tachyarytmií. I když dosud nebyly publikovány žádné RCT na téma stimulace při AVB, je z několika observačních studií zřejmé, že stimulace předchází recidivě synkop a zlepšuje hodnoty přežití.<sup>11–13</sup>

#### 3.2.1.1 Atrioventrikulární blokáda prvního stupně

Pokud nedošlo ke strukturálnímu poškození srdce, je prognóza obvykle dobrá a progresy k bloádě vysokého stupně není častá.<sup>176</sup> Indikace ke stimulaci je založena na prokázané korelaci mezi symptomy a AVB. K dispozici jsou nekvalitní důkazy, že by výrazné prodloužení intervalu PR (tzn.  $\geq 300$  ms), zvláště pokud přetrvává nebo pokud k prodloužení dochází při zátěži, mohlo vyvolávat symptomy podobné pacemakerovému syndromu a/nebo, že by se symptomy mohly zmírnit při stimulaci.<sup>177</sup> Korelace symptomů je naprosto zásadní, i když to může být obtížné, pokud jsou nespecifické nebo nepřilíhly výrazné. V případě nejednoznačné korelace není implantace kardiostimulátoru obecně indikována.

#### 3.2.1.2 Atrioventrikulární blokáda druhého stupně typu Mobitz I (nebo Wenckebach)

Kromě přítomnosti nebo nepřítomnosti symptomů je nutno zvážit i riziko progresy k vyšším stupňům AVB. Supranodální blokáda má benigní průběh a riziko progresy do typu II nebo vyššího stupně AV blokády je nízké. Malé retrospektivní studie naznačily, že bez implantace kardiostimulátoru je tento typ AVB spojen – v delším časovém

horizontu – s vyšším rizikem úmrtí u pacientů ve věku  $\geq 45$  let.<sup>178,179</sup> Infranodální blokáda (vzácná u této formy blokády) je spojena s vysokým rizikem progresu k úplné srdeční blokáde, synkopě a náhlé srdeční smrti a vyžaduje stimulaci i v nepřítomnosti symptomů.<sup>180,181</sup>

### **3.2.1.3 Atrioventrikulární blokáda druhého stupně typu Mobitz II, 2 : 1 a pokročilá atrioventrikulární blokáda (někdy označovaná jako atrioventrikulární blokáda vysokého stupně s poměrem P : QRS 3 : 1 nebo vyšším), atrioventrikulární blokáda třetího stupně**

Pacientům bez reverzibilní příčiny je kvůli riziku recidivy závažných symptomů a/nebo možné progresu k AVB vyššího stupně nebo k úplné AVB nutno implantovat kardiostimulátor, i pokud nevykazují symptomy. U asymptomatických pacientů, u nichž se AVB 2 : 1 zjistí náhodně, se o implantaci musí rozhodovat individuálně, přičemž je nutno od sebe odlišovat nodální a infranodální AVB. Toto odlišení může vycházet z různých zjištění, například prodloužení intervalu PR nebo PP před AVB, účinku zátěže na převod AV impulsů a výsledku EFV.

### **3.2.1.4 Paroxysmální atrioventrikulární blokáda**

Vzhledem k riziku synkopy a SCD i možné progresu k trvalé AVB jsou indikace ke stimulaci u paroxysmální i trvalé AVB stejné. Je naprosto nezbytné vyloučit reverzibilní příčinu a rozpoznat reflexní formy AVB, u nichž nemusí být stimulace nutná. Průkaz infranodální blokády pomocí EFV nebo průkaz vzniku blokády na základě předčasných síňových či komorových stahů nebo zvýšené srdeční frekvence (tachydependentní AVB) nebo snížené srdeční frekvence (bradydependentní AVB) podporují diagnózu intrinsické infranodální AVB.<sup>28</sup>

## **3.2.2 Volba režimu stimulace a algoritmu**

### **3.2.2.1 Dvoudutinová versus komorová stimulace**

Velké randomizované studie s paralelními skupinami, do nichž byli zařazeni pacienti pouze buď s AVB,<sup>182</sup> nebo s AVB, a/nebo se SND,<sup>141</sup> neprokázaly superioritu stimulace v režimu DDD oproti komorové stimulaci z hlediska mortality a neprokázaly jednoznačně ani superioritu z hlediska kvality života nebo morbiditu (včetně cévní mozkové příhody nebo tranzitorní ischemické ataky a FS).<sup>21,141,182</sup> Dvoudutinová stimulace je přínosnější než komorová stimulace, protože při ní nedochází k rozvoji pacemakerového syndromu, který byl v uvedených studiích pozorován až u čtvrtiny pacientů. Metaanalýza 20 studií se zkříženým uspořádáním prokázala, že stimulace v režimu DDD byla ve srovnání s komorovou stimulací spojena se zvýšenou tolerancí zátěže. Tento účinek však byl pozorován hlavně při použití komorových kardiostimulátorů bez frekvenční reakce, přičemž při srovnání stimulace v režimech DDD a VVIR žádný přínos zaznamenán nebyl.<sup>183</sup> Pacemakerový syndrom je spojen se snížením kvality života a může si vyžádat reintervenci pro upgrading přístroje, což v oprávněných případech ospravedlňuje preferenci režimu DDD (tzn. u pacientů bez významné křehkosti, velmi pokročilého věku, bez významných komorbidit omezujících délku dožití nebo s velmi omezenou mobili-

tu). Dalším faktorem ke zvážení je diagnóza FS, kterou lze spolehlivěji stanovit na základě údajů z přístroje u pacientů s kardiostimulátory DDD. V jednotlivých případech, u křehkých starších pacientů a/nebo pokud je AVB paroxysmální a pokud se nepředpokládá častá stimulace, lze zvážit stimulaci v režimu VVIR, protože je spojena s nižším výskytem komplikací.<sup>141</sup>

Existují jednoznačné důkazy, že dlouhodobá klasická stimulace PK může být u některých pacientů škodlivá a může vést k dysfunkci LK a rozvoji HF,<sup>149</sup> a to dokonce i při zachování AV synchronie.<sup>184</sup> Tento účinek lze pouze zčásti vysvětlit abnormální sekvencí aktivace a může se při něm jednat o vliv perfuze myokardu a hormonálních, buněčných a molekulárních změn.<sup>185,186</sup> Ve srovnání s kohortou spárovaných kontrolních osob existuje u pacientů s kardiostimulátorem a jedním PK vodičem zvýšené riziko rozvoje HF, které je rovněž spojeno s vyšším věkem, již prodělaným IM, onemocněním ledvin a mužským pohlavím.<sup>187</sup> Kardiomyopatie navozená stimulací se vyskytuje u 10–20 % pacientů po dvou až čtyřech letech stimulace PK.<sup>187–189</sup> Je spojena s  $> 20\%$  zátěží stimulace PK.<sup>188–191</sup> Nejsou nicméně k dispozici žádné údaje podporující představu, že by bylo možno nějaké konkrétní procento případů stimulace PK považovat za skutečnou hranici, pod níž lze stimulaci PK považovat za bezpečnou a nad níž je stimulace PK škodlivá. Podrobnější diskusi o možných indikacích k SRL a/nebo SPS v prevenci kardiomyopatie navozené stimulací lze nalézt v kapitolech 4 a 5.

### **3.2.2.2 Atrioventrikulární blokáda v případě trvalé fibrilace síní**

V přítomnosti FS je nutno mít při pomalé komorové frekvenci a pravidelném komorovém rytmu podezření na AVB. Dlouhodobější monitorování může prokázat dlouhé komorové pauzy.<sup>192</sup> U pacientů s FS a bez trvalé AVB nebo symptomů nebyla stanovena žádná minimální délka identifikovatelné pauzy, která by sloužila jako indikace pro stimulaci. V nepřítomnosti potenciálně reverzibilní příčiny představuje bradykardie nebo nevhodná chronotropní odpověď (v důsledku buď intermitentní, nebo úplné AVB), spojená nebo přiměřeně korelující se symptomy, indikaci ke kardiostimulaci. I blokáda jakéhokoli stupně nebo infranodální blokáda představuje indikaci ke stimulaci, a to i v nepřítomnosti symptomů. V nepřítomnosti symptomů v souvislosti s bradykardií a v nepřítomnosti blokády vysokého stupně nebo infranodální blokády nebude stimulace nejspíše přínosná a není indikována.

V případě pacientů s FS s ablací atrioventrikulární junkce (AVJ) pro úpravu rychlé komorové frekvence existují důkazy, že ablace AVJ plus stimulace PK zmírňuje symptomy a zlepšuje kvalitu života.<sup>193</sup> Naproti tomu neutrální výsledky byly nalezeny z hlediska progresu HF, hospitalizací a mortality<sup>194</sup> – až na jednu studii.<sup>195</sup> Ve srovnání s farmakologickou úpravou frekvence u starších pacientů s trvalou FS a se štíhlým QRS snížily ablace AVJ a SRL riziko úmrtí na HF, riziko hospitalizace pro HF nebo zhoršení HF o 62 %, přičemž specifické symptomy FS se zmírnilo o 36 %.<sup>196</sup> V jiných studiích byl tento příznivý účinek omezen na pacienty s HF nebo se sníženou ejekční frakcí (EF).<sup>167,197</sup> Další diskusi na téma úlohy SRL po ablaci AVJ lze nalézt v kapitole 4. Důkazy na podporu přínosu ne-



přímé a přímé stimulace v oblasti Hisova svazku po ablaci AVJ pro refrakterní FS nejsou kvalitní.<sup>198–201</sup> Další diskuse je součástí kapitoly 5.

### Doporučení pro stimulaci při atrioventrikulární blokádě

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| Stimulace je indikována u pacientů se SR s trvalou nebo paroxysmální AVB třetího nebo druhého stupně typu II, infranodální 2 : 1 nebo s AVB vysokého stupně, bez ohledu na symptomy. <sup>c,10–13</sup>                       | I                  | C                   |
| Stimulace je indikována u pacientů se síňovou arytmií (hlavně FS) a s trvalou nebo paroxysmální AVB třetího nebo druhého stupně bez ohledu na symptomy.   | I                  | C                   |
| U pacientů s trvalou FS vyžadující kardiostimulátor se doporučuje stimulace komor s funkcí proměnné frekvence. <sup>202–205</sup>   | I                  | C                   |
| Stimulaci je nutno zvážit u pacientů s AVB druhého stupně typu I, která vyvolává symptomy nebo u níž EFV zjistí, že je uložena uvnitř Hisova svazku nebo je lokalizována intra- nebo infrahisálně. <sup>178–181</sup>         | IIa                | C                   |
| Aby se zabránilo rozvoji pacemakerového syndromu a zlepšila se kvalita života, je třeba u pacientů s AVB dát přednost stimulaci v režimu DDD před jednoduchou komorovou stimulací. <sup>21,141,182,183</sup>                  | IIa                | A                   |
| Implantaci trvalého kardiostimulátoru je nutno zvážit u pacientů s přetrvávajícími symptomy podobnými symptomům pacemakerového syndromu, které lze jednoznačně připisovat AVB prvního stupně (PR > 0,3 s). <sup>206–208</sup> | IIa                | C                   |
| Stimulace se nedoporučuje u pacientů s AVB v důsledku přechodných příčin, které lze odstranit nebo jimž lze zabránit.   | III                | C                   |

AVB – atrioventrikulární blokáda; DDD – dvoudutinová atrioventrikulární stimulace (dual-chamber, atrioventricular pacing); EFV – elektrofyzilogické vyšetření; FS – fibrilace síní; SR – sinusový rytmus.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

<sup>c</sup> V případě asymptomatického štíhlého komplexu QRS a AVB 2 : 1 se lze stimulaci vyhnout v případě klinického podezření na blokádu suprahisální lokalizace, která je potvrzena elektrofyzilogickým vyšetřením.

U pacientů s FS je stimulace proměnnou frekvencí – na rozdíl od stimulace fixní frekvencí – spojena s vyšší tolerancí zátěže, snazším prováděním každodenních činností a zmírněním symptomů, jako jsou dušnost, bolest na hrudi a palpitace, i s lepší kvalitou života.<sup>202–204</sup> Je také prokázáno, že stimulace s proměnnou frekvencí – ve srovnání se stimulací fixní frekvencí – příznivě upravuje srdeční frekvenci a odpověď krevního tlaku na psychický stres.<sup>205</sup> Stimulace s proměnnou frekvencí je tak režimem stimulace první volby. Stimulaci v režimu VVI s fixní frekvencí je nutno vyhradit pro starší pacienty se sedavým způsobem života a velmi omezenou aktivitou. Ve snaze nahradit ztrátu aktivního plnění síně se minimální frekvence běžně nastavuje na vyšší hodnoty (např. 70 tepů/min) než u pacientů se SR.

## 3.3 Stimulace pro poruchy převodu impulsů bez atrioventrikulární blokády

Tato kapitola se zaměřuje na pacienty s AV převodem 1 : 1 a s abnormalitami QRS, vyvolanými zpožděným nebo blokovaným převodem v Hisově-Purkyněho systému: BBB, fascikulární blokádu samotnou nebo v kombinaci s BBB a s nespecifickým intraventrikulárním zpožděním. Bifascikulární blokáda je definována jako LBBB nebo jako kombinace RBBB s blokádu předního nebo zadního svazku raménka Tawarova.

Izolovaná fascikulární blokáda a BBB jsou zřídka spojeny se symptomy; jejich přítomnost však může ukazovat na základní strukturální postižení srdce. Vodítkem při vyšetřování těchto pacientů je přítomnost či nepřítomnost symptomů ukazujících na intermitentní bradykardii.

### 3.3.1 Indikace ke stimulaci

#### 3.3.1.1 Blokáda Tawarova raménka a neobjasněná synkopa

I když synkopa není u pacientů se zachovanou srdeční funkcí spojena se zvýšenou incidencí náhlé srdeční smrti, byla u pacientů s BBB a HF, s dříve prodělaným IM nebo s nízkou EF zaznamenána vysoká incidence úmrtí z jakýchkoli příčin (přibližně třetina z toho náhlá srdeční smrt).<sup>209–211</sup> U jedinců s nízkou EF je synkopa skutečně rizikovým faktorem úmrtí.<sup>212</sup> Bohužel se nezdá, že by naprogramovaná komorová stimulace správně identifikovala tyto pacienty; proto se u pacientů s BBB a EF LK < 35 % jako prevence SCD indikuje implantace ICD nebo defibrilátoru se SRL (biventrikulární ICD [BIV ICD]) (obr. 6).<sup>64</sup>

#### 3.3.1.2 Blokáda Tawarova raménka, neobjasněná synkopa a abnormální výsledek elektrofyzilogického vyšetření

Elektrofyzilogické vyšetření zahrnuje měření vstupního HV, při zátěži síňovou stimulací se zvyšující se frekvencí nebo farmakologickým provokačním testem (s ajmalinem, procainamidem nebo flecainidem). Scheinman a spol. studovali prognostickou hodnotu HV: rychlost progresu k AVB po čtyřech letech dosáhla 4 % u pacientů s HV < 70 ms, 12 % u pacientů s HV mezi 70 a 100 ms a 24 % u pacientů s HV > 100 ms.<sup>122</sup> Vznik blokády v Hisově svazku nebo v oblasti pod ním při síňové stimulaci se zvyšující se frekvencí nebo při farmakologickém zátěžovém testu zvyšuje senzitivitu a pozitivní predikční hodnotu EFV při vyhledávání pacientů, u nichž dojde k rozvoji AVB.<sup>117–119,121,123,213</sup> Pozitivní výsledek EFV byl spojen až se 70% pozitivní predikční hodnotou při vyhledávání pacientů, u nichž dojde ke vzniku AVB. Toto zjištění nepřímo potvrdila studie, která prokázala statisticky významné snížení recidiv synkop u pacientů s pozitivním výsledkem EFV a léčených kardiostimulátorem oproti kontrolní skupině neléčených pacientů s negativním výsledkem EFV.<sup>120</sup> U pacientů s neobjasněnou synkopou a s bifascikulární blokádu EFV vysoce účinně vyhledává pacienty s intermitentním nebo bezprostředním vznikem AVB vysokého stupně. Negativní výsledek EFV nicméně nemůže vyloučit intermitentní/paroxysmální AVB jako příčinu synkopy. Skutečně, u pacientů s negativním výsledkem EFV byla při použití ILR prokázána





### Doporučení pro stimulaci u pacientů s blokádou Tawarova raménka

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| U pacientů s neobjasněnou synkopou a bifascikulární blokádou je implantace kardiostimulátoru indikována buď při vstupním HV $\geq 70$ ms, blokáde druhého nebo třetího stupně v Hisově svazku nebo pod ním během síňové stimulace se zvyšující se frekvencí, nebo při abnormální odpovědi na farmakologický provokační test. <sup>120,121</sup> | I                  | B                   |
| Stimulace je indikována u pacientů s alternující BBB se symptomy nebo bez nich.   | I                  | C                   |
| Stimulaci lze zvážit u vybraných pacientů s neobjasněnou synkopou a s bifascikulární blokádou bez EFV (starší křehcí pacienti, vysoce riziková a/nebo recidivující synkopy). <sup>214</sup>   | IIb                | C                   |
| Stimulace se nedoporučuje při asymptomatické BBB nebo při bifascikulární blokáde. <sup>116,122,216</sup>  | III                | B                   |

BBB – blokáda Tawarova raménka (bundle branch block); EFV – elektrofyzilogické vyšetření; HV – interval mezi aktivací Hisova svazku a komorovou aktivací (His ventricular interval).

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

### 3.3.2 Volba režimu stimulace a algoritmu

Intermitentní bradykardie může vyžadovat pouze krátkodobou stimulaci. Za těchto okolností je nutno přínos prevence bradykardie a pauz zhodnotit ve srovnání se škodlivými účinky trvalé stimulace, zvláště HF vyvolané stimulací. U této patientské skupiny hrají zvláště významnou úlohu programování s nejnižší výchozí frekvencí pro dosažení záložní stimulace a ruční nastavení AV intervalu, naprogramování AV hystereze nebo použití dalších specifických algoritmů bránících zbytečné stimulaci PK.<sup>145,149</sup>

U pacientů se SR je optimálním režimem stimulace v režimu DDD. Jednoznačné důkazy o přednostech stimulace v režimu DDD proti režimu VVI se omezují na zmírnění symptomů a zlepšení kvality života.

Naopak existují jednoznačné důkazy o rovnocennosti (non-superioritě) obou režimů z hlediska přežití a morbidity.<sup>21</sup> U starších nebo křehkých pacientů s intermitentní bradykardií je proto nutno rozhodování o režimu stimulace individualizovat a brát přitom v úvahu zvýšené riziko komplikací a vyšší náklady spojené se stimulací v režimu DDD (obr. 5).

VDD může být alternativním režimem stimulace u pacientů s pokročilými abnormalitami AV převodu a zachovanou funkcí sinusového uzlu. Ve srovnání s režimem DDD je implantace systému s režimem VDD spojena s nižším počtem komplikací, kratší dobou samotného výkonu i skiaskopického vyšetření a s vysokou incidencí nedostatečného snímání síňových arytmií.<sup>219</sup> Možnost nedostatečného snímání přispívá k malému využívání tohoto systému, protože většina operátorů usiluje o dosažení AV synchronie.

### 3.4 Stimulace při reflexní synkopě

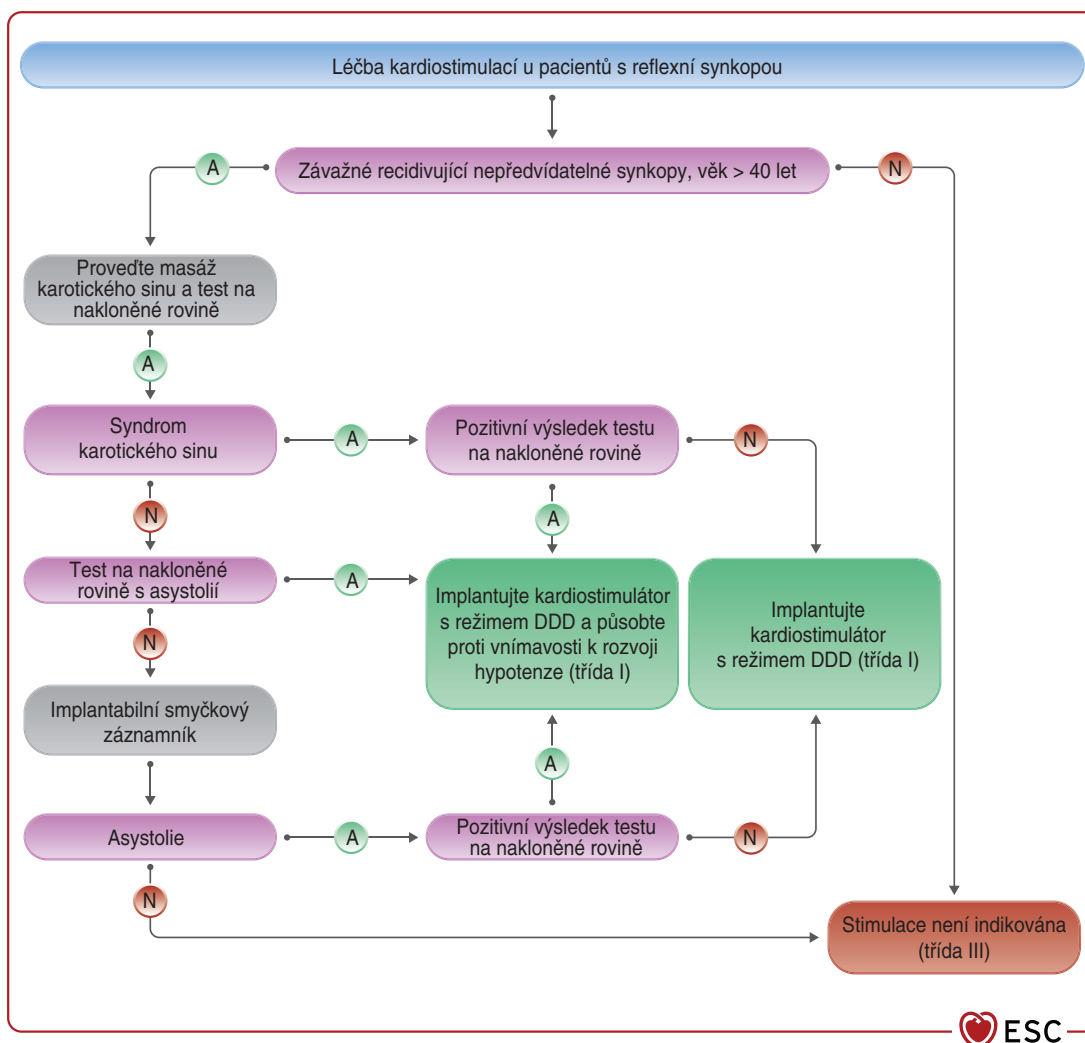
Léčba trvalým kardiostimulátorem může být účinná, pokud je dominantním prvkem reflexní synkopy asystolie.

Cílem klinického vyšetření pacientů se synkopou a s normálním výsledkem vstupního EKG vyšetření musí být stanovení vztahu mezi symptomy a bradykardií. Účinnost stimulace závisí na klinickém prostředí. Skutečnost, že stimulace je účinná, neznamená, že je vždycky nezbytná. U pacientů s reflexní synkopou musí být kardiostimulace vždy až poslední možností a je třeba o ní uvažovat pouze u pacientů vybraných podle přísných kritérií (tzn. věk  $> 40$  let [většinou  $> 60$  let] s těžkými formami reflexní synkopy s častými recidivami spojenými s vysokým rizikem poranění, často bez prodromu). Doporučené postupy ESC pro diagnostiku a léčbu synkopy z roku 2018 (2018 ESC Guidelines on syncope)<sup>63</sup> obsahují podrobný popis diagnostického postupu a indikaci ke stimulaci a přinášejí důkazy ze studií, které podporují uvedená doporučení. Obrázek 7 shrnuje doporučený rozhodovací strom.

Algoritmus na obrázku 7 byl prospektivně ověřován v multicentrické pragmatické studii, která po dvou letech prokázala nízkou, 15% recidivu synkopy při stimulaci, což je statisticky významně nižší hodnota než 37 % zaznamenaných u kontrolních jedinců bez stimulace.<sup>220</sup> Tříletá recidiva byla podobná u pacientů s kardiioinhibičním syndromem karotického sinu (16 %), s asystolickou odpovědí na test na nakloněné rovině (23 %) a se spontánně vyvolanou asystolií dokumentovanou na ILR (24 %), což ukazuje na podobné indikace a podobné výsledky u všech tří forem reflexní synkopy.<sup>221</sup> I když přetrvává jistá skepse ohledně diagnostické přesnosti testu na nakloněné rovině při stanovování diagnózy synkopy, stále přibývající důkazy podporují používání testu na nakloněné rovině při hodnocení vnímavosti k ortostatické (posturální) neboli reflexní hypotenzi.<sup>108,222</sup> Test na nakloněné rovině tak lze zvažovat při vyhledávání pacientů s přidruženou, obvykle předchozí hypotenzií odpovědí, která by pravděpodobně méně odpovídala na trvalou kardiostimulaci. Pacienti s vnímavostí k hypotenzi potřebují opatření působící proti této vnímavosti navíc ke kardiostimulaci (např. fyzické protitlakové manévry, vysazení/snížení dávek hypotenziv a podávání fludrocortisonu nebo midodrinu).

#### 3.4.1 Indikace ke stimulaci

Tato pracovní skupina nalezla v literatuře dostatek důkazů pro doporučení stimulace u pacientů s reflexní synkopou vybraných podle přísných kritérií (tzn. pacientů ve věku  $> 40$  let s epizodami těžké recidivující nepředvídatelné synkopy při doložené asystolii a vyvolanými buď CSM, nebo testem na nakloněné rovině, nebo zaznamenaných monitorovacím systémem).<sup>134,223–229</sup> Existuje dostatek důkazů, že stimulaci v režimu DDD je nutno zvážit s cílem snížit recidivu synkopy u pacientů s dominantním syndromem karotického sinu (asystolická pauza  $> 3$  s a spontánní synkopa během CSM) a u pacientů s korelací spontánních symptomů a EKG záznamu, ve věku  $> 40$  let a trpících opakovaně závažnými nepředvídatelnými synkopami.<sup>63</sup> Léčba trvalým kardiostimulátorem může být účinná, pokud je asystolie dominantním prvkem reflexní synkopy. Stanovení korelace mezi symptomy a bradykardií musí být cílem klinického vyšetření pacientů se synkopou a s normálním výsledkem vstupního EKG vyšetření. Účinnost stimulace závisí na klinickém prostředí. Od vydání Doporučených postupů ESC pro diagnostiku a léčbu synkopy v roce 2018 (2018 ESC Guidelines on syncope)<sup>63</sup> přidalo několik studií



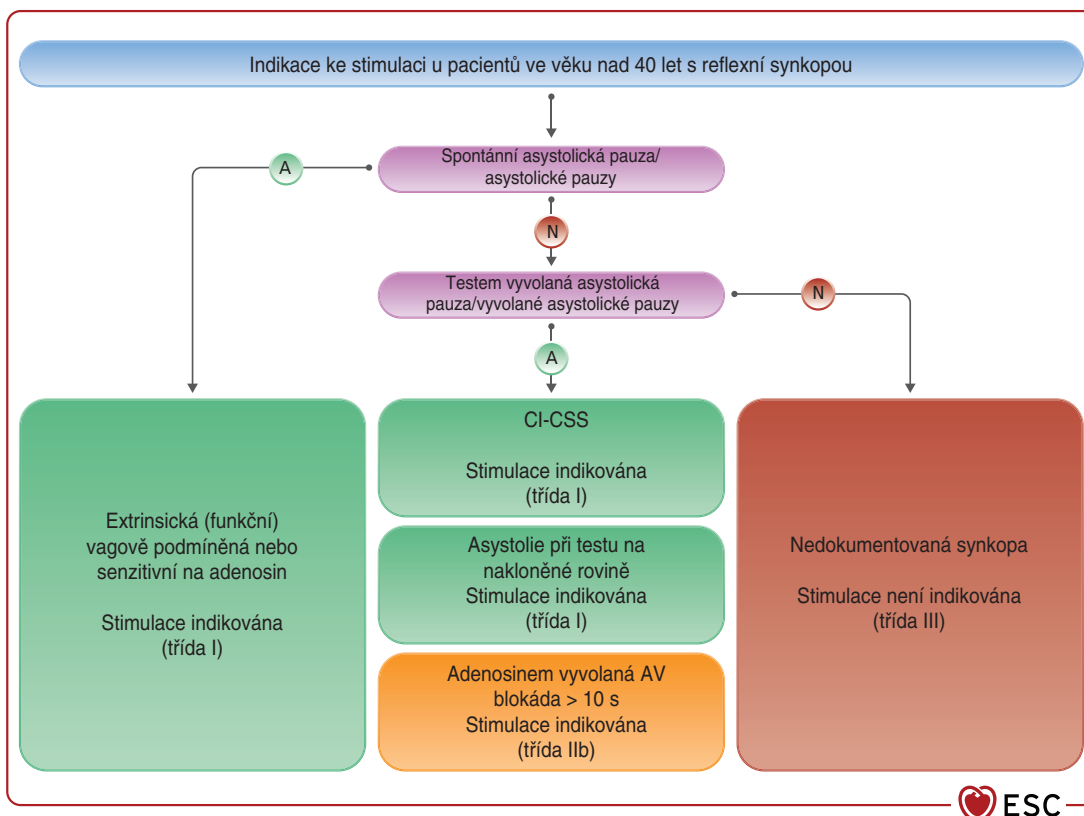
**Obr. 7 – Rozhodovací strom pro kardiostimulaci u pacientů s reflexní synkopou.** DDD – AV stimulace s dvoudutinovým systémem (dual-chamber, atrioventricular pacing). Pozn.: Syndrom karotického sinu je definován jako reprodukování vyvolání spontánní synkopy masáží karotického sinu v přítomnosti asystolické pauzy > 3 sekundy; pozitivní výsledek testu na nakloněné rovině s asystolií je definován jako reprodukování vyvolání spontánní synkopy v přítomnosti asystolické pauzy > 3 sekundy. Symptomatická asystolická pauza/pauzy > 3 sekundy nebo asymptomatická pauza/pauzy > 6 sekund v důsledku sinusové zástavy, atrioventrikulární blokády nebo kombinace obojího podobně definuje asystolii zachycenou implantabilním smyčkovým záznamníkem. Obrázek upraven z Brignole et al.<sup>63</sup>

důležité informace o podskupině pacientů s asystolickou vazovagální synkopou vyvolanou testem na nakloněné rovině. Studie SPAIN byla multicentrickým randomizovaným kontrolovaným projektem se zkříženým uspořádáním, do kterého bylo zařazeno 46 pacientů ve věku > 40 let se závažnými recidivujícími (> pět epizod během života) synkopami a odpovědí na test na nakloněné rovině (definovanou jako bradykardie < 40 tepů/minutu trvající > 10 s nebo asystolie v délce > 3 s).<sup>227</sup>

V průběhu 24měsíčního sledování byla zaznamenána recidiva synkopy u čtyř (9 %) pacientů s kardiostimulátorem v režimu DDD se stimulací v uzavřené smyčce versus u 21 (46 %) pacientů, u nichž byla použita simulovaná kardiostimulace s nenaprogramovaným přístrojem ( $p = 0,0001$ ). Ve srovnávací studii s metodou párování podle propensity skóre<sup>230</sup> bylo pětileté aktuariální období bez synkopy dosaženo u 81 % pacientů ve skupině se stimulací a u 53 % pacientů párovaných podle propensity skóre ( $p$

$= 0,005$ ; HR = 0,25). Nakonec studie BioSync CLS trial byla multicentrická RCT hodnotící užitečnost testu na nakloněné rovině při výběru kandidátů pro kardiostimulaci.<sup>229</sup> Pacienti ve věku  $\geq 40$  let alespoň se dvěma epizodami synkopy v posledním roce a se synkopou s asystolickou pauzou > 3 s vyvolanou testem na nakloněné rovině byli náhodně zařazeni do skupin s aktivním (63 pacientů) nebo neaktivním (64 pacientů) dvoudutinovým kardiostimulátorem se stimulací v uzavřené smyčce. Studie prokázala, že během sledování v délce 11,2 měsíce (medián) se synkopa vyskytla u statisticky významně nižšího počtu pacientů ve skupině se stimulací než v kontrolní skupině (10 [16 %], resp. 34 [53 %]; HR 0,23;  $p = 0,00005$ ). Tato studie podporuje zařazení testu na nakloněné rovině jako užitečné metody při výběru pacientů s reflexní synkopou pro kardiostimulaci.

Na základě výsledků výše uvedených studií je k dispozici dostatek důkazů k přesunutí indikace k stimulaci u pacientů ve věku > 40 let a s asystolickou odpovědí na test na



**Obr. 8 – Souhrn indikací pro stimulaci u pacientů ve věku > 40 let s reflexní synkopou.** CI-CSS – syndrom karotického sinu (cardioinhibitory carotid sinus syndrome). Pozn.: Spontánní asystolická pauza = 3 sekundy symptomatická nebo 6 sekund asymptomatická. Upraveno z Brignole et al.<sup>63</sup>

nakloněné rovině > 3 s z třídy důkazů IIb do třídy důkazů I. Obrázek 8 shrnuje doporučené indikace ke stimulování. I když existuje i rozumný důvod pro stimulaci u pacientů ve věku ≤ 40 let se stejnými kritérii závažnosti jako u jedinců ve věku > 40 let, tato pracovní skupina nemůže – vzhledem k absenci důkazů ze studií hodnotících tuto konkrétní populaci – poskytnout žádná doporučení.

Neexistují jednoznačné důkazy, že stimulace v režimu DDD by mohla být užitečná při snižování incidence recidivy synkop u pacientů s klinickými projevy adenosin-senzitivní synkopy.<sup>63</sup> V malé multicentrické studii s 80 staršími pacienty s neobjasněnými nepředvídatelnými synkopami po vyvolání AVB třetího stupně v délce ≥ 10 sekund po intravenózním podání 20 mg bolusu adenosintrifosfátu, vybranými podle přísných kritérií, snížila během dvou let stimulace v režimu DDD statisticky významně recidivu synkopy z 69 % v kontrolní skupině na 23 % ve skupině s aktivní léčbou.<sup>231</sup> Konečně kardiostimulace není indikována v nepřítomnosti prokázaného kardioinhibičního reflexu.<sup>232,233</sup>

### 3.4.2 Volba režimu stimulace a algoritmu

I když je kvalita důkazů nízká, dává se v klinické praxi většinou přednost stimulaci v režimu DDD před jednotinovou stimulací PK, aby se vyrovnal pokles krevního tlaku a zabránilo se recidivě synkop. U pacientů s vazovagální synkopou vyvolanou testem na nakloněné rovině se stimulace v režimu DDD používala většinou ve spojení s funkcí odpovědi na snížení frekvence, jejíž systém DDD

při zachycení rychlého poklesu srdeční frekvence rychle reaguje. Srovnání stimulace v režimu DDD v uzavřené smyčce s klasickou stimulací v režimu DDD provedly dvě malé studie se zkříženým uspořádáním. Obě studie prokázaly méně případů recidivy synkopy při stimulaci v uzavřené smyčce jak v akutních podmínkách během opakovaného testu na nakloněné rovině,<sup>234</sup> tak během 18měsíčního sledování v klinické praxi.<sup>228</sup> Nicméně dokud nebude provedena formální studie s paralelními skupinami, nelze nabídnout žádné doporučení ohledně volby režimu stimulace (tzn. DDD s odpovědí na pokles frekvence nebo DDD se stimulací v uzavřené smyčce) a programování těchto přístrojů.

## 3.5 Stimulace pro (neprokázané) podezření na bradykardii

U pacientů s recidivujícími neobjasněnými synkopami nebo s pády na konci pravidelné rozcvičky je nutno zvážit monitorování pomocí ILR s cílem dokumentovat spontánní relaps místo zahájení empirické kardiostimulace.<sup>63</sup>

### 3.5.1 Recidivující nediagnostikovaná synkopa

U pacientů s neobjasněnou synkopou na konci celé rozcvičky a bez jakýchkoli poruch převodu impulsů slouží absence racionálního odůvodnění i negativní výsledky malých studií<sup>235,236</sup> jako dostatečný důkaz neúčinnosti kardiostimulace. Kardiostimulace se proto nedoporučuje až do stanovení diagnózy (obr. 8).

### 3.5.2 Opakované pády

Neobjasněné pády mohou mít v 15 % až 20 % případů původ v synkopě, pravděpodobně bradyarytmické. Za chybný popis a výklad dané příhody je odpovědná retrográdní amnézie, s níž se lze často setkat u padajících starších osob.<sup>63</sup> Řešení problému neobjasněných pádů je stejné jako v případě neobjasněných synkop (viz kap. 3.4.1). V randomizované dvojité zaslepené studii<sup>237</sup> nezabránila kardiostimulace účinně recidivě těchto příhod u pacientů s neobjasněnými pády, u nichž syndrom (hypersenzitivita) karotického sinu nedokázal vyvolat synkopu.

## 4 Srdeční resynchronizační terapie

### 4.1 Epidemiologie, prognóza a patofyziologie srdečního selhání vhodného pro srdeční resynchronizační terapii biventrikulární stimulací

V průmyslově vyspělých zemích dosahuje prevalence HF v dospělé populaci 1–2 % a stoupá na  $\geq 10$  % u jedinců ve věku  $> 70$  let.<sup>238</sup> Prevalence HF se zvyšuje (podle jednoho odhadu o 23 % za posledních deset let) hlavně v důsledku stárnutí populace, přičemž věkově specifická incidence se ve skutečnosti snižuje.<sup>239–242</sup> Rozlišují se tři základní fenotypy HF podle naměřené EF LK ( $< 40$  %, HF se sníženou EF LK [HF with reduced EF, HFrEF]; 40–49 %, HF s mírně sníženou EF LK [HF with mildly reduced EF, HFmrEF] a  $\geq 50$  %, HF se zachovanou EF LK [EF with preserved EF, HFpEF]).<sup>243</sup> Z klinického hlediska je SRL užitečná hlavně u pacientů s HFrEF a EF LK  $\leq 35$  %. Pacienti s HFrEF tvoří přibližně 50 % celé populace s HF, přičemž prevalence HFrEF je nižší u jedinců ve věku 70 let a starších. Prognóza HF se liší podle definované populace. V současných klinických studiích s HFrEF dosahuje jednorocní mortalita přibližně 6 %, zatímco ve velkých šetřeních s použitím údajů z registrů překračuje jednorocní mortalita pacientů teprve krátce hospitalizovaných pro HF hodnotu 20 %; u nehospitalizovaných jedinců se stabilním HF je to však spíše 6 %.<sup>244</sup> Konceptně vychází SRL ze skutečnosti, že u pacientů s HF a systolickou dysfunkcí LK často dochází k velkému zpoždění (vysokého stupně) mezikomorového převodu impulsů, s prevalencí šířky komplexu QRS  $> 120$  ms u 25–50 % pacientů a k rozvoji LBBB v 15–27 % případů. Navíc u těchto pacientů se lze často setkat s AV dyssynchronií s prodloužením intervalu PR na povrchovém EKG záznamu až v 52 % případů.<sup>245–247</sup> Tyto elektrické abnormality mohou vést k mechanické AV dyssynchronii i k dyssynchronii mezi srdečními komorami a uvnitř LK.<sup>248,249</sup>

Doporučení pro SRL jsou založena na údajích velkých randomizovaných kontrolovaných studií SRL, do nichž bylo většinou zařazeno pouze přibližně 60 % pacientů s HFrEF se sinusovým rytmem. SRL se doporučuje provádět (navíc k farmakologické léčbě podle doporučených postupů) pouze u definovaných podskupin populace pacientů s HF, přičemž většinu z nich tvoří symptomatictí pacienti s HF se SR, sníženou EF LK a s šířkou komplexu QRS  $\geq 130$  ms. Mezi další skupiny pacientů, u nichž lze zvažovat zahájení SRL, patří pacienti s HF ve stupních III nebo IV klasifikace New York Heart Association (NYHA) s FS, sníženou EF LK a s šířkou QRS  $\geq 130$  ms při použití strategie zajišťují-

cí biventrikulární odpověď, případně pokud se u pacienta očekává návrat do SR, a občas jako převedení pacienta na vyšší úroveň (upgrade) léčby klasickým kardiostimulátorem nebo ICD u pacientů s HFrEF se zhoršujícím se HF a s častou komorovou stimulací. Nedávno provedený průzkum v USA, který použil celostátně reprezentativní odhad pro celou americkou populaci hospitalizovaných pacientů, zjistil, že během desetiletého období (2003–2012) bylo provedeno odhadem 378 247 implantací BIV ICD, tedy přibližně 40 000 za rok neboli zhruba 135 na milion obyvatel za rok.<sup>250</sup> V Evropě může být podle starších odhadů 400 pacientů vhodných pro zahájení SRL na jeden milion obyvatel. Toto číslo vycházelo z odhadované 35% prevalence EF LK  $\leq 35$  % u reprezentativní populace s HF, přičemž u 41 % pacientů činila odhadovaná šířka komplexu QRS  $\geq 120$  ms. Změna na vyšší prahovou hodnotu šířky komplexu QRS 130 ms snížila tyto odhadované počty pouze mírně.<sup>251,252</sup> Ve Švédsku nedávno provedený průzkum s celkem 12 807 pacienty s HFrEF prokázal, že SRL byla zahájena u 7 % z nich, 69 % jich nemělo žádnou indikaci k SRL a u 24 % SRL byla indikována a přitom nebyla vůbec zahájena. Tyto údaje jasně ukazují na nedostatečné používání SRL.<sup>253,254</sup> Konečně pracovní skupina zdůrazňuje skutečnost, že rozhodnutí o implantaci přístroje pro SRL vyžaduje společné rozhodování lékaře spolu s pacientem.

### 4.2 Indikace k srdeční resynchronizační terapii: pacienti se sinusovým rytmem

U vhodně vybrané skupiny pacientů se srdečním selháním zlepšuje SRL funkci srdce, zmírňuje symptomy a zvyšuje pocit pohody, přičemž současně snižuje morbiditu a mortalitu. Pacientům se středně těžkým až těžkým HF SRL rovněž přidává roky života v plné kvalitě. Příznivé účinky SRL byly poměrně spolehlivě prokázány u pacientů s HF stupňů II, III a IV klasifikace NYHA.<sup>38,40,41,255–267</sup> Naproti tomu existuje poměrně málo důkazů o přínosu SRL u pacientů ve funkční třídě I a s ischemickou kardiomyopatií.<sup>41,266</sup> Ve studii Multicenter Automatic Defibrillator Implantation with Cardiac Resynchronization Therapy (MADIT-CRT) bylo celkem 265 (7,8 %) z 1 820 pacientů ve stupni I NYHA a měli ischemickou kardiomyopatii.<sup>266</sup> Při kontrole po sedmi letech byl v podskupině s LBBB, ve funkčním stupni I klasifikace NYHA a s ischemickou kardiomyopatií nalezen statisticky nevýznamný trend směrem k nižšímu riziku úmrtí z jakékoli příčiny (relativní riziko 0,66; 95% interval spolehlivosti [CI] 0,30–1,42;  $p = 0,29$ ). Současná doporučení pro zahájení SRL tedy platí pro všechny pacienty ve funkčních stupních II–IV NYHA bez ohledu na etiologii postižení.

Studie MULTIsite STimulation In Cardiomyopathies (MUSTIC),<sup>257,258</sup> Multicenter Insync Randomized Clinical Evaluation (MIRACLE), Pacing Therapies in Congestive Heart Failure (PATH-CHF) I a II,<sup>59,255,256,260</sup> Comparison of Medical therapy, Pacing aNd defibrillation (COMPANION)<sup>261</sup> a Cardiac RESynchronization in Heart Failure (CARE-HF)<sup>40,262</sup> srovnávaly účinek SRL vs. farmakoterapie podle doporučených postupů (guideline-directed) u pacientů ve funkčních stupních III nebo IV NYHA; naproti tomu většina studií z poslední doby porovnávala použití BIV ICD vs. ICD navíc k nejlepší farmakologické léčbě ve funkčním stupni II NYHA.<sup>38,41,263–267</sup> Málo studií srovnávalo



použití SRL-kardiostimulátorů (biventrikulární kardiostimulátor, BIV KS) s klasickou stimulací.<sup>191,268,269</sup> Ve většině studií hodnotících SRL musela být EF LK  $\leq 35\%$ , ale studie MADIT-CRT<sup>41</sup> a Resynchronization-Defibrillation for Ambulatory Heart Failure Trial (RAFT)<sup>38</sup> považovaly za EF LK hodnoty  $\leq 30\%$ , zatímco studie RESynchronization reVERses Remodelling in Systolic left vEntricular dysfunction (REVERSE)<sup>263</sup> stanovila hodnotu na  $\leq 40\%$ . Randomizováno bylo poměrně málo pacientů s EF LK 35–40 %, ale metaanalýza údajů jednotlivých účastníků neprokázala žádné snížení účinku SRL v této skupině.<sup>34</sup>

Na SRL neodpovídali příznivě všichni pacienti. Několik charakteristik předpovídá zmenšení objemu komor (reverzní remodelace) a zlepšení hodnot morbidit a mortality. Šířka komplexu QRS předpovídající odpověď na SRL byla zařazovacím kritériem ve všech randomizovaných studiích (EKG kritéria pro LBBB a RBBB). Příznivá odpověď na SRL nejspíše závisí na morfologii komplexu QRS. Několik studií prokázalo, že u pacientů s morfologií typu LBBB existuje vyšší pravděpodobnost příznivé odpovědi, zatímco u pacientů bez morfologie typu LBBB panuje v tomto smyslu menší jistota. Sipahi a spol.<sup>270,271</sup> provedli metaanalýzu zkoumající výsledky 33 klinických studií hodnotících vliv morfologie QRS na SRL, ale pouze čtyři z těchto studií (COMPANION, CARE-HF, MADIT-CRT a RAFT) použily sledované parametry na základě morfologie komplexu QRS. Když hodnotily účinek SRL na souhrnný sledovaný parametr nežádoucích klinických příhod u 3 349 pacientů s LBBB při vstupním vyšetření, našly tyto studie 36% snížení rizika při použití SRL (relativní riziko 0,64; 95% CI 0,52–0,77;  $p < 0,00001$ ). Tento přínos však nebyl zaznamenán u pacientů s převodními abnormalitami typu non-LBBB (relativní riziko 0,97; 95% CI 0,82–1,15;  $p < 0,75$ ). Po omezení analýzy na studie bez ICD (CARE-HF a COMPANION) byl přínos SRL stále ještě pozorován pouze u pacientů s LBBB ( $p < 0,000001$ ). Metaanalýza s vyloučením výsledků studií COMPANION a MADIT-CRT neprokázala, že by LBBB byl – na rozdíl od šířky QRS – prediktorem mortality.<sup>267</sup> V nedávno provedené velké metaanalýze výsledků pěti RCT (COMPANION, CARE-HF, MADIT-CRT, RAFT, REVERSE) s 6 523 účastníky (1 766 s morfologií QRS typu non-LBBB) nebyla SRL u pacientů s morfologií QRS typu non-LBBB spojena se snížením počtů úmrtí a/nebo hospitalizací pro HF (HR 0,99; 95% CI 0,82–1,2).<sup>272</sup> Protože téměř ve všech studiích a *post hoc* analýzách příznivého účinku morfologie komplexu QRS při SRL byli pacienti souhrnně zařazováni do kategorie non-LBBB, nelze nabídnout samostatné doporučení pro SRL u pacientů s difúzní poruchou interventrikulárního převodu impulsů a RBBB.<sup>273–278</sup> U pacientů s RBBB nemá SRL žádný přínos,<sup>279</sup> pokud nevykazují na EKG záznamu tzv. maskované LBBB,<sup>278</sup> s charakteristickým širokým, rozmazaným knítem R, někdy se zářezy, na svodech I a aVL spolu s deviací srdeční osy doleva. U těchto pacientů je naprosto zásadní individualizované umístění svodu na LK.

Významným poznatkem z poslední doby je možná úloha prodlouženého intervalu PR u pacientů s HF a non-LBBB. Několik monocentrických studií a dvě *post hoc* analýzy velkých RCT (COMPANION a MADIT-CRT) naznačily možný přínos implantace přístroje pro SRL u této patientské populace.<sup>245,280,281</sup> Ve studii MADIT-CRT prokázala podskupina pacientů s non-LBBB a s prodlouženým inter-

valem PR přínos BIV ICD se 73% snížením rizika rozvoje HF nebo úmrtí a s 81% snížením rizika úmrtí z jakýchkoli příčin ve srovnání s léčbou pouze pomocí ICD.<sup>280</sup> U pacientů s non-LBBB a s normálním intervalem PR byla BIV ICD spojena s trendem směrem ke zvýšenému riziku HF nebo úmrtí a s více než dvojnásobně vyšší mortalitou ve srovnání s léčbou ICD, což ukazuje na obousměrnou významnou interakci. Údajů je však příliš málo na to, aby bylo možno vydat nějaké doporučení.<sup>280</sup>

Z výsledků studií MADIT-CRT, REVERSE a RAFT je možné usuzovat, že u pacientů s LBBB lze pravděpodobně očekávat možný přínos pro všechny pacienty s LBBB bez ohledu na šířku komplexu QRS a že nelze jednoznačně určit žádnou mezní hodnotu šířky komplexu QRS pro vyloučení pacientů, kteří nebudou na léčbu odpovídat.<sup>273,274,276</sup> Naproti tomu jakýkoli přínos SRL u pacientů s non-LBBB lze pozorovat většinou u jedinců s šířkou QRS  $\geq 150$  ms. Významné je zjištění, že – jak prokázala dlouhodobá studie MADIT-CRT a studie RAFT – se přínos u pacientů s šířkou komplexu QRS  $< 150$  ms projevil až později během sledování.<sup>266,274</sup> Studie Echocardiography Guided Cardiac Resynchronization Therapy (Echo-CRT) naznačila možnou škodlivost SRL, pokud byla při vstupním vyšetření pacientů s šířkou komplexu QRS  $< 130$  ms echokardiograficky prokázána mechanická dyssynchronie.<sup>265,282</sup> Výběr pacientů pro SRL výhradně na základě údajů z vyšetření srdce zobrazovací metodou se proto jednoznačně nedoporučuje u pacientů s tzv. štíhlým komplexem QRS (tzn.  $< 130$  ms).

Sloučené údaje jednotlivých pacientů z tří studií srovnávajících léčbu pomocí BIV ICD vs. ICD, do nichž byli zařazeni převážně pacienti s HF ve stupni II NYHA, prokázaly vyšší pravděpodobnost odpovědi na léčbu u žen než u mužů.<sup>283</sup> V metaanalýze na úrovni pacientů, kterou zadal americký Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (US Food and Drug Administration), našli Zusterzeel a spol. hlavní rozdíl u pacientů s LBBB a s QRS 130–149 ms.<sup>284</sup> V této skupině bylo u žen zaznamenáno 76% snížení závažnosti HF nebo úmrtí (absolutní rozdíl mezi BIV ICD vs. ICD 23 % [HR 0,24; 95% CI 0,11–0,53;  $p < 0,001$ ]) a 76% snížení počtu samotných úmrtí (absolutní rozdíl 9 % [HR 0,24; 95% CI 0,06–0,89;  $p = 0,03$ ]) bez statisticky významného přínosu léčby u mužů z hlediska HF nebo mortality (absolutní rozdíl 4 % [HR 0,85; 95% CI 0,60–1,21;  $p = 0,38$ ]), případně samotného úmrtí (absolutní rozdíl 2 % [HR 0,86; 95% CI 0,49–1,52;  $p = 0,60$ ]). Možné vysvětlení většího přínosu SRL u žen se připisuje rozdílu mezi pohlavími ve velikosti LK, protože rozdíly v odpovědi na léčbu, které jsou pro obě pohlaví specifické, vymizí po normalizaci poměru šířky komplexu QRS a objemu LK na konci diastoly.<sup>285</sup> Počítačové modelování z poslední doby potvrdilo, že rozdíly mezi pohlavími ve velikosti LK významně přispívají k rozdílu mezi pohlavími v šířce komplexu QRS, a nabídlo tak možné mechanistické vysvětlení rozdílů mezi pohlavími v odpovědi na SRL.<sup>286,287</sup> Simulace, v nichž se počítá s menší velikostí LK pacientek se SRL, předpokládají o 9–13 ms nižší prahové hodnoty šířky komplexu QRS u žen. Stejně jako v případě jiných parametrů EKG (např. délky intervalu QT a korigovaného intervalu QT) si lze představit, že se rozdíly mezi pohlavími musejí odrazit i v šířce komplexu QRS. Kritéria EKG pro záchyt poruch intraventrikulárního převodu impulsů, LBBB, a non-LBBB dosud nebyla jedno-

značně definována a uvedena v žádné z již provedených studií se SRL.<sup>288,289</sup> Podobně zatím nebyla ve studiích se SRL popsána ani metoda měření šířky QRS (automaticky nebo manuálně a přístroj pro EKG záznam). Přitom se zdá, že volba EKG kritérií ovlivňuje hodnoty tvrdých sledovaných parametrů.<sup>288–291</sup> Zároveň bylo prokázáno, že metoda EKG záznamu i samotný výrobce přístroje mají možná vliv na automaticky měřenou šířku komplexu QRS. Konečně použití SRL se zvažuje u pacientů s optimální farmakoterapií (OMT) včetně užívání beta-blokátorů, inhibitorů angiotenzin konvertujícího enzymu nebo blokátorů receptoru AT<sub>1</sub> pro angiotenzin II i antagonistů mineralokortikoidních receptorů. Jedna studie nicméně nastolila otázku doby zahájení SRL, protože u pacientů s LBBB může být účinnost farmakoterapie omezená, což znamená, že je nutno zvážit zahájení SRL dříve.<sup>292</sup> Navíc zatímco současná klinická praxe podporuje podávání kombinace sacubitril/valsartan, ivabradinu a inhibitorů sodíko-glukózového kotransportéru 2, je třeba zdůraznit, že v zásadních studiích dokumentujících účinnost těchto léčiv bylo zařazeno velmi málo pacientů s indikací k SRL. Nejsou tak k dispozici jednoznačné údaje podporující povinné užívání těchto léčiv před zvažováním SRL.<sup>293–296</sup>

#### Doporučení pro srdeční resynchronizační léčbu u pacientů se sinusovým rytmem

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| <b>Morfologie QRS typu LBBB</b>  |                    |                     |
| SRL se doporučuje u symptomatických pacientů s HF, se SR a s EF LK ≤ 35 %, šířkou komplexu QRS ≥ 150 ms a s morfologií QRS typu LBBB přes OMT s cílem zmírnit symptomy a snížit morbiditu a mortalitu. <sup>38,40,41,255–267,284,285</sup>     | I                  | A                   |
| SRL je nutno zvážit u symptomatických pacientů s HF, se SR a s EF LK ≤ 35 %, šířkou komplexu QRS 130–149 ms a s morfologií QRS typu LBBB přes OMT s cílem zmírnit symptomy a snížit morbiditu a mortalitu. <sup>38,40,41,255–267,284,285</sup> | IIa                | B                   |
| <b>Morfologie QRS typu non-LBBB</b>  |                    |                     |
| SRL je nutno zvážit u symptomatických pacientů s HF, se SR a s EF LK ≤ 35 %, šířkou komplexu QRS ≥ 150 ms a s morfologií QRS typu non-LBBB přes OMT s cílem zmírnit symptomy a snížit morbiditu. <sup>38,40,41,255–267,284,285</sup>           | IIa                | B                   |
| SRL lze zvážit u symptomatických pacientů s HF, se SR a s EF LK ≤ 35 %, šířkou komplexu QRS 130–149 ms a s morfologií QRS typu non-LBBB přes OMT s cílem zmírnit symptomy a snížit morbiditu. <sup>274–279,282</sup>                           | IIb                | B                   |
| <b>Šířka komplexu QRS</b>  |                    |                     |
| SRL není indikována u pacientů s HF a s šířkou komplexu QRS < 130 ms bez indikace ke stimulaci PK. <sup>265,283</sup>  | III                | A                   |

EF LK – ejekční frakce levé komory; HF – srdeční selhání; LBBB – blokáda levého Tawarova raménka (left bundle branch block); OMT – optimální farmakoterapie; SR – sinusový rytmus; SRL – srdeční resynchronizační léčba.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

### 4.3 Pacienti s fibrilací síní

Tato kapitola se zabývá indikacemi k SRL u pacientů s trvalou FS nebo s perzistentní FS nevhodnou pro ablaci FS, případně po neúspěšné ablaci FS. Uvádí se, že u vybraných pacientů ablaci FS zlepšuje EF LK a snižuje počty hospitalizací pro HF. Ablace FS se doporučuje zvláště pro odstranění dysfunkce LK u pacientů s FS při kardiomyopatii velmi pravděpodobně vyvolané tachykardií bez ohledu na symptomy.<sup>297</sup> Zahájení SRL je tak třeba zvážit u těchto pacientů s perzistentní FS a s HFrEF v případech, kdy nelze ablaci FS provést nebo ji pacient odmítne podstoupit. Pokud se týče indikací k úpravě srdeční frekvence, a zvláště k ablaci AVJ, je vhodné seznámit se s doporučeními ESC pro léčbu fibrilace síní.<sup>297</sup>

#### 4.3.1 Pacienti s fibrilací síní a srdečním selháním, kteří jsou kandidáty srdeční resynchronizační léčby

Důležitým faktorem určujícím úspěšnost SRL je účinná biventrikulární stimulace. Významnou okolností u pacientů s FS je, že rytmus FS, nepravidelný a s rychlou komorovou frekvencí, může kolidovat s dostatečnou biventrikulární stimulací. FS může snižovat procento účinné biventrikulární odpovědi vytvářením spontánních, splynulých nebo pseudosplynulých stahů. Vysoké úspěšnosti biventrikulární stimulace nedosahují dvě třetiny pacientů s perzistentní nebo trvalou FS.<sup>298</sup>

Údaje z velkých registrů ukazují, že u pacientů s FS se zahájenou SRL existuje zvýšené riziko úmrtí i po adjustaci léčby na několik klinických proměnných.<sup>298–300</sup> U většiny pacientů s FS bez poruchy AV převodu lze dosáhnout odpovídající biventrikulární stimulace pouze ablací AVJ.<sup>301–303</sup> Podstudie projektu RAFT<sup>301</sup> neprokázala přínos SRL bez ablaci AVJ z hlediska kombinovaného sledovaného parametru úmrtí a hospitalizace pro HF; za pozornost stojí zjištění, že pouze u 47 % pacientů docházelo k biventrikulární odpovědi > 90 %. Rozhodnutí provést ablaci AVJ je stále ještě předmětem diskuse, ale většina studií prokázala zlepšení funkce LK, funkční kapacity, tolerance zátěže a prodloužení přežití (ve stejné míře jako u pacientů se SR).<sup>302</sup> Gasparini a spol.<sup>303</sup> srovnávali celkovou mortalitu u 443 pacientů s FS, u nichž byla provedena ablaci AVJ (n = 443), a 895 pacientů, jimž byly podávány léky zpomalující srdeční frekvenci, oproti pacientům se SR (n = 6 046). Hodnoty dlouhodobého přežití po SRL u pacientů s FS a ablací AVJ byly podobné jako hodnoty pacientů se SR (HR 0,93); mortalita byla vyšší u pacientů užívajících léky snižující srdeční frekvenci (HR 1,52). Nejčastěji užívanými léky pro úpravu srdeční frekvence při FS jsou beta-blokátory; i když jsou bezpečné dokonce i v kontextu FS a HFrEF, nemusejí mít nezbytně stejný přínos jako u pacientů se SR<sup>304</sup> a poměr přínosů a rizik je ovlivněn dalšími kardiovaskulárními komorbiditami.<sup>305,306</sup> V systematickém přehledu a metaanalýze snížila ablaci AVJ ve srovnání s neprovedenou ablací AVJ mortalitu o 37 % a incidenci nulové odpovědi o 59 % u pacientů s biventrikulární stimulací < 90 %, neprokázala však žádný přínos u pacientů s ≥ 90 % biventrikulární stimulací.<sup>307</sup> Podobně i Tolosana a spol. popsali stejná procenta respondérů (definovaných jako ≥ 10 % zmenšení end-systolického objemu) mezi pacienty s FS, u nichž byla provedena ablaci AVJ nebo kteří užívali léky zpomalující srdeční frekvenci, a respondérů

mezi pacienty se SR a odpovídající biventrikulární stimulací (97 %, resp. 94 % a 97 %).<sup>308</sup> Významné bylo zjištění, že ablace AVJ neprodloužila přežití pacientů s FS a se SRL oproti pacientům užívajícím léky zpomalující srdeční frekvenci, pokud bylo odpovídající biventrikulární stimulace dosaženo buď ablací (97 %), nebo léky (94 %).<sup>309</sup>

Závěrem je třeba konstatovat, že přes málo kvalitní důkazy – protože dosud nebyly provedeny velké randomizované studie – převažuje mezi experty názor na užitečnost SRL u pacientů s trvalou FS a ve stupních III a IV NYHA se stejnými indikacemi jako u pacientů se SR za předpokladu přidání ablace AVJ u pacientů s nekompletní (< 90–95%) biventrikulární odpovědí v důsledku FS (obr. 9). Existují však i jiné příčiny nedostatečné biventrikulární stimulace jako časté předčasné komorové stahy, které mohou vyžadovat léčbu (farmakologickou nebo ablací) ještě před zvážením ablace AVJ. Důležité je, že stanovení procenta biventrikulární stimulace závisí hlavně na procentu biventrikulární stimulace zaznamenané pamětí přístroje, což přesně neodráží frekvenci skutečně účinné biventrikulární odpovědi. Ke stanovení skutečného procenta biventrikulární odpovědi může napomoci holterovský monitoring.<sup>310,311</sup> Nový algoritmus průběžně hodnotící účinnost biventrikulární stimulace již byl vyvinut.<sup>312</sup>

U pacientů s trvalou FS nejsou k dispozici žádné údaje ukazující na rozdíl v míře odpovědi na SRL v závislosti na morfologii komplexu QRS nebo mezní hodnotě šířky komplexu QRS 150 ms.

Je třeba mít na paměti, že pro pacienty ve stupni II NYHA existuje pouze omezené množství údajů.

#### 4.3.2 Pacienti s neupravenou srdeční frekvencí, kteří jsou kandidáty ablace atrioventrikulární junkce (bez ohledu na šířku QRS)

Ablaci AVJ je nutno zvážit pro úpravu srdeční frekvence u pacientů nereagujících na nebo netolerujících intenzivní léčbu pro úpravu srdeční frekvence a rytmu nebo u jedinců nevhodných pro ablací FS, u nichž bylo nutno si přiznat, že jim bude nutno implantovat kardiostimulátor.<sup>297</sup> Hlavně u těžce symptomatických pacientů s trvalou FS a alespoň jednou hospitalizací pro HF se může dávat přednost kombinaci ablaci AVJ a SRL před ablací FS.<sup>297</sup>

Ablace AVJ a trvalá stimulace z hrotu PK zajišťují vysoce účinnou úpravu srdeční frekvence a pravidelnou odpověď komor při FS; u vybraných pacientů současně zmírňují symptomy.<sup>193</sup> Velká studie s kontrolní skupinou párovanou podle propensity skóre prokázala 53% snížení celkové mortality u pacientů s ablací AVJ oproti skupině s medikamentózní úpravou srdeční frekvence.<sup>195</sup> Doporučení ESC pro léčbu fibrilace síní z roku 2020 uvádějí indikaci ve třídě IIa.<sup>297</sup>

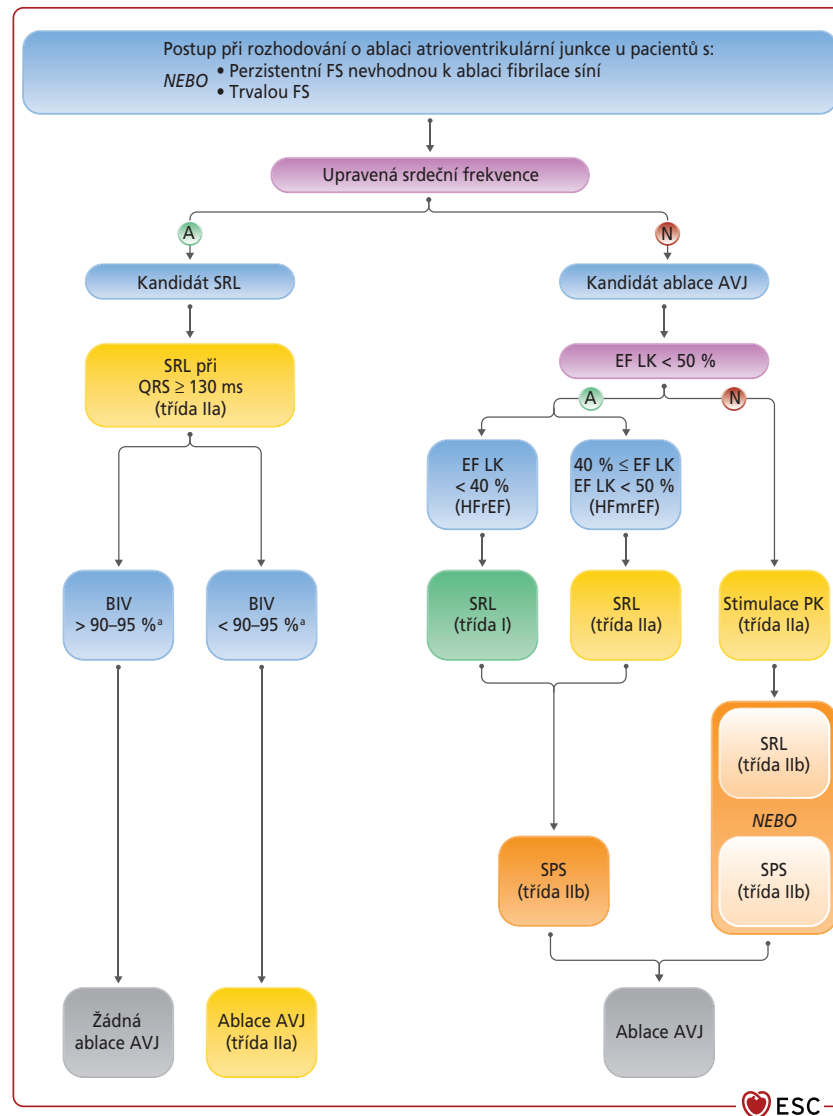
Rubem stimulace PK je však skutečnost, že vyvolává dyssynchronie LK přibližně u 50 % pacientů,<sup>313</sup> což může u menšiny z nich vést ke zhoršení symptomů HF. U většiny pacientů zvyšuje ablaci AVJ hodnotu EF LK i při stimulaci hrotu PK (RV apical, RVA), protože dochází ke zmírnění dysfunkce LK vyvolané tachykardiemi, s níž se lze u těchto pacientů běžně setkat. SRL může působit jako prevence dyssynchronie LK vyvolané stimulací PK. Do multicentrické, randomizované, prospektivní studie Ablate and Pace in Atrial Fibrillation (APAF) bylo zařazeno 186 pacientů, jimž byl implantován přístroj pro SRL nebo stimulaci PK

s následnou ablací AVJ.<sup>314</sup> Během sledování s mediánem 20 měsíců snížila SRL statisticky významně primární souhrnný sledovaný parametr úmrť na HF, hospitalizace pro HF nebo zhoršení HF o 63 %. Příznivé účinky SRL pozorované u pacientů s EF ≤ 35 %, stupněm ≥ III NYHA a šířkou QRS ≥ 120 ms byly podobné i u pacientů s EF > 35 % nebo stupněm < III NYHA nebo se štíhlým QRS. Ve srovnání se skupinou se stimulací PK vzrostl počet respondérů z 63 % na 83 % ( $p = 0,003$ ).<sup>315</sup> Metaanalýza údajů 696 pacientů z pěti studií prokázala 62% snížení počtu hospitalizací pro HF a skromné zlepšení EF LK ve srovnání se stimulací PK, ne však prodloužení vzdálenosti překonané během 6 minut a zlepšení kvality života hodnocené dotazníkem Minnesota Living with Heart Failure.<sup>316</sup> V RCT APAF-CRT bylo 102 starších pacientů (průměrný věk 72 let) s trvalou FS, štíhlým komplexem QRS (≤ 110 ms) a alespoň po jedné hospitalizaci pro HF v předchozím roce randomizováno do skupiny s ablací AVJ a SRL nebo do skupiny s farmakologickou úpravou srdeční frekvence.<sup>196</sup> Po sledování s mediánem délky 16 měsíců byl primární složený sledovaný parametr úmrť na HF, hospitalizace pro HF nebo zhoršení HF zaznamenán u 10 pacientů (20 %) v rameni s ablací (AVJ) plus SRL a u 20 pacientů (38 %) v rameni s farmakologickou úpravou (HR 0,38;  $p = 0,013$ ). Výsledky byly ovlivněny hlavně snížením počtu hospitalizací pro HF. U pacientů s EF LK ≤ 35 % byla hodnota HR 0,18 ( $p = 0,01$ ), přičemž u pacientů s EF LK > 35 % to bylo 0,62 ( $p = 0,36$ ). Dále u pacientů s ablací AVJ a SRL bylo při kontrolním vyšetření po jednom roce zaznamenáno 36% snížení výskytu specifických symptomů a omezení fyzických aktivit v důsledku FS ( $p = 0,004$ ). Na rozdíl od hlavního složeného sledovaného parametru bylo největší zlepšení ve smyslu zmírnění symptomů pozorováno u pacientů s EF LK > 35 % ( $p = 0,0003$ ).

Závěrem lze konstatovat, že randomizované studie přinesly důkazy o dodatečném přínosu provádění stimulace jako způsobu SRL u pacientů se sníženou EF, kteří jsou kandidáty ablaci AVJ s cílem úpravy srdeční frekvence a následného snížení počtu hospitalizací a zlepšení kvality života. K dispozici jsou důkazy, že SRL zmírňuje symptomy účinněji než stimulace PK, ne však mortalitu a počty hospitalizací u pacientů se snížením systolické funkce ve středním pásmu (obr. 9).

#### 4.3.3 Rýsující se nové možnosti SRL: úloha stimulace převodního systému

SPS, ať samostatně, nebo spolu se stimulací koronárního sinu, představuje slibnou novou metodu SRL, užitečnou u pacientů s FS po ablací AVJ.<sup>199,200,317–319</sup> Neklasická metoda SRL se stimulací SPS a koronárního sinu (tzv. His-optimalizovaná SRL) nebo stimulace oblasti levého Tawarova raménka může – ve srovnání s klasickou SRL – zajistit štíhlejší QRS s „kvazi-normální“ morfologií srdeční osy, echokardiograficky prokázané zlepšení ukazatelů mechanické resynchronizace a krátkodobé zlepšení klinického stavu pacientů.<sup>320–322</sup> Obecně platí, že případný přínos SPS závisí spíše na schopnosti dosáhnout štíhlého QRS podobného nativnímu komplexu QRS než na EF LK. Široké přijetí této metody závisí na další validaci její účinnosti ve velkých randomizovaných kontrolovaných studiích, stejně jako na dalším zdokonalování konstrukce elektrod i na dalších zaváděcích systémech a přístrojích pro stimulaci z oblasti převodního systému (viz kap. 5).



**Obr. 9 – Indikace k ablaci atrioventrikulární junkce u pacientů se symptomatickou trvalou fibrilací síní nebo s perzistentní fibrilací síní nevhodných pro ablaci fibrilace síní.** AVJ – atrioventrikulární junkce (atrioventricular junction); BIV – biventrikulární; EF LK – ejekční frakce levé komory; ESC – Evropská kardiologická společnost; FS – fibrilace síní; HFmrEF – srdeční selhání s mírně sníženou ejekční frakcí (heart failure with mildly reduced ejection fraction); HFrEF – srdeční selhání se sníženou ejekční frakcí (heart failure with reduced ejection fraction); PK – pravá komora srdeční; QRS – vlny Q, R a S; SRL – srdeční resynchronizační léčba; SPS – stimulace převodního systému.

<sup>a</sup> V důsledku rychlé komorové odpovědi

Pozn.: Vybrazovaný strom vychází z doporučených postupů ESC pro léčbu fibrilace síní.<sup>297</sup>

### Doporučení pro srdeční resynchronizační terapii u pacientů s perzistentní nebo trvalou fibrilací síní

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| <b>1. U pacientů s HF a s permanentní FS, kteří jsou kandidáty SRL:</b>   |                    |                     |
| <b>1A.</b> SRL je třeba zvážit u pacientů se srdečním selháním a EF LK ≤ 35 % ve stupních III nebo IV NYHA přes OMT, pokud mají FS a intrinsický QRS ≥ 130 ms při použití strategie pro zajištění biventrikulární odpovědi simulace s cílem zmírnit symptomy a snížit morbiditu a mortalitu. <sup>303,307,308,323</sup> | IIa                | C                   |
| <b>1B.</b> Ablaci AVJ je nutno přidat v případě nedostatečné biventrikulární stimulace (< 90–95 %) pro proběhlou FS. <sup>298–303</sup>   | IIa                | C                   |
| <b>2. U pacientů se symptomatickou FS a neupravenou srdeční frekvencí, kteří jsou kandidáty ablace AVJ (bez ohledu na šířku QRS):</b>   |                    |                     |
| <b>2A.</b> SRL se doporučuje u pacientů s HFpEF. <sup>197,198,307,309</sup>   | I                  | B                   |
| <b>2B.</b> U pacientů s HFmrEF je nutno zvážit spíše zahájení SRL než standardní stimulaci RK.  | IIa                | C                   |
| <b>2C.</b> U pacientů s HFpEF je třeba zvážit stimulaci PK. <sup>189,190,324</sup>  | IIa                | B                   |
| <b>2D.</b> U pacientů s HFpEF lze zvážit SRL.   | IIb                | C                   |

AVJ – atrioventrikulární junkce (atrioventricular junction); EF LK – ejekční frakce levé komory; FS – fibrilace síní; HF – heart failure (srdeční selhání); HFmrEF – srdeční selhání s mírně sníženou ejekční frakcí (40–49 %) (heart failure with mildly reduced ejection fraction); HFpEF – srdeční selhání se zachovanou ejekční frakcí podle doporučených postupů ESC pro HF z roku 2021 (≥ 50 %) (heart failure with preserved ejection fraction);<sup>243</sup> HFrEF – srdeční selhání se sníženou ejekční frakcí (< 40 %) (heart failure with reduced ejection fraction); NYHA – New York Heart Association; PK – pravá komora; SRL – srdeční resynchronizační léčba.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.



#### 4.4 Pacienti s klasickým kardiostimulátorem nebo s implantabilním kardioverterem-defibrilátorem, kteří potřebují převedení (upgrade) na srdeční resynchronizační terapii

Několik studií prokázalo škodlivý účinek chronické stimulační PK pro zvýšené riziko vzniku symptomů nebo nutnosti hospitalizace; toto riziko lze zmírnit a předejít mu naprogramováním přístroje pro SRL na maximálně účinný převod intrinsických srdečních impulsů.<sup>149,184,191,325</sup> Dříve byl přínos upgradu, tedy převedení pacienta na vyšší úroveň SRL, zkoumán pouze formou observačních kontrolovaných studií a analýzou údajů z registrů,<sup>326–340</sup> přičemž se hlavně srovnával upgrade s *de novo* SRL; starší, malé observační studie hodnotící situaci před zahájením a po zahájení SRL<sup>341–347</sup> a studie se zkříženým uspořádáním<sup>348–351</sup> přinesly pouze omezený objem klinických údajů.

Na základě nedávno publikované metaanalýzy observačních studií, většinou monocentrických,<sup>352</sup> byly echokardiograficky potvrzená funkční odpověď i riziko úmrtí nebo příhod v souvislosti s HF u pacientů po *de novo* SRL vs. aktuálně upravené (upgrade) SRL podobné, nicméně předchází analýzy podskupin z velkých randomizovaných prospektivních studií, jako například RAFT,<sup>38</sup> přínos SRL z hlediska morbidit nebo mortality nepotvrdily.

Klinické výsledky jsou rovněž ovlivňovány klinickými charakteristikami pacientů odeslaných na upgrade SRL. Podle údajů z průzkumu European CRT Survey II,<sup>353</sup> jednoho velkého registru a klinických charakteristik pacientů ze starších studií<sup>351</sup> se pacienti odeslaní k upgradu SRL od pacientů odeslaných k *de novo* implantaci přístroje pro SRL liší: jsou starší (dokonce starší než ti z RCT), jedná se hlavně o muže a mají víc komorbidit, jako je FS, ischemická choroba srdeční, anémie a selhání ledvin.

Průměrný počet upgradů výkonů v členských zemích ESC dosahuje 23 % z celkového počtu implantací přístrojů pro SRL, v 60 % případů se jedná o převedení z klasických přístrojů a v 40 % o převedení z ICD,<sup>353</sup> což ukazuje na statisticky významné regionální rozdíly v typu implantovaných přístrojů, jako jsou BIV KS nebo BIV ICD.<sup>353,354</sup>

Pokud se týče komplikací v souvislosti s výkonem, tedy samotnou implantací, popsalo několik studií vyšší incidenci komplikací během upgradu výkonů, v rozmezí 6,8 % až 20,9 %, ve srovnání s *de novo* výkony.<sup>340,355</sup> To nepotvrdila jedna nedávná analýza údajů z registrů, v nichž upgrady výkonů vykazovaly podobné počty komplikací jako *de novo* výkony.<sup>353</sup> Za pozornost stojí fakt, že 82 % těchto výkonů bylo provedeno na pracovištích s vyšším objemem výkonů. Údajů o incidenci dlouhodobých infekcí nebo revizích elektrod po „upgradu“ SRL je však velmi málo.<sup>355,356</sup>

První prospektivní randomizovaná studie, nazvaná BU-DAPEST CRT Upgrade, sice stále ještě probíhá, ale může tyto otázky objasnit.<sup>357</sup>

#### Doporučení pro upgrade ze stimulace pravé komory srdeční na srdeční resynchronizační terapii

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| U pacientů, jimž byl implantován klasický kardiostimulátor nebo ICD a u nichž následně dojde k rozvoji symptomatického HF s EF LK ≤ 35 % přes OMT a u nichž existuje významný podíl stimulace PK, je nutno zvážit upgrade na SRL. <sup>38,149,186,191,325–353</sup> | Ia                 | B                   |

EF LK – ejekční frakce levé komory; HF – srdeční selhání (heart failure); ICD – implantabilní kardioverter-defibrilátor (implantable cardioverter-defibrillator); OMT – optimální farmakoterapie; PK – pravá komora; SRL – srdeční resynchronizační léčba.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

<sup>c</sup> Hranici 20% stimulace PK pro zvážení intervence v souvislosti se stimulací vyvolaným HF odporují údaje z observačních studií. Nejsou však k dispozici žádné údaje podporující představu, že žádné procento stimulace PK nelze považovat za definující skutečnou hranici, pod níž je stimulace PK bezpečná a nad níž je stimulace PK škodlivá.

#### 4.5 Stimulace u pacientů se sníženou ejekční frakcí levé komory a klasickou indikací k antibradykardické stimulaci

Větší účinnost (superioritu) biventrikulární stimulace oproti stimulaci PK prokázaly tři randomizované studie s pacienty se středně těžkou až těžkou systolickou dysfunkcí, která pro zlepšení kvality života, snížení stupně klasifikace NYHA a echokardiograficky potvrzenou odpověď vyžadovala antibradykardickou stimulaci.<sup>191,358,359</sup> Ve studii Biventricular versus RV pacing in patients with AV block (BLOCK HF) bylo 691 pacientů s postižením AV uzlu a indikací k implantaci kardiostimulátoru pro mírně sníženou ejekční frakci (< 50 % podle zařazovacích kritérií, průměrně 42,9 % ve skupině s kardiostimulátorem) randomizováno do skupin buď s biventrikulární stimulací, nebo se stimulací PK s/bez ICD a sledováno po průměrnou dobu 37 měsíců.<sup>191</sup> U primárního sledovaného parametru (složený sledovaný parametr ≥ 15% zvětšení end-systolického objemu LK, zvýšení počtu příhod v souvislosti se SRL nebo mortality) bylo zaznamenáno statisticky významné zlepšení u jedinců zařazených do skupin se SRL; odpověď na SRL byla dosažena u vysokého procenta pacientů se systolickou dysfunkcí a s předpokládanou častou stimulací PK. Podle výsledků studie M-Mode Selection Trial in Sinus-Node Dysfunction (MOST) je nejméně 40 % případů stimulace PK spojeno se zvýšeným rizikem hospitalizace pro HF nebo vzniku FS.<sup>184</sup>

U pacientů s normální nebo zachovanou EF jsou údaje ohledně přínosu SRL protichůdné, pokud se týče hospitalizací, a žádný přínos nebyl prokázán z hlediska mortality.<sup>167,269,324,360</sup> Nežádoucí remodelaci způsobené stimulací PK však zabránila biventrikulární stimulace, zvláště během dlouhodobého sledování.<sup>324,360,361</sup> Jedna monocentrická studie zjistila, že > 20% stimulace PK byla u pacientů s AVB a zachovanou EF LK spojena s nežádoucí remodelací LK.<sup>189</sup> Při rozhodování o implantaci přístroje pro SRL je rovněž nutno brát v úvahu křehkost pacientů vzhledem k vyšším nákladům a vysoké incidenci komplikací spojených s tímto výkonem.



### Doporučení pro pacienty se srdečním selháním a atrioventrikulární blokádou

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| U pacientů s HFrEF (< 40 %) bez ohledu na stupeň klasifikace se při indikaci ke komorové stimulaci a s AVB vysokého stupně s cílem snížit morbiditu doporučuje použití SRL spíše než stimulace PK. Do této skupiny patří pacienti s FS. <sup>184,191,197,269,314,324,358–360,362,363</sup> | I                  | A                   |

AVB – atrioventrikulární blokáda; FS – fibrilace síní; HF – srdeční selhání; HFrEF – srdeční selhání se sníženou ejekční frakcí (< 40 %), podle doporučených postupů ESC pro léčbu HF z roku 2021 (heart failure with reduced ejection fraction [< 40 %]);<sup>243</sup> NYHA – New York Heart Association; PK – pravá komora; SRL – srdeční resynchronizační léčba.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

### 4.6 Přínos přidání implantabilního kardioverteru-defibrilátoru u pacientů s indikacemi k srdeční resynchronizační terapii

Přínos použití BIV ICD oproti BIV KS z hlediska mortality stále není zřejmý, hlavně proto, že dosud nebyly navrženy žádné studie typu RCT přímo porovnávající tyto dvě metody léčby. Zatímco BIV ICD může ve srovnání s BIV KS dále zlepšit hodnoty přežití snížením počtů úmrtí na arytmiie, nese s sebou i rizika specifická pro ICD, jako jsou například selhání elektrod a nevhodné výboje, stejně jako vyšší náklady.

Studie COMPANION byla jediným projektem, v němž byli účastníci randomizováni do skupin buď s BIV KS, nebo s BIV ICD; byla však navržena s cílem zhodnotit účinky SRL ve srovnání s OMT, a ne jako srovnání BIV ICD a BIV KS.<sup>261</sup> Použití BIV KS bylo spojeno se zanedbatelným, statisticky nevýznamným snížením rizika úmrtí z jakýchkoli příčin (HR 0,76; 95% CI 0,58–1,01;  $p = 0,06$ ), zatímco použití BIV ICD bylo spojeno se statisticky významným, 36% snížením rizika (HR 0,64; 95% CI 0,48–0,86;  $p = 0,004$ ). Analýza mortality podle příčin prokázala, že incidence SCD byla statisticky snižena při použití BIV ICD (HR 0,44; 95% CI 0,23–0,86;  $p = 0,02$ ), ne však při použití BIV KS (HR 1,21; 95% CI 0,7–2,07;  $p = 0,50$ ).<sup>364</sup>

Prodloužení studie CARE-HF nicméně prokázalo, že samotná BIV KS snížila riziko náhlé smrti o 5,6 %.<sup>262</sup> Ve shodě s těmito zjištěními analýzy podskupin ze studií typu RCT s mírným HF pravidelně nacházely snížení incidence komorových arytmií při použití SRL.<sup>365–369</sup> Tyto účinky byly pozorovány zvláště u jedinců odpovídajících na léčbu SRL, z čehož lze usuzovat, že snížení rizika SCD souvisí s rozsahem reverzní remodelace LK při použití SRL.

Metaanalýzy na toto téma dospěly k různým závěrům. Ve studii, kterou provedli Al-Majed a spol., byl přínos LK z hlediska přežití do velké míry ovlivněn snížením mortality v souvislosti s HF, ke snížení počtů SCD však nedošlo.<sup>370</sup> Lam a spol. zjistili, že léčba pomocí BIV ICD statisticky významně snížila mortalitu ve srovnání se samotnou farmakoterapií (poměr šancí [odds ratio, OR] 0,57; 95% CI 0,40–0,80), ne však ve srovnání s použitím ICD bez SRL (OR 0,82; 95% CI 0,57–1,18) nebo BIV KS (OR 0,85; 95% CI 0,60–1,22).<sup>371</sup> Novější síťová metaanalýza 13 randomizovaných studií celkem s > 12 000 pacienty však zjistila, že

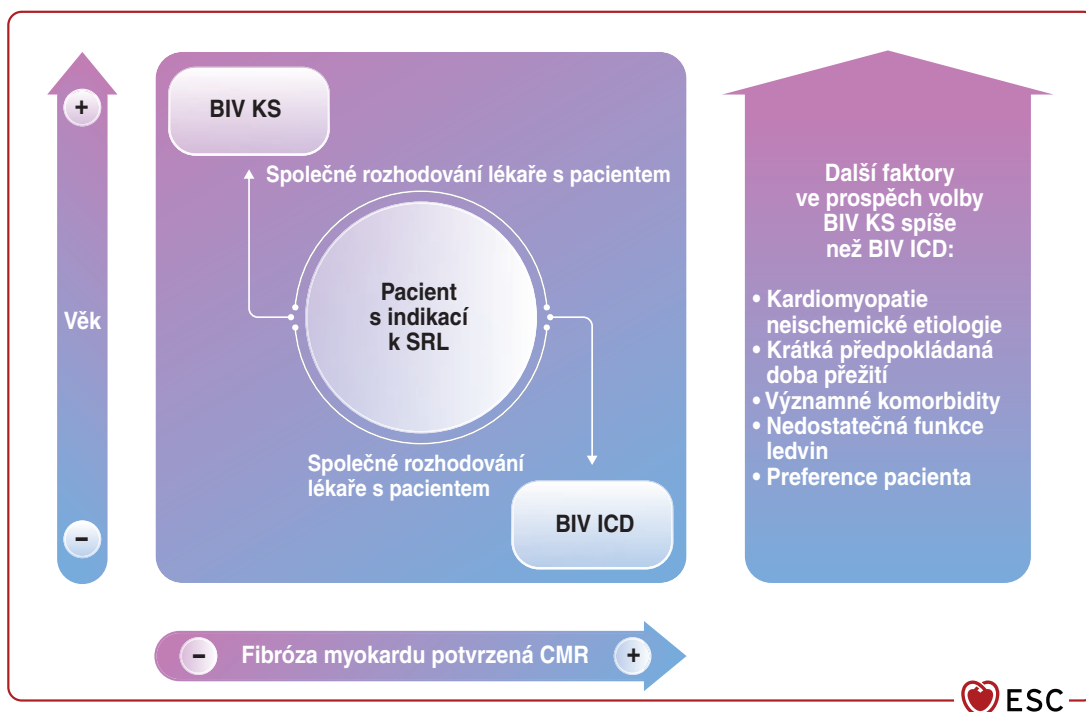
BIV ICD ve srovnání s BIV KS snížila mortalitu o 19 % (95% CI 1–33 %, nekorigováno).<sup>276</sup>

Některé velké observační studie z poslední doby zdůraznily význam etiologie HF při hodnocení možných přínosů BIV ICD oproti BIV KS.<sup>372–374</sup> U pacientů s ischemickou kardiomyopatií byla BIV ICD spojena se statisticky významným snížením rizika úmrtí z jakýchkoli příčin oproti BIV KS. Tento rozdíl však nebyl nalezen u pacientů s kardiomyopatií neischemického původu.

Uvedená zjištění se shodují s výsledky studie DANISH, v níž bylo 1 116 pacientů s HF a kardiomyopatií neischemické etiologie zařazeno do skupin buď s primárním profylaktickým použitím ICD, nebo s poskytováním obvyklé samotné klinické péče.<sup>375</sup> V obou skupinách se u 58 % pacientů současně prováděla SRL. Analýza podskupin prokázala, že BIV ICD nesnižila po sledování s mediánem v délce 67,6 měsíce hodnoty primárního sledovaného parametru úmrtí ze všech příčin účinněji než BIV KS (HR 0,91; 95% CI 0,64–1,29;  $p = 0,59$ ). Ve velkém multicentrickém registru s > 50 000 pacienty však bylo použití BIV ICD spojeno se statisticky nižší mortalitou.<sup>376</sup> Podobné výsledky byly získány i u nedávno popsané kohorty párované podle propensity skóre, v níž bylo použití BIV ICD spojeno se statisticky nižší celkovou mortalitou než BIV KS u pacientů s ischemickou etiologií i u pacientů bez HF neischemického původu ve věku do 75 let.<sup>377</sup> Dále studie CeRTiTuDe Cohort konstatovala příznivější hodnoty přežití při použití BIV ICD vs. BIV KS, hlavně díky snížení počtů úmrtí jiných než na SCD.<sup>378</sup> V italském multicentrickém registru pacientů se SRL bylo jediným nezávislým prediktorem mortality nepoužívání ICD.<sup>379</sup> Zatímco limitem těchto studií je jejich observační uspořádání, očekává se, že důležité informace o přednostech BIV ICD vs. BIV KS přinese právě probíhající randomizovaná studie Re-evaluation of Optimal Re-synchronisation Therapy in Patients with Chronic Heart Failure (RESET-CRT; ClinicalTrials.gov identifier NCT03494933).

Závěrem lze shrnout, že dosud chybějí prospektivní randomizované studie a dostupné údaje nestačí k jednoznačnému potvrzení vyšší účinnosti (superiority) BIV ICD ve srovnání s BIV KS. Je však třeba vzít v úvahu, že do studií se SRL u mírného HF byli téměř výhradně zařazováni pacienti s ICD a že hodnoty přežití při použití SRL bez ICD nejsou u této konkrétní skupiny pacientů přesně známy.<sup>38,41,263</sup> Dále observační údaje ukazují na statisticky významný přínos použití BIV ICD ve srovnání s BIV KS u pacientů s kardiomyopatií ischemického původu, zatímco u jedinců s kardiomyopatií neischemické etiologie jednoznačný přínos nebyl prokázán.

Predikční hodnotu ohledně rizika komorových arytmií může dále zvýšit charakterizace zjištění vyšetřením srdce magnetickou rezonancí se zesílením sycením kontrastem (contrast-enhanced CRM).<sup>380,381</sup> V diskusích o volbě mezi BIV ICD a BIV KS je obzvláště důležité brát v úvahu obecné prediktory účinnosti ICD, jako jsou věk a komorbiditativní spojené s rizikem úmrtí vyšším, než je riziko náhlé smrti v důsledku arytmiie. Je proto nutno zvážit možnost přidání ICD k SRL, zvláště u mladších pacientů s příznivou prognózou přežití, ischemickou etiologií a s příznivým profilem komorbidit nebo s fibrózou myokardu (obr. 10). Navíc hlavním faktorem přínosu ICD je rovnováha mezi rizikem SCD a rizikem úmrtí z jiných příčin stejně jako na



Obr. 10 – Pacientovy charakteristiky a preference, jež je třeba vzít v úvahu při rozhodování mezi srdeční resynchronizační terapií kardiostimulátorem nebo defibrilátorem. BIV ICD – biventrikulární ICD; BIV KS – biventrikulární kardiostimulátor; CMR – srdeční magnetická rezonance.

komorbidit. Obecně lze konstatovat, že incidence náhlé smrti v důsledku arytmií v primární prevenci zřejmě klesá (1 % za rok).

Kvůli složitosti celé záležitosti a absenci jednoznačných důkazů je obzvláště důležité, aby volba mezi BIV KS a BIV ICD probíhala formou společného rozhodování pacienta a lékaře z klinické praxe, přičemž se berou v úvahu jak medicínská fakta, tak hodnotový žebříček pacienta.

#### Doporučení pro přidání defibrilátoru k srdeční resynchronizační terapii

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| U pacientů, kteří jsou kandidáty implantace ICD a současně je u nich indikováno použití SRL, se doporučuje implantace BIV ICD. <sup>261,370,371,382</sup>                 | I                  | A                   |
| U pacientů, kteří jsou kandidáty SRL, je po zhodnocení individuálního rizika a společném rozhodnutí pacienta a lékaře nutno zvážit implantaci BIV ICD. <sup>383,384</sup> | IIa                | B                   |

BIV ICD – biventrikulární implantabilní kardioverter-defibrilátor; ICD – implantabilní kardioverter-defibrilátor; SRL – srdeční resynchronizační léčba.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

#### 4.7 Faktory ovlivňující účinnost srdeční resynchronizační terapie: úloha zobrazovacích metod

Úloha zobrazovacích metod pro vyšetření srdce při výběru pacientů s HF pro SRL se většinou hodnotila formou analýzy údajů z observačních studií. Jako faktory související s odpovědí na SRL se uváděly srdeční dyssynchro-

nie,<sup>385–387</sup> zjizvení myokardu<sup>388,389</sup> a místo poslední aktivace LK vůči poloze elektrody v LK.<sup>390,391</sup> EF LK je jediný parametr zařazený do doporučených postupů pro výběr pacientů indikovaných k SRL a hraje naprosto zásadní úlohu při definování typu HF (< 40 %, HFrEF; 40–49 %, HFmrEF; ≥ 50 %, HFpEF).<sup>243</sup> Při výpočtu EF LK představuje zobrazovací metodu první volby echokardiografické vyšetření. Pokud však není intravenózní podání kontrastní látky možné a akustické okénko neumožňuje přesné měření EF LK, je třeba zvážit použití CMR nebo metod nukleární medicíny.<sup>243</sup> Zobrazení napětí myokardu stěny (echokardiografické nebo pomocí CMR) pro kvantifikaci systolické funkce LK prokázalo zvyšující se prognostickou hodnotu u HF a umožňuje zjištění mechanické dyssynchronie LK.<sup>385,392–394</sup> Použití CMR spolu s LGE (které zobrazí přítomnost zjizvené tkáně myokardu) umožňuje ideální zobrazení pro rozlišení kardiomyopatie ischemické versus neischemické etiologie.<sup>395</sup> Přínos SRL byl spojen se zjištěním místa (posterolaterální) a rozsahu (transmurální vs. non-transmurální a procento hmoty LV) s použitím LGE při CMR nebo pomocí metod nukleární medicíny.<sup>381,388,396,397</sup> Těžká mitrální regurgitace,<sup>398</sup> absence významné elektromechanické dyssynchronie LV<sup>385,386,393</sup> a systolická dysfunkce PK<sup>399</sup> byly spojeny s menším zmírněním klinických symptomů a kratším přežitím po zahájení SRL. Pro posouzení mechanické dyssynchronie LK se zkoušelo několik zobrazovacích metod, ale většina parametrů dyssynchronie LK se v randomizovaných studiích s pacienty s HFrEF a s širokým komplexem QRS nehodnotila.<sup>400</sup> Jako nové možnosti predikce odpovědi na SRL byly navrženy přítomnost dvojitého pohybu septa (septal flash) a apikální rocking,<sup>401</sup> časové rozdíly na základě radiální deformace a typů regionální podélné deformace,<sup>385,393,402–404</sup> neinvazivní i invazivní EKG mapování<sup>386,405</sup> a vektorová kardi-

grafie.<sup>406</sup> Dále práce myokardu LK hodnocená pomocí speckle tracking echokardiografie byla spojena s délkou přežití pacientů s implantovaným přístrojem pro SRL.<sup>407</sup> Při vyhledávání koronární žíly vhodné pro zavedení elektrody do LK se běžně provádí venografie koronárního sinu. Randomizované studie jednoznačně neprokázaly, že by implantace elektrody do LK pod kontrolou zobrazovací metodou (s hodnocením zjištěné tkáně myokardu nebo místa poslední aktivace) byla výhodnější než standardní praxe.<sup>390,392,406,410</sup> První zkušenosti s použitím umělé inteligence při kombinování klinických, elektrických a zobrazovacích parametrů pro definování fenotypů pacientů, kteří budou profitovat z použití SRL, jsou sice slibné, je však ještě nutno získat další údaje.<sup>412</sup>

S významnou (středně těžkou až těžkou a těžkou) sekundární mitrální regurgitací se lze u kandidátů SRL setkat často, přitom je prokázáno, že ovlivňuje dlouhodobé přežití stejně jako odpověď na léčbu.<sup>407,411</sup> SRL může zmírnit mitrální regurgitaci až u 40 % pacientů.<sup>407</sup> U zbývajících 60 % pacientů se však úpravy významné mitrální regurgitace nedosáhne a během dlouhodobého sledování může progresse základního onemocnění vést k dalšímu zhoršení funkce mitrální chlopně s nepříznivou prognózou. Na základě údajů z registrů je prokázáno, že katetrizační náhrada mitrální chlopně metodou „edge-to-edge“ odpověď na SRL zlepšuje.<sup>412–415</sup> Výsledky RCT z poslední doby, do nichž byli podle doporučených postupů (včetně SRL, pokud byla indikována) zařazeni i pacienti se symptomatickou těžkou sekundární mitrální regurgitací i přes farmakologickou léčbu, však jednoznačně neprokázaly přínos katetrizační náhrady mitrální chlopně technikou „edge-to-edge“.<sup>416,417</sup>

Výběr pacientů pro SRL podle výsledků vyšetření zobrazovacími metodami se proto omezuje na změření EF LK, zatímco vyšetření dalších faktorů, jako například rozsahu zjištění myokardu, přítomnosti mitrální regurgitace nebo systolické funkce PK, je důležité pro vyhledávání potenciálních non-respondérů, kteří mohou vyžadovat dodatečnou léčbu (např. intervenci na mitrální chlopně).

## 5 Alternativní strategie a místa stimulace

Alternativy místa stimulace ke stimulaci PK (na rozdíl od stimulace RVA) zahrnují stimulaci výtokového traktu PK (RV outflow tract, RVOT), středního a vysokého segmentu PK septa (PK septum, RVS), SPS, nepřímou stimulaci Hisova svazku a stimulaci v oblasti levého Tawarova raménka, tedy oblast septa LK, a stimulaci levého Tawarova raménka.

### 5.1 Stimulace septa

Od vydání doporučených postupů ESC z roku 2013 (2013 ESC Guidelines)<sup>33</sup> nezjistily dvě randomizované studie žádný rozdíl v klinických výsledcích mezi stimulací RVS a RVA v přítomnosti AVB,<sup>417</sup> resp. při použití SRL.<sup>418</sup> Metaanalýza těchto studií konstatovala echokardiograficky potvrzený přínos stimulace RVS u pacientů s již přítomnou sníženou EF LK.<sup>419</sup> V jedné observační studii byla stimulace RVS spojena s nižším rizikem perforace.<sup>420</sup> Skutečné stimulace RVS se však nedosáhne a nepotvr-

dí se snadno<sup>421</sup> a žádné příznivé ani nežádoucí účinky stimulace RVS ve srovnání se stimulací RVA z hlediska relevantních klinických sledovaných parametrů nebyly prokázány. V současnosti dostupné důkazy nepodporují systematické doporučování stimulace buď RVS, nebo RVA u všech pacientů.

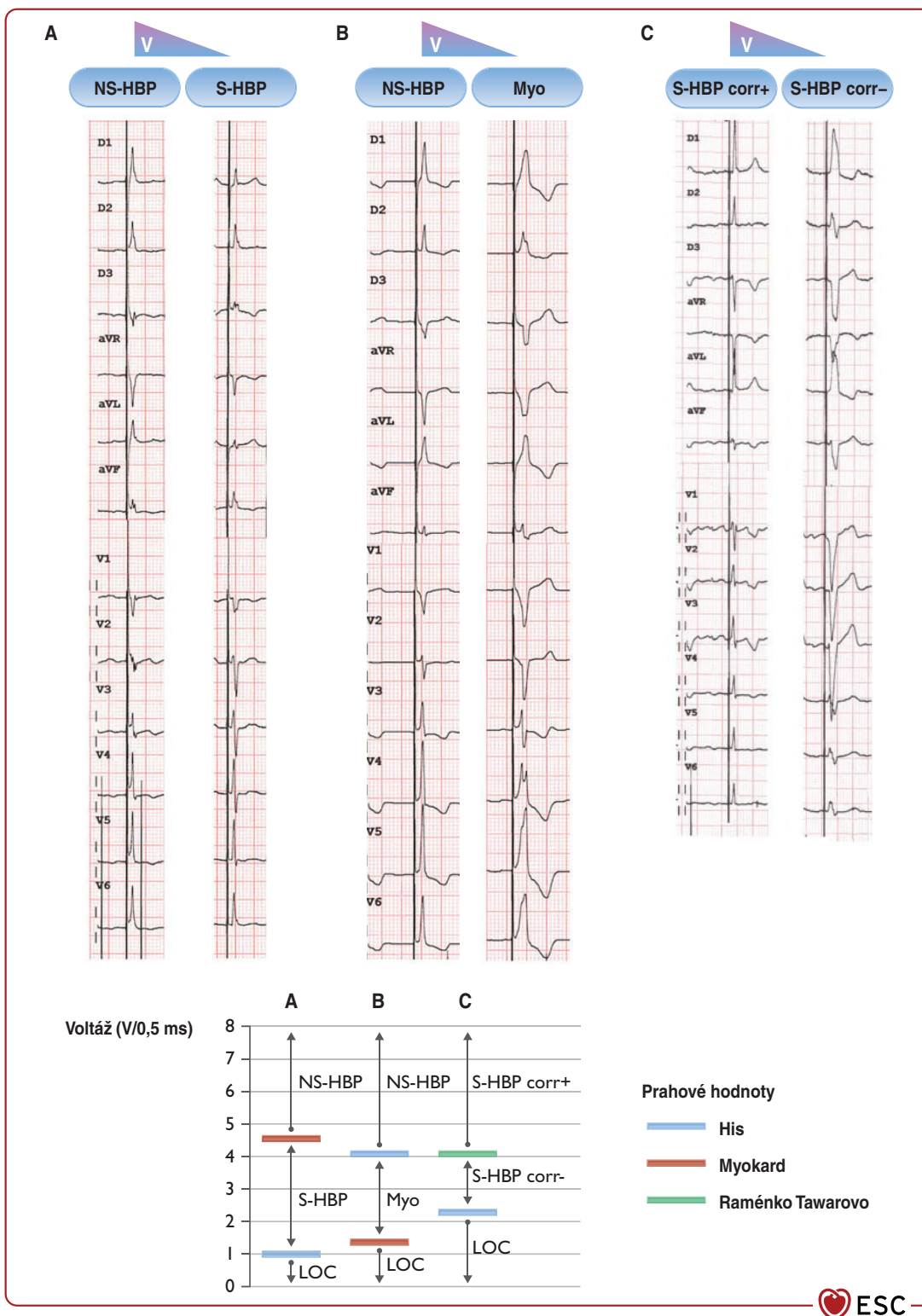
### 5.2 Stimulace z oblasti srdečního převodního systému

SPS u lidí byla poprvé popsána v roce 2000 a pozvolna si získává zájem jako fyziologičtější alternativa stimulace PK.<sup>200</sup> U podskupiny pacientů může rovněž upravit zpoždění intraventrikulárního převodu impulsů, a představovat tak alternativu biventrikulární stimulace při léčbě HF. Implantaci elektrod významně usnadnilo zavádění nové přístrojové techniky, která se začala rutinně používat na stále se zvyšujícím počtu pracovišt. SPS se používá místo stimulace PK, místo biventrikulární stimulace a jako SRL s optimalizovanou stimulací Hisova svazku (His-optimized-CRT – HOT-CRT),<sup>319</sup> která využívá synergistického účinku SPS a stimulace PK, stimulace LK nebo biventrikulární stimulace pro zlepšení synchronie. Přibývá důkazů, hlavně z observačních studií, že v uvedených případech může být SPS bezpečná a účinná, i když velké randomizované RCT a poznatky z dlouhodobého sledování dosud chybějí.<sup>423</sup> Je pravděpodobné, že s přibývajícím údaji o bezpečnosti a účinnosti SPS bude tato metoda hrát stále větší úlohu ve stimulační léčbě.

#### 5.2.1 Implantace a sledování

Použití katétrů při zavádění elektrod usnadnilo implantaci a umožnilo dosáhnout více než 80% úspěšnosti výkonu.<sup>423</sup> V jednom mezinárodním registru s učební křivkou 40 případů dosáhla úspěšnost implantací 87 %.<sup>424</sup> Selektivní SPS se snadno rozezná podle izoelektrického intervalu (odpovídající HV) mezi stimulačním artefaktem (spike) a vznikem komplexu QRS, zatímco při neselektivní SPS lze pozorovat „pseudo-delta vlnu“ díky stimulaci lokálního myokardu.<sup>424</sup> Kromě toho lze zaznamenat i úpravu/korekci BBB (obr. 11). Je třeba odlišit neselektivní SPS od nepřímé stimulace Hisova svazku (bez převodní tkáně) zhodnocením přechodů v morfologii komplexu QRS snížením stimulační voltáže nebo pomocí stimulačních manévrů.<sup>426</sup>

Ve srovnání se stimulací PK jsou prahové hodnoty hisovské stimulace v průměru vyšší a snímané amplitudy nižší. Autoři nedávno publikované observační studie vyslovili obavy ohledně zvyšování prahových hodnot SPS při střednědobém sledování.<sup>427</sup> Vyšší prahové hodnoty zkracují životnost baterií (po pěti letech byl v 9 % případů měněn generátor při SPS ve srovnání s 1 % při stimulaci PK).<sup>429</sup> Prahové hodnoty při SPS při implantaci musí být ideálně < 2,0 V/1 ms (nebo < 2,5 V/0,4 ms) a bipolární snímaná amplituda vlny R > 2,0 mV. S přibývajícím zkušenostmi se prahové hodnoty snižují, protože operatři implantující elektrody si při úpravě jejich polohy stále více věří. Otázky spojené se snímáním signálů zahrnují nejen nedostatečně citlivé snímání komorových potenciálů, ale i nadměrně citlivé snímání síňových nebo Hisových potenciálů (které mohou být u pacienta závislého na kardiostimulátoru potenciálně letální).



**Obr. 11 – Tři pacienti s různými typy přechodu v morfologii QRS při stimulaci Hisova svazku a snižujícím se stimulačním výdeji.** BBB – blokáda Tawarova raménka (bundle branch block); Corr ± – s korekcí/bez korekce blokady Tawarova raménka (with/without correction of bundle branch block); LBBB – blokáda levého Tawarova raménka (left bundle branch block); LOC – loss of capture; Myo – myokard; NS-HBP – neselektivní stimulace Hisova svazku (non-selective His bundle pacing); S-HBP – selektivní stimulace Hisova svazku (selective His bundle pacing). (A) Neselektivní versus selektivní uchválení Hisova svazku. Pozn.: Povšimněte si přítomnosti „pseudo-delta“ vlny při neselektivní odpovědi na stimulaci a izoelektrického intervalu po stimulačním artefaktu se selektivní odpovědí na stimulaci. (B) Neselektivní odpověď na stimulaci Hisova svazku se stimulací pouze lokálního myokardu. (C) Selektivní stimulace Hisova svazku s korekcí raménkové blokady se specifickou odpovědí morfologie LBBB. Pozn.: Graf na pravé straně panelu schematicky zobrazuje různé prahové hodnoty v uvedených třech případech.



**Tabulka 4 – Výhody a nevýhody „záložní“ komorové elektrody při stimulaci Hisova svazku**

| Výhody   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vyšší bezpečnost (pro případ ztráty stimulační odpovědi hisovské elektrody)</li> <li>• Lze používat pro snímání srdeční aktivity (nižší riziko nedostatečného komorového snímání, bez rizika nadměrného snímání arytmií v Hisově svazku nebo v síních).</li> <li>• Programování výkonu při stimulaci s menším bezpečnostním lemem</li> <li>• Může posloužit pro zespížení komplexu QRS při fúzní stimulaci v případě selektivního SPS při nekorigované RBBB.</li> </ul> |
| Nevýhody   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vyšší náklady</li> <li>• Více transvenózního hardwaru</li> <li>• Riziko spojené s dodatečnou elektrodou (např. perforace komory)</li> <li>• Složitější programování</li> <li>• „Neschválené“ používání (schválení lékovými regulačními úřady a MR kondicionalita pro SPS se týká pouze elektrod z Hisova svazku připojených na port v PK)</li> </ul>  |

MR – magnetická rezonance; PK – pravá komora; RBBB – blokáda pravého Tawarova raménka (right bundle branch block); SPS – stimulace převodního systému.

Záložní PK elektroda musí být po ruce nezkušenému implantátorovi, stejně jako pro případ vysokých hodnot stimulačního prahu nebo problémů se snímáním u pacientů závislých na kardiostimulátoru, u pacientů s plánovanou ablací AVN (pokud existuje riziko ohrožení SPS) nebo u pacientů s blokádou vysokého stupně nebo s infranodální blokádou. Všechna pro a proti jsou uvedena v tabulce 4.

Několik studií prokázalo poměrně vysokou frekvenci (~7 %) revizí elektrod přibližně v polovině jejich životnosti<sup>319,424,428,429</sup> (která podle některých autorů dosahuje hodnoty až 11 %<sup>427</sup> a je vyšší než při stimulaci PK s hodnotami 2–3 %).<sup>428,420</sup> Proto je vhodné tyto pacienty zvat na kontrolní návštěvy minimálně každého půl roku nebo u nich zahájit monitorování na dálku (přičemž je nutno zajistit, aby se automaticky naměřené prahové hodnoty shodovaly s manuálně naměřenými hodnotami, protože tomu tak nemusí být a závisí to na nakonfigurování přístroje).<sup>431</sup> Při programování přístroje je nutno mít na zřeteli specifické požadavky na SPS, které jsou podrobně rozebrány jinde.<sup>432,433</sup>

## 5.2.2 Indikace

### 5.2.2.1 Stimulace pro bradykardii

Autoři jedné studie konstatovali – u pacientů s AVB a normální vstupní EF LK – incidenci kardiomyopatie vyvolané stimulací ve výši 12,3 % s ještě vyšším rizikem, pokud bylo procento komorové stimulace  $\geq 20$  % (HR 6,76;  $p = 0,002$ ).<sup>189</sup> Chybějí však jakékoli údaje, na jejichž základě by bylo možno definovat procento stimulace PK jako skutečnou hranici, pod níž je stimulace PK bezpečná a nad níž je stimulace PK škodlivá. Údaje z observačních studií naznačují, že z hlediska počtu hospitalizací pro HF si pacienti se SPS vedou lépe než pacienti se stimulací PK, pokud je procento komorové stimulace  $> 20$  % (HR 0,54;  $p = 0,01$ ).<sup>43</sup> Za povšimnutí stojí fakt, že průměrná vstupní hodnota EF LK u pacientů se SPS v uvedené studii byla

55 % a průměrná šířka komplexu QRS 105 ms. U těchto pacientů tak může SPS zabránit zhoršení klinického stavu, zvláště v případě štíhlého intrinsického QRS nebo pokud se SPS používá ke korekci BBB.

Ve skupině 100 pacientů s AVB, u nichž prováděli SPS zkušenější operatři, byla implantace úspěšná u 41/54 (76 %) pacientů s infranodální AVB a ještě vyšší v případě nodální blokády (93 %;  $p < 0,05$ ).<sup>434</sup> Během sledování o průměrné délce  $19 \pm 12$  měsíců byla revize elektrod nutná u 2/41 (5 %) pacientů s infranodální blokádou a u 3/43 (7 %) s nodální blokádou. Za povšimnutí stojí skutečnost, že průměrná EF LK u této skupiny byla 54 % a nejsou k dispozici žádné údaje pro provádění SPS konkrétně u pacientů s AVB a sníženou EF LK. SPS představuje možnost u pacientů se štíhlým komplexem QRS nebo pokud se SPS použije ke korekci BBB, v ostatních případech se indikuje biventrikulární stimulace.

Chybějí studie typu RCT srovnávající bezpečnost a účinnost SPS se stimulací PK. Je třeba vyvážit možné přínosy SPS s výše zmíněnými problémy vyšších stimulačních prahů a kratší životností baterií, častější revizí elektrod a častějšími problémy s citlivostí snímání potenciálů ve srovnání se stimulací PK. Je rovněž nutno posoudit zkušenosti a znalosti operátora v oblasti SPS i to, zda je indikováno použití záložní elektrody pro komorovou stimulaci. Naprosto hlavním kritériem při rozhodování o typu stimulace je bezpečnost pacienta.

### 5.2.2.2 Strategie „pace and ablate“

Několik observačních studií celkem s více než 240 pacienty léčenými strategií „pace-and-ablate“ (stimuluj a proved ablaci) pro fibrilaci síní s rychlou odpovědí komor popsalo zvýšení EF LK a stupně klasifikace NYHA ve srovnání se vstupními hodnotami při SPS.<sup>198–200,435</sup> Byly popsány dlouhodobé příznivé výsledky sledování s mediánem v délce tří let.<sup>435</sup> Jednoduše zaslepená, randomizovaná studie se zkříženým uspořádáním srovnávající SPS se stimulací RVA u 16 pacientů zjistila příznivější hodnoty stupně NYHA a vzdálenosti překonané v šestiminutovém testu chůze při použití SPS bez rozdílů v echokardiografických parametrech.<sup>201</sup> Ve studii však byla SPS potvrzena pouze u čtyř pacientů (u zbývajících pacientů se prováděla nepřímá stimulace Hisova svazku). Do uvedených studií byli zařazeni pacienti se sníženou i zachovanou EF LK a s průměrnou šířkou komplexu QRS  $< 120$  ms.<sup>198,199</sup> Použití SPS je obzvláště zajímavé u pacientů s normální vstupní morfologií QRS, protože zachovává intrinsickou synchronii komor. Je však třeba mít na paměti, že ablace AVJ může u menšiny pacientů vést ke zvýšení prahových hodnot stimulace SPS nebo k dislokaci elektrody.<sup>198,200,319,427</sup> Vzhledem k těmto možným problémům a riziku selhání elektrody pro SPS je nutno mít po ruce záložní elektrodu pro stimulaci PK.

### 5.2.2.3 Úloha v srdeční resynchronizační terapii

V roce 1977 prokázal Narula, že stimulace Hisova svazku může u podskupiny pacientů korigovat LBBB, což implikuje proximální lokalizaci poruchy vedení s longitudinální disociací v Hisově svazku.<sup>436</sup> Nedávno provedená mapovací studie popsala blokádu v Hisově svazku u 46 % pacientů s LBBB, přičemž v 94 % případů se podařila korekce dočasnou SPS.<sup>437</sup> Protože některé údaje prokázaly srovnatelné výsledky, znamená to, že SPS lze provádět

místo biventrikulární stimulace v SRL formou SPS.<sup>438–440</sup> Nicméně zvláště u kandidátů SRL s LBBB svědčí důkazy o účinnosti a bezpečnosti ve prospěch biventrikulární stimulace, která tak zůstává léčbou první volby. Použití SPS však lze zvažovat jako záchranné (bailout) řešení při selhání implantace elektrody do LK spolu s jinými možnostmi jako chirurgickým zavedením epikardiálních elektrod (viz kap. 4.7).<sup>425,441</sup> Zajímavou populací jsou pacienti s RBBB, u nichž je známa jejich horší odpověď na biventrikulární stimulaci; přitom ve skupině 37 pacientů byly popsány příznivé předběžné výsledky SPS.<sup>442</sup> SPS může někdy korigovat BBB neúplně a lze ji použít spolu se stimulací PK, LK, případně s biventrikulární stimulací jako ve studii HOT-CRT.<sup>320</sup> To je obzvláště zajímavá možnost u pacientů s trvalou FS, u nichž lze elektrodu pro Hisův svazek připojit na neobsazený síňový port, a získat tak další možnosti léčby.

### 5.3 Stimulace oblasti levého Tawarova raménka

Při stimulaci oblasti levého Tawarova raménka se elektroda zavádí mírně distálně k Hisovu svazku a zašroubovává se hluboko do septa LK, ideálně tak, aby pronikla až do blízkosti levého Tawarova raménka.<sup>443</sup> Mezi přednosti této metody patří fakt, že naměřené elektrické parametry jsou obvykle vynikající kvality; může být úspěšná při blokádě zasahující příliš daleko na to, aby se vzájemně rušila se SPS, a rovněž umožňuje ablaci AVJ, což může být při SPS obtížné. Přestože se jedná o velmi slibnou metodu, je údajů o jejích výsledcích zatím velice málo a existují obavy ohledně dlouhodobé funkce elektrody i možnosti její extrakce. Proto nelze v současné době formulovat žádné doporučení pro použití stimulace oblasti levého Tawarova raménka. Nicméně stimulace převodního systému (kam patří SPS a stimulace oblasti levého Tawarova raménka) po získání spolehlivějších důkazů o její bezpečnosti a účinnosti (z randomizovaných studií) bude nejspíše hrát v budoucnu stále větší úlohu a současná doporučení bude pravděpodobně nutno revidovat.

#### Doporučení pro použití stimulace Hisova svazku

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| U pacientů léčených pomocí SPS se doporučuje naprogramovat přístroj přesně podle konkrétních požadavků SPS. <sup>431,432</sup>   | I                  | C                   |
| U kandidátů SRL po neúspěšné implantaci elektrody do koronárního sinu je nutno zvážit jako léčebnou možnost SPS spolu s dalšími metodami, jako je chirurgické zavedení elektrody. <sup>319,425,441,444</sup>   | IIa                | B                   |
| U pacientů léčených SPS je nutno zvážit implantaci elektrody do PK ve specifických situacích (např. závislost na kardiostimulátoru, AVB vysokého stupně, infranodální blokáda, vysoká prahová hodnota stimulace, plánovaná ablace AVJ) nebo pro snímání v případě problémů s detekováním (např. riziko komorového undersensingu nebo nadměrné snímání síňových/Hisových potenciálů) jako „záložní“. <sup>424,427,445</sup> | IIa                | C                   |

|   |     |   |
|---|-----|---|
| SPS se záložní komorovou elektrodou lze zvážit u pacientů s indikací ke strategii typu „pace-and-ablate“ kvůli rychle probíhající supraventrikulární arytmií, zvláště při štíhlém intrinsickém komplexu QRS. <sup>198,200,201,319</sup> | IIb | C |
| SPS lze zvážit jako alternativu ke stimulaci PK u pacientů s AVB a EF LK > 40 %, u nichž se předpokládá > 20 % komorová stimulace. <sup>43,434</sup>  | IIb | C |

AVB – atrioventrikulární blokáda; AVJ – atrioventrikulární junkce; EF LK – ejekční frakce levé komory; PK – pravá komora; SPS – stimulace převodního systému; SRL – srdeční resynchronizační léčba.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

### 5.4 Bezelektrodová stimulace

Bezdrátové kardiostimulátory byly vyvinuty s cílem vyřešit limitace typicky související s kapsou generátoru pulsů a s transvenózními elektrodami klasických kardiostimulátorových systémů. Dosud byly v klinických studiích hodnoceny dva systémy bezelektrodových kardiostimulátorů, z nichž jeden je již dostupný v klinické praxi. Oba se implantují do dutiny PK cestou femorální žíly pomocí speciálně konstruovaných systémů se zaváděcími katétry.

Řada prospektivních registrů prokazovala vysokou úspěšnost implantačních výkonů s odpovídajícími elektrickými výsledky jak při implantaci, tak během sledování pacientů. Výsledky jednoho bezdrátového kardiostimulátorového systému v podmínkách reálného světa, který se hodnotil u 1 817 pacientů, prokázaly závažné nežádoucí příhody u 2,7 % pacientů.<sup>51</sup> Prevalence infekcí u bezdrátových přístrojů je nízká, protože chybí hlavní zdroje infekce (tzv. podkožní chirurgická kapsa a elektrody kardiostimulátoru). Při získávání prvních zkušeností operátorem však byla zaznamenána vyšší incidence perioperačních závažných komplikací (6,5 %) včetně perforace a tamponády, cévních komplikací, komorových arytmií a úmrtí.<sup>446</sup> Tyto údaje zdůrazňují význam odpovídajícího výcviku a dohledu v této oblasti při zahajování programu implantace bezelektrodových kardiostimulátorů. Navíc implantující lékaři musejí být odborně zdatní a mít akreditaci, což je požadavek pro standardní transvenózní stimulaci, aby mohli nabídnout co nejvhodnější systém pro daného pacienta. Implantace bezelektrodových kardiostimulátorů se musí provádět v odpovídajícím prostředí (tzn. s dostupnou multiplanární skiaskopii s vysokým rozlišením) a se snadno dosažitelnými kardiouchirurgy vzhledem k riziku tamponády, která může být obtížněji řešitelná než při standardní stimulaci.<sup>447,448</sup>

Bezelektrodové kardiostimulátory, fungující pouze v režimu VVI(R), omezují indikaci na pacienty s FS nebo s velmi málo častou stimulací (např. paroxysmální AVB). Nedávno se na trhu objevila stimulace v režimu VDD (detekováním síňových stahů akcelerometrem), která rozšiřuje indikace na pacienty s AVB a se zachovanou funkcí sinusového uzlu. Podle údajů ze dvou studií s celkem 73 pacienty se SR a s AVB vysokého stupně zůstává AV synchronie zachována po 70–90 % doby podle polohy pacienta a jeho aktivity.<sup>449</sup> V budoucnu se u vybraných pacientů může stát alternativou standardních DDD kardiostimulátorů, pokud možné přínosy bezdrátové stimulace pře-

váží potenciální přínosy 100% AV synchronie, stimulace síní a monitorování síňových arytmií. Mezi indikace k implantaci bezdrátových kardiostimulátorů patří obstrukce žilní cesty používané pro implantaci standardních kardiostimulátorů (např. syndrom horní hrudní apertury s oboustranným postižením žilního systému nebo chronická obstrukce horní duté žily), problémy s kapsou (např. v případě kachexie nebo demence), případně obzvláště zvýšené riziko infekce (např. jako v případě dialýzy nebo předchozí infekce implantabilního elektronického přístroje v kardiologii [cardiovascular implantable electronic device, CIED]). Údaje z observačních studií prokázaly, že bezdrátový kardiostimulátor představuje bezpečný alternativní způsob stimulace u pacientů po prodělané infekci a explantaci přístroje i u pacientů na chronické hemodialýze. Zatímco údaje z observačních studií ukazují na vysokou účinnost a nízkou incidenci komplikací při použití bezelektrodoých kardiostimulátorů,<sup>51</sup> zatím chybějí údaje ze studií typu RCT, které by dokládaly dlouhodobou bezpečnost a účinnost bezdrátových vs. standardních transvenózních kardiostimulátorů; proto je vždy nutno pečlivě individuálně zvažovat indikaci k implantaci bezelektrodoého kardiostimulátoru. Absence dlouhodobých údajů o fungování bezelektrodoých kardiostimulátorů a omezené množství údajů pro vypracování strategie pro jejich vyjmutí na konci životnosti (retrievability and end-of-life strategy)<sup>450</sup> vyžadují před zvolením léčby bezelektrodoým kardiostimulátorem důkladné zvážení situace, zvláště u mladších pacientů (např. s předpokládanou dobou dožití > 20 let).

#### Doporučení pro použití bezelektrodové stimulace (bezelektrodoého kardiostimulátoru)

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| Použití bezelektrodoých kardiostimulátorů je nutno zvážit jako alternativu transvenózních kardiostimulátorů, pokud existuje žilní přístup přes horní končetinu nebo při obzvláště vysokém riziku infekce kapsy přístroje, například po prodělané infekci a u pacientů na hemodialýze. <sup>46,48–51,451</sup> | Ila                | B                   |
| Použití bezelektrodoých kardiostimulátorů lze zvážit jako alternativu standardní komorové stimulace s jednou elektrodou, přičemž je třeba vzít v úvahu předpokládanou délku života a rozhodnout se společně s pacientem. <sup>46,48–51</sup>  | IIb                | C                   |

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

## 6 Indikace ke stimulaci při zvláštních onemocněních a postiženích

### 6.1 Stimulace při akutním infarktu myokardu

U pacientů s akutním infarktem myokardu může v důsledku různých autonomních faktorů nebo poškození převodního systému ischemií, případně reperfuzí, docházet ke vzniku významných bradyarytmií. Pravá koronární tepna zásobuje sinusový uzel u 60 % a AVN a Hisův svazek u 90 % pacientů.<sup>452,453</sup> U většiny pacientů s infarktem zadní stěny je AVB lokalizována nad Hisovým svazkem, při infarktu přední stěny

se však obvykle jedná o infrahisální blokádu a předchází jí poruchy intraventrikulárního převodu.<sup>452,454–458</sup>

Incidence AVB vysokého stupně u pacientů s IM s elevací segmentu ST klesla v éře primárních perkutánních koronárních intervencí na 3–4 %.<sup>459–461</sup> Ke vzniku AVB vysokého stupně nejčastěji dochází u infarktu zadní stěny nebo u inferolaterálních infarktů.<sup>456,459–462</sup>

U pacientů s AVB vysokého stupně je přítomno vyšší klinické riziko a infarkty jsou rozsáhlejší, zvláště pokud AVB komplikuje infarkt přední stěny.<sup>459–461,463,464</sup> S rozsáhlejšími infarkty je spojena i nově vzniklá porucha intraventrikulárního převodu.<sup>465–468</sup>

Sinusová bradykardie a AVB při prvním vyšetření mohou být vagově podmíněny a mohou odpovídat na podání atropinu.<sup>456,469</sup> Revaskularizace se doporučuje u pacientů s AVB, u nichž ještě nebyla provedena reperfuzní léčba.<sup>470</sup> Při refrakterních symptomech a nestabilní hemodynamice si AVB může vyžádat dočasnou stimulaci, nejčastěji však vymizí spontánně během několika dní a pouze u menšiny pacientů vyžaduje trvalou stimulaci.<sup>452,455,457,459,463</sup> U pacientů s perzistentními abnormalitami intraventrikulárního převodu a přechodnou AVB, u nichž se v minulosti doporučovala trvalá stimulace, nejsou k dispozici důkazy, že by trvalá kardiostimulace zlepšovala výsledný stav.<sup>455,471</sup> Tito pacienti často mají HF se špatnou funkcí LK a je nutno je vyšetřit spíše na možnost zahájení léčby pomocí ICD, BIV KS nebo BIV ICD než klasickou stimulací, pokud se zvažuje časná implantace takového přístroje.<sup>472</sup>

Pokud AVB nevymizí do deseti dnů, je třeba implantovat trvalý kardiostimulátor. Protože neexistují spolehlivé vědecké důkazy, je nutno o době čekání do implantace kardiostimulátoru rozhodnout u každého pacienta individuálně. To může trvat až deset dní, tato doba se však může v závislosti na uzavřené cévě, časové prodlevě a úspěšnosti revaskularizace zkrátit na pět dní. Mezi situace přispívající ke zvážení časné implantace kardiostimulátoru patří neúspěšná nebo pozdní revaskularizace, IM přední stěny, bifascikulární blokáda nebo AVB před IM a progresse AVB v prvních dnech po IM. Syndrom chorého sinu po uzavěru pravé koronární tepny ve většině případů sám vymizí. Při nekompletní revaskularizaci lze implantaci kardiostimulátoru stále ještě odložit, pokud symptomy v důsledku sinusové bradykardie přetrvávají.

#### Doporučení pro kardiostimulaci po akutním infarktu myokardu

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| Implantace trvalého kardiostimulátoru je indikována se stejnými doporučeními jako u obecné populace (oddíl 5.2), pokud AVB sama nevymizí v době čekání v délce alespoň 5 dní po IM. | I                  | C                   |
| U vybraných pacientů s AVB v kontextu IM přední stěny a akutního HF lze zvážit časnou implantaci přístroje (BIV ICD/BIV KS). <sup>472</sup>   | IIb                | C                   |
| Stimulace se nedoporučuje, pokud AVB vymizí po revaskularizaci nebo spontánně. <sup>455–457,459</sup>   | III                | B                   |

AVB – atrioventrikulární blokáda; BIV ICD – biventrikulární implantabilní kardioverter-defibrilátor; BIV KS – biventrikulární kardiostimulátor; IM – infarkt myokardu.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.



## 6.2 Stimulace po kardiochirurgickém výkonu a transplantaci srdce

### 6.2.1 Stimulace po koronárním bypassu a chlopenních operacích

S AVB se můžeme setkat v 1–4 % případů po kardiochirurgickém výkonu a u ~8 % pacientů po opakované operaci na chlopni.<sup>473–477</sup> SND se může vyskytnout po pravé laterální atriotomii nebo po použití transeptálního přístupu shora k mitrální chlopni.<sup>474,475</sup>

Implantace kardiostimulátoru se provádí častěji po operaci na chlopni než po koronárním bypassu (CABG).<sup>478</sup> V klinické praxi se před implantací trvalého kardiostimulátoru obvykle dodržuje doba observace pacienta v délce 3–7 dní,<sup>474</sup> aby mohly ustoupit přechodné bradykardie. Ideální doba pro implantaci kardiostimulátoru po kardiochirurgickém výkonu je stále předmětem sporu, protože 60–70 % pacientů s implantací pro SND a až 25 % pacientů s implantací pro AVB není při sledování závislých na kardiostimulátoru.<sup>474,479</sup> V případě kompletní AVB, která vznikne do prvních 24 hodin po operaci na chlopni a přetrvává po dobu 48 hodin, nelze předpokládat, že v následujících 1–2 týdnech vymizí a lze uvažovat o časně implantaci kardiostimulátoru.<sup>480,481</sup> Stejný přístup je zřejmě rozumný v případě kompletní AVB s nízkou frekvencí náhradního rytmu.<sup>474</sup> Situace při operaci u pacientů s VSV a dětí se může lišit (viz kap. 6.4).

Při chlopenní endokarditidě jsou prediktory pooperačního vzniku AVB abnormality převodu impulsů, infekce bakterií *Staphylococcus aureus*, intrakardiální absces, postižení trojčipé chlopně a předchozí operace na chlopni.<sup>482</sup> U pacientů s endokarditidou a s perioperační AVB je rozumným řešením časná implantace kardiostimulátoru, zvláště v přítomnosti jednoho nebo více predikčních faktorů. Přestože chybějí jednoznačné údaje o incidenci infekce u epikardiálních vs. transvenózních kardiostimulačních systémů, může být vzhledem k přítomnosti infekce u pacienta přijatelná implantace epikardiálního kardiostimulátoru během operace na chlopni.

### 6.2.2 Stimulace po transplantaci srdce

Se SND se lze setkat často a vede k implantaci trvalého kardiostimulátoru po transplantaci srdce u 8 % pacientů.<sup>474</sup> Mezi možné příčiny SND patří chirurgické trauma, poškození tepny sinusového uzlu nebo ischemie a delší doba ischemie srdce.<sup>483,484</sup> AVB je méně častá a pravděpodobně souvisí s nedostatečnou konzervací dárcovského srdce.<sup>474,484,485</sup> Chronotropní inkompetence je po standardní ortotopické transplantaci srdce vždy přítomna v důsledku ztráty autonomního řízení vnitřních orgánů. Protože se v prvních několika týdnech po transplantaci funkce sinusového uzlu a AVN zlepší, může observační doba před implantací kardiostimulátoru umožnit spontánní úpravu bradykardie.<sup>486</sup> Panuje obecná shoda, že pacienti, u nichž symptomatická bradykardie přetrvává po třetím pooperačním týdnu, si mohou vyžádat implantaci trvalého kardiostimulátoru. V případě neporušeného převodu AVN se doporučuje použít režim DDD(R) s minimální komorovou stimulací.<sup>484</sup>

### 6.2.3 Stimulace po operaci na trojčipé chlopni

Nedoceněným aspektem chirurgického řešení postižení trojčipé chlopně je použití transtrikuspidálního kardiosti-

mulátoru a elektrod ICD. Tyto elektrody mohou překážet fungování trojčipé chlopně po plastice nebo umělé trojčipé chlopně.

Zavedení elektrody do epikardu PK během operace na trojčipé chlopni představuje v případě AVB druhého nebo třetího stupně typu II nejjednodušší řešení. I když existovaly pochybnosti o dlouhodobém fungování epikardiálních elektrod, údaje z poslední doby ukazují – alespoň v případě epikardiálních elektrod – na fungování srovnatelné s transvenózními elektrodami.<sup>487</sup>

Komorová stimulace po náhradě mechanickou trojčipou chlopni s elektrodou umístěnou v koronárním sinu je zřejmě bezpečná a proveditelná, zatím však byly publikovány výsledky pouze malých skupin pacientů. U 23 pacientů byla implantace 100% úspěšná; po  $5,3 \pm 2,8$  roku bylo 96 % elektrod funkčních se stabilními parametry stimulace i snímání.<sup>488</sup>

Jako fyziologičtější způsob komorové stimulace se rysuje SPS, z níž se může vyvinout řešení u pacientů s poruchou AV převodu po operaci na trojčipé chlopni. Jedna studie s 30 pacienty se SPS po výkonech na srdečních chlopních popsala úspěšnou trvalou SPS u 93 % těchto pacientů.<sup>489</sup> Do studie bylo zařazeno deset pacientů s anuloplastikou trojčipé chlopně.

Po náhradě mechanickou chlopni je transvalvulární umístění elektrody kontraindikováno a doporučuje se implantovat buď elektrodu do koronárního sinu pro komorovou stimulaci, nebo epikardiální elektrody, které lze umístit minimálně invazivní technikou. Aby se zabránilo poškození trojčipé chlopně po plastice nebo její bioprotézy, nesmí optimální řešení u pacientů vyžadujících komorovou stimulaci po takových operacích zahrnovat transvalvulární implantaci elektrod. Za preferovaný postup se považuje implantace elektrod do koronárního sinu pro komorovou stimulaci nebo minimálně invazivní umístění epikardiálních elektrod.

Nicméně jak ukázaly observační zprávy, byly výsledky transvalvulární implantace elektrod přijatelné,<sup>490</sup> a stále ji ještě lze zvažovat u vybraných pacientů po anuloplastice trojčipé chlopně, jiných typech plastiky i po náhradě trojčipé chlopně bioprotézou.

Před vžitím již implantované elektrody mezi bioprotézu a anulus chlopně je nutno u pacienta s elektrodou již zavedenou do PK dát přednost vyjmutí staré elektrody z PK a implantaci epikardiální PK elektrody. Důvodem je skutečnost, že vstítí může být spojeno s vyšším rizikem selhání elektrody a v případě budoucí potřeby extrakce elektrody bude tento výkon nejspíše vyžadovat operaci na otevřeném srdci, což by znamenalo reintervenci s vyšším operačním rizikem. V případě plastiky trojčipé chlopně s použitím současného anuloplastického kroužku s otevřeným segmentem a bez současných výkonů na cípech by bylo možno stávající PK elektrodu ponechat na místě a nevšítat ji mezi prstenec a anulus. I při izolovaných anuloplastických výkonech je však ideálně nutno již zavedenou PK elektrodu vytáhnout, aby se předešlo případným budoucím komplikacím způsobeným elektrodou na trojčipé chlopni po plastice a do PK implantovat epikardiální elektrodu. Zvláště u pacientů bez potřeby dvoudutinového přístroje může použití bezdrátového kardiostimulátoru pro komorovou stimulaci sloužit jako proveditelná budoucí alternativa po plastice trojčipé chlopně nebo její náhradě bioprotézou. Zkušenosti jsou



nicméně velmi omezené a pro tuto skupinu pacientů chybí dlouhodobé údaje. Protažení zaváděcího pouzdra a bezdrátového kardiostimulátoru mechanickou trojicí pou chlopni je kontraindikováno.

### Doporučení pro kardiostimulaci po kardiochirurgickém výkonu a transplantaci srdce

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| <b>1. AVB vysokého stupně nebo kompletní AVB po kardiochirurgickém výkonu</b><br>Je indikováno observační období po dobu alespoň pěti dní s cílem zjistit, zda je porucha rytmu přechodná a ustupuje. V případě kompletní AVB s pomalým nebo žádným náhradním rytmem, kdy je ústup nepravděpodobný, lze dobu pozorování zkrátit. <sup>474,479</sup>   | I                  | C                   |
| <b>2. Operace pro chlopenní endokarditidu a peroperační kompletní AVB</b><br>Okamžitou implantaci epikardiálního kardiostimulátoru je nutno zvážit u pacientů operovaných pro chlopenní endokarditidu a s kompletní AVB při přetrvávání jednoho z následujících prediktorů: předoperační abnormalita převodu impulsů, infekce bakteriemi <i>Staphylococcus aureus</i> , intra-kardiální absces, postižení trojčipé chlopně nebo předchozí operace na chlopni. <sup>482</sup>  | IIa                | C                   |
| <b>3. SND po kardiochirurgickém výkonu a transplantaci srdce</b><br>Před implantací trvalého kardiostimulátoru je nutno zvážit observaci pacienta v délce až 6 týdnů. <sup>474</sup>  | IIa                | C                   |
| <b>4. Chronotropní inkompetence po transplantaci srdce</b><br>Při chronotropní inkompetenci přetrvávající po > 6 týdnů po transplantaci srdce je nutno pro zlepšení kvality života zvážit kardiostimulaci. <sup>486</sup>   | IIa                | C                   |
| <b>5. Pacienti vyžadující stimulaci v době operace na trojčipé chlopni</b><br>Je třeba vyvarovat se použití transvalvulárních elektrod a místo toho použít epikardiální komorové elektrody. Během operace na trojčipé chlopni je nutno zvážit a dát přednost výměně již zavedených transvalvulárních elektrod před všítim elektrody mezi anulus a bioprotézu nebo prstenec anuloplastiky. V případě izolované trikuspidální anuloplastiky lze na základě posouzení individuálních rizik a přínosu ponechat již zavedenou elektrodu na místě a neuvěznit ji mezi prstencem a anulem. | IIa                | C                   |
| <b>6. Pacienti vyžadující stimulaci po náhradě trojčipé chlopně biologickou nebo po anuloplastice trojčipé chlopně</b><br>Pokud je indikována komorová stimulace, je nutno zvážit možnost transvenózní implantace elektrody do koronárního sinu nebo minimálně invazivní implantaci epikardiální komorové elektrody a dát tomuto postupu přednost před použitím transvenózního transvalvulárního přístupu. <sup>488</sup>   | IIa                | C                   |
| <b>7. Pacienti vyžadující stimulaci po náhradě mechanické trojčipé chlopně</b><br>Je třeba vyvarovat se transvalvulární implantace elektrody do PK.   | III                | C                   |

AVB – atrioventrikulární blokáda; PK – pravá komora; SND – dysfunkce sinusového uzlu (sinus node dysfunction).

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

### 6.3 Stimulace po katetrizační implantaci aortální chlopně

V randomizovaných studiích a velkých registrech se incidence implantace trvalého kardiostimulátoru po katetrizační implantaci aortální chlopně (TAVI) pohybuje v rozmezí 3,4 % a 25,9 %.<sup>491–503</sup> Zatímco souvislost mezi stimulací po TAVI a výsledkem je sporná,<sup>504–510</sup> může stimulace PK vést ke zhoršení funkce LK.<sup>184,511,512</sup> Proto je třeba se maximálně snažit co nejméně zbytečně provádět trvalou stimulaci.

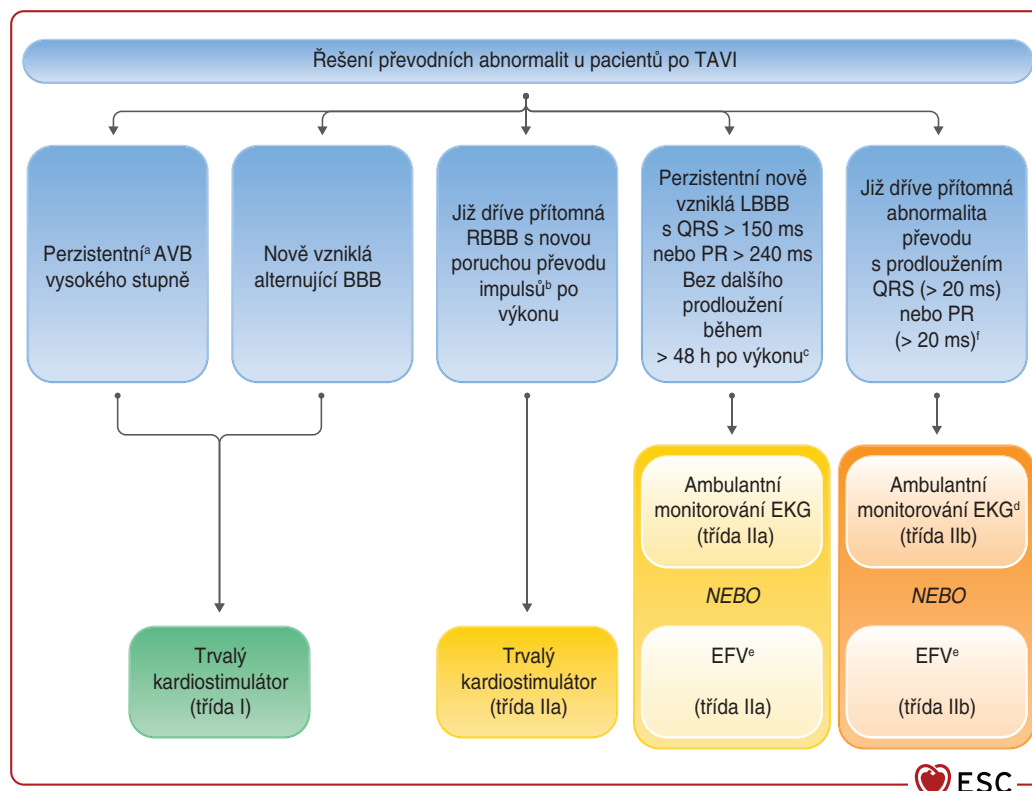
Při plánování výkonu včetně výběru srdeční chlopně pro katetrizační implantaci, výšky implantátu a hodnot naplnění balonku je nutno myslet i na prediktory trvalé stimulace (tabulka 5), zvláště RBBB, která byla identifikována jako nejednoznačnější a silný prediktor implantace trvalého kardiostimulátoru.

Pacienti s již přítomným pokročilým postižením převodního systému srdečního, u nichž může být indikována trvalá stimulace bez ohledu na TAVI, musejí před výkonem absolvovat pohovor s elektrofyzikologem. V současnosti chybí jakékoli důkazy podporující představy, že by implantace trvalého kardiostimulátoru mohla u asymptomatických pacientů nebo u pacientů nesplňujících standardní indikace k implantaci kardiostimulátoru sloužit jako „profylaktické“ opatření před TAVI.

Doporučený přístup k řešení abnormalit převodu po TAVI je podrobně znázorněn na obrázku 12. U pacientů bez nových poruch převodu po TAVI existuje velmi nízké riziko vzniku AVB vysokého stupně.<sup>534–536</sup> Naopak při řešení u pacientů s perzistentní kompletní AVB nebo s AVB vysokého stupně se musejí dodržovat standardní doporučené postupy. Zdá se, že implantace trvalého kardiostimulátoru je nutná u pacientů s peroperační AVB, která přetrvává po dobu 24–48 hodin po TAVI, případně vznikne později. Množství údajů, které by napomáhaly v léčbě pacientů s jinými abnormalitami převodu již při vstupním vyšetření nebo po výkonu, je poměrně omezené.

Vzhledem k těsné anatomické blízkosti aortální chlopně a levého Tawarova raménka je nejčastější abnormalitou převodu po TAVI nový vznik LBBB.<sup>505,537–539</sup> Pouze malý počet těchto pacientů vyžaduje implantaci kardiostimulátoru.<sup>537,538</sup> Proto lze uvažovat spíše o EFV<sup>540–542</sup> nebo dlouhodobém monitorování<sup>537</sup> než o implantaci kardiostimulátoru.<sup>543,544</sup> Bylo identifikováno několik vysoce rizikových skupin pacientů s nově vzniklou LBBB. U těchto pacientů s dynamickou progresí abnormalit převodu po TAVI (nová BBB s dynamickým rozšiřováním komplexu QRS a/nebo s prodlužováním intervalu PR) je třeba zvážit delší monitorování v nemocnici po dobu až pěti dní. Naopak je možné, že pacient s nově vzniklou LBBB, ale s komplexem QRS < 150 ms nebude další vyšetření během hospitalizace potřebovat. Pokud se uvažuje o EFV, je nutno ho provést tři a více dní po výkonu a po stabilizaci abnormalit převodu.

Typ implantovaného trvalého kardiostimulátoru by se měl řídit standardními zásadami doporučených postupů (viz kap. 3, 4, a 5). Vzhledem k nízké incidenci dlouhodobé závislosti na stimulaci je nutno použít algoritmy podporující spontánní ASV převod.<sup>545,546</sup>



**Obr. 12 – Řešení převodních abnormalit po katetrizační implantaci aortální chlopně.** AV – atrioventrikulární; AVB – atrioventrikulární blokáda; BBB – blokáda Tawarova raménka (bundle branch block); EKG – elektrokardiogram; EF LK – ejekční frakce levé komory; EFV – elektrofyzilogické vyšetření; FS – fibrilace síní; HV – His-ventricular interval (interval mezi aktivací Hisova svazku a komorovou aktivací); LBBB – blokáda levého Tawarova raménka (left bundle branch block); QRS – kmity Q, R a S; RBBB – blokáda pravého Tawarova raménka (right bundle branch block); TAVI – katetrizační implantace aortální chlopně.

<sup>a</sup> 24–48 hodin po výkonu.

<sup>b</sup> Přechodná AVB vysokého stupně, prodloužení PR nebo změny osy.

<sup>c</sup> Mezi parametry vzniku AVB vysokého stupně, spojeného s vysokým rizikem, u pacientů s nově vzniklým LBBB patří: FS, prodloužený interval PR a EF LK < 40 %.

<sup>d</sup> Ambulantní kontinuální monitorování EKG po dobu 7–30 dní.

<sup>e</sup> EFV s HV ≥ 70 ms lze považovat za pozitivní pro trvalou stimulaci.

<sup>f</sup> Bez dalšího prodloužení QRS nebo PR během 48hodinového pozorování.

**Tabulka 5 – Prediktory trvalé stimulace po katetrizační implantaci aortální chlopně**

| Charakteristiky      |  | Citace                  |
|----------------------|--|-------------------------|
| EKG                  | BBB (pravého)  | 513–529                 |
|                      | Prodloužení intervalu PR   | 518,522,526,528         |
|                      | Levý přední hemiblok   | 518,526                 |
| Pacient              | Vyšší věk (zvýšení o každý rok)  | 530                     |
|                      | Mužské pohlaví   | 519,520,526,530         |
|                      | Vyšší hodnota indexu tělesné hmoty (zvýšení o každou jednotku)                             | 530                     |
| Anatomické faktory   | Těžká kalcifikace anulu mitrální chlopně   | 513,516                 |
|                      | Kalcifikace výtokového traktu LK   | 523                     |
|                      | Délka membránového septa   | 529,531                 |
|                      | Porcelánová aorta  | 532                     |
|                      | Vyšší průměrný gradient aortální chlopně   | 520                     |
| Procedurální faktory | Samoexpandibilní chlopeň   | 513,514,526,530,532     |
|                      | Hlouběji implantovaná chlopeň  | 518,519,521,523,529,533 |
|                      | Vyšší poměr mezi průměrem protězy versus průměrem anulu nebo průměrem výtokového traktu LK | 525,530,533             |
|                      | Balonek po dilataci  | 520,522,530             |
|                      | TAVI metoda „valve-in-valve“ vs. výkon s nativní chlopní                                   | 532                     |

AVB – atrioventrikulární blokáda; BBB – blokáda Tawarova raménka (bundle branch block); EKG – elektrokardiogram; LK – levá komora; TAVI – katetrizační implantace aortální chlopně.

## Doporučení pro kardiostimulaci po katetrizační implantaci aortální chlopně

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| Trvalá stimulace se doporučuje u pacientů s kompletní AVB nebo s AVB vysokého stupně, která přetrvává po dobu 24–48 hodin po TAVI. <sup>547</sup>  | I                  | B                   |
| Trvalá stimulace se doporučuje u pacientů s nově vzniklou alternující BBB po TAVI. <sup>534, 548</sup>   | I                  | C                   |
| Časnou <sup>c</sup> trvalou stimulaci je nutno zvážit u pacientů s předem přítomnou RBBB, u nichž dojde ke vzniku jakékoli poruchy převodu během nebo po TAVI. <sup>d</sup>  | IIa                | B                   |
| Ambulantní monitorování EKG <sup>e</sup> nebo EFV <sup>f</sup> je nutno zvážit u pacientů s novou LBBB a s QRS > 150 ms nebo PR > 240 ms bez dalšího prodlužování během > 48 hodin po TAVI. <sup>537, 538, 549</sup> | IIa                | C                   |
| Ambulantní monitorování EKG <sup>e</sup> nebo EFV <sup>f</sup> lze zvážit u pacientů s již přítomnou abnormalitou převodu, u nichž dojde k prodloužení QRS nebo PR > 20 ms. <sup>g</sup>                             | IIb                | C                   |
| Profylaktická implantace trvalého kardiostimulátoru není indikována před TAVI u pacientů s RBBB bez indikace k trvalé stimulaci.   | III                | C                   |

AVB – atrioventrikulární blokáda; BBB – blokáda Tawarova raménka (bundle branch block); EKG – elektrokardiogram; EFV – elektrofyzilogické vyšetření; FS – fibrilace síní; HV – interval mezi aktivací Hisova svazku a komorovou aktivací (His-ventricular interval); LBBB – blokáda levého Tawarova raménka (left bundle branch block); RBBB – blokáda pravého Tawarova raménka (right bundle branch block); SR – sinusový rytmus; SRL – srdeční resynchronizační léčba; TAVI – katetrizační implantace aortální chlopně.

Pro definici alternující BBB viz kapitulu 3.3.1.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

<sup>c</sup> Okamžitě po výkonu nebo do 24 hodin.

<sup>d</sup> Přechodná AVB vysokého stupně, prodloužení PR nebo změna osy QRS.

<sup>e</sup> Ambulantní kontinuální monitorování EKG (implantabilní nebo externí) po dobu 7–30 dní.<sup>537, 550</sup>

<sup>f</sup> EFV je nutno provést ≥ 3 dny po TAVI. Zpoždění převodu s HV ≥ 70 ms lze považovat za pozitivní hodnotu pro trvalou stimulaci.<sup>541, 542, 551</sup>

<sup>g</sup> Bez dalšího prodlužování QRS nebo PR během pozorování po dobu 48 hodin.

Pozn.: SRL u pacientů vyžadujících stimulaci po TAVI má stejnou indikaci jako u jiných pacientů (viz kapitulu 4).

## 6.4 Kardiostimulace a srdeční resynchronizační terapie u městnavého srdečního selhání

Zahájení trvalé stimulace u pacientů se středně těžkou nebo komplexní vrozenou srdeční vadou se musí provádět na pracovištích s multidisciplinárním týmem a s odpovídající odbornou zdatností v oblasti přístrojové léčby VSV. Obecně platí, že vzhledem k absenci důkazů ze studií typu RCT vychází rozhodování o terapii kardiostimulátorem u pacientů s VSV z konsenzu expertů a individuálního vyšetření každého jednotlivého pacienta. Kvůli riziku embolie tepen představuje intrakardiální zkrat mezi systémem a plicním oběhem relativní kontraindikaci umístění endovaskulární elektrody.<sup>552</sup>

Klinické projevy se mohou značně lišit; i těžká bradykardie při vrozené AVB může zůstat oligosymptomatická

nebo asymptomatická. U pacientů se zvláštním rizikem bradyarytmie může být užitečné pravidelné vyšetření holterovským EKG monitorováním.

### 6.4.1 Dysfunkce sinusového uzlu a bradykardicko-tachykardický syndrom

Neexistují žádné důkazy, že by SND přímo vedla ke zvýšené mortalitě u VSV. Může však být spojena s vyšší frekvencí flutteru síní, s AV převodem 1 : 1 u VSV, a být tak příčinou morbidit a potenciálně i mortality.<sup>553, 554</sup>

#### 6.4.1.1 Indikace k implantaci kardiostimulátoru

U pacientů se symptomatickou chronotropní inkompetencí je – po vyloučení jiných příčin – implantace kardiostimulátoru oprávněná (viz kap. 2).<sup>555, 556</sup> Jako prevenci síňových arytmií lze zvážit zrychlení srdeční frekvence trvalou stimulací.<sup>557</sup> Zásadní důkazy nejsou příliš kvalitní, protože přínos stimulace s důrazem na síně pozorovaný u pacientů bez strukturálního onemocnění srdce nebylo možno u VSV ověřit.<sup>22, 558, 559</sup> Obecně panuje shoda, že při nezbytnosti trvalé stimulace je třeba preferovat stimulaci síní jedinou elektrodou, aby se omezil počet elektrod, zvláště u mladých pacientů s dostatečným AV převodem.<sup>560</sup> U pacientů s vrozeně korigovanou transpozicí velkých tepen vyžadujících komorovou stimulaci pro AVB vysokého stupně je nutno zvážit SRL. Množství důkazů o používání přístrojů pro síňovou antitachykardickou stimulaci jako řešení intraatriálních re-entry tachykardií u pacientů s VSV je na formulování obecných doporučení v současnosti příliš omezené.<sup>561, 562</sup>

#### 6.4.2 Vrozená atrioventrikulární blokáda

Příčinou vrozené AVB může být řada faktorů, a to jak ze strany matky, tak plodu, zvláště autoimunitní onemocnění jako systémový lupus erythematosus a Sjögrenův syndrom.

Pacienti s kongenitální AVB mohou být asymptomatictí nebo mohou vykazovat sníženou toleranci zátěže, synkopální ataky, městnavé HF, dysfunkci a dilataci komor. SCD je v diagnóze kongenitální AVB uváděna jako příčina vzácně.<sup>563, 564</sup> SCD může být důsledkem zvýšené náchylnosti ke vzniku komorových arytmií v souvislosti s bradykardií, jako je typ torsade-de-pointes.

#### 6.4.2.1 Indikace k implantaci kardiostimulátoru

Panuje obecná shoda v tom, že profylaktická stimulace se indikuje u asymptomatických pacientů s kterýmkoli z následujících rizikových faktorů: průměrná denní srdeční frekvence < 50 tepů/min, pauzy delší než trojnásobek délky cyklu náhradního rytmu, náhradní rytmus se širokým komplexem QRS, prodloužený interval QT nebo komplexní formy komorové ektopie.<sup>565–567</sup> Indikacemi k implantaci kardiostimulátoru jsou klinické symptomy jako synkopa, presynkopální stavy, HF nebo chronotropní inkompetence.<sup>565, 568, 569</sup> Pokud se dysfunkce komor připisuje hemodynamické nestabilitě vyvolané bradykardií, lze indikovat trvalou stimulaci.<sup>519, 568</sup> Přes nepřilíš dobrou kvalitu důkazů existuje jednoznačná shoda, že u pacientů s AVB třetího nebo druhého stupně (Mobitz II), pokud jsou symptomatictí nebo mají rizikové faktory, je nutno zahájit trvalou kardiostimulaci. U asymptomatických pacientů s rizikovými faktory se názory na přínos kardiostimulace liší a trvalou stimulaci lze individuálně zvážit.<sup>568, 570</sup>

### 6.4.3 Pooperační atrioventrikulární blokáda

Odhaduje se, že pooperační AVB vysokého stupně se vyskytne u 1–3 % pacientů operovaných pro VSV.<sup>519,570,571</sup> U dětí přechodná časná pooperační AVB obvykle vymizí během 7–10 dní.<sup>572</sup> U dospělých s VSV nejsou k dispozici žádné údaje podporující jinou čekací dobu před rozhodnutím pro trvalou stimulaci po operaci, než je tomu u jiných kardiochirurgických výkonů. Po zotavení z kompletní AVB někdy přetrvává bifascikulární blokáda, která je spojena se zvýšeným rizikem pozdní recidivující AVB a náhlé smrti.<sup>573</sup> Prognóza pacientů s neléčenou pooperační kompletní AVB je nepříznivá.<sup>574</sup>

#### 6.4.3.1 Indikace k implantaci kardiostimulátoru

U pacientů s perzistentní AVB druhého nebo třetího stupně se důrazně doporučuje trvalá stimulace. U pacientů s perzistentní bifascikulární bloádou spojenou s přechodnou AVB nebo s trvale prodlouženým intervalem PR neexistuje v otázce implantace kardiostimulátoru naprostá shoda. Při stanovení rizika u pacientů s prodlouženým intervalem PR nebo bifascikulární bloádou může napomoci pooperační stanovení HV intervalu.<sup>574</sup> U pacientů s bifascikulární bloádou a dlouhým intervalem PR po operaci pro VSV je riziko rozsáhlého poškození převodního systému srdečního vysoké.<sup>573</sup> Implantaci kardiostimulátoru proto lze indikovat i bez stanovení HV intervalu. Aby se snížily počty případných reoperací, je nutno u pacientů s komplexní VSV a vysokým celoživotním rizikem implantace kardiostimulátoru zvážit implantaci epikardiálních elektrod již během operace.

#### Doporučení pro kardiostimulaci u pacientů s vrozenou srdeční vadou

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| U pacientů s vrozenou kompletní AVB nebo s AVB vysokého stupně se stimulace doporučuje, pokud je přítomen jeden z následujících faktorů:<br>a) symptomy<br>b) pauzy > trojnásobek délky cyklu komorového náhradního rytmu<br>c) náhradní rytmus se širokým QRS<br>d) prodloužený interval QT<br>e) komplexní forma komorové ektopie<br>f) průměrná srdeční frekvence přes den < 50 tepů/min | I                  | C                   |
| U pacientů s vrozenou kompletní AVB nebo s AVB vysokého stupně lze zvážit trvalou stimulaci i v nepřítomnosti rizikových faktorů. <sup>567</sup>  | IIb                | C                   |
| U pacientů s perzistentní pooperační bifascikulární bloádou spojenou s tranzitorní kompletní AVB lze zvážit trvalou stimulaci. <sup>573</sup>   | IIb                | C                   |
| U pacientů s komplexní VSV a asymptomatickou bradykardií (srdeční frekvence v bdělém stavu a v klidu < 40 tepů/min nebo pauzy > 3 s) lze individuálně zvážit trvalou stimulaci.   | IIb                | C                   |

AVB – atrioventrikulární blokáda; BBB – blokáda Tawarova raménka (bundle branch block); VSV – vrozená srdeční vada.

<sup>a</sup> Třída doporučení

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

### 6.4.4 Srdeční resynchronizace

U VSV lze zvážit standardní indikace k SRL, přičemž je třeba vzít v úvahu možnost atypické anatomie, morfologie systémové komory i příčiny dyssynchronie.<sup>575</sup> Na rozhodování se musejí podílet multidisciplinární týmy.

## 6.5 Stimulace u hypertrofické kardiomyopatie

### 6.5.1 Bradyarytmie

AVB u hypertrofické kardiomyopatie (HKMP) je nutno obecně řešit způsobem uvedeným v těchto doporučených postupech (viz kap. 3.2). Jisté geneticky zděděné podtypy HKMP vykazují větší tendenci ke vzniku AVB, jako je tomu v případě transthyretinové amyloidózy, Andersonovy–Fabryho choroby a Danonovy choroby, kardiomyopatie na podkladě mutace *PRKAG2* a mitochondriálních cytopatií.<sup>576,577</sup> U pacientů se symptomatickou bradykardií a s EF LK ≤ 35 % nebo jinak splňujících kritéria primární prevence SCD podle současných doporučených postupů je nutné zvážit spíše implantaci ICD/BIV ICD než kardiostimulátoru.<sup>577</sup>

### 6.5.2 Stimulace v léčbě obstrukce výtokového traktu levé komory

U pacientů se symptomy vyvolanými obstrukcí výtokového traktu LK patří mezi možnosti léčby farmakoterapie, operace, alkoholová septální ablace a AV sekvenční stimulace s krátkým AV zpožděním. Tři malé randomizované, placebem kontrolované studie a několik dlouhodobých observačních studií popsalo snížení gradientů výtokového traktu LK a proměnlivé zmírnění symptomů a zlepšení kvality života při sekvenční AV stimulaci.<sup>578–583</sup> Ve srovnání s DDD stimulací zajistila lepší hemodynamický stav myektomie,<sup>584</sup> jedná se však o invazivnější intervenci s vyšším rizikem. Analýza podskupin jedné studie naznačila, že u starších pacientů (> 65 let) nabízí pravděpodobně větší přínos DDD AV sekvenční stimulace.<sup>580</sup> Nedávno publikovaná analýza 34 studií s 1 135 pacienty zjistila, že stimulace snížila gradient výtokového traktu o 35 % se statisticky nevýznamným trendem směrem ke snížení stupně NYHA.<sup>585</sup>

Při zvažování léčby volby u pacientů s obstrukční HKMP je nutné společné rozhodování.

Pro dosažení maximální preexcitace hrotu PK s minimálním postižením plnění LK je nutno optimalizovat parametry stimulace (typicky se toho dosahuje při klidovém snímání AV intervalu 100 ± 30 ms).<sup>588</sup>

### 6.5.3 Implantace kardiostimulátoru po septální myektomii a alkoholové septální ablaci

Ve studii s 2 482 pacienty s obstrukční HKMP došlo po septální myektomii ke vzniku AVB u 2,3 % účastníků studie (pouze u 0,6 % případů se jednalo o pacienty s normálním vstupním převodem vs. 34,8 % u pacientů s již přítomnou RBBB).<sup>589</sup> Alkoholová septální ablace způsobuje AVB u 7–20 % pacientů,<sup>577</sup> přičemž riziko je nejvyšší u pacientů s již přítomnými poruchami převodu, hlavně s LBBB.<sup>586</sup>

### 6.5.4 Srdeční resynchronizační terapie u terminální fáze hypertrofické kardiomyopatie

Na základě zjištění malé kohortové studie byla v předchozích doporučených postupech pro pacienty s HKMP,



HF, LBBB a EF LK < 50 % srdeční resynchronizační terapii přidělena doporučení tříd IIa a IIb.<sup>577,590,591</sup> Novější studie setrvalou účinnost této léčby neprokázaly.<sup>592–594</sup> Do doby, než přibudou další důkazy, se u pacientů s HKMP doporučuje řídit se standardními kritérii pro SRL (kap. 4).

### Doporučení pro stimulaci u hypertrofické obstrukční kardiomyopatie

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| AV sekvenční stimulaci s krátkým AV zpožděním lze zvážit u pacientů se SR a s indikací k jinému typu stimulace nebo k implantaci ICD, pokud jsou přítomny symptomy refrakterní na farmakoterapii nebo v přítomnosti vstupních, případně vyvolatelných gradientů výtokového traktu LK ≥ 50 mm Hg. <sup>577–582,585</sup>   | IIb                | B                   |
| AV sekvenční stimulaci s krátkým AV zpožděním lze zvážit u vybraných dospělých se symptomy neodpovídajícími na farmakoterapii, se vstupním, případně vyvolatelným gradientem výtokového traktu LK ≥ 50 mm Hg, se SR, kteří jsou pro tuto léčbu nevhodní, případně nejsou ochotni zvážit jiné invazivní možnosti redukční septální terapie. <sup>577–582,585</sup> | IIb                | B                   |
| AV sekvenční stimulaci s krátkým AV zpožděním lze zvážit u vybraných pacientů se symptomy refrakterními na farmakoterapii, se vstupními, případně vyvolatelnými gradienty výtokového traktu LK ≥ 50 mm Hg, se SR a s vysokým rizikem vzniku AVB během ablace septa. <sup>586,587</sup>  | IIb                | C                   |

AV – atrioventrikulární; AVB – atrioventrikulární blokáda; ICD – implantabilní kardioverter-defibrilátor; LK – levá komora; SR – sinusový rytmus.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

## 6.6 Stimulace při vzácných onemocněních

### 6.6.1 Syndrom dlouhého intervalu QT

Existuje řada vzájemných vztahů mezi různými formami syndromu dlouhého intervalu QT (long QT syndrome, LQTS) a bradykardií: LQTS může být spojen se sinusovou bradykardií, velmi dlouhé refrakterní periody myokardu komor mohou vyvolávat AVB 2 : 1, náhlé změny frekvence mohou spustit tachykardii typu torsade-de-pointes a bradykardii může vyvolávat léčba beta-blokátory pro potlačení spouštěčů torsade-de-pointes aktivací sympatiku.

Protože současné ICD mají všechny funkce kardiostimulátorů, samotný kardiostimulátor je dnes indikován při LQTS vzácně. U jednotlivých pacientů s LQTS a katecholaminem vyvolanou torsade-de-pointes však může být šoková terapie nevhodná, nebo dokonce fatální; v takových případech lze použít samotnou stimulaci a léčbu beta-blokátory bez ICD. Kardiostimulátor bez implantace ICD představuje možnost léčby u novorozenců a kojenců s LQTS<sup>595</sup> a alternativu u pacientů s LQTS se symptomatickou bradykardií (spontánní nebo vyvolanou beta-blokátory), pokud jsou komorové tachyarytmie nepravděpodobné nebo pokud není implantace ICD požadována (např. podle preference pacienta).

Indikací k implantaci kardiostimulátoru při LQTS je u novorozenců a kojenců s AVB 2 : 1 nadměrné prodloužení korigovaného intervalu QT s dlouhými refrakterními periodami myokardu.<sup>596</sup>

Významnou formu léčby pacientů s LQTS s elektrickou bouří představuje dočasná stimulace se zvýšenou frekvencí (obvykle 90–120 tepů/min), protože zvýšení základní srdeční frekvence zmenšuje okénko náchylnosti k obnově komorové tachykardie typu torsade-de-pointes.

### 6.6.2 Neuromuskulární onemocnění

Termínem neuromuskulární onemocnění se označuje skupina heterogenních dědičných poruch působících na kosterní sval a často postihujících i srdce. Srdeční fenotyp různě zahrnuje všechny typy kardiomyopatií, poruch převodu impulsů s kardiomyopatií i bez ní i supraventrikulární a komorové tachyarytmie.<sup>597–599</sup> Duchenneova, Beckerova a svalová dystrofie pletencových typů 2C, 2F a 2I jsou formy svalové dystrofie, při nichž často dochází k rozvoji dilatační kardiomyopatie a obvykle se jedná o převládající charakteristiku. S rozvojem kardiomyopatie mohou být spojeny arytmie a poruchy převodu.<sup>597–599</sup> U těchto pacientů je zvažována implantace kardiostimulátoru nebo ICD na základě doporučených postupů používaných pro jiné kardiomyopatie neischemické etiologie.<sup>243</sup> U poruch převodu impulsů se často vyskytují myotonická dystrofie 1. a 2. typu, Emeryho–Dreifussova svalová dystrofie i svalová dystrofie pletencového typu 1B a jsou spojeny s arytmiemi a různé i s kardiomyopatií.<sup>597,598</sup> Tato doporučení představují vodítko v případech, kdy se doporučení pro kardiostimulaci liší od těch určených pro jiné pacienty s bradykardií.

### Doporučení pro kardiostimulaci u vzácných onemocnění

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| U pacientů s neuromuskulárním onemocněním jako například s myotonickou dystrofií 1. typu a jakoukoli AVB druhého nebo třetího stupně nebo s HV ≥ 70 ms, se symptomy nebo bez nich, je indikována trvalá stimulace. <sup>c, 600–603</sup> | I                  | C                   |
| U pacientů s neuromuskulárním onemocněním jako například s myotonickou dystrofií 1. typu a s PR ≥ 240 ms nebo se šířkou QRS ≥ 120 ms lze zvážit implantaci trvalého kardiostimulátoru. <sup>601,604,605</sup>                            | IIb                | C                   |

AVB – atrioventrikulární blokáda; HV – interval mezi aktivací Hisova svazku a komorovou aktivací (His-ventricular interval); ICD – implantabilní kardioverter-defibrilátor; SRL – srdeční resynchronizační léčba.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

<sup>c</sup> Kdykoli je indikována stimulace při neuromuskulárním onemocnění, je třeba zvážit použití SRL nebo ICD podle příslušných doporučených postupů (guidelines).

### 6.6.3 Dilatační kardiomyopatie při mutaci v genu pro lamin A/C

Mutace v genu pro LMNA, který kóduje intermediární vlákna laminu A a C obalu jádra, vyvolávají řadu dědič-

ných onemocnění souhrnně označovaných jako lamino-patie.<sup>606–608</sup> Podle typu mohou mutace vést k vzniku izolovaných poruch srdeční funkce nebo dalších systémových poruch či poruch funkce kosterního svalu jako například k autosomálně dominantní variantě Emeryho–Dreifussovy dystrofie nebo ke svalové dystrofii pletencového typu. Kolem 5–10 % případů dilatační kardiomyopatie je vyvoláno mutacemi v genu pro LMNA projevujícími se jako porucha převodního systému srdečního, tachyarytmie nebo postižení kontraktility myokardu.<sup>597,607–621</sup> Prvními projevy, v řadě případů při zachované velikosti a funkci LK, jsou často SND a poruchy převodu.<sup>614,615</sup> Kardiomyopatie v souvislosti s LMNA je zhoubnější než většina jiných kardiomyopatií a je spojena s vyšším rizikem SCD u asymptomatických nosičů mutace se zachovanou nebo jen mírně sníženou kontraktilitou LK.<sup>611–616</sup> U těchto pacientů nesnižuje implantace kardiostimulátoru riziko SCD. Metaanalýza příčin úmrtí s mutací v genu pro LMNA prokázala, že 46 % pacientů, kteří zemřeli náhlou smrtí, mělo implantovaný kardiostimulátor. Incidence náhlé smrti byla podobná jako u jedinců s izolovanou kardiomyopatií a u jedinců s dalším neuromuskulárním fenotypem.<sup>612</sup> U pacientů s poruchami převodu se komplexní komorové arytmie vyskytují často.<sup>613,614,616</sup> Ve dvou studiích byla u pacientů s mutacemi v genu pro LMNA a s indikací k trvalé stimulaci provedena implantace ICD a odpovídající terapie s ICD byla zahájena u 42 % a 52 % pacientů během tří, resp. pěti let.<sup>613,614</sup> Tato zjištění vedla v klinické praxi u poruch převodu spojených s LMNA ke zvažování implantace ICD spíše než kardiostimulátoru.<sup>615,621</sup> Implantaci CRT(D) je nutno zvážit u pacientů s AVB a s EF LK < 50 % a při očekávané vysoké frekvenci komorové stimulace (kap. 4). Skóre rizika život ohrožujících komorových arytmií u laminopatií lze stanovit pomocí nedávno vyvinutého a validovaného modulu (<http://lmna-risk-vta.fr/>).<sup>617</sup>

#### Doporučení pro pacienty s mutacemi v genu pro LMNA

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| U pacientů s mutacemi v genu pro LMNA, včetně Emeryho–Dreifussovy dystrofie a svalové dystrofie pletencového typu, kteří splňují klasická kritéria pro implantaci kardiostimulátoru nebo kteří mají prodloužený interval PR při LBBB, je třeba implantovat ICD s funkcí stimulace, pokud se očekává alespoň jednoleté přežití pacienta. <sup>617</sup> | Ila                | C                   |

ICD – implantabilní kardioverter-defibrilátor; LBBB – blokáda levého Tawarova raménka.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

#### 6.6.4 Mitochondriální cytopatie

Mitochondriální cytopatie představují heterogenní skupinu dědičných poruch, z nichž nejčastějšími srdečními projevy jsou kardiomyopatie, poruchy převodu a komorové arytmie.<sup>622,623</sup> U Kearnsova–Sayreova syndromu je nejčastějším srdečním projevem porucha převodu, která může progredovat až do kompletní AVB a způsobit SCD.<sup>624–626</sup>

#### Doporučení pro stimulaci u Kearnsova–Sayreova syndromu

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| U pacientů s Kearnsovým–Sayreovým syndromem a s prodloužením PR, jakýmkoli stupněm AVB, s BBB nebo s fascikulární blokádou je nutno zvážit trvalou stimulaci. <sup>c</sup><br><sup>622–626</sup> | Ila                | C                   |
| U pacientů s Kearnsovým–Sayreovým syndromem bez poruchy převodu srdečních impulsů lze profylakticky zvážit trvalou stimulaci. <sup>c</sup><br><sup>622–626</sup>                                 | Ilb                | C                   |

AVB – atrioventrikulární blokáda; BBB – blokáda Tawarova raménka; ICD – implantabilní kardioverter-defibrilátor; PR – interval PR; SRL – srdeční resynchronizační léčba.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

<sup>c</sup> Kdykoli je indikována stimulace, je třeba zvážit použití SRL nebo ICD podle příslušných doporučených postupů (guidelines).

#### 6.6.5 Infiltrativní a metabolická onemocnění

K rozvoji infiltrativní kardiomyopatie dochází na podkladě abnormálního ukládání a hromadění patologických produktů v intersticiu myokardu, zatímco střeďává onemocnění vedou k jejich hromadění uvnitř buněk. Hlavní příčinou infiltrativní kardiomyopatie je amyloidóza, zatímco mezi střeďává onemocnění patří hemochromatóza, Fabryho choroba a glykogenóza. U pacientů se srdeční amyloidózou, poruchami převodu, tachyarytmiemi a s SCD se tato onemocnění vyskytují běžně. Podle současných poznatků je nutno pro stimulaci u této skupiny pacientů používat klasické indikace.

#### 6.6.6 Zánětlivá onemocnění

Infekce (virové, bakteriální včetně boreliózy, protozoální, mykotické a parazitární), autoimunitní onemocnění (např. velkobuněčná myokarditida, sarkoidóza, revmatická choroba srdeční, onemocnění pojiva, eozinofilní myokarditida), toxické látky (alkohol, kokain, látky pro léčbu nádorových onemocnění, zvláště monoklonální protilátky) a fyzikální reakce (radioterapie) mohou vyvolat zánětlivé onemocnění myokardu. Častější než podíl sinusového uzlu je v tomto směru podíl AVN a převodního systému srdečního. AVB může ukazovat na postižení septa v zánětlivém procesu a předpovídá nepříznivý výsledek. Kvůli postižení myokardu se mohou vyskytovat i komorové arytmie.

Když zánětlivé onemocnění srdce komplikuje bradykardii, zvláště AVB, je nutno zahájit specifickou terapii, pokud existuje, jejíž účinek je nakonec podpořen dočasnou stimulací nebo intravenózním podáním izoprenalinu. Jinak může stačit imunosupresivní terapie nebo vyčkání na její spontánní vymizení. Pokud bradykardie neustoupí během klinicky rozumné doby nebo nelze její vymizení očekávat (např. po radioterapii), je indikována trvalá stimulace. Před zvolením typu přístroje je nutno zvážit spíše indikaci k použití ICD a/nebo SRL než jednoduchého nebo DDD kardiostimulátoru, protože většina příčin zánětlivých onemocnění vyvolávajících bradykardie může vést i ke snížení kontraktility myokardu a vzniku fibrózy komor.

### 6.6.6.1 Sarkoidóza

Perzistentní nebo intermitentní AVB se může objevit při sarkoidóze, která má sklon k postižení bazální části mezikomorového septa. Ve finském registru mělo 143 z 325 pacientů (44 %) s diagnózou srdeční sarkoidózy v nepřítomnosti jiného vysvětlujícího srdečního onemocnění AVB druhého nebo třetího stupně (typ Mobitz II).<sup>627</sup> Synkopa, presynkopální stav nebo palpitace v anamnéze ukazují na bradykardii, ale i na komorové tachyarytmie. U pacientů s klinicky zjevnou srdeční sarkoidózou je AVB nejčastějším klinickým projevem.<sup>628,629</sup> Mezi diagnostické kroky patří monitorování EKG, echokardiografické vyšetření, vyšetření srdce metodou MR a biopsie myokardu, případně jiné zasažené tkáně. Užitečné může být použití pozitronové emisní tomografie s fluorodeoxyglukózou.<sup>630</sup> Pravděpodobnost a časový průběh vymizení AVB při imunosupresivní léčbě nejsou zřejmé,<sup>631</sup> jedná se však spíše o poměrně pomalý proces.<sup>89</sup> Dlouhodobé údaje přinesly hlavně kanadská prospektivní studie (32 pacientů),<sup>628</sup> japonská retrospektivní studie (22 pacientů)<sup>629</sup> a finský registr (325 pacientů).<sup>627</sup> Reverzibilita poruchy převodu je nepředvídatelná, a dokonce i u pacientů s přechodnou AVB je nutno zvážit trvalou stimulaci.<sup>632</sup> Imunosupresivní léčba může zvýšit riziko infikování přístroje. Žádné jednoznačné údaje podporující implantaci přístroje před zahájením imunoterpéutické léčby však nejsou k dispozici. U pacientů se sarkoidózou srdce a AVB je během dlouhodobého sledování přítomno vysoké riziko SCD i při hodnotě EF LK > 35 %.<sup>627</sup> U pacientů i s pouze mírným nebo středně velkým poklesem EF LK (35–49 %) existuje zvýšené riziko SCD.<sup>633,634</sup> Proto je nutno u pacientů se sarkoidózou srdce, u nichž je indikována kardiostimulace a hodnota jejich EF LK je < 50 %, zvážit spíše zahájení BIV ICD než implantaci kardiostimulátoru (kap. 4).<sup>635</sup>

#### Doporučení pro stimulaci při sarkoidóze srdce

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| U pacientů se sarkoidózou srdce a s trvalou nebo přechodnou AVB je třeba zvážit implantaci přístroje schopného kardiostimulace. <sup>c, 89,630,631</sup> | Ia                 | C                   |
| U pacientů se sarkoidózou srdce a s indikací k trvalé stimulaci při hodnotě EF LK < 50 % je nutno zvážit implantaci BIV ICD. <sup>632,635</sup>          | Ia                 | C                   |

AVB – atrioventrikulární blokáda; BIV ICD – biventrikulární implantabilní kardioverter-defibrilátor; EF LK – ejekční frakce levé komory; ICD – implantabilní kardioverter-defibrilátor.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

<sup>c</sup> Kdykoli je u sarkoidózy indikována stimulace, je třeba zvážit implantaci ICD podle příslušných doporučených postupů (guidelines).

## 6.7 Kardiostimulace v těhotenství

Vaginální porod – pokud není kontraindikován porodem – není u matky s vrozenou kompletní blokádou spojen se žádným zvláštním rizikem.<sup>636</sup> U žen se stabilním junkčním náhradním rytmem se štíhlým komplexem QRS nemusí být implantace kardiostimulátoru nezbytná, případně může být odložena až na dobu po porodu, pokud není přítomen žádný z rizikových faktorů (synkopa, pauzy > trojnásobek délky cyklu komorového náhradní

ho rytmu, náhradní rytmus se širokým QRS, prodloužený interval QT, komplexní komorová ektopie, průměrná srdeční frekvence přes den < 50 tepů/min). Nicméně ženské s kompletní srdeční blokádou a s pomalým náhradním rytmem se širokým komplexem QRS je nutno během těhotenství implantovat kardiostimulátor. Rizika spojená s implantací kardiostimulátoru jsou obecně nízká a výkon je bezpečný, zvláště pokud je plod starší osmi týdnů. Kardiostimulátor pro zmírnění symptomatické bradykardie může být implantován v kterékoli fázi těhotenství pod echokardiografickou kontrolou nebo kontrolou elektroanatomické navigace omezující na minimum nutnost použití skioskopie.<sup>637,638</sup>

## 7 Zvláštní okolnosti při implantaci přístrojů a perioperační péče

### 7.1 Obecné poznámky

Pacientům s klinickými známkami aktivní infekce a/nebo s horečkou se trvalý kardiostimulátor (včetně bezdrátového kardiostimulátoru) nesmí implantovat, dokud horečka neustoupí na dobu alespoň 24 hodin. Pacienti s horečkou, u nichž již byla zahájena léčba antibiotiky, musí ideálně absolvovat celou léčebnou kúru s antibiotiky a – pokud není nutná akutní stimulace – musí před implantací kardiostimulátoru zůstat bez horečky 24 hodin po skončení podávání antibiotik. Je-li to možné, je třeba se vyvarovat použití dočasné transvenózní stimulace. U pacientů vyžadujících akutní stimulaci je nutno zahájit dočasnou transvenózní stimulaci, ideálně přístupem přes jugulární žílu.<sup>639</sup> V multicentrické, prospektivní studii s 6 319 pacienty korelovaly horečka během 24 hodin od implantace (OR 5,83; 95% CI 2,00–16,98) a dočasná stimulace před implantací (OR 2,46; 95% CI 1,09–5,13) pozitivně s infikováním přístroje.<sup>640</sup> V případě pacientů s chronickou recidivující infekcí lze zvážit minimálně invazivní implantaci epikardiálního kardiostimulátoru.

### 7.2 Antibiotická profylaxe

Jako standard péče při implantaci kardiostimulátoru se doporučuje předoperační systémová antibiotická profylaxe. Riziko infekce se významně snižuje podáním jedné profylaktické dávky antibiotika (cefazolin 1–2 g i. v. nebo flucloxacilin 1–2 g i. v.) 30–60 minut (90–120 minut u vankomycinu [15 mg/kg]) před samotným výkonem.<sup>641–644</sup> Antibiotická profylaxe musí pokrývat kmeny bakterie *S. aureus*, ale rutinní pokrývání meticilin-rezistentních kmenů *S. aureus* se nedoporučuje. Použití vankomycinu se musí řídit rizikem pacienta ke kolonizaci meticilin-rezistentními kmeny *S. aureus* a prevalencí bakterie v příslušném zdravotnickém zařízení.<sup>639</sup> Naproti tomu pooperační antibiotická profylaxe incidence infekcí nesnižuje.<sup>645,646</sup>

### 7.3 Operační prostředí a asepse kůže

Implantace kardiostimulátoru se musí provádět v prostředí splňujícím standardy sterility platné pro ostatní implantační výkony.<sup>639,647</sup> Na základě údajů z chirurgických výkonů a z výkonů s použitím intravaskulárních katétrů je nutno provádět antisepsi kůže kombinací chlorhexidin-

-alkohol místo směsi povidon-jod-alkohol.<sup>648,649</sup> Ve velké studii typu RCT s 2 546 pacienty byla kombinace chlorhexidinu-alkohol spojena s nižší incidencí krátkodobých infekcí v souvislosti s použitím intravaskulárního katétru (HR 0,15; 95% CI 0,05–0,41;  $p = 0,0002$ ).<sup>648</sup>

## 7.4 Vedení antikoagulační léčby

Je dobře známo, že vznik hematomu kapsy po implantaci kardiostimulátoru významně zvyšuje riziko následné infekce kapsy.<sup>642,644,650</sup> Randomizovaná kontrolovaná studie Bridge or Continue Coumadin for Device Surgery Randomized Controlled Trial (BRUISE CONTROL) prokázala, že klinicky významný hematoma kapsy představuje nezávislý rizikový faktor následné infekce přístroje (HR 7,7; 95% CI 2,9–20,5;  $p < 0,0001$ ).<sup>650</sup> Proto je nesmírně důležité podniknout veškeré kroky pro vyloučení vzniku pooperačního hematoma kapsy.

Překonání období do implantace kardiostimulátoru podáváním heparinu pacientům s antikoagulačními antagonisty vitamínu K vede ke statisticky významnému, 4,6násobnému zvýšení incidence vzniku pooperačního hematoma kapsy ve srovnání se strategií nepřerušovaného podávání warfarinu.<sup>651</sup> Snižování mezinárodního normalizovaného poměru a dočasné převedení duální protidestičkové léčby na jednoduchou antiagregační léčbu může ve srovnání s použitím heparinu významně zmenšit hematoma a incidence infekce o 75 %, resp. 74 %.<sup>652</sup>

Pokud se týče nových přímých perorálních antikoagulantů, byla studie Randomized Controlled Trial of Continued Versus Interrupted Direct Oral Anti-Coagulant at the Time of Device Surgery (BRUISE CONTROL-2) ukončena předčasně jako marná, protože incidence příhod byla mnohem nižší, než se předpokládalo; nicméně naznačila,

že v závislosti na klinickém scénáři a souběžné antiagregační léčbě by mohlo být buď vysazení nových přímých perorálních antikoagulantů, nebo jejich další podávání v době implantace přístroje rozumné.<sup>653</sup> U pacientů s duální protidestičkovou léčbou je riziko vzniku hematoma kapsy po operaci statisticky významně zvýšené oproti pacientům léčeným samotnou kyselinou acetylsalicylovou nebo bez antiagregační léčby. V takových případech je nutno vysadit podávání inhibitorů receptoru P2Y<sub>12</sub> na dobu 3–7 dní (podle konkrétní látky) před výkonem, kdykoli je to možné a na základě individuálního stanovení rizika.<sup>639,654,655</sup> Více podrobností o vedení antikoagulační léčby při výkonech s kardiostimulátory viz tabulku 6.

## 7.5 Žilní přístup

Transvenózní zavádění elektrody při implantaci kardiostimulátoru se běžně provádí cestou cefalické, podklíčkové nebo podpažní (axilární) žíly. V případě klinických známek uzávěru podklíčkové nebo ramenohlavové (bezejmenné) žíly může být při plánování žilního přístupu nebo alternativního přístupu před samotným výkonem užitečné provést předoperační vyšetření zobrazovací metodou (venografie nebo CT scan hrudníku). V případě nemožnosti přístupu horní dutou žílou mohou být dalšími vhodnými alternativními postupy transfemorální implantace elektrody, případně implantace bezdrátového přístroje nebo použití epikardiálních elektrod.

Při použití Seldingerovy techniky existuje riziko rozvoje pneumotoraxu, hemotoraxu, punkce tepny nedopatřením a riziko poranění pažní pleteně během punkce podklíčkové a (méně často) podpažní žíly. Těmto rizikům lze předejít použitím přístupu přes cefalickou žílu, který umožňuje zavedení žilních elektrod bez použití optické

Tabulka 6 – Vedení antikoagulační léčby při výkonech s kardiostimulátory

|  | Duální protidestičková léčba <sup>656,657</sup>  |   | NOAC <sup>653</sup>  | VKA <sup>651</sup>      | OAC + antiagregancium <sup>658</sup>   |
|--|--|---|--|-------------------------|--|
|  | Riziko trombózy po PCI   |   |  |                         |  |
|  | Střední nebo nízké<br>> 1 měsíc PCI<br>> 6 měsíců akutní koronární syndrom při zařazovací PCI  | Vysoké<br>< 1 měsíc PCI<br>< 6 měsíců akutní koronární syndrom při zařazovací PCI   |  |                         |  |
| Nízké riziko krvácení během výkonu<br>První implantace                                   | Pokračovat s kyselinou acetylsalicylovou<br>A vysadit inhibitory P2Y <sub>12</sub> : ticagrelor alespoň 3 dny před operací, clopidogrel alespoň 5 dní před operací, prasugrel alespoň 7 dní před operací | Elektivní výkon: zvážet odložení<br>Jinak:<br>• pokračovat s kyselinou acetylsalicylovou<br>• pokračovat s inhibitorem P2Y <sub>12</sub>  | Pokračovat nebo přerušit podle preference operátora.<br>Pokud přerušení, pak podle CrCl a konkrétního NOAC | Pokračovat <sup>a</sup> | Pokračovat s OAC (VKA <sup>a</sup> nebo NOAC).<br>Vysadit antiagregancia po zvážení rizika a přínosu pro daného pacienta |
| Vysoké riziko krvácení během výkonu<br>Výměna přístroje, výkon spojený s upgradem/revizí |  | Pokračovat s kyselinou acetylsalicylovou<br>A vysadit inhibitory P2Y <sub>12</sub> : ticagrelor alespoň 3 dny před operací, clopidogrel alespoň 5 dní před operací, prasugrel, alespoň 7 dní před operací.<br>Překonání přechodného období s inhibitory GP IIb/IIIa |  |                         |  |

CrCl – clearance kreatininu; GP – glykoprotein; NOAC – nové perorální antikoagulanty; OAC – perorální antikoagulanty; PCI – perkutánní koronární intervence; VKA – antagonisté vitamínu K.

<sup>a</sup> Cílová hodnota mezinárodního normalizovaného poměru v terapeutickém rozmezí.



zvětšovací techniky. Přístup podklíčkovou žilou je spojen se 7,8násobně zvýšeným rizikem pneumotoraxu.<sup>659</sup> Prospektivní údaje o punkci podpažní žíly naznačují nižší riziko komplikací při tomto přístupu než při provedení punkce podklíčkové žíly.<sup>660</sup> Užitečnou metodou pro provedení bezpečné a nekomplikované punkce je provedení punkce podpažní žíly pod kontrolou ultrazvukem.<sup>661</sup>

Pokud se týče selhání elektrody po implantaci, existují důkazy, že cesta podpažní žilou je při dlouhodobém sledování spojena s nižší incidencí selhání elektrody. V retrospektivní studii se 409 pacienty a průměrnou délkou sledování 73,6 ± 33,1 měsíce došlo k selhání elektrody u 1,2 % pacientů s punkcí podpažní žíly pod kontrolou metodou s použitím kontrastní látky, u 2,3 % pacientů s přímou chirurgickou kanylací vena cephalica a u 5,6 % pacientů s punkcí podklíčkové žíly. V multivariační regresní analýze byla jediným prediktorem selhání elektrody punkce podklíčkové žíly místo přístupu přes podpažní žíly (HR 0,26; 95% CI 0,071–0,954;  $p = 0,042$ ). V analýze úspěšnosti různých žilních přístupů byla nejnižší úspěšnost nalezena při přístupu cestou cefalické žíly (78,2 % vs. podpažní žíla 97,6 % a podklíčková žíla 96,8 %;  $p < 0,001$ ).<sup>662</sup>

## 7.6 Použití elektrody s aktivní vs. pasivní fixací

Při volbě mezi elektrodami kardiostimulátoru s aktivní a pasivní fixací v PS nebo PK je třeba zvážit možnost perforace a perikarditidy i možnost je v budoucnu extrahovat. Elektrody s aktivní fixací mají větší tendenci k tvorbě perikardiálních výpotků a ke zjevné perforaci. Vzhledem k neizodiametrické konstrukci hrotu mohou elektrody s pasivní fixací představovat faktor nižší úspěšnosti výkonu a vyššího rizika komplikací při vyjímání elektrody, i když v tomto směru není ani zdaleka jasno a celá věc se dále zkoumá.<sup>663</sup> Jasno do celé záležitosti musí vnést studie typu RCT.

Pokud se týče perforace, neprokázala nekontrolovaná, nerandomizovaná studie s 3 815 pacienty, jimž byla elektroda implantována do PK, statisticky významný rozdíl v incidenci perforace myokardu při použití elektrod s aktivní nebo pasivní fixací (0,5 % vs. 0,3 %;  $p = 0,3$ ).<sup>664</sup> Elektrody s aktivní fixací rovněž umožňují stimulaci zvoleného místa v oblasti PK s hladkou stěnou (např. ve středním segmentu septa). PS však má tenké stěny a byla popsána perforace volné stěny PS elektrodami s aktivní fixací. Někteří lékaři provádějící implantace dávají u pacientů se zvýšeným rizikem perforace přednost implantaci elektrod s pasivní fixací (např. u starších pacientů). Přesto se na základě názorů expertů a výsledků monocentrické retrospektivní studie s elektrodami pro ICD (637 pacientů) u mladých pacientů kvůli budoucímu snazšímu vyjmutí doporučuje použití elektrod s aktivní fixací do PS a PK.<sup>665</sup>

Důležitými aspekty implantace elektrody do koronárního sinu je stabilita elektrody a stimulace bráničního nervu. Zdá se, že v obojím mají jednoznačné přednosti kvadripolární elektrody. Častost stimulace bráničního nervu vyžadující revizi elektrody je ve srovnání s bipolárními elektrodami v koronárním sinu statisticky významně nižší.<sup>666,667</sup> Elektrody jsou navíc stabilnější, protože kvadripolární elektrody lze obvykle implantovat do zaklíně-

né polohy. Pokud se kvůli zaklínění implantují do apikální polohy, brání stimulaci hrotu použitých proximálních pólů. Proto se pro implantaci elektrod do koronárního sinu doporučují kvadripolární elektrody. Byly vyvinuty elektrody s aktivní fixací v LK pomocí boční šroubovice a jejich výsledky prokázaly spolehlivou stabilitu, snadný přístup k cílovému místu stimulace i stabilní prahovou hodnotu stimulace LK v dlouhodobém časovém horizontu. Ve srovnání s kvadripolárními elektrodami s pasivní fixací vykázaly bipolární a kvadripolární elektrody s aktivní fixací podobné výsledky. Elektrody s mechanismem aktivní fixace boční šroubovicí byly zkonstruovány s cílem umožnit jejich vyjmutí i po dlouhé době. Zatím však nebylo prokázáno, že by se elektrody vyjímaly po delší době snadno.<sup>668–670</sup>

## 7.7 Umístění elektrody

Komorová stimulace se tradičně provádí z hrotu PK. Od zavedení elektrod s aktivní fixací byla s cílem provádět stimulaci fyziologičtějším způsobem hodnocena i alternativní místa stimulace jako septum nebo střední segment septa RVOT. Nicméně přes dva roky výzkumu je klinický přínos stimulace z jiného místa než z hrotu PK stále nejistý.<sup>671</sup> To lze zčásti vysvětlit variabilitou polohy elektrody, která je často neúmyslně umístěna na přední volné stěně, což může být spojeno s nepříznivým výsledkem.<sup>672–674</sup> Hlavní přednost stimulace septa spočívá pravděpodobně v tom, že při ní nemůže dojít k perforaci volné stěny. Ve studii s 2 200 pacienty s implantovanou elektrodou kardiostimulátoru nebo s ICD bylo apikální umístění nezávisle spojeno s perforací srdce (OR 3,37;  $p = 0,024$ ).<sup>421</sup> Umístění do septa proto může být upřednostňováno u pacientů se zvýšeným rizikem perforace, jako jsou například starší osoby, zvláště jedinci s indexem tělesné hmotnosti < 20 kg/m<sup>2</sup>, u žen.<sup>671,675</sup>

Umísťování elektrody do středního segmentu septa (a tím spíše do septa RVOT jako menší cílové oblasti) může být obtížné. Jak se uvádí v nedávno publikovaném konsenzuálním dokumentu EHRA, je proto užitečné mít k dispozici několik skiaskopických obrázků a speciálně tvarované stylety.<sup>35</sup> V této souvislosti je nutno zmínit, že přesnost a reprodukovatelnost skiaskopické kontroly umístění elektrody v PK nejsou často dokonalé.<sup>422</sup>

Pořízení několika skiaskopických obrázků se rovněž doporučuje při umísťování elektrod do RVA s cílem zjistit, zda nedopatřením nedošlo k umístění elektrody do přítoku koronárního sinu nebo do LK intrakardiálním zkratem nebo tepenným přístupem.

Koronární sinus lze použít pro stimulaci LK bez nutnosti zavádět elektrodu přes trojčipou chlopeň. Tohoto způsobu stimulace lze využít i v případě jiných problémů při umísťování elektrody do PK (např. v případě náhrady trojčipé chlopně). U vybraných pacientů byl výsledek podobný jako při stimulaci PK.<sup>676,677</sup>

Preferovaným místem stimulace síně je ouško PS. Použití boční stěny síně může být spojeno s rizikem zachycení bráničního nervu s rizikem stimulace n. phrenicus.<sup>678,679</sup> Neprokázalo se, že by alternativní místa stimulace s cílem předejít vzniku FS, jako jsou Bachmanův svazek a oblast ostia koronárního sinu, byla spojena s nějakým přínosem, a nejsou tedy pro běžnou praxi doporučena.<sup>680,681</sup>

## 7.8 Kapsa přístroje

V posledních letech roste povědomí o kapse přístroje jako zdroji komplikací. Způsoby, jak zabránit infekci kapsy, se staly předmětem zvláštního zájmu v oblasti přístrojové léčby. O úloze hematoma kapsy v rozvoji infekcí se diskutovalo již dříve. Je zřejmé, že kromě vhodného vedení antikoagulační léčby je nesmírně důležitá i správná chirurgická technika s důslednou hemostázou.

Většina kardiostimulátorů se implantuje do podkožní kapsy.<sup>682</sup> U pacientů s velmi nízkým indexem tělesné hmotnosti (BMI), a tedy i s malým objemem podkožní tkáně, jako například při Twiddlerově syndromu nebo u tkáně odebrané z estetických důvodů, se může dát přenos vytvoření submuskulární kapsy. To si nicméně může vyžádat hlubší sedaci kvůli zmírnění bolesti při samotné implantaci i budoucí výměně generátorů. Zatím nejsou k dispozici žádné údaje ze studií typu RCT srovnávajících tyto dva přístupy pro vytvoření kapsy přístroje. Historické údaje získané od 1 000 pacientů s implantovanými ICD prokázaly statisticky významně kratší dobu výkonu u pacientů se subkutánně vytvořenými kapsami přístroje. Nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly ve výskytu hematoma kapsy. Žádné statisticky významné rozdíly nebyly zaznamenány ani v kumulativních procentech pacientů bez komplikací během sledování.<sup>683</sup>

Propláchnutí kapsy na konci výkonu normálním fyziologickým roztokem zajistí rozředění možných kontaminantů a odpavení detritu z rány před jejím uzavřením.<sup>684,685</sup> Přidání antibiotik k propylachovacímu roztoku riziko infekce přístrojů snižuje.<sup>684</sup>

Studie World-wide Randomized Antibiotic Envelope Infection Prevention Trial (WRAP-IT) hodnotila účinek vstřebatelné obálky vylučující antibiotika na rozvoj pooperačních infekcí CIED. Celkem 6 983 pacientů s revizí kapsy pro CIED, výměnu generátoru nebo upgrade systému, případně s první implantací BIV ICD bylo náhodně zařazováno v poměru 1 : 1 do skupin s (ne)použitím antibiotické obálky. Incidence infekce CIED u pacientů s antibakteriální obálkou byla 0,7 % vs. 1,2 % v kontrolní skupině (HR 0,6; 95% CI 0,36–0,98;  $p = 0,04$ ).<sup>686</sup> V podskupině s kardiostimulátory nebyl pozorován žádný účinek na incidenci infekce.<sup>686</sup> Při porovnání nákladů a účinnosti lze zvážit použití antibiotické obálky u pacientů s kardiostimulátory s vysokým rizikem infekcí CIED. Mezi rizikové faktory, které je třeba zvážit v tomto kontextu, patří terminální stadium selhání ledvin, chronická obstrukční plicní nemoc, diabetes mellitus a výměna přístroje, jeho revize nebo výkony z důvodu upgradu.<sup>639</sup>

### Doporučení pro implantaci přístrojů a perioperační péči

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| Pro snížení rizika infekce CIED se doporučuje provést během 1 hodiny od incize kůže předoperační antibiotickou profylaxi. <sup>642,644,687</sup> | I                  | A                   |
| Jako antiseptické opatření je nutno zvážit kombinaci povidon-jod-alkohol. <sup>648,649</sup>   | IIa                | B                   |
| Pro žilní přístup je nutno zvážit jako první volbu cefalickou nebo podpažní žílu. <sup>659,660</sup>   | IIa                | B                   |
| Pro potvrzení správného umístění komorové elektrody je třeba zvážit pořízení několika skiaskopických obrázků.                                    | IIa                | C                   |

|   |     |   |
|---|-----|---|
| Pro implantaci elektrod do koronárního sinu je nutno zvážit jako první volbu použití kvadrilárních elektrod. <sup>666,667,688</sup>   | IIa | C |
| Před zavřením rány je nutno zvážit vypláchnutí kapsy přístroje normálním fyziologickým roztokem. <sup>684,685</sup>   | IIa | C |
| U pacientů podstupujících opakovanou intervenci v souvislosti s CIED lze zvážit použití obálky vylučující antibiotika. <sup>686,689</sup>   | IIb | C |
| Stimulaci středního segmentu komorového septa lze zvážit u pacientů s vysokým rizikem perforace (např. starší osoby, předchozí perforace, nízký index tělesné hmotnosti, ženy). <sup>421,675</sup>  | IIb | C |
| Při implantaci kardiostimulátoru pacientům s možnými problémy s kapsou, například se zvýšeným rizikem eroze kvůli nízkému indexu tělesné hmotnosti, Twiddlerovu syndromu nebo z estetických důvodů lze zvážit submuskulární umístění kapsy přístroje. | IIb | C |
| Překonání doby do implantace aplikací heparinu u pacientů s antikoagulační se nedoporučuje. <sup>651,690</sup>  | III | A |
| Implantace trvalého kardiostimulátoru se nedoporučuje u pacientů s horečkou. Implantaci kardiostimulátoru je nutno odložit do doby, kdy horečka ustoupila na dobu alespoň 24 hodin. <sup>639,640</sup>  | III | B |

CIED – (aktivní) implantabilní elektronický přístroj v kardiologii (cardiovascular implantable electronic device).

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

## 8 Komplikace kardiostimulace a srdeční resynchronizační terapie

### 8.1 Komplikace obecně

Kardiostimulace a SRL jsou spojeny s poměrně vysokým rizikem komplikací (tabulka 7), z nichž většina se vyskytuje v perioperační fázi,<sup>430,691</sup> značné riziko však je přítomno i v průběhu dlouhodobého sledování.<sup>692</sup> Ve studii MOST dosahovala incidence komplikací po implantaci dvoudutinnového kardiostimulátoru 4,8 % po 30 dnech, 5,5 % po 90 dnech a 7,5 % po 3 letech.<sup>693</sup> Údaje z „reálného světa“ nicméně ukazují na vyšší hodnoty.<sup>691,694</sup> V nedávno publikované studii s > 81 000 pacienty po *de novo* implantaci CIED se závažné komplikace vyskytly do 90 dnů po propuštění z nemocnice u 8,2 % pacientů.<sup>695</sup> Mortalita, jak nemocniční (0,5 %), tak 30denní (0,8 %), byla nízká.

Riziko komplikací se obecně zvyšuje se složitostí přístroje a ke komplikacím dochází ve srovnání s *de novo* implantací častěji při upgradu přístroje nebo při revizi elektrod. V dánské populační kohortové studii byly komplikace zaznamenány u 9,9 % pacientů při první implantaci přístroje a u 14,8 % při upgradu nebo revizi elektrody.<sup>355</sup> Výkony omezené na výměnu generátoru byly spojeny s nižším rizikem komplikací (5,9 %). V prospektivním registru REPLACE byl při výměně generátoru popsán podobný podíl rizika komplikací (4 %), mnohem větší riziko bylo ale zjištěno u pacientů při zavádění jedné nebo více elektrod (až 15,3 %).<sup>696</sup> Ve shodě s těmito zjištěními byly závažné komplikace častější při upgradu SRL,

**Tabulka 7 – Komplikace spojené s implantací kardiostimulátoru a srdeční resynchronizační terapií**

| Incidence komplikací po léčbě s použitím CIED   | %       |
|---|---------|
| <b>Reintervence v souvislosti s elektrodou</b> <sup>355,640,691,693,696,701,702</sup><br>(včetně její dislokace, chybného umístění, syndromu zhmoždění podklíčkové žíly atd.) | 1,0–5,9 |
| <b>Infekce postihující CIED po &lt; 12 měsících</b> <sup>355,640,642,646,686,696,703</sup>  | 0,7–1,7 |
| Povrchové infekce <sup>355</sup>  | 1,2     |
| Infekce kapsy <sup>355</sup>  | 0,4     |
| Systémové infekce <sup>355</sup>  | 0,5     |
| <b>Infekce postihující CIED po &gt; 12 měsících</b> <sup>703–710</sup>  | 1,1–4,6 |
| Infekce kapsy <sup>703</sup>  | 1,3     |
| Systémové infekce <sup>703,706</sup>  | 0,5–1,2 |
| <b>Pneumotorax</b> <sup>355,659,691,693,701,702,708</sup>   | 0,5–2,2 |
| <b>Hemotorax</b> <sup>696</sup>   | 0,1     |
| <b>Poranění pažní pleteně</b> <sup>696</sup>  | < 0,1   |
| <b>Perforace srdce</b> <sup>355,664,691,693,696</sup>   | 0,3–0,7 |
| <b>Perforace/disekce koronárního sinu</b> <sup>711,289</sup>  | 0,7–2,1 |
| <b>Revize pro bolest / pocit nepohodlí</b> <sup>355,691</sup>   | 0,1–0,4 |
| <b>Stimulace bránice vyžadující reintervenci</b> <sup>712,713,666,714</sup>   | 0,5–5   |
| <b>Hematom</b> <sup>355,640,651,653,655,691,701,715,716</sup>   | 2,1–5,3 |
| <b>Trikuspidální regurgitace</b> <sup>717–719</sup>   | 5–15    |
| <b>Pacemakerový syndrom</b> <sup>147,702,720</sup>  | 1–20    |
| <b>Problém s generátorem/elektrodou</b> <sup>355,640,691</sup>  | 0,1–1,5 |
| <b>Hluboká žilní trombóza (akutní nebo chronická)</b> <sup>355,721,722</sup>  | 0,1–2,6 |
| <b>Jakákoli komplikace</b> <sup>355,640,691,693,696,708,723,724</sup>   | 5–15    |
| <b>Mortalita (&lt; 30 dní)</b> <sup>355,695</sup>   | 0,8–1,4 |

CIED – (aktivní) implantabilní elektronický přístroj v kardiologii (cardiovascular implantable electronic device).

což potvrdily velká americká kohortová studie s hospitalizovanými pacienty<sup>340</sup> a prospektivní italská observační studie.<sup>697</sup> Komplikace zvyšují i zátěž komorbiditami.<sup>698</sup>

Z výše uvedeného vyplývá význam pečlivého společného rozhodování při zvažování upgradu složitějších systémů. Totéž platí i pro profylaktickou náhradu generátorů a elektrod pro CIED „svolaných“ na servisní prohlídku jako příležitost, kdy je nutno pečlivě zvážit riziko spojené s výkonem oproti rizikům spojeným se selháním přístroje nebo elektrod.<sup>699</sup>

Celkově incidence komplikací těsně souvisí s počtem implantačních výkonů provedených jedním operátorem i na celém pracovišti.<sup>430,659,694</sup> V případě nezkušených operátorů, kteří provedli méně než 25 implantací, byly počty komplikací vyšší o 60 %.<sup>430</sup> Údaje z velkého celostátního programu zajištění kvality kardiostimulátorů a BIV KS prokázaly, že roční objem implantací v nemocnici negativně koreloval s incidencí komplikací, přičemž největší rozdíl byl nalezen mezi nejnižším (1–50 implantací/rok) a druhým nejnižším kvintilem (51–90 implantací/rok).<sup>700</sup> Se zvýšenou incidencí komplikací byly dále spojeny urgentní výkony a výkony prováděné „mimo běžnou pracovní dobu“. Tyto údaje jasně ukazují, že výkony spojené s CIED musejí provádět operatéři a pracoviště s dostatečným objemem provedených příslušných výkonů.

## 8.2 Specifické komplikace

### 8.2.1 Komplikace u elektrod

Elektrody kardiostimulátorů jsou častým zdrojem komplikací, jako jsou dislokace, poškození izolace, zlomení elektrod a problémy se snímáním impulsů a prahových hodnot. V dánské kohortové studii představovaly nejčastější závažnou komplikaci intervence (2,4 %) v souvislosti s elektrodami.<sup>355</sup> Obzvláštní sklon ke vzniku komplikací, jako jsou dislokace a disekce nebo perforace koronárního sinu, vykazovaly elektrody s EKG obrazem stimulace LK.<sup>701</sup> V celostátním registru byly elektrody s LK (4,3 %) spojeny s komplikacemi častěji než elektrody umístěné v PS (2,3 %) a v PK (2,2 %).<sup>430</sup> Nejvýznamnějšími prediktory rizika byly přístroj pro SRL (OR 3,3) a elektroda s pasivní fixací v RA (OR 2,2).

Metaanalýza výsledků 25 studií typu SRL našla mechanické komplikace u 3,2 % pacientů (včetně disekce nebo perforace koronárního sinu, perikardiálního výpotku nebo tamponády, pneumotoraxu a hemotoraxu), jiné problémy s elektrodami u 6,2 % a infekce u 1,4 % pacientů. K úmrtí v periimplantačním období došlo v 0,3 % případů.<sup>370</sup>

### 8.2.2 Hematom

Hematom kapsy je komplikací (2,1–9,5 %), kterou lze obvykle řešit konzervativně. Jeho evakuace, vyžadovaná v 0,3–2 % případů, je spojena přibližně s 15násobným rizikem infekce.<sup>640</sup> Pacienti s hematomem kapsy navíc zůstávají v nemocnici déle a jejich nemocniční mortalita je vyšší (2,0 % vs. 0,7 %).<sup>725</sup> Proto je naprosto nezbytné přijímat příslušná opatření a případy reoperace se musejí omezit na pacienty se silnou bolestí, přetrvávajícím krvácením, roztažením linie sutury a s bezprostředně hrozící nekrotizací kůže. V mnoha případech lze vzniku hematomu předejít důslednou hemostázou a optimálním podáváním antiagregancií a antikoagulancií.

### 8.2.3 Infekce

Infekce je jednou z nejvíce znepokojujících komplikací v souvislosti s CIED, která působí hodně starostí a je příčinou značné morbidity a mortality, přičemž současně zvyšuje náklady na zdravotní péči.<sup>726,727</sup> Ve srovnání s pouhou implantací kardiostimulátoru je incidence infekce vyšší při výměně nebo upgradu přístroje<sup>697</sup> stejně jako při provádění SRL nebo při implantaci ICD.<sup>728</sup> Olsen a spol.<sup>703</sup> zjistili následující hodnoty celoživotního rizika u pacientů s kardiostimulátorem (1,19 %), ICD (1,91 %), BIV KS (2,18 %) a s BIV ICD (3,35 %). Statisticky významně vyšší riziko infekce bylo nalezeno konkrétně u pacientů podstupujících reoperaci, s již prodělanou infekcí v souvislosti s přístrojem, u mužů a u mladších pacientů.

Podobné údaje byly získány ve velké kohortě pacientů s ICD, přičemž incidence infekce dosáhla 1,4 % u jednodutinových, 1,5 % u dvoudutinových a 2,0 % u biventrikulárních ICD.<sup>729</sup> Kromě toho byly se zvýšeným rizikem infekce spojeny i časná reintervence (OR 2,70), předchozí operace chlopní (OR 1,53), reimplantace (OR 1,35), selhání ledvin dialyzovaného pacienta (OR 1,34), chronické plicní onemocnění (OR 1,22), cerebrovaskulární onemocnění (OR 1,17) a podávání warfarinu (OR 1,16).<sup>703</sup> Infekce se rovněž vyskytují častěji při dočasné stimulaci nebo při jiných výkonech před implantací (OR 2,5, resp. 5,8),

časných reintervencích (OR 15) a při absenci antibiotické profylaxe (OR 2,5).<sup>640,730</sup>

Další podrobnější informace k prevenci, diagnostice a léčbě infekcí v souvislosti s použitím CIED lze nalézt v nedávno publikovaném konsenzuálním dokumentu odborné společnosti EHRA.<sup>643</sup>

### 8.2.4 Interference s funkcí trojčipé chlopně

Elektrody CIED mohou během operace překážet normální funkci trojčipé chlopně poškozením jejích cípů nebo subvalvulárního aparátu, případně chronicky po operaci nebo po vyjmutí elektrod. Toto poškození bylo dáváno do souvislosti se zhoršením hemodynamiky a nepříznivým klinickým výsledkem.<sup>731</sup> Ve skutečnosti je středně těžká až těžká trikuspidální regurgitace obecně spojena s nadměrnou mortalitou<sup>732,733</sup> a její incidence je u pacientů s CIED statisticky významně vyšší.<sup>734</sup> Prevalence statisticky významné trikuspidální regurgitace (definované jako regurgitace 2. a vyššího stupně) po implantaci CIED se pohybuje v rozmezí od 10 % do 39 %. Většina studií připisuje významnější poškození chlopně elektrodám ICD a většímu počtu elektrod v PK.<sup>46,47,50,446,643,686,698,710,729,731–733</sup> Problém negativního působení elektrod na biologické náhradní trojčipé chlopně nebo po anuloplastice, případně jejich náhradě je předmětem diskuse. Dále neexistují žádné jednoznačné důkazy podporující představu, že by dyssynchronie vyvolaná stimulací PK významně přispívala ke vzniku trikuspidální regurgitace. Nedávno publikovaná studie, v níž bylo randomizováno 63 pacientů do skupin s umístěním stimulačních elektrod do hrotu PK, RVS nebo se stimulací LK přes koronární sinus, neprokázala, že by při tom docházelo ke vzniku trikuspidální regurgitace.<sup>735</sup> Diagnostika trikuspidální regurgitace v souvislosti s elektrodami CIED na základě klinických, hemodynamických a zvláště echokardiografických (2D, 3D a dopplerovské) vyšetření je často obtížná.<sup>736</sup> I když jasné vodítko pro vysvětlení vzniku trikuspidální regurgitace v souvislosti s přítomností elektrod CIED zatím chybí, je třeba zůstat podezřívavý a nezamítat striktně možnost, že zhoršování HF může být důsledkem mechanického působení na mobilitu a koaptaci listku trojčipé chlopně.<sup>731</sup> Mezi obecné možnosti léčby patří farmakoterapie s cílem zmírnit městnání, následně vyjmout elektrodu a opatrně ji vyměnit nebo použít alternativní strategie stimulace, například stimulaci LK přes koronární sinus, případně použít epikardiální elektrody. Vyjmutí transvenózní zavedené elektrody je už samo o sobě spojeno s rizikem poškození trojčipé chlopně, a tedy zhoršení její regurgitace. I když bezdrátová stimulace odstraňuje nutnost transvalvulárních elektrod, může stále ještě negativně ovlivňovat funkci trojčipé chlopně, potenciálně v důsledku mechanické interference a abnormální elektrické a mechanické aktivace komor.<sup>737</sup> Indikace k anuloplastice nebo nahrazení chlopně pro její nedomykavost způsobenou implantací CIED se řídí současnými doporučeními podle přítomnosti symptomů, závažnosti trikuspidální regurgitace a funkce PK. Při zvažování operace na trojčipé chlopně se musí umístění elektrody v PK řídit doporučeními nastíněnými v kapitole 6.2.3.<sup>738</sup> V nedávné době na sebe upoutaly velkou pozornost metody perkutánní plastiky trojčipé chlopně, ale množství důkazů hovořících ve prospěch takových in-

tervencí při nedomykavosti trojčipé chlopně způsobené elektrodou je zatím omezené.<sup>739</sup>

### 8.2.5 Jiné

Zvýšené riziko komplikací bylo zaznamenáno u žen (hlavně pneumotorax a perforace srdeční stěny) a u jedinců s nízkým indexem tělesné hmotnosti.<sup>355,740</sup> U pacientů ve věku nad 80 let bylo rovněž pozorováno nižší riziko reintervencí v souvislosti s elektrodami ve srovnání s pacienty ve věku 60–79 let (1,0 % vs. 3,1 %).<sup>355</sup> Suboptimální atrio-ventrikulární synchronie může vést i k rozvoji pacemakerového syndromu, který je charakterizován jako „akcelerace kanonády“ způsobená současnými kontrakcemi síní a komor se symptomy únavy, motání hlavy a hypotenze (kap. 3.5). Dlouhodobá stimulace PK vyvolává typ dys-synchronní komorové aktivace, který může podporovat zhoršování dysfunkce LK a klinické HF. Strategie prevence a potlačení nežádoucího účinku stimulace PK byly popsány výše (kap. 4).

## 9 Péče o pacienty obecně

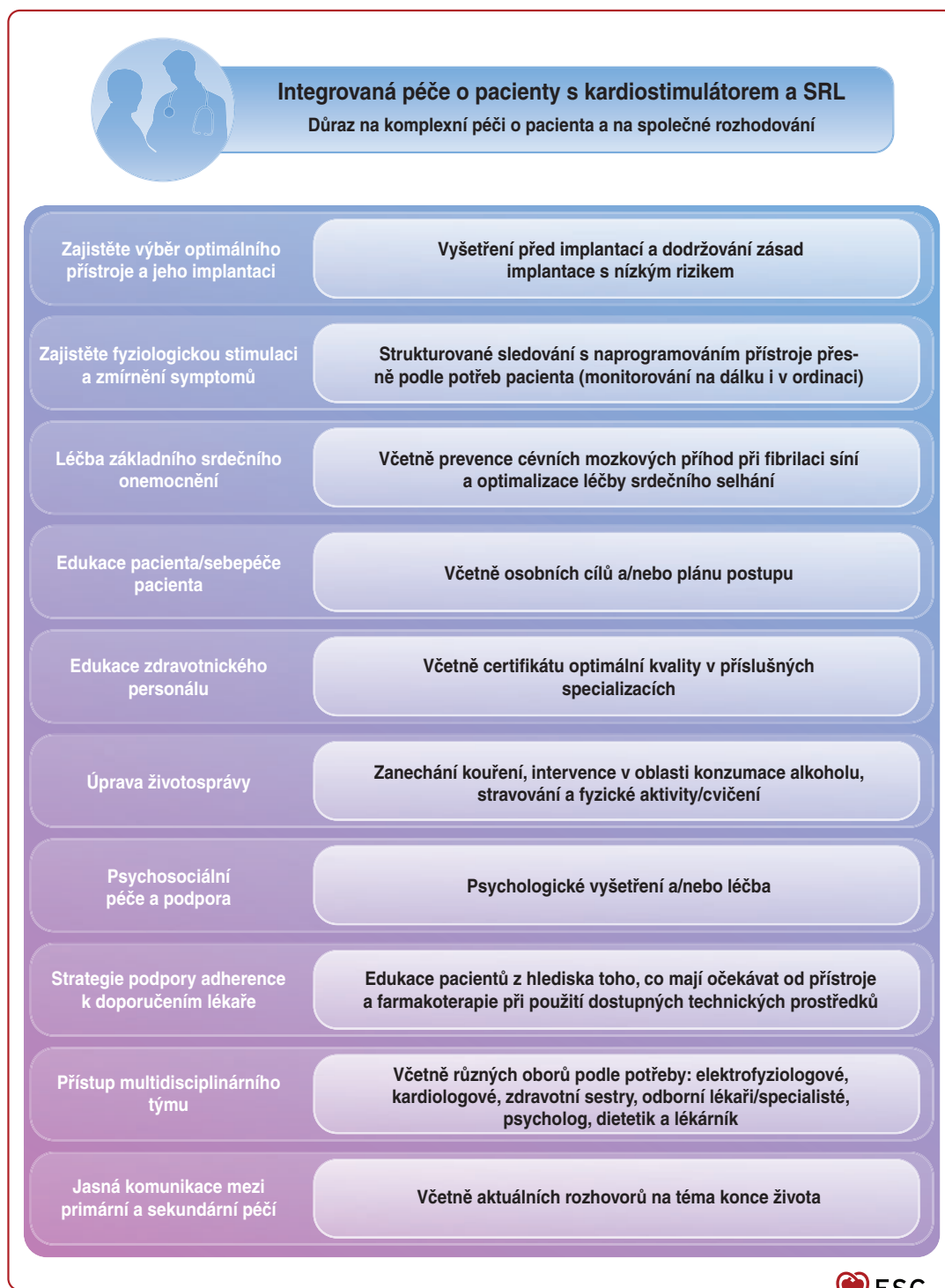
Je třeba přijmout koncepci integrované péče o pacienty s kardiostimulátory a se SRL, kterou bude nabízet interdisciplinární tým ve spolupráci s pacientem a jeho rodinou s cílem poskytovat komplexní léčbu v celém spektru zdravotní péče (viz kap. 10). Koncepcie integrované péče cílí na pacienty s kardiostimulátory a se SRL ve snaze zajistit komplexní léčbu a spoluúčast pacienta při rozhodování. Koncepcie vychází z modelu chronické péče, který vypracovali Wagner a spol.,<sup>741</sup> a dokáže zlepšit klinické výsledky i stav samotného pacienta při potlačování vzniku arytmií (viz kap. 10).<sup>742–744</sup> Do multidisciplinárního týmu se přibírají odborníci příslušných oborů podle potřeb pacienta a dostupnosti místního zdravotnického systému (obr. 13).

### 9.1 Vyšetření magnetickou rezonancí u pacientů s implantovanými přístroji

Častým požadavkem u pacientů s implantovaným kardiostimulátorem je vyšetření magnetickou rezonancí. Metoda může mít nežádoucí účinky, jako například nevhodnou funkci přístroje kvůli problémům s resetováním nebo snímáním, interakce s jazyčkovým magnetickým spínacem, vyvolání proudů vedoucích ke kontrakci myokardu, zahřívání hrotu elektrody při změnách ve snímání nebo změnách stimulační prahu, případně perforaci tkáně elektrodou.

V současnosti většina výrobců navrhuje MR-kondicionální přístroje. MR-kondicionalitu určuje celý CIED (tzn. kombinace generátoru a elektrod, které musejí být od stejného výrobce), a ne jeho jednotlivé komponenty. Intenzita pole při pořizování MR musí být omezena na hodnotu 1,5 T a celotělová specifická míra absorpce (specific absorption rate, SAR) < 2 W/kg (SAR hlavy < 3,2 W/kg), některé modely však umožňují dosáhnout hodnot 3 T, až 4 W/kg celotělové SAR. Výrobce může stanovit období výjimky (obvykle šest týdnů) po implantaci, ale – pokud je to z klinického hlediska žádoucí – je nejspíše rozumné pořídit MR scan dříve.

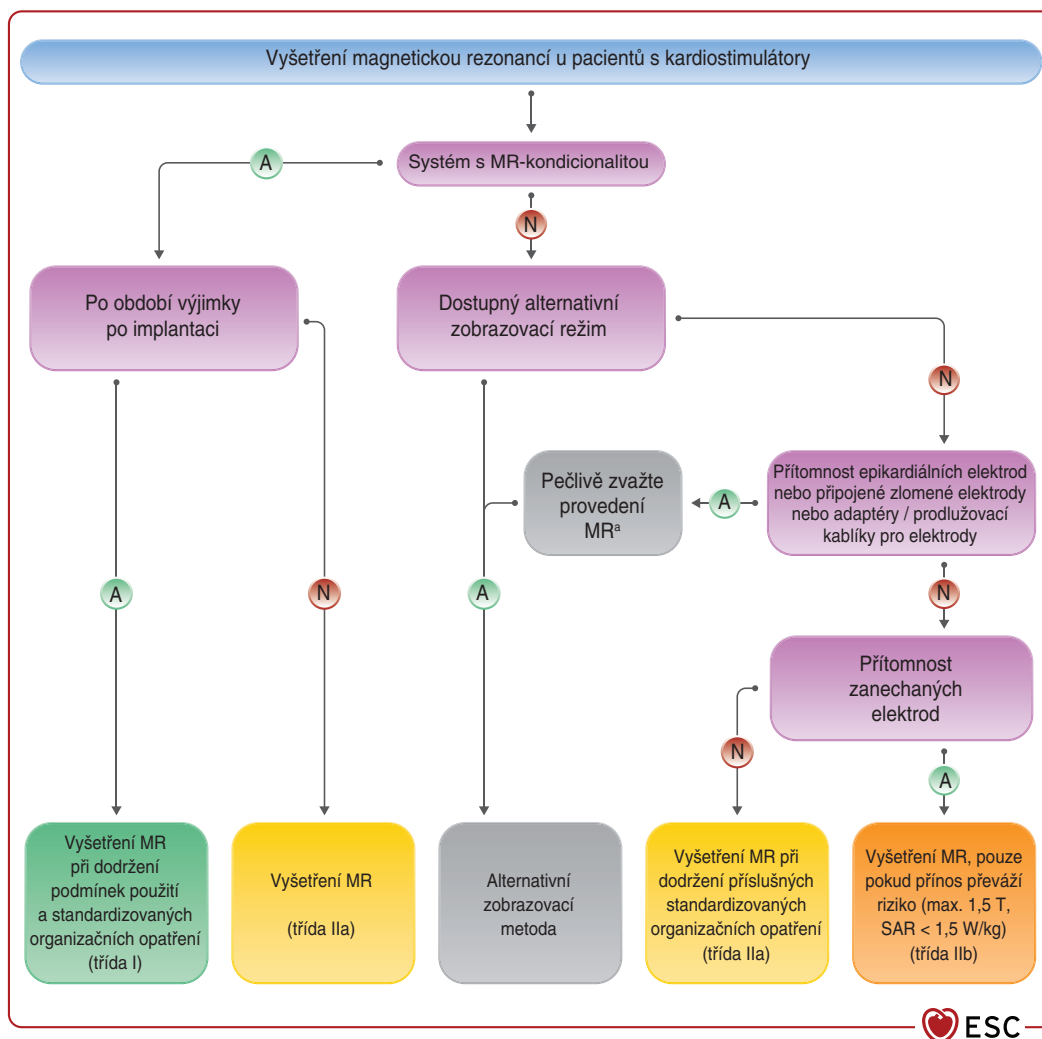




Obr. 13 – Integrovaná péče o pacienty s kardiostimulátorem a SRL. SRL – srdeční resynchronizační léčba.

Existuje množství důkazů, že při splnění řady opatření lze bezpečně provést vyšetření metodou MR u pacientů s kardiostimulátory nesplňujícími MR-kondicionalitu.<sup>745–747</sup> V roce 2017 vydala odborná společnost Heart Rhythm Society prohlášení o konsenzu expertů o použití MR u pacientů s CIED; tento dokument byl vypracován a schválen řadou odborných společností včetně EHRA a několika radiologických společností.<sup>746</sup>

Pokud jsou elektrody připojeny ke generátoru, ten absorbuje část energie a šíří teplo ze svého velkého povrchu. Jak prokázala jedna *in vitro* studie, mají transvenózní zavedené elektrody zanechané v těle tendenci k zahřívání hrotu o ~10 °C.<sup>748</sup> Sotva však lze extrapolovat výsledky z experimentálních modelů do *in vivo* podmínek. Ve čtyřech studiích s celkem 125 pacienty, u nichž byly ponechány transvenózní elektrody, nebyly popsány žádné ne-



**Obr. 14 – Vývojový diagram pro vyšetření magnetickou rezonancí u pacientů s kardiostimulátorem.** MR – magnetická rezonance; SAR – specifická míra absorpce (specific absorption rate).

<sup>a</sup> Zvažte, pouze pokud není k dispozici žádná alternativní zobrazovací metoda a výsledek testu je naprosto zásadní při podání život zachraňující medicíny pacientovi.

žádoucí příhody.<sup>749–752</sup> Největší studie popsala výsledky 80 pacientů,<sup>750</sup> u nichž bylo pořízeno 97 scanů (včetně hrudní oblasti) při omezení na SAR < 1,5 W/kg. U poloviny skupiny se stanovovaly hodnoty troponinu před vyšetřením a po něm, bez statisticky významných změn. Proto lze u vybraných pacientů zvažovat pořízení MR scanů při intenzitě 1,5 T (s omezením na SAR < 1,5 W/kg), přičemž je nutno brát v úvahu poměr rizik a přínosů, zvláště pokud scany zabírají oblasti mimo hrudník a pacienti nejsou závislí na kardiostimulátoru.

Připojení epikardiálních elektrod ke generátoru zvyšuje při *in vitro* testování teplotu přibližně o 10 °C a až o 77 °C při zanechaných epikardiálních elektrodách.<sup>748</sup> Byly publikovány údaje 23 pacientů s epikardiálními elektrodami<sup>750–753</sup> včetně 14 pacientů s ponechanými elektrodami<sup>750–752</sup> bez jakéhokoli nežádoucího účinku MR scanů. Vzhledem k nedostatku údajů o bezpečnosti pacientů s epikardiálními elektrodami, adaptéry/prodlužovacími kablíky elektrod nebo s poškozenými elektrodami nelze v současnosti vydávat žádná doporučení ohledně vyšetření MR u těchto pacientů.

Vyšetření je třeba provádět individuálně při vyvážení předností MR a potenciálních rizik i dostupnosti alternativních zobrazovacích metod a využití společného rozhodování.

Obecně platí, že vyšetření MR je nutno vždy provádět při důsledném dodržování organizačních opatření na pracovišti a příslušných podmínek používání techniky (včetně programování).<sup>745,747,754–756</sup> Vývojový diagram shrnující péči o pacienty s kardiostimulátorem s indikací k vyšetření MR je na obrázku 14. Existují důkazy naznačující, že MR scan při intenzitě 1,5 T lze pořizovat u pacientů s dočasnými epikardiálními elektrodami<sup>757</sup> i s transvenózními elektrodami s aktivní fixací připojenými k externím kardiostimulátorům používaným pro dočasnou stimulaci.<sup>752</sup>

#### Doporučení pro vyšetření magnetickou rezonancí u pacientů s kardiostimulátorem

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| U pacientů s kardiostimulátorem s MR-kondicionalitou <sup>c</sup> lze vyšetření MR provádět bezpečně podle pokynů výrobce. <sup>745,754–756</sup> | I                  | A                   |

|  |            |          |
|--|------------|----------|
| U pacientů s kardiostimulátorem bez MR-kondicionality je nutno zvážit vyšetření MR, pokud není dostupné žádné jiné alternativní zobrazovací vyšetření a pokud nejsou v těle žádné epikardiální elektrody, zanechané nebo poškozené elektrody ani adaptéry / prodlužovací kabely k elektrodám. <sup>745,747</sup> | <b>IIa</b> | <b>B</b> |
| Vyšetření MR lze zvážit u pacientů s kardiostimulátorem a se zanechanými transvenózními elektrodami, pokud není dostupná žádná alternativní zobrazovací metoda. <sup>749-752</sup>   | <b>IIb</b> | <b>C</b> |

MR – magnetická rezonance.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

<sup>c</sup> Kombinace generátoru s MR-kondicionalitou a elektrod(y) od stejného výrobce.

## 9.2 Radioterapie u pacientů s kardiostimulátorem

Na radioterapii jsou odesílány větší počty pacientů s CIED,<sup>758</sup> s udávaným ročním počtem 4,33 léčebných sezení na 100 000 osob-roků. Radioterapie používá vysokoenergetické ionizující záření zahrnující rentgenové paprsky, paprsky gama a nabitě částice, které mohou vyvolávat chyby v softwaru i hardwaru CIED, zvláště pokud energie paprsku fotonů překročí hodnotu 6–10 MV a přístroj je vystaven vysoké dávce radiace (> 2–10 Gy).<sup>759,760</sup> K závažným chybám dochází vzácně a jsou většinou důsledkem přímého ozáření přístroje. Při tom může dojít k nezvrat-

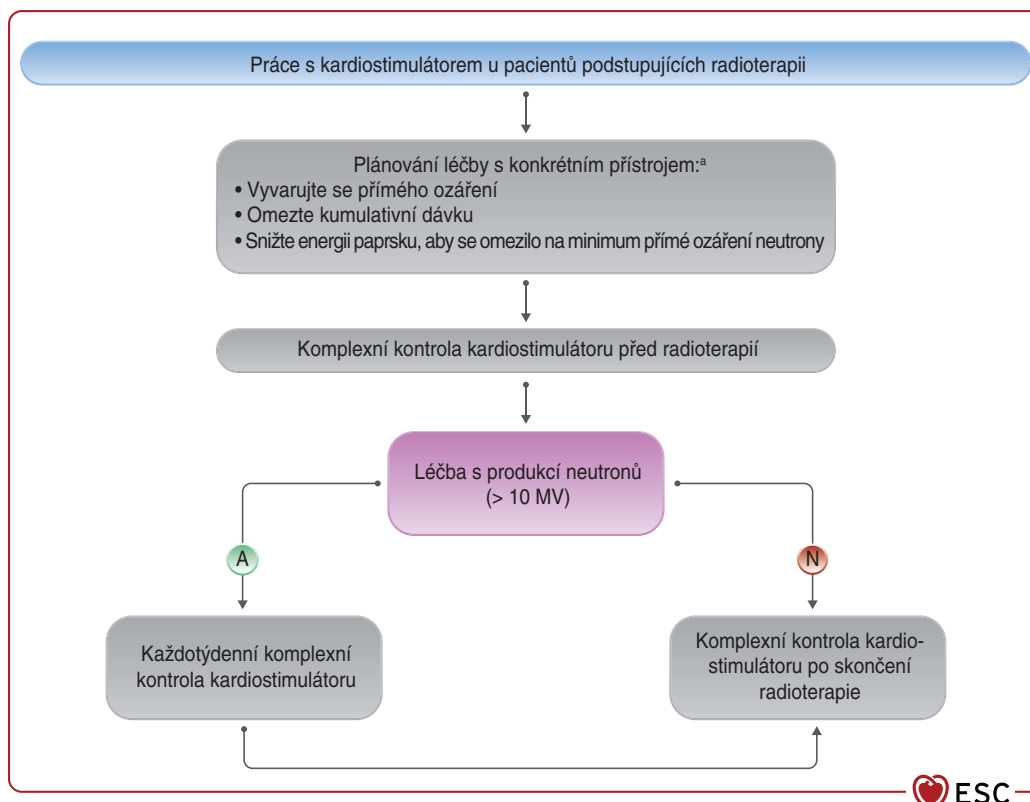
nému poškození hardwaru vyžadujícímu výměnu přístroje. Častější jsou malé chyby spojené s produkcí sekundárních neutronů zářením.<sup>761</sup> Mezi tyto chyby typicky patří resetování přístroje bez strukturálního poškození, které lze vyřešit bez výměny.<sup>758,760</sup>

Elektromagnetická interference během radioterapie může vyvolávat nadměrné snímání, i když k tomu v klinické praxi dochází velmi zřídka.<sup>761</sup> Změnit umístění přístroje se doporučuje velice vzácně, a to pouze pokud jeho současné umístění je na překážku odpovídající léčbě nádoru nebo ve vysoce selektovaných případech s vysokým rizikem.<sup>758,762</sup>

Podle publikovaných doporučení pro pacienty s CIED<sup>746,760,763</sup> je riziko chybné funkce (nebo nežádoucích příhod) vyšší v následujících situacích pro pacienty s kardiostimulátorem:

- **se zářením při energii fotonů > 6–10 MV:** riziko chybné funkce (obvykle malé chyby) je výsledkem vzniku sekundárních neutronů, není spojeno s cílovou zónou a nelze ji odstínit,
  - **s kumulativní dávkou dosahující přístroj > 2 Gy (středně vysoké riziko) nebo > 10 Gy (vysoké riziko):** dávku dosahující kardiostimulátor lze odhadnout a měřit během léčby, koreluje s cílovou zónou a lze ji odstínit,
  - **pokud je pacient závislý na kardiostimulátoru.**
- Odpovídající postup při rozhodování ukazuje obrázek 15.

Zkušenosti s protonovou terapií u pacientů s CIED jsou omezené. Ve srovnání s ozařováním fotony produkuje tato ozařovací metoda více sekundárních neutronů, což může ovlivnit riziko chybování přístroje nebo jeho selhá-



Obr. 15 – Práce s kardiostimulátorem během radioterapie.

<sup>a</sup> Přemístění přístroje, kontinuální monitorování EKG, přeprogramování nebo přiložení magnetu se indikuje velmi zřídka.

ní.<sup>764</sup> V současnosti nejsou k dispozici žádná konkrétní doporučení k protonové léčbě u pacientů s CIED.

### 9.3 Dočasná stimulace

Dočasná stimulace může zajistit elektronickou kardiostimulaci u pacientů s akutní život ohrožující bradykardií nebo ji zahájit profylakticky, pokud se předpokládá potřeba stimulace (např. po kardiokirurgickém výkonu).<sup>765,766</sup> Mezi možnostmi urgentní dočasné stimulace patří transvenózní, epikardiální a transkutánní přístup. Transvenózní přístup často vyžaduje skiaskopickou kontrolu, i když lze elektrodu umístit i pod echokardiografickou kontrolou.<sup>767</sup> Plovoucí balonkové katétry se snadněji zavádějí, jsou stabilnější a bezpečnější než polotuhé katétry.<sup>768,769</sup> U pacientů s dočasnou kardiostimulací transvenózně zavedenou elektrodou existuje vysoké riziko komplikací v souvislosti s výkonem (např. perforace srdce, krvácení, chybná funkce, arytmie a náhodná dislokace elektrody) a komplikací v souvislosti s imobilizací (např. infekce, delirium a trombotické příhody).<sup>765,766,770–776</sup> Předchozí dočasná stimulace je navíc spojena se zvýšeným rizikem infekce kardiostimulátoru.<sup>640,642</sup> Perkutánně zavedená transvenózní elektroda s aktivní fixací připojená na vnější přístroj je pro pacienty vyžadující dlouhodobější dočasnou stimulaci bezpečnější a pohodlnější.<sup>777–780</sup> Nejsou k dispozici spolehlivé údaje, které by podporovaly použití přístupu buď jugulární, nebo podpažní/podklíčkovou žílou; nicméně intratorakální punkce podklíčkové žíly je nutno se v zájmu snížení rizika pneumotoraxu vyvarovat. Přístup přes jugulární žílu má mít přednost, pokud se plánuje implantace trvalého přístroje na stejné straně. Ve vybraných případech, kdy je nutná rychlá a účinná stimulace, lze použít femorální přístup. Vzhledem k nestabilitě elektrod s pasivní fixací zavedených cestou stehenní žíly a imobilizaci pacienta je nutno tento postup použít na co nejkratší dobu, dokud nevymizí bradykardie nebo dokud se nenajde trvalé řešení. Epikardiální přístup se používá většinou po kardiokirurgickém výkonu. Extrakce epikardiálních elektrod je spojena s komplikacemi, jako jsou krvácení a tamponáda.<sup>781–783</sup> Transkutánní dočasná stimulace představuje rychlou a účinnou neinvazivní metodu, není však tak stabilní jako transvenózní přístup a je omezena potřebou kontinuální sedace.<sup>784</sup> Tuto metodu je nutno použít pouze v urgentních případech nebo pokud neexistuje jiná možnost.<sup>785</sup> Před zahájením dočasné stimulace je nutno zvážit podání chronotropní medikace, přičemž je třeba vzít v úvahu nežádoucí účinky, kontraindikace a interakce s jinými léčivými.

Pracovní skupina dospěla k závěru, že transvenózní stimulace je nutno se co nejvíce vyvarovat; pokud je potřebná, pak elektroda musí zůstat *in situ* po co nejkratší dobu. Použití dočasné stimulace je nutno omezit na urgentní případy ošetření pacienta s těžkou bradykardií vyvolávající synkopy a/nebo s nestabilní hemodynamikou a na případy, kdy se vznik bradyarytmie očekává. Dočasná transvenózní stimulace se doporučuje v případech, kdy jsou indikace k stimulaci reverzibilní, například při užívání antiarytmik, při ischemii myokardu, myokarditidě, poruchách iontové rovnováhy, expozici toxickým látkám, po kardiokirurgickém výkonu nebo v překlenovacím období do implantace trvalého kardiostimulátoru, pokud ten-

to výkon není bezprostředně proveditelný nebo možný kvůli aktivní infekci. Je rovněž nutno poznamenat, že pokud pacient splňuje kritéria pro implantaci trvalého kardiostimulátoru, je nutno tento výkon provést urychleně.

#### Doporučení pro dočasnou kardiostimulaci

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| Dočasná transvenózní stimulace se doporučuje v případech bradyarytmií vyvolávajících hemodynamickou nestabilitu a nereagujících na intravenózní aplikaci chronotropních léků. <sup>765,766</sup>   | I                  | C                   |
| Transkutánní stimulaci je nutno zvážit v případech bradyarytmií vyvolávajících hemodynamickou nestabilitu, kdy není dočasná transvenózní stimulace možná nebo proveditelná. <sup>784–786</sup>   | Ila                | C                   |
| Dočasnou transvenózní stimulaci je nutno zvážit v případě, kdy je indikována okamžitá stimulace a předpokládá se, že indikace ke stimulaci jsou reverzibilní, jako je tomu například při ischemii myokardu, myokarditidě, poruchách iontové rovnováhy, expozici toxickým látkám nebo po kardiokirurgickém výkonu. <sup>772–774</sup> | Ila                | C                   |
| Dočasnou transvenózní stimulaci je třeba zvážit v překlenovacím období do implantace trvalého kardiostimulátoru, kdy tento výkon není bezprostředně proveditelný nebo možný kvůli aktivní infekci. <sup>772–774</sup>  | Ila                | C                   |
| Pro dlouhodobou transvenózní stimulaci je nutno zvážit použití elektrody s aktivní fixací zavedené přes kůži a připojené na externí kardiostimulátor. <sup>642,777,778,780</sup>   | Ila                | C                   |

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

### 9.4 Perioperační péče o pacienty s aktivním implantabilním elektronickým přístrojem v kardiologii

Několik odborných společností vydalo dokumenty s radami ohledně pomoci v péči o pacienty s CIED v perioperačním období.<sup>787–790</sup>

- Elektromagnetická interference (EMI) může způsobovat nadměrné snímání (pravděpodobněji při použití unipolárních elektrod), aktivaci senzorů s proměnnou frekvencí, resetování přístroje nebo jiné druhy poškození. Nejčastějším zdrojem EMI je elektrokauterizace, i když k ní dochází vzácně během bipolární elektrokauterizace > 5 cm od CIED a monopolární elektrokauterizace v oblasti pod pupkem.<sup>791</sup> Ke snížení rizika EMI se monopolární elektrokauterizace musí provádět v krátkých (< 5 s) pulzech, s kožními okrsky daleko od místa implantace přístroje. Mezi další zdroje EMI patří výkony s použitím radiofrekvenčních metod, stimulatory nervů a jiné elektronické přístroje.
- Perioperační strategii je nutno přizpůsobit „na míru“ jednotlivým potřebám a životním hodnotám pacienta, danému výkonu a přístroji.<sup>787–790</sup> Většina výkonů nebude žádnou intervenci vyžadovat.<sup>792</sup> U pacientů závislých na kardiostimulátoru je nutno během aplikace diatermic-



kých pulsů přiložit magnet, nebo pokud bude nejspíše docházet k EMI, případně nebude-li možno zaručit stabilitu magnetu, bude nutno přístroj přeprogramovat na asynchronní režim (VOO/DOO). Odpověď na přiložení magnetu se může mezi různými výrobci lišit. CIED s funkcí proměnné frekvence používající aktivní senzor mohou rovněž potřebovat přiložení magnetu nebo vyřazení této funkce, aby se předešlo nevhodně rychlé stimulaci. Při podezření na chybnou funkci nebo pokud byl přístroj vystaven silné EMI, se doporučuje pooperační vyzkoušení CIED.

## 9.5 Aktivní implantabilní elektronické přístroje v kardiologii a sport

Jako prevence kardiovaskulárních onemocnění se důrazně doporučuje pravidelné cvičení.<sup>793–796</sup> Omezení se na pacienty s kardiostimulátorem, pokud je to vhodné, je motivováno základním kardiovaskulárním onemocněním. Proto je třeba zabývat se otázkami cvičení a provozování sportu u všech pacientů s kardiostimulátory jako součástí společného rozhodování. Komplexní doporučení pro tělesnou aktivitu pacientů s kardiovaskulárními onemocněními byla publikována.<sup>793,797</sup>

Existuje shoda v tom, že je třeba se vyvarovat provozování kontaktních sportů (např. ragby nebo bojových sportů), aby nedošlo k poškození součástí přístroje nebo vzniku hematomu v místě implantace. Pro účast ve sportech, jako je například fotbal, basketbal nebo baseball, se doporučuje používat speciální ochranné prvky, aby se snížilo riziko poškození přístroje. Při volbě místa implantace a submuskulárního umístění je nutno kvůli snížení rizika nárazu zvážit sportovní zájmy a dominanci pravé nebo levé paže. Přednost se dává laterálnímu cévnímu přístupu, aby se při cvičích s pažemi nad úrovní ramene předešlo pohmoždění podklíčkové žíly. Doporučuje se zdržet se fyzicky náročného/intenzivního cvičení a cvičení paží na stejné straně, jako byl implantován přístroj, po dobu 4–6 týdnů po výkonu.

Je třeba mít na paměti, že doporučení ohledně sportovních aktivit u pacientů s ICD se liší od doporučení pro pacienty s kardiostimulátorem.<sup>798,799</sup>

## 9.6 Když už stimulace není dále indikována

Existují různé možnosti péče o pacienty s implantovanými kardiostimulátorovými systémy, u nichž už není stimulace indikována:

- Ponechat generátor kardiostimulátoru a elektrody kardiostimulátoru na místě (*in situ*).
- Explantovat generátor kardiostimulátoru a ponechat elektrody na místě.
- Explantovat generátor kardiostimulátoru i elektrody.

Proveditelnost první možnosti závisí na chování implantovaného generátoru na konci jeho životnosti, což závisí na výrobci, protože může fungovat chybně a ve vzácných případech i vyvolávat komplikace.<sup>799</sup> První možnosti se dává přednost u vybraných křehkých a starších pacientů.

Možnost číslo 2 je spojena s malým rizikem při výkonu, může však být spojena s nevýhodami ponechání elektro-

dy včetně případné nutnosti provést v budoucnu vyšetření MR. Zvláště u mladších pacientů je třeba vzít v úvahu možnost nutnosti vyjmutí elektrody ponechané v těle kvůli infekci a přidružené zvýšené riziko výkonu kvůli delší době implantace. Několik studií prokázalo zvýšenou náročnost, nižší úspěšnost výkonu a vyšší incidenci komplikací při vyjímání elektrod ponechaných v těle.<sup>801–804</sup>

Třetí možnost znamená nejvyšší počáteční procedurální riziko, odstraňuje ale všechny možnosti komplikací spojených s přístrojem. Pokud se provádí na specializovaných pracovištích s velkým objemem těchto výkonů a s použitím současného vybavení pro extrakci elektrod, lze tyto výkony provádět s vysokou a úplnou úspěšností a nízkou incidencí komplikací.<sup>803</sup> Tento postup může být vhodný pro kombinaci mladý pacient, nízké riziko extrakce a zkušený operátor provádějící daný výkon.

Jako součást komplexního přístupu k pacientovi musí rozhodnutí ve výše popsaných situacích vycházet z individuálního posouzení rizik a přínosu v rámci společného rozhodování s pacientem, případně s osobami, které o něj pečují. To vyžaduje poskytnutí dostatečného množství informací k dosažení informovaného rozhodnutí. Mezi důležité faktory, které je nutno vzít v úvahu, patří věk pacienta, jeho zdravotní stav, komorbidita, kardiostimulátorový systém, doba od implantace elektrody/elektrod a předpokládaná doba dožití pacienta.

### Doporučení pro dobu, kdy již stimulace není indikována

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| Pokud již není stimulace dále indikována, je třeba, aby rozhodnutí o strategii péče vycházelo z posouzení individuálního rizika a přínosu rozhodnutí přijatého spolu s pacientem. | I                  | C                   |

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

## 9.7 Následná pravidelná kontrola přístroje

Zde jsou popsány obecné principy následných kontrol, protože detailní doporučení přesahují rámec tohoto dokumentu. Pacienta a přístroj je nutno považovat za jeden subjekt, přičemž programování je nutno upravovat na míru potřebám pacienta. Cíli jsou (i) zajistit bezpečnost pacienta; (ii) provádět fyziologickou stimulaci; (iii) zlepšit kvalitu života pacienta; (iv) zlepšit klinickou péči o pacienta; (v) maximálně prodloužit životnost přístroje. Nesmí se přitom přehlížet požadavek sledování základního onemocnění srdce. Kromě technické kontroly a optimálního naprogramování je k dosažení výše uvedených cílů nezbytné i řádné poučení pacienta a jeho rodiny. Četnost kontrol závisí na druhu přístroje (SRL a SPS jsou spojeny s více klinickými nebo technickými otázkami a vyžadují důkladnější dohled) i na tom, zda přístroj umožňuje ovládání a komunikaci na dálku (tabulka 8).

• Ovládání přístroje na dálku zahrnuje **sledování na dálku** s úplnou zkouškou přístroje ve stanovených intervalech (jako náhradu návštěv lékaře v ordinaci), **monitrování na dálku** s neplánovaným přenosem varování při předem definovaných příhodách a situacích (předdefinovaných alertech) a **pacientem aktivované sledování** s ne-

**Tabulka 8 – Četnost rutinních kontrol a zkoušek kardiostimulátoru a přístrojů pro srdeční resynchronizační terapii buď osobně, nebo v kombinaci s kontrolou a zkouškou přístroje na dálku**

|                     | Pouze v ordinaci   | V ordinaci + na dálku  |
|---------------------|--|--|
| Všechny přístroje   | Do 72 hodin a 2–12 týdnů po implantaci                                     | Do 72 hodin a 2–12 týdnů po implantaci                                   |
| BIV KS nebo SPS     | Každých 6 měsíců   | Na dálku každých 6 měsíců a v ordinaci každých 12 měsíců <sup>a</sup>    |
| Jedno-/dvoudutinový | Každých 12 měsíců, následně každých 3–6 měsíců při známkách vybití baterie | Na dálku každých 6 měsíců a v ordinaci každých 18–24 měsíců <sup>a</sup> |

BIV KS – biventrikulární kardiostimulátor; SPS – stimulace převodního systému.

<sup>a</sup> Kontrola/zkouška na dálku může nahradit návštěvu v ordinaci pouze tehdy, pokud algoritmy s automatickým záchytem prahových hodnot fungují přesně (a byly předtím ověřeny v ordinaci).

Pozn.: Může být nutná další kontrola/zkouška v ordinaci (např. pro ověření klinického účinku změny naprogramování nebo při pátrání po příčině technického problému).

Monitorování na dálku (tzn. předem definovaných varovných signálů a upozornění) je nutno provádět ve všech případech spolu se sledováním na dálku.

plánovanými zkouškami situací, kdy pacient prožije skutečnou nebo domnělou klinickou příhodu. Většina studií se zaměřila na pacienty s ICD a BIV ICD a prokázaly statisticky významné zkrácení zpoždění mezi zjištěním příhody a klinickým rozhodnutím, a tedy i méně nevhodných výbojů.<sup>805</sup> Dvě randomizované studie non-inferiority s jednodutinovými<sup>806</sup> nebo DDD<sup>806,807</sup> kardiostimulátory (žádné BIV KS) zjistily, že návštěvy u lékaře mohou být bezpečně plánovány s odstupem 18–24 měsíců, pokud jsou pacienti v režimu monitorování na dálku přístroji vybavenými algoritmy s automatickým sledováním prahových hodnot. Delší odstup mezi plánovanými návštěvami lékaře v ordinaci je obzvláště pohodlný pro starší osoby s omezenou pohyblivostí, ale i pro mladé lidi a osoby středního věku pracující na plný úvazek, s rodinnými závazky atd. i v konkrétních situacích (např. aby se vyhnuli zbytečným kontaktům během pandemie).

- Přístroj s ovládáním na dálku musí být vhodně nastaven tak, aby umožňoval monitorování na dálku i včasnou reakci na varovné signály a upozornění na patologické hodnoty sledovaného parametru. Při nácviu reakce na varovné signály a upozornění mohou účinně pomáhat třetí strany ve funkci poskytovatelů péče.<sup>808</sup> Důležité je respektovat dodržování Obecného nařízení o ochraně osobních údajů (General Data Protection Regulation), jak je uvedeno v nedávno vydaném dokumentu sekce pro regulační záležitosti ESC/EHRA.<sup>809</sup>

#### Doporučení pro sledování a kontrolu kardiostimulátoru a kombinace srdeční resynchronizační terapie a kardiostimulátor

| Doporučení   | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|--|--------------------|---------------------|
| Sledování a kontrola přístroje na dálku se doporučuje kvůli snížení počtu návštěv lékaře v ordinaci pacienty s kardiostimulátorem, jimž činí problém docházet na kontroly v ordinaci (např. kvůli omezené pohyblivosti, jiným závazkům nebo podle jejich vlastní preference). <sup>806,807,810</sup> | I                  | A                   |

|  |     |   |
|--|-----|---|
| Sledování na dálku se doporučuje v případech, kdy je nutno kvůli technické závadě vyměnit nějakou součástku ve všech vyrobených a již prodaných přístrojích nebo bylo kvůli tomu vydáno výrobcem upozornění, aby bylo možno co nejdříve zjistit řešitelné příhody u pacientů se zvýšeným rizikem (např. v případě závislosti pacienta na kardiostimulátoru). | I   | C |
| Rutinní kontrola jedno- a dvoudutinových kardiostimulátorů se může provádět s odstupem 24 měsíců u pacientů, u nichž probíhá sledování a kontrola přístroje na dálku. <sup>806,807</sup>   | Ila | A |
| Sledování a kontrolu kardiostimulátoru na dálku je nutno zvážit ve snaze zjistit dříve klinické problémy (např. arytmie) nebo technické problémy (např. selhání elektrody nebo vybití baterie). <sup>807,811</sup>   | Ila | B |

<sup>a</sup> Třída doporučení.

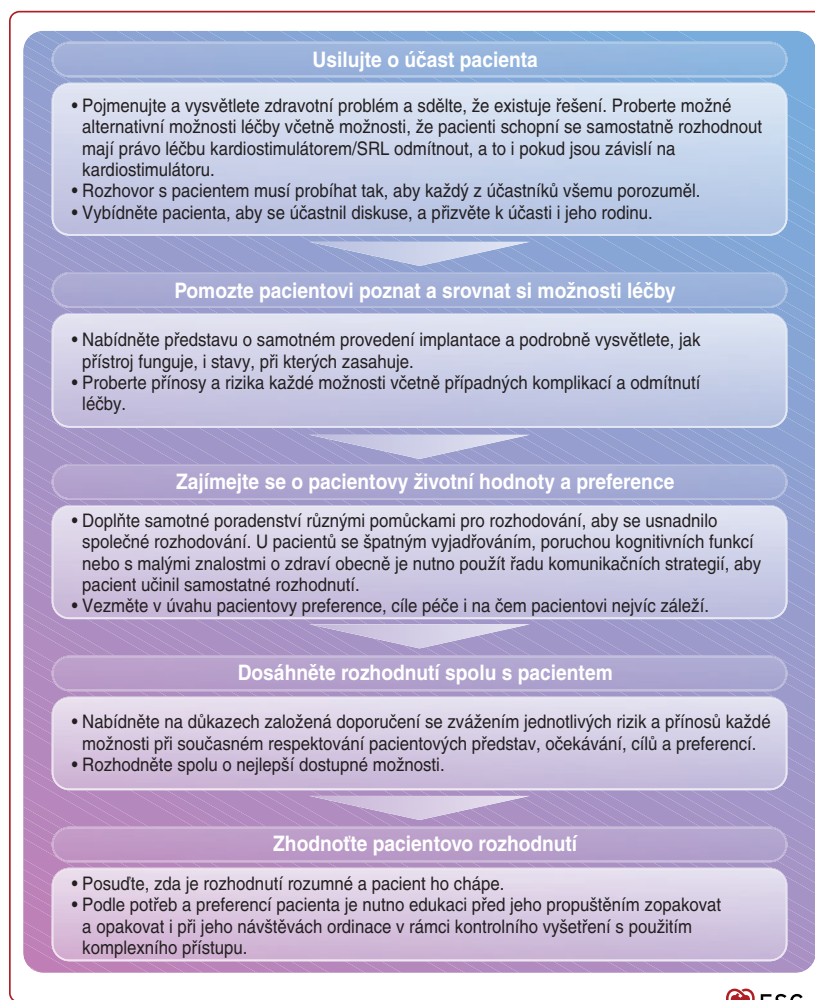
<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

## 10 Komplexní péče o pacienta a společné rozhodování o kardiostimulaci a srdeční resynchronizační terapii

Poskytování komplexní péče o pacienta je holistický proces, který zdůrazňuje partnerství v otázkách zdraví mezi pacientem a lékařem v klinické praxi, přičemž se berou v úvahu potřeby, představy, očekávání, preference v oblasti zdraví, cíle i životní hodnoty pacienta.<sup>812–814</sup> V komplexní péči o pacienta se důraz klade na společné rozhodování, kdy lékař bere na vědomí a je si vědom toho, že pacienti obecně dávají přednost aktivní účasti v rozhodování o svém zdraví.<sup>815,816</sup> Ukázalo se, že tento přístup zlepšuje výsledky léčby i zkušenosti se zdravotnictvím.<sup>815,817</sup> Lékaři v klinické praxi mají přímo za povinnost pojmenovat a vysvětlit zdravotní problém a uvést nejlepší dostupné důkazy ohledně všech aktuálně dostupných možností (včetně žádné léčby) při současném respektování životních hodnot a preferencí pacienta (obr. 16).<sup>818–821</sup>

Pomůcky pro rozhodování, jako jsou například písemné informace a/nebo použití interaktivních webových stránek či webových aplikací, mohou doplnit rady lékaře, a usnadnit tak společné rozhodování.<sup>823</sup> Při používání pomůcek pro rozhodování se pacient cítí zasvěcenější, získává přesnější povědomí o rizicích a rozhodování se zúčastňuje aktivněji.<sup>824</sup> U pacientů se špatným vyjadřováním nebo s malou gramotností i u jedinců s poruchou kognitivních funkcí se doporučuje použití komunikačních strategií včetně služeb kvalifikovaného tlumočníka, protože to pomáhá pacientovi učinit vyvážené rozhodnutí.<sup>825–827</sup> Důležitou součástí podpory učebního procesu u pacienta je výběr vhodného edukačního materiálu.<sup>828–831</sup> Podle potřeb a preferencí pacienta je nutno provádět edukaci pacienta před implantací, při jeho propouštění z nemocnice a během dalšího sledování formou komplexní péče o něj (tabulka 9). Před propuštěním každého pacienta je třeba mu věnovat brožurku poskytnutou výrobcem přístroje a kartičku s identifikačními údaji o přístroji.

Tato pracovní skupina zdůrazňuje význam komplexní péče o pacienta a společného rozhodování pacienta



Obr. 16 – Příklad společného rozhodování s pacienty, u nichž se zvažuje implantace kardiostimulátoru / zahájení SRL. SRL – srdeční resynchronizační léčba.

Upraveno podle principů SHARE Approach.<sup>822</sup>

Tabulka 9 – Témata a obsah, který může být předmětem pacientovy edukace

| Témata a otázky                | Obsah, který může být předmětem edukace pacienta   |
|--------------------------------|--|
| <b>Biologicko-fyziologické</b> | Onemocnění/stav, indikace k implantaci kardiostimulátoru, samotný výkon, možné periprocedurální nebo pozdní komplikace a chybná funkce, fungování kardiostimulátoru/SRL a technické otázky, varovné signály/upozornění pro pacienta (pokud má přístroj tyto funkce), výměna baterie<br>Ukázka makety kardiostimulátoru                           |
| <b>Funkční</b>                 | Každodenní činnosti: mobilita, tělesné aktivity a sporty, možná fyzická omezení (pohyby paží), pohlavní aktivita, omezení řízení dopravních prostředků, cestování, péče o ránu, užívání léků<br>Normální pooperační známky a symptomy a sebepeč; bolest, ztuhlost ramene, otoky nebo bolestivost v okolí kapsy kardiostimulátoru                 |
| <b>Finanční</b>                | Náklady na léčbu a práva ve vztahu k systému sociálního zabezpečení, otázky pojištění, nepřítomnost v práci kvůli nemoci   |
| <b>Emocionální</b>             | Možné emoce a reakce na léčbu kardiostimulátorem: úzkost, starosti, znepokojení a obavy, obavy o vzhled těla   |
| <b>Sociální</b>                | Dostupnost podpory: telefonická podpora, skupinová sezení tváří v tvář, patientská fóra a skupiny vzájemně se podporujících jedinců se stejnými zdravotními problémy<br>Možná pracovní omezení a elektromagnetická interference  |
| <b>Etické</b>                  | Práva a povinnosti pacientů a poskytovatelů zdravotní péče: souhlas/odmítnutí implantace kardiostimulátoru nebo zahájení SRL, případně ukončení léčby<br>Informace o registraci v celostátním registru kardiostimulátorů   |
| <b>Praktické</b>               | Kartička s identifikačním kódem kardiostimulátoru a informace pro případ nutnosti kontaktu s klinikou implantující kardiostimulátor<br>Rutinní sledování: na dálku a/nebo v příslušné nemocnici<br>Kde získat další informace: spolehlivé informace na webových stránkách / zdroje, které organizace poskytují spolehlivé zdravotnické informace |

SRL – srdeční resynchronizační léčba.

a lékaře. Rozhodnutí o implantaci kardiostimulátoru/SRL musí být založeno na nejlepších dostupných důkazech při zvážení rizik a přínosu každé možnosti pro pacienta, jeho preferencí a cílů péče. Při konzultacích je třeba zjistit, zda je pacient vhodným kandidátem léčby kardiostimulátorem/SRL a zda je nutné probrat i další, alternativní možnosti léčby srozumitelným způsobem pro všechny účastníky rozhovoru. Při dodržování zásad společného rozhodování a informovaného souhlasu/odmítnutí mají pacienti schopní samostatného rozhodování právo léčbu kardiostimulátorem odmítnout, i pokud jsou na kardiostimulátoru závislí.

### Doporučení ohledně komplexní péče o pacienta a společného rozhodování o kardiostimulaci a srdeční resynchronizační léčbě

| Doporučení  | Třída <sup>a</sup> | Úroveň <sup>b</sup> |
|---|--------------------|---------------------|
| U pacientů, u nichž se zvažuje implantace kardiostimulátoru nebo zahájení SRL, musí být rozhodnutí založeno na nejlepších dostupných důkazech při současném zvážení individuálního rizika a přínosu, preferencí pacienta a cílů léčby a v rozhovoru s ním se doporučuje řídit se zásadami integrované péče i komplexní péče o pacienta a společného rozhodování. <sup>832–837</sup> | I                  | C                   |

SRL – srdeční resynchronizační léčba.

<sup>a</sup> Třída doporučení.

<sup>b</sup> Úroveň důkazů.

## 11 Ukazatele kvality

Ukazatele kvality jsou nástroje, které lze použít ke zhodnocení kvality péče včetně kvality procesů poskytování péče a klinických výsledků.<sup>838</sup> Ukazatele rovněž mohou sloužit jako mechanismus pro důslednější dodržování doporučených postupů (guidelines) se současným zvyšováním kvality a nepřetržitým porovnáváním poskytovatelů péče.<sup>839</sup> Z tohoto důvodu je úloha ukazatelů kvality při zvyšování kvality péče stále více uznávána a přitahuje pozornost zdravotnických institucí, odborných společností, plátců zdravotní péče i veřejnosti.<sup>840</sup>

Evropská kardiologická společnost uznává potřebu měření a hlášení kvality i výsledků péče v oblasti kardiiovaskulárních onemocnění. Jedním z těchto aspektů je vypracování a zavádění ukazatelů kvality péče o osoby s kardiiovaskulárními onemocněními. Metodologie, podle níž ESC určila své ukazatele kvality, již byly publikovány.<sup>840</sup> Dosud byla definována řada ukazatelů kvality pro počáteční dělení kardiiovaskulárních onemocnění.<sup>840,841</sup> Pro zjednodušení snah o zlepšení kvality je řada ukazatelů kvality podle ESC specifických pro různá onemocnění zařazena do příslušných doporučených postupů ESC pro klinickou praxi (ESC Clinical Practice Guidelines).<sup>297,842</sup> K tomu dále přispívá jejich začlenění do registrů ESC, jako jsou například EurObservational Research Programme (EORP) a projekt European Unified Registries On Heart Care Evaluation and Randomized Trials (EuroHeart).<sup>843</sup>

Zatím vznikla řada registrů pro pacienty s implantovaným CIED,<sup>844</sup> které poskytují údaje z „reálného světa“

Tabulka 10 – Výběr vypracovaných ukazatelů kvality pro pacienty po implantaci aktivních implantabilních elektronických přístrojů v kardiologii

| Ukazatel kvality  | Doména/oblast                              |
|---|--|
| Pracoviště musejí být členem alespoň jednoho registru implantabilních přístrojů.  | Strukturální ukazatel kvality <sup>a</sup> |
| <b>Kvantitativní ukazatel:</b> Počet pracovišť s členstvím alespoň v jednom CIED registru   |  |
| Pracoviště provádějící výkony v souvislosti s CIED musejí monitorovat a ročně hlásit objem výkonů provedených jednotlivými operátory.   | Strukturální ukazatel kvality              |
| <b>Kvantitativní ukazatel:</b> Počet pracovišť monitorujících a hlásících objem výkonů provedených jednotlivými operátory   |  |
| Pracoviště provádějící výkony v souvislosti s CIED musejí mít dostupné zdroje (ambulantní monitorování EKG, echokardiogram) pro stratifikování pacientů podle rizika vzniku komorových arytmií.                 | Strukturální ukazatel kvality              |
| <b>Kvantitativní ukazatel:</b> Počet pracovišť s technikou umožňující provádět ambulantní monitorování EKG a echokardiografické vyšetření   |  |
| Pracoviště provádějící výkony v souvislosti s CIED musejí mít kontrolní seznam bodů pro rozhovor s pacientem na téma rizik, přínosů a alternativních možností léčby, které je nutno probrat ještě před výkonem. | Strukturální ukazatel kvality              |
| <b>Kvantitativní ukazatel:</b> Počet pracovišť s kontrolním seznamem bodů pro rozhovor s pacientem na téma rizik, přínosů a alternativních možností léčby, které je nutno probrat ještě před implantací CIED.   |  |
| Pracoviště provádějící výkony v souvislosti s CIED musejí mít vypracované protokoly pro sledování pacientů po dobu 2–12 týdnů po implantaci.  | Strukturální ukazatel kvality              |
| <b>Kvantitativní ukazatel:</b> Počet pracovišť s vypracovaným protokolem pro sledování pacientů po dobu 2–12 týdnů po implantaci CIED   |  |
| Podíl pacientů zvažovaných pro implantaci CIED, jimž jsou profylakticky podána antibiotika 1 hodinu před výkonem.   | Zhodnocení pacienty                        |
| <b>Kvantitativní ukazatel:</b> Počet pacientů, jimž jsou 1 hodinu před implantací CIED podána antibiotika.  |  |
| <b>Druhý kvantitativní ukazatel:</b> Počet pacientů s provedenou implantací CIED  |  |
| Roční počet komplikací v souvislosti s výkonem <sup>b</sup> do 30 dní po implantaci CIED  | Výsledky                                   |
| <b>Kvantitativní ukazatel:</b> Počet pacientů, u nichž dojde ke vzniku jedné nebo více komplikací v souvislosti s výkonem <sup>b</sup> do 30 dní po implantaci CIED.  |  |
| <b>Druhý kvantitativní ukazatel:</b> Počet pacientů s implantací CIED   |  |

CIED – (aktivní) implantabilní elektronický přístroj v kardiologii (cardiovascular implantable electronic device); EKG – elektrokardiogram.

<sup>a</sup> Strukturální ukazatele kvality jsou kódovány v binární soustavě (ano/ne), proto je definován pouze kvantitativní ukazatel.

<sup>b</sup> Krvácení v souvislosti s implantací CIED, pneumotorax, perforace srdce, tamponáda, hematom kapsy, dislokace elektrody (vše vyžaduje intervenci) nebo infekce.



o kvalitě a výsledcích péče pomocí CIED.<sup>703</sup> Chybí však seznam obecněji schválených ukazatelů kvality, který by v plné šíři odrážel rozmanitost péče s použitím CIED a který by sloužil jako jakýsi most mezi klinickými registry a doporučenými postupy. Proto současně s psaním těchto doporučených postupů byla definována řada ukazatelů kvality u pacientů s implantovaným CIED. Úplný seznam těchto ukazatelů kvality i jejich specifikace a metodologie použitá při jejich definování již byly publikovány jinde,<sup>845</sup> výběr těchto ukazatelů je obsahem tabulky 10.

## 12 Hlavní sdělení

- Při hodnocení kandidátů implantace trvalého kardiostimulátoru se doporučuje provést důkladné a podrobné předoperační vyšetření. Jeho součástí musí vždy být pečlivé odebrání anamnézy a fyzikální vyšetření, laboratorní testy, zdokumentování typu bradyarytmie vyžadující léčbu a vyšetření srdce zobrazovací metodou. Ve vybraných případech jsou indikovány další testy, EFV a/nebo genetické testování.
- Při vyšetření pacientů s podezřením na bradykardii nebo poruchu převodního systému srdečního je užitečné provést ambulantní monitorování EKG s cílem porovnat poruchy rytmu se symptomy. Při volbě způsobu monitorování je nutno vycházet z četnosti a povahy symptomů i preferencí pacienta.
- U pacientů se SND, včetně pacientů s bradykardicko-tachykardickým typem SND, kdy lze symptomy jednoznačně připisovat bradyarytmii, je indikována stimulace srdce.
- U pacientů se SR a trvalou a paroxysmální AVB třetího nebo druhého stupně typu 2 nebo s AVB vyššího stupně se stimulace srdce indikuje bez ohledu na symptomy.
- U pacientů s trvalou FS a trvalou nebo paroxysmální AVB je indikována komorová stimulace s jednou elektrodou.
- U pacientů se synkopou a neobjasněnými pády je nutno – dříve než se začne zvažovat léčba kardiostimulátorem – ověřit diagnózu pomocí všech dostupných diagnostických metod.
- U pacientů se symptomatickým HF a EF LK  $\leq 35$  % přes OMT, kteří jsou v SR a vykazují morfologii QRS typu LBBB, se při šířce komplexu QRS  $\geq 150$  ms doporučuje zahájit SRL a zahájení SRL je nutno zvážit při šířce QRS 130–149 ms. V případě pacientů s morfologií QRS typu non-LBBB jsou důkazy o přínosu SRL méně přesvědčivé, zvláště u pacientů s normálním PR a šířkou QRS  $< 150$  ms. Pokud není nutná komorová stimulace, nesmí se SRL provádět u pacientů s HF a šířkou komplexu QRS  $< 130$  ms.
- Výběr pacientů pro SRL na základě výsledku vyšetření zobrazovacími metodami je omezen na měření EF LK, zatímco další sledované parametry, jako například rozsah zjizvení myokardu, přítomnost mitrální insuficience nebo funkce v PK v systole, jsou důležité při vyhledávání potenciálních non-respondérů, kteří mohou vyžadovat další léčbu (např. intervenci na mitrální chlopni).
- U pacientů s trvalou FS, symptomatickým HF, EF LK  $\leq 35$  % a šířkou QRS  $\leq 130$  ms, kteří přes OMT zůstávají ve třídě NYHA III nebo ambulantní IV, je nutno zvážit zahájení SRL.
- U pacientů s FS a SRL v případech, kdy nelze dosáhnout účinné komorové stimulace na úrovni alespoň 90–95 %, je nutno zvážit ablaci AVJ.
- U pacientů s AVB vysokého stupně a s indikací ke kardiostimulaci při EF LK  $< 40$  % se doporučuje zahájení SRL spíše než stimulace PK.
- SPS může zajistit normální nebo téměř normální aktivaci komor a představuje zajímavou alternativu stimulace PK. Zatím nejsou k dispozici žádné údaje z randomizovaných studií, které by podporovaly představu, že SPS je z hlediska bezpečnosti a účinnosti méně vhodná než stimulace PK. Proto lze SPS zvážit u vybraných pacientů s AVB a EF LK  $> 40$  %, u nichž se předpokládá  $> 20$  % komorová stimulace.
- U pacientů, jimž je nabídnuta SPS, je nutno individuálně zvážit implantaci elektrody do PK jako „záložní“ opatření pro stimulaci.
- SPS může u podskupiny pacientů s LBBB korigovat mezikomorový převod impulsů, a lze je tedy u vybraných pacientů použít místo biventrikulární stimulace při SRL pomocí SPS.
- U pacientů léčených pomocí SPS je nutno zajistit naprogramování přístroje přesně podle specifických potřeb SPS.
- Implantaci bezdrátového kardiostimulátoru je nutno zvážit u pacientů bez žilního přístupu na horní končetině, při zvláště vysokém riziku infekce kapsy přístroje a u hemodialyzovaných pacientů.
- U pacientů s TAVI existuje zvýšené riziko vzniku AVB. Rozhodnutí o kardiostimulaci po TAVI je nutno přijmout na základě již dříve přítomných a nových poruch převodu impulsů. U pacientů po TAVI s nově vzniklou LBBB nebo s další progresí již dříve přítomné anomálie převodu impulsů, zatím však bez indikace k implantaci kardiostimulátoru lze zvážit ambulantní monitorování EKG na dobu 7–30 dní nebo provedení EFV.
- U pacientů po operaci pro endokarditidu nebo operaci na trojčípé chlopni s již přítomnou nebo peroperačně vzniklou AVB je nutno zvážit umístění epikardiálních stimulačních elektrod během chirurgického výkonu.
- Aby se snížilo riziko komplikací, je nutno před výkonem v souvislosti s CIED podat předoperačně antibiotika, jako ochranu před kožní sepsí je nejlepší použít kombinaci chlorhexidin-alkohol a místem první volby je přístup přes cefalickou nebo podpažní žílu.
- Aby se omezilo na minimum riziko vzniku hematomu a infekce kapsy, je nutno se při výkonech v souvislosti s CIED vyvarovat podávání heparinu pro přemostění doby do samotného výkonu.
- U pacientů s indikací k reintervenci v souvislosti s CIED lze ve snaze snížit riziko infekce zvážit použití speciálních antibiotických obálek vyvinutých pro implantáty.
- U většiny pacientů s kardiostimulátorem nebo SRL lze provést opodstatněné vyšetření MR, pokud nejsou v těle zavedeny epikardiální elektrody, ponechané nebo poškozené elektrody ani adaptéry/prodlužovací kablíky pro elektrody a po přijetí jistých opatření.
- Radioterapii lze nabídnout pacientům s kardiostimulátorem nebo SRL, pokud je před léčbou individuálně naplánována a provede se stratifikace rizik, přičemž je nutno v době kolem radioterapie přístroj zkontrolovat a ověřit jeho funkce podle doporučení výrobce.

- Ovládání přístroje na dálku je výhodné pro častější zjištění klinických a technických problémů a umožňuje prodloužení odstupu mezi návštěvami lékaře v ordinaci.
- Při rozhovoru s pacientem, u něhož se zvažuje implantace kardiostimulátoru (nebo již byla provedena) nebo zahájení SRL (nebo již byla zahájena), je nutno řídit se zásadami komplexní péče o pacienta a společného rozhodování.

## Literatura

- Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB, et al.; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J* 2021;42:3427–3520.
- Timmis A, Townsend N, Gale C, et al.; ESC Scientific Document Group. European Society of Cardiology: cardiovascular disease statistics 2017. *Eur Heart J* 2018;39:508–579.
- Mond HG, Proclemer A. The 11th world survey of cardiac pacing and implantable cardioverter-defibrillators: calendar year 2009 – a World Society of Arrhythmia's project. *Pacing Clin Electrophysiol* 2011;34:1013–1027.
- Gregoratos G. Permanent pacemakers in older persons. *J Am Geriatr Soc* 1999;47:1125–1135.
- Mond HG. The World Survey of Cardiac Pacing and Cardioverter Defibrillators: calendar year 1997. *Pacing Clin Electrophysiol* 2001;24:869–870.
- Mond HG. The World Survey of Cardiac Pacing and Cardioverter Defibrillators: calendar year 1997 – Asian Pacific, Middle East, South America, and Canada. *Pacing Clin Electrophysiol* 2001;24:856–862.
- Ector H, Rickards AF, Kappenberger L, et al.; Working Group on Cardiac Pacing. The World Survey of Cardiac Pacing and Implantable Cardioverter Defibrillators: calendar year 1997 – Europe. *Pacing Clin Electrophysiol* 2001;24:863–868.
- Mond HG, Irwin M, Ector H, Proclemer A. The world survey of cardiac pacing and cardioverter-defibrillators: calendar year 2005 an International Cardiac Pacing and Electrophysiology Society (ICPES) project. *Pacing Clin Electrophysiol* 2008;31:1202–1212.
- Bradshaw PJ, Stobie P, Knuiman MW, et al. Trends in the incidence and prevalence of cardiac pacemaker insertions in an ageing population. *Open Heart* 2014;1:e000177.
- Johansson BW. Complete heart block. A clinical, hemodynamic and pharmacological study in patients with and without an artificial pacemaker. *Acta Med Scand Suppl* 1966;451:1–127.
- Edhag O. Long-term cardiac pacing. Experience of fixed-rate pacing with an endocardial electrode in 260 patients. *Acta Med Scand Suppl* 1969;502:9–110.
- Edhag O, Swahn A. Prognosis of patients with complete heart block or arrhythmic syncope who were not treated with artificial pacemakers. A long-term follow-up study of 101 patients. *Acta Med Scand* 1976;200:457–463.
- Friedberg CK, Donoso E, Stein WG. Nonsurgical acquired heart block. *Ann N Y Acad Sci* 1964;111:835–847.
- Shaw DB, Holman RR, Gowers JJ. Survival in sinoatrial disorder (sick-sinus syndrome). *Br Med J* 1980;280:139–141.
- Alboni P, Menozzi C, Brignole M, et al. Effects of permanent pacemaker and oral theophylline in sick sinus syndrome the THEOPACE study: a randomized controlled trial. *Circulation* 1997;96:260–266.
- Sutton R, Kenny RA. The natural history of sick sinus syndrome. *Pacing Clin Electrophysiol* 1986;9:1110–1114.
- Hofer S, Anelli-Monti M, Berger T, et al. Psychometric properties of an established heart disease specific health-related quality of life questionnaire for pacemaker patients. *Qual Life Res* 2005;14:1937–1942.
- Fleischmann KE, Orav EJ, Lamas GA, et al. Pacemaker implantation and quality of life in the Mode Selection Trial (MOST). *Heart Rhythm* 2006;3:653–659.
- Lopez-Jimenez F, Goldman L, Orav EJ, et al. Health values before and after pacemaker implantation. *Am Heart J* 2002;144:687–692.
- Newman D, Lau C, Tang AS, et al.; CTOPP Investigators. Effect of pacing mode on health-related quality of life in the Canadian Trial of Physiologic Pacing. *Am Heart J* 2003;145:430–437.
- Lamas GA, Orav EJ, Stambler BS, et al. Quality of life and clinical outcomes in elderly patients treated with ventricular pacing as compared with dual-chamber pacing. *Pacemaker Selection in the Elderly Investigators. N Engl J Med* 1998;338:1097–1104.
- Lamas GA, Lee KL, Sweeney MO, et al. Mode Selection Trial in Sinus-Node Dysfunction. Ventricular pacing or dual-chamber pacing for sinus-node dysfunction. *N Engl J Med* 2002;346:1854–1862.
- Tjong FVY, Beurskens NEG, de Groot JR, et al.; MICRA Investigators. Health-related quality of life impact of a transcatheter pacing system. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2018;29:1697–1704.
- Goette A, Kalman JM, Aguinaga L, et al.; Document Reviewers. EHRA/HRS/APHRS/SOLAECE expert consensus on atrial cardiomyopathies: definition, characterization, and clinical implication. *Europace* 2016;18:1455–1490.
- Kottkamp H. Fibrotic atrial cardiomyopathy: a specific disease/syndrome supplying substrates for atrial fibrillation, atrial tachycardia, sinus node disease, AV node disease, and thromboembolic complications. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2012;23:797–799.
- Sodeck GH, Domanovits H, Meron G, et al. Compromising bradycardia: management in the emergency department. *Resuscitation* 2007;73:96–102.
- El-Sherif N, Jalife J. Paroxysmal atrioventricular block: are phase 3 and phase 4 block mechanisms or misnomers? *Heart Rhythm* 2009;6:1514–1521.
- Lee S, Wellens HJ, Josephson ME. Paroxysmal atrioventricular block. *Heart Rhythm* 2009;6:1229–1234.
- Narula OS, Samet P, Javier RP. Significance of the sinus-node recovery time. *Circulation* 1972;45:140–158.
- Alboni P, Menozzi C, Brignole M, et al. An abnormal neural reflex plays a role in causing syncope in sinus bradycardia. *J Am Coll Cardiol* 1993;22:1130–1134.
- Brignole M, Menozzi C, Gianfranchi L, et al. Neurally mediated syncope detected by carotid sinus massage and head-up tilt test in sick sinus syndrome. *Am J Cardiol* 1991;68:1032–1036.
- Brignole M, Deharo JC, De Roy L, et al. Syncope due to idiopathic paroxysmal atrioventricular block: long-term follow-up of a distinct form of atrioventricular block. *J Am Coll Cardiol* 2011;58:167–173.
- Deharo JC, Brignole M, Guieu R. Adenosine hypersensitivity and atrioventricular block. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol* 2018;29:166–170.
- Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G, et al.; ESC Committee for Practice Guidelines. 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;34:2281–2329.
- Burri H, Starck C, Auricchio A, et al. EHRA expert consensus statement and practical guide on optimal implantation technique for conventional pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators: endorsed by the Heart Rhythm Society (HRS), the Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), and the Latin-American Heart Rhythm Society (LAHRS). *Europace* 2021;23:983–1008.
- Belott P, Reynolds D. Permanent pacemaker and implantable cardioverter-defibrillator implantation in adults. In: Ellenbogen KA, Wilcoff BL, Kay NG, Lau CP, Auricchio A, eds. *Clinical Cardiac Pacing, Defibrillation and Resynchronization Therapy*. 5th ed. Elsevier; 2017. p. 631–691.
- Auricchio A, Stellbrink C, Block M, et al. Effect of pacing chamber and atrioventricular delay on acute systolic function of paced patients with congestive heart failure. The Pacing Therapies for Congestive Heart Failure Study Group. The Guidant Congestive Heart Failure Research Group. *Circulation* 1999;99:2993–3001.
- Tang AS, Wells GA, Talajic M, et al. Cardiac-resynchronization therapy for mild-to-moderate heart failure. *N Engl J Med* 2010;363:2385–2395.

39. Saxon LA, Bristow MR, Boehmer J, et al. Predictors of sudden cardiac death and appropriate shock in the Comparison of Medical Therapy, Pacing, and Defibrillation in Heart Failure (COMPANION) Trial. *Circulation* 2006;114:2766–2772.
40. Cleland JG, Daubert JC, Erdmann E, et al. The effect of cardiac resynchronization on morbidity and mortality in heart failure. *N Engl J Med* 2005;352:1539–1549.
41. Moss AJ, Hall WJ, Cannom DS, et al.; MADIT-CRT Trial Investigators. Cardiac-resynchronization therapy for the prevention of heart-failure events. *N Engl J Med* 2009;361:1329–1338.
42. Verma N, Knight BP. Update in cardiac pacing. *Arrhythm Electrophysiol Rev* 2019;8:228–233.
43. Abdelrahman M, Subzposh FA, Beer D, et al. Clinical outcomes of His bundle pacing compared to right ventricular pacing. *J Am Coll Cardiol* 2018;71:2319–2330.
44. Bhatt AG, Musat DL, Milstein N, et al. The efficacy of his bundle pacing: lessons learned from implementation for the first time at an experienced electrophysiology center. *JACC Clin Electrophysiol* 2018;4:1397–1406.
45. Ali N, Keene D, Arnold A, et al. His bundle pacing: a new frontier in the treatment of heart failure. *Arrhythm Electrophysiol Rev* 2018;7:103–110.
46. Reynolds D, Duray GZ, Omar R, et al.; Micra Transcatheter Pacing Study Group. A leadless intracardiac transcatheter pacing system. *N Engl J Med* 2016;374:533–541.
47. Reddy VY, Exner DV, Cantillon DJ, et al.; Leadless II Study Investigators. Percutaneous implantation of an entirely intracardiac leadless pacemaker. *N Engl J Med* 2015;373:1125–1135.
48. Knops RE, Tjong FV, Neuzil P, et al. Chronic performance of a leadless cardiac pacemaker: 1-year follow-up of the LEADLESS trial. *J Am Coll Cardiol* 2015;65:1497–1504.
49. Sperzel J, Defaye P, Delnoy PP, et al. Primary safety results from the LEADLESS Observational Study. *Europace* 2018;20:1491–1497.
50. Roberts PR, Clementy N, Al Samadi F, et al. A leadless pacemaker in the real-world setting: The Micra Transcatheter Pacing System Post-Approval Registry. *Heart Rhythm* 2017;14:1375–1379.
51. El-Chami MF, Al-Samadi F, Clementy N, et al. Updated performance of the Micra transcatheter pacemaker in the real-world setting: a comparison to the investigational study and a transvenous historical control. *Heart Rhythm* 2018;15:1800–1807.
52. Ovsyshcher I, Guetta V, Bondy C, Porath A. First derivative of right ventricular pressure, dP/dt, as a sensor for a rate adaptive VVI pacemaker: initial experience. *Pacing Clin Electrophysiol* 1992;15:211–218.
53. Lau CP, Butrous GS, Ward DE, Camm AJ. Comparison of exercise performance of six rate-adaptive right ventricular cardiac pacemakers. *Am J Cardiol* 1989;63:833–838.
54. Lau CP, Antoniou A, Ward DE, Camm AJ. Initial clinical experience with a minute ventilation sensing rate modulated pacemaker: improvements in exercise capacity and symptomatology. *Pacing Clin Electrophysiol* 1988;11:1815–1822.
55. Benditt DG, Mianulli M, Fetter J, et al. Single-chamber cardiac pacing with activity-initiated chronotropic response: evaluation by cardiopulmonary exercise testing. *Circulation* 1987;75:184–191.
56. Landzberg JS, Franklin JO, Mahawar SK, et al. Benefits of physiologic atrioventricular synchronization for pacing with an exercise rate response. *Am J Cardiol* 1990;66:193–197.
57. Iwase M, Hatano K, Saito F, et al. Evaluation by exercise Doppler echocardiography of maintenance of cardiac output during ventricular pacing with or without chronotropic response. *Am J Cardiol* 1989;63:934–938.
58. Buckingham TA, Woodruff RC, Pennington DG, et al. Effect of ventricular function on the exercise hemodynamics of variable rate pacing. *J Am Coll Cardiol* 1988;11:1269–1277.
59. Padeletti L, Pieragnoli P, Di Biase L, et al. Is a dual-sensor pacemaker appropriate in patients with sino-atrial disease? Results from the DUSISLOG study. *Pacing Clin Electrophysiol* 2006;29:34–40.
60. Nowak B, Misselwitz B, Expert committee 'Pacemaker Institute of Quality Assurance Hessen', et al. Do gender differences exist in pacemaker implantation? – results of an obligatory external quality control program. *Europace* 2010;12:210–215.
61. Mohamed MO, Volgman AS, Contractor T, et al. Trends of sex differences in outcomes of cardiac electronic device implantations in the United States. *Can J Cardiol* 2020;36:69–78.
62. Moore K, Ganesan A, Labroschiano C, et al. Sex differences in acute complications of cardiac implantable electronic devices: implications for patient safety. *J Am Heart Assoc* 2019;8:e010869.
63. Brignole M, Moya A, de Lange FJ, et al. 2018 ESC Guidelines for the diagnosis and management of syncope. *Eur Heart J* 2018;39:1883–1948.
64. Priori SG, Blomstrom-Lundqvist C, Mazzanti A, et al. 2015 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: The Task Force for the Management of Patients with Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC). *Eur Heart J* 2015;36:2793–2867.
65. Kaess BM, Andersson C, Duncan MS, et al. Familial clustering of cardiac conduction defects and pacemaker insertion. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2019;12:e007150.
66. Ackerman MJ, Priori SG, Willems S, et al. HRS/EHRA expert consensus statement on the state of genetic testing for the channelopathies and cardiomyopathies. *Heart Rhythm* 2011;8:1308–1339.
67. Kerr SR, Pearce MS, Brayne C, et al. Carotid sinus hypersensitivity in asymptomatic older persons: implications for diagnosis of syncope and falls. *Arch Intern Med* 2006;166:515–520.
68. Puggioni E, Guiducci V, Brignole M, et al. Results and complications of the carotid sinus massage performed according to the 'method of symptoms'. *Am J Cardiol* 2002;89:599–601.
69. Brignole M, Ungar A, Casagrande I, et al. Prospective multicentre systematic guideline-based management of patients referred to the Syncope Units of general hospitals. *Europace* 2010;12:109–118.
70. Solari D, Maggi R, Oddone D, et al. Clinical context and outcome of carotid sinus syndrome diagnosed by means of the 'method of symptoms'. *Europace* 2014;16:928–934.
71. Solari D, Maggi R, Oddone D, et al. Assessment of the vasodepressor reflex in carotid sinus syndrome. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2014;7:505–510.
72. Mangrum JM, DiMarco JP. The evaluation and management of bradycardia. *N Engl J Med* 2000;342:703–709.
73. Sutton R. Reflex atrioventricular block. *Front Cardiovasc Med* 2020;7:4–8.
- 73a. Da Costa D, Brady WJ, Edhouse J. Bradycardias and atrioventricular conduction block. *BMJ* 2002;324:535–538.
74. Steinberg JS, Varma N, Cygankiewicz I, et al. 2017 ISHNE-HRS expert consensus statement on ambulatory ECG and external cardiac monitoring/telemetry. *Heart Rhythm* 2017;14:e55–e96.
75. Brubaker PH, Kitzman DW. Chronotropic incompetence: causes, consequences, and management. *Circulation* 2011;123:1010–1020.
76. Savonen KP, Kiviniemi V, Laukkanen JA, et al. Chronotropic incompetence and mortality in middle-aged men with known or suspected coronary heart disease. *Eur Heart J* 2008;29:1896–1902.
77. Byrne JM, Marais HJ, Cheek GA. Exercise-induced complete heart block in a patient with chronic bifascicular block. *J Electrocardiol* 1994;27:339–342.
78. Wissocq L, Ennezat PV, Mouquet F. Exercise-induced high-degree atrioventricular block. *Arch Cardiovasc Dis* 2009;102:733–735.
79. Woelfel AK, Simpson RJ Jr, Gettes LS, Foster JR. Exercise-induced distal atrioventricular block. *J Am Coll Cardiol* 1983;2:578–581.
80. Sumiyoshi M, Nakata Y, Yasuda M, et al. Clinical and electrophysiologic features of exercise-induced atrioventricular block. *Am Heart J* 1996;132:1277–1281.



81. Oliveros RA, Seaworth J, Weiland FL, Boucher CA. Intermittent left anterior hemiblock during treadmill exercise test. Correlation with coronary arteriogram. *Chest* 1977;72:492–494.
82. Bharati S, Dhinra RC, Lev M, et al. Conduction system in a patient with Prinzmetal's angina and transient atrioventricular block. *Am J Cardiol* 1977;39:120–125.
83. Knuuti J, Wijns W, Saraste A, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J* 2019;41:407–477.
84. Halliday BP, Gulati A, Ali A, et al. Association between midwall late gadolinium enhancement and sudden cardiac death in patients with dilated cardiomyopathy and mild and moderate left ventricular systolic dysfunction. *Circulation* 2017;135:2106–2115.
85. Kazmirczak F, Chen KA, Adabag S, et al. Assessment of the 2017 AHA/ACC/HRS Guideline recommendations for Implantable Cardioverter-Defibrillator Implantation in Cardiac Sarcoidosis. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2019;12:e007488.
86. Aquaro GD, Perfetti M, Camastra G, et al. Cardiac MR with late gadolinium enhancement in acute myocarditis with preserved systolic function: ITAMY Study. *J Am Coll Cardiol* 2017;70:1977–1987.
87. Ferreira VM, Schulz-Menger J, et al. Cardiovascular magnetic resonance in nonischemic myocardial inflammation: expert recommendations. *J Am Coll Cardiol* 2018;72:3158–3176.
88. Zhou Y, Lower EE, Li HP, et al. Cardiac sarcoidosis: the impact of age and implanted devices on survival. *Chest* 2017;151:139–148.
89. Kandolin R, Lehtonen J, Kupari M. Cardiac sarcoidosis and giant cell myocarditis as causes of atrioventricular block in young and middle-aged adults. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2011;4:303–309.
90. Turner JJO. Hypercalcaemia – presentation and management. *Clin Med (Lond)* 2017;17:270–273.
91. Chon SB, Kwak YH, Hwang SS, et al. Severe hyperkalemia can be detected immediately by quantitative electrocardiography and clinical history in patients with symptomatic or extreme bradycardia: a retrospective cross-sectional study. *J Crit Care* 2013;28:1112.e7–1112.e13.
92. Mandell BF. Cardiovascular involvement in systemic lupus erythematosus. *Semin Arthritis Rheum* 1987;17:126–141.
93. Wan D, Blakely C, Branscombe P, et al. Lyme carditis and high-degree atrioventricular block. *Am J Cardiol* 2018;121:1102–1104.
94. Nakayama Y, Ohno M, Yonemura S, et al. A case of transient 2:1 atrioventricular block, resolved by thyroxine supplementation for subclinical hypothyroidism. *Pacing Clin Electrophysiol* 2006;29:106–108.
95. Noble K, Isles C. Hyperkalaemia causing profound bradycardia. *Heart* 2006;92:10–63.
96. Ishikawa T, Tsuji Y, Makita N. Inherited bradyarrhythmia: a diverse genetic background. *J Arrhythm* 2016;32:352–358.
97. Smits JP, Veldkamp MW, Wilde AA. Mechanisms of inherited cardiac conduction disease. *Europace* 2005;7:122–137.
98. Priori SG, Wilde AA, Horie M, et al. HRS/EHRA/APHRS expert consensus statement on the diagnosis and management of patients with inherited primary arrhythmia syndromes: document endorsed by HRS, EHRA, and APHRS in May 2013 and by ACCF, AHA, PACES, and AEPC in June 2013. *Heart Rhythm* 2013;10:1932–1963.
99. Brodsky M, Wu D, Denes P, et al. Arrhythmias documented by 24 hour continuous electrocardiographic monitoring in 50 male medical students without apparent heart disease. *Am J Cardiol* 1977;39:390–395.
100. Clarke JM, Hamer J, Shelton JR, et al. The rhythm of the normal human heart. *Lancet* 1976;1:508–512.
101. Fleg JL, Kennedy HL. Cardiac arrhythmias in a healthy elderly population: detection by 24-hour ambulatory electrocardiography. *Chest* 1982;81:302–307.
102. Grimm W, Hoffmann J, Menz V, et al. Electrophysiologic evaluation of sinus node function and atrioventricular conduction in patients with prolonged ventricular asystole during obstructive sleep apnea. *Am J Cardiol* 1996;77:1310–1314.
103. Zwillich C, Devlin T, White D, et al. Bradycardia during sleep apnea. Characteristics and mechanism. *J Clin Invest* 1982;69:1286–1292.
104. Guilleminault C, Pool P, Motta J, Gillis AM. Sinus arrest during REM sleep in young adults. *N Engl J Med* 1984;311:1006–1010.
105. Grimm W, Koehler U, Fus E, et al. Outcome of patients with sleep apnea-associated severe bradyarrhythmias after continuous positive airway pressure therapy. *Am J Cardiol* 2000;86:688–692.
106. Koehler U, Fus E, Grimm W, et al. Heart block in patients with obstructive sleep apnoea: pathogenetic factors and effects of treatment. *Eur Respir J* 1998;11:434–439.
107. Simantirakis EN, Schiza SI, Marketou ME, et al. Severe bradyarrhythmias in patients with sleep apnoea: the effect of continuous positive airway pressure treatment: a long-term evaluation using an insertable loop recorder. *Eur Heart J* 2004;25:1070–1076.
108. Sutton R, Fedorowski A, Olshansky B, et al. Tilt testing remains a valuable asset. *Eur Heart J* 2021;42:1654–1660.
109. Da Costa A, Defaye P, Romeyer-Bouchard C, et al. Clinical impact of the implantable loop recorder in patients with isolated syncope, bundle branch block and negative workup: a randomized multicentre prospective study. *Arch Cardiovasc Dis* 2013;106:146–154.
110. Farwell DJ, Freemantle N, Sulke N. The clinical impact of implantable loop recorders in patients with syncope. *Eur Heart J* 2006;27:351–356.
111. Kohn AD, Klein GJ, Yee R, Skanes AC. Randomized assessment of syncope trial: conventional diagnostic testing versus a prolonged monitoring strategy. *Circulation* 2001;104:46–51.
112. Podoleanu C, DaCosta A, Defaye P, et al. Early use of an implantable loop recorder in syncope evaluation: a randomized study in the context of the French Healthcare system (FRESH study). *Arch Cardiovasc Dis* 2014;107:546–552.
113. Sulke N, Sugihara C, Hong P, et al. The benefit of a remotely monitored implantable loop recorder as a first line investigation in unexplained syncope: the EaSyAs II trial. *Europace* 2016;18:912–918.
114. Gann D, Tolentino A, Samet P. Electrophysiologic evaluation of elderly patients with sinus bradycardia: a long-term follow-up study. *Ann Intern Med* 1979;90:24–29.
115. Menozzi C, Brignole M, Alboni P, et al. The natural course of untreated sick sinus syndrome and identification of the variables predictive of unfavorable outcome. *Am J Cardiol* 1998;82:1205–1209.
116. McNulty JH, Rahimtoola SH, Murphy E, et al. Natural history of 'high-risk' bundle-branch block: final report of a prospective study. *N Engl J Med* 1982;307:137–143.
117. Gronda M, Magnani A, Occhetta E, et al. Electrophysiological study of atrio-ventricular block and ventricular conduction defects. Prognostic and therapeutic implications. *G Ital Cardiol* 1984;14:768–773.
118. Bergfeldt L, Edvardsson N, Rosenqvist M, et al. Atrioventricular block progression in patients with bifascicular block assessed by repeated electrocardiography and a bradycardia-detecting pacemaker. *Am J Cardiol* 1994;74:1129–1132.
119. Kaul U, Dev V, Narula J, et al. Evaluation of patients with bundle branch block and 'unexplained' syncope: a study based on comprehensive electrophysiologic testing and ajmaline stress. *Pacing Clin Electrophysiol* 1988;11:289–297.
120. Moya A, Garcia-Civera R, Croci F, et al. Diagnosis, management, and outcomes of patients with syncope and bundle branch block. *Eur Heart J* 2011;32:1535–1541.
121. Twidale N, Heddle WF, Tonkin AM. Procainamide administration during electrophysiology study – utility as a provocative test for intermittent atrioventricular block. *Pacing Clin Electrophysiol* 1988;11:1388–1397.
122. Scheinman MM, Peters RW, Suave MJ, et al. Value of the HQ interval in patients with bundle branch block and the role of prophylactic permanent pacing. *Am J Cardiol* 1982;50:1316–1322.
123. Roca-Luque I, Oristrell G, Francisco-Pasqual J, et al. Predictors of positive electrophysiological study in patients with syncope and bundle branch block: PR interval and type of conduction disturbance. *Clin Cardiol* 2018;41:1537–1542.



124. Brignole M, Menozzi C, Moya A, et al. Mechanism of syncope in patients with bundle branch block and negative electrophysiological test. *Circulation* 2001;104:2045–2050.
125. Rubenstein JJ, Schulman CL, Yurchak PM, DeSanctis RW. Clinical spectrum of the sick sinus syndrome. *Circulation* 1972;46:5–13.
126. Short DS. The syndrome of alternating bradycardia and tachycardia. *Br Heart J* 1954;16:208–214.
127. Goldberger JJ, Johnson NP, Gidea C. Significance of asymptomatic bradycardia for subsequent pacemaker implantation and mortality in patients >60 years of age. *Am J Cardiol* 2011;108:857–861.
128. Nielsen JC, Thomsen PE, Hojberg S, et al.; DANPACE Investigators. A comparison of single-lead atrial pacing with dual-chamber pacing in sick sinus syndrome. *Eur Heart J* 2011;32:686–696.
129. Breivik K, Ohm OJ, Segadal L. Sick sinus syndrome treated with permanent pacemaker in 109 patients. A follow-up study. *Acta Med Scand* 1979;206:153–159.
130. Hartel G, Talvensaaari T. Treatment of sinoatrial syndrome with permanent cardiac pacing in 90 patients. *Acta Med Scand* 1975;198:341–347.
131. Rasmussen K. Chronic sinus node disease: natural course and indications for pacing. *Eur Heart J* 1981;2:455–459.
132. Sasaki Y, Shimotori M, Akahane K, et al. Long-term follow-up of patients with sick sinus syndrome: a comparison of clinical aspects among unpaced, ventricular inhibited paced, and physiologically paced groups. *Pacing Clin Electrophysiol* 1988;11:1575–1583.
133. Senturk T, Xu H, Puppala K, et al. Cardiac pauses in competitive athletes: a systematic review examining the basis of current practice recommendations. *Europace* 2016;18:1873–1879.
134. Brignole M, Menozzi C, Moya A, et al.; International Study on Syncope of Uncertain Etiology Investigators. Pacemaker therapy in patients with neurally mediated syncope and documented asystole: Third International Study on Syncope of Uncertain Etiology (ISSUE-3): a randomized trial. *Circulation* 2012;125:2566–2571.
135. Brignole M, Sutton R, Menozzi C, et al.; International Study on Syncope of Uncertain Etiology Group. Early application of an implantable loop recorder allows effective specific therapy in patients with recurrent suspected neurally mediated syncope. *Eur Heart J* 2006;27:1085–1092.
136. Asseman P, Berzin B, Desry D, et al. Persistent sinus nodal electrograms during abnormally prolonged postpacing atrial pauses in sick sinus syndrome in humans: sinoatrial block vs overdrive suppression. *Circulation* 1983;68:33–41.
137. Calkins H, Hindricks G, Cappato R, et al.; Document Reviewers. 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Europace* 2018;20:e1–e160.
138. Chen YW, Bai R, Lin T, et al. Pacing or ablation: which is better for paroxysmal atrial fibrillation-related tachycardia-bradycardia syndrome? *Pacing Clin Electrophysiol* 2014;37:403–411.
139. Inada K, Yamane T, Tokutake K, et al. The role of successful catheter ablation in patients with paroxysmal atrial fibrillation and prolonged sinus pauses: outcome during a 5-year follow-up. *Europace* 2014;16:208–213.
140. Jackson LR, 2nd, Rathakrishnan B, Campbell K, Thomas KL, Piccini JP, Bahnson T, Stiber JA, Daubert JP. Sinus node dysfunction and atrial fibrillation: a reversible phenomenon? *Pacing Clin Electrophysiol* 2017;40:442–450.
141. Connolly SJ, Kerr CR, Gent M, et al. Effects of physiologic pacing versus ventricular pacing on the risk of stroke and death due to cardiovascular causes. Canadian Trial of Physiologic Pacing Investigators. *N Engl J Med* 2000; 342:1385–1391.
142. Healey JS, Toff WD, Lamas GA, et al. Cardiovascular outcomes with atrial-based pacing compared with ventricular pacing: meta-analysis of randomized trials, using individual patient data. *Circulation* 2006;114:11–17.
143. Ross RA, Kenny RA. Pacemaker syndrome in older people. *Age Ageing* 2000;29:13–15.
144. Mitsuoka T, Kenny RA, Yeung TA, et al. Benefits of dual chamber pacing in sick sinus syndrome. *Br Heart J* 1988;60:338–347.
145. Sweeney MO, Bank AJ, Nsah E, et al.; Search AV Extension and Managed Ventricular Pacing for Promoting Atrioventricular Conduction Trial. Minimizing ventricular pacing to reduce atrial fibrillation in sinus-node disease. *N Engl J Med* 2007;357:1000–1008.
146. Andersen HR, Nielsen JC, Thomsen PE, et al. Long-term follow-up of patients from a randomised trial of atrial versus ventricular pacing for sick-sinus syndrome. *Lancet* 1997;350:1210–1216.
147. Andersen HR, Thuesen L, Bagger JP, et al. Prospective randomised trial of atrial versus ventricular pacing in sick-sinus syndrome. *Lancet* 1994;344:1523–1528.
148. Kristensen L, Nielsen JC, Mortensen PT, et al. Incidence of atrial fibrillation and thromboembolism in a randomized trial of atrial versus dual chamber pacing in 177 patients with sick sinus syndrome. *Heart* 2004;90:661–666.
149. Wilkoff BL, Cook JR, Epstein AE, et al.; Dual Chamber VVI Implantable Defibrillator Trial Investigators. Dual-chamber pacing or ventricular backup pacing in patients with an implantable defibrillator: the Dual Chamber and VVI Implantable Defibrillator (DAVID) Trial. *JAMA* 2002;288:3115–3123.
150. Cheng S, Keyes MJ, Larson MG, et al. Long-term outcomes in individuals with prolonged PR interval or first-degree atrioventricular block. *JAMA* 2009;301:2571–2577.
151. Nielsen JC, Thomsen PE, Hojberg S, et al.; DANPACE Investigators. Atrial fibrillation in patients with sick sinus syndrome: the association with PQ-interval and percentage of ventricular pacing. *Europace* 2012;14:682–689.
152. Auricchio A, Ellenbogen KA. Reducing ventricular pacing frequency in patients with atrioventricular block: is it time to change the current pacing paradigm? *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2016;9:e004404.
153. Shurrab M, Healey JS, Haj-Yahia S, et al. Reduction in unnecessary ventricular pacing fails to affect hard clinical outcomes in patients with preserved left ventricular function: a meta-analysis. *Europace* 2017;19:282–288.
154. Jankelson L, Bordachar P, Strik M, et al. Reducing right ventricular pacing burden: algorithms, benefits, and risks. *Europace* 2019;21:539–547.
155. Pascale P, Pruvot E, Graf D. Pacemaker syndrome during managed ventricular pacing mode: what is the mechanism? *J Cardiovasc Electrophysiol* 2009;20:574–576.
156. Mansour F, Khairy P. Electrical storm due to managed ventricular pacing. *Heart Rhythm* 2012;9:842–843.
157. Sekita G, Hayashi H, Nakazato Y, Daida H. Ventricular fibrillation induced by short-long-short sequence during managed ventricular pacing. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2011;22:1181.
158. Vavasis C, Slotwiner DJ, Goldner BG, Cheung JW. Frequent recurrent polymorphic ventricular tachycardia during sleep due to managed ventricular pacing. *Pacing Clin Electrophysiol* 2010;33:641–644.
159. van Mechelen R, Schoonderwoerd R. Risk of managed ventricular pacing in a patient with heart block. *Heart Rhythm* 2006;3:1384–1385.
160. Stockburger M, Boveda S, Moreno J, et al. Long-term clinical effects of ventricular pacing reduction with a changeover mode to minimize ventricular pacing in a general pacemaker population. *Eur Heart J* 2015;36:151–157.
161. Healey JS, Connolly SJ, Gold MR, et al.; ASSERT Investigators. Subclinical atrial fibrillation and the risk of stroke. *N Engl J Med* 2012;366:120–129.
162. Munawar DA, Mahajan R, Agbaedeng TA, et al. Implication of ventricular pacing burden and atrial pacing therapies on the progression of atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Heart Rhythm* 2019;16:1204–1214.
163. Padeletti L, Purerfellner H, Mont L, et al.; MINERVA Investigators. New-generation atrial antitachycardia pacing (Reactive ATP) is associated with reduced risk of persistent or permanent atrial fibrillation in patients with bradycardia:

- results from the MINERVA randomized multicenter international trial. *Heart Rhythm* 2015;12:1717–1725.
164. Pujol-Lopez M, San Antonio R, Tolosana JM, Mont L. Programming pacemakers to reduce and terminate atrial fibrillation. *Curr Cardiol Rep* 2019;21:127.
  165. Boriani G, Tukkier R, Manolis AS, et al.; MINERVA Investigators. Atrial antitachycardia pacing and managed ventricular pacing in bradycardia patients with paroxysmal or persistent atrial tachyarrhythmias: the MINERVA randomized multicentre international trial. *Eur Heart J* 2014;35:2352–2362.
  166. Crossley GH, Padeletti L, Zweibel S, et al. Reactive atrial-based antitachycardia pacing therapy reduces atrial tachyarrhythmias. *Pacing Clin Electrophysiol* 2019;42:970–979.
  167. Stockburger M, Gomez-Doblas JJ, Lamas G, et al. Preventing ventricular dysfunction in pacemaker patients without advanced heart failure: results from a multicentre international randomized trial (PREVENT-HF). *Eur J Heart Fail* 2011;13:633–641.
  168. Stockburger M, Defaye P, Boveda S, et al. Safety and efficiency of ventricular pacing prevention with an AAI-DDD changeover mode in patients with sinus node disease or atrioventricular block: impact on battery longevity – a sub-study of the ANSWER trial. *Europace* 2016;18:739–746.
  169. Thibault B, Simpson C, Gagne CE, et al. Impact of AV conduction disorders on SafeR mode performance. *Pacing Clin Electrophysiol* 2009;32 Suppl 1:S231–235.
  170. Thibault B, Ducharme A, Baranchuk A, et al.; CAN-SAVE R Study Investigators. Very low ventricular pacing rates can be achieved safely in a heterogeneous pacemaker population and provide clinical benefits: the CANadian Multi-Centre Randomised Study-Spontaneous AtrioVentricular Conduction pReservation (CAN-SAVE R) Trial. *J Am Heart Assoc* 2015;4:e001983.
  171. Bellocchi F, Spampinato A, Ricci R, et al. Antiarrhythmic benefits of dual chamber stimulation with rate-response in patients with paroxysmal atrial fibrillation and chronotropic incompetence: a prospective, multicentre study. *Europace* 1999;1:220–225.
  172. Santini M, Ricci R, Puglisi A, et al. Long-term haemodynamic and antiarrhythmic benefits of DDIR versus DDI pacing mode in sick sinus syndrome and chronotropic incompetence. *G Ital Cardiol* 1997;27:892–900.
  173. Capucci A, Boriani G, Specchia S, et al. Evaluation by cardiopulmonary exercise test of DDDR versus DDD pacing. *Pacing Clin Electrophysiol* 1992;15:1908–1913.
  174. Lamas GA, Knight JD, Sweeney MO, et al. Impact of rate-modulated pacing on quality of life and exercise capacity – evidence from the Advanced Elements of Pacing Randomized Controlled Trial (ADEPT). *Heart Rhythm* 2007;4:1125–1132.
  175. Hocini M, Sanders P, Deisenhofer I, et al. Reverse remodeling of sinus node function after catheter ablation of atrial fibrillation in patients with prolonged sinus pauses. *Circulation* 2003;108:1172–1175.
  176. Mymin D, Mathewson FA, Tate RB, Manfreda J. The natural history of primary first-degree atrioventricular heart block. *N Engl J Med* 1986;315:1183–1187.
  177. Barold SS, Iltercil A, Leonelli F, Herweg B. First-degree atrioventricular block. Clinical manifestations, indications for pacing, pacemaker management & consequences during cardiac resynchronization. *J Interv Card Electrophysiol* 2006;17:139–152.
  178. Shaw DB, Gowers JI, Kekwick CA, et al. Is Mobitz type I atrioventricular block benign in adults? *Heart* 2004;90:169–174.
  179. Coumbe AG, Naksuk N, Newell MC, et al. Long-term follow-up of older patients with Mobitz type I second degree atrioventricular block. *Heart* 2013;99:334–338.
  180. Strasberg B, Amat YLF, Dhingra RC, et al. Natural history of chronic second-degree atrioventricular nodal block. *Circulation* 1981;63:1043–1049.
  181. Dhingra RC, Denes P, Wu D, et al. The significance of second degree atrioventricular block and bundle branch block. Observations regarding site and type of block. *Circulation* 1974;49:638–646.
  182. Toff WD, Camm AJ, Skehan JD, United Kingdom Pacing Cardiovascular Events Trial Investigators. Single-chamber versus dual-chamber pacing for high-grade atrioventricular block. *N Engl J Med* 2005;353:145–155.
  183. Castelnovo E, Stein K, Pitt M, Garside R, Payne E. The effectiveness and cost-effectiveness of dual-chamber pacemakers compared with single-chamber pacemakers for bradycardia due to atrioventricular block or sick sinus syndrome: systematic review and economic evaluation. *Health Technol Assess* 2005;9:iii,xi–xiii, 1–246.
  184. Sweeney MO, Hellkamp AS, Ellenbogen KA, et al. 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;107:2932–2937.
  185. Nahlawi M, Waligora M, Spies SM, et al. Left ventricular function during and after right ventricular pacing. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:1883–1888.
  186. Sweeney MO, Prinzen FW. A new paradigm for physiologic ventricular pacing. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:282–288.
  187. Tayal B, Fruehling P, Sogaard P, et al. Incidence of heart failure after pacemaker implantation: a nationwide Danish Registry-based follow-up study. *Eur Heart J* 2019;40:3641–3648.
  188. Khurshid S, Epstein AE, Verdino RJ, et al. Incidence and predictors of right ventricular pacing-induced cardiomyopathy. *Heart Rhythm* 2014;11:1619–1625.
  189. 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;13:2272–2278.
  190. Khurshid S, Obeng-Gyimah E, Supple GE, et al. Reversal of pacing-induced cardiomyopathy following cardiac resynchronization therapy. *JACC Clin Electrophysiol* 2018;4:168–177.
  191. Curtis AB, Worley SJ, Adamson PB, et al.; Biventricular versus Right Ventricular Pacing in Heart Failure Patients with Atrioventricular Block Trial Investigators. Biventricular pacing for atrioventricular block and systolic dysfunction. *N Engl J Med* 2013;368:1585–1593.
  192. Pitcher D, Papouchado M, James MA, Rees JR. Twenty four hour ambulatory electrocardiography in patients with chronic atrial fibrillation. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1986;292:594.
  193. Chatterjee NA, Upadhyay GA, Ellenbogen KA, et al. Atrioventricular nodal ablation in atrial fibrillation: a meta-analysis and systematic review. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2012;5:68–76.
  194. Ozcan C, Jahangir A, Friedman PA, et al. Long-term survival after ablation of the atrioventricular node and implantation of a permanent pacemaker in patients with atrial fibrillation. *N Engl J Med* 2001;344:1043–1051.
  195. Garcia B, Clementy N, Benhenda N, et al. Mortality after atrioventricular nodal radiofrequency catheter ablation with permanent ventricular pacing in atrial fibrillation: outcomes from a controlled nonrandomized study. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2016;9:e003993.
  196. Brignole M, Pokushalov E, Pentimalli F, et al. A randomized controlled trial of atrioventricular junction ablation and cardiac resynchronization therapy in patients with permanent atrial fibrillation and narrow QRS. *Eur Heart J* 2018;39:3999–4008.
  197. Doshi RN, Daoud EG, Fellows C, et al.; PAVE Study Group. Left ventricular-based cardiac stimulation post AV nodal ablation evaluation (the PAVE study). *J Cardiovasc Electrophysiol* 2005;16:1160–1165.
  198. Huang W, Su L, Wu S, et al. Benefits of permanent His bundle pacing combined with atrioventricular node ablation in atrial fibrillation patients with heart failure with both preserved and reduced left ventricular ejection fraction. *J Am Heart Assoc* 2017;6:e005309.
  199. Vijayaraman P, Subzposh FA, Naperkowski A. Atrioventricular node ablation and His bundle pacing. *Europace* 2017;19:iv10–iv16.
  200. Deshmukh P, Casavant DA, Romanyshyn M, Anderson K. Permanent, direct His-bundle pacing: a novel approach to cardiac pacing in patients with normal His Purkinje activation. *Circulation* 2000;101:869–877.

201. Occhetta E, Bortnik M, Magnani A, et al. Prevention of ventricular desynchronization by permanent para-Hisian pacing after atrioventricular node ablation in chronic atrial fibrillation: a crossover, blinded, randomized study versus apical right ventricular pacing. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1938–1945.
202. Lau CP, Rushby J, Leigh-Jones M, et al. Symptomatology and quality of life in patients with rate-responsive pacemakers: a double-blind, randomized, crossover study. *Clin Cardiol* 1989;12:505–512.
203. Leung SK, Lau CP. Developments in sensor-driven pacing. *Cardiol Clin* 2000;18:113–155, ix.
204. Oto MA, Muderrisoglu H, Ozin MB, et al. Quality of life in patients with rate responsive pacemakers: a randomized, cross-over study. *Pacing Clin Electrophysiol* 1991;14:800–806.
205. Proietti R, Manzoni G, Di Biase L, et al. Closed loop stimulation is effective in improving heart rate and blood pressure response to mental stress: report of a single-chamber pacemaker study in patients with chronotropic incompetent atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2012;35:990–998.
206. Barold SS. Indications for permanent cardiac pacing in first-degree AV block: class I, II, or III? *Pacing Clin Electrophysiol* 1996;19:747–751.
207. Brecker SJ, Xiao HB, Sparrow J, Gibson DG. Effects of dual-chamber pacing with short atrioventricular delay in dilated cardiomyopathy. *Lancet* 1992;340:1308–1312.
208. Carroz P, Delay D, Girod G. Pseudo-pacemaker syndrome in a young woman with first-degree atrio-ventricular block. *Europace* 2010;12:594–596.
209. Englund A, Bergfeldt L, Rehnqvist N, et al. Diagnostic value of programmed ventricular stimulation in patients with bifascicular block: a prospective study of patients with and without syncope. *J Am Coll Cardiol* 1995;26:1508–1515.
210. Morady F, Higgins J, Peters RW, et al. Electrophysiologic testing in bundle branch block and unexplained syncope. *Am J Cardiol* 1984;54:587–591.
211. Tabrizi F, Rosenqvist M, Bergfeldt L, Englund A. Long-term prognosis in patients with bifascicular block – the predictive value of noninvasive and invasive assessment. *J Intern Med* 2006;260:31–38.
212. Olshansky B, Hahn EA, Hartz VL, et al. Clinical significance of syncope in the electrophysiologic study versus electrocardiographic monitoring (ESVEM) trial. The ESVEM Investigators. *Am Heart J* 1999;137:878–886.
213. Roca-Luque I, Francisco-Pasqual J, Oristrell G, et al. Flecainide versus procainamide in electrophysiological study in patients with syncope and wide QRS duration. *JACC Clin Electrophysiol* 2019;5:212–219.
214. Santini M, Castro A, Giada F, et al. Prevention of syncope through permanent cardiac pacing in patients with bifascicular block and syncope of unexplained origin: the PRESS study. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2013;6:101–107.
215. Camm AJ, Lüscher TF, Maurer G, Serruys PW (eds). *ESC CardioMed*. 3rd ed. Oxford, UK: Oxford University Press; 2018.
216. Peters RW, Scheinman MM, Modin C, et al. Prophylactic permanent pacemakers for patients with chronic bundle branch block. *Am J Med* 1979;66:978–985.
217. Armaganijan LV, Toff WD, Nielsen JC, et al. Are elderly patients at increased risk of complications following pacemaker implantation? A meta-analysis of randomized trials. *Pacing Clin Electrophysiol* 2012;35:131–134.
218. Gadler F, Valzania C, Linde C. Current use of implantable electrical devices in Sweden: data from the Swedish pacemaker and implantable cardioverter-defibrillator registry. *Europace* 2015;17:69–77.
219. Shurrab M, Elitzur Y, Healey JS, et al. VDD vs DDD pacemakers: a meta-analysis. *Can J Cardiol* 2014;30:1385–1391.
220. Brignole M, Ammirati F, Arabia F, et al.; Syncope Unit Project Two Investigators. Assessment of a standardized algorithm for cardiac pacing in older patients affected by severe unpredictable reflex syncope. *Eur Heart J* 2015;36:1529–1535.
221. Brignole M, Arabia F, Ammirati F, et al.; Syncope Unit Project investigators. Standardized algorithm for cardiac pacing in older patients affected by severe unpredictable reflex syncope: 3-year insights from the Syncope Unit Project 2 (SUP 2) study. *Europace* 2016;18:1427–1433.
222. Sutton R, Brignole M. Twenty-eight years of research permit reinterpretation of tilt-testing: hypotensive susceptibility rather than diagnosis. *Eur Heart J* 2014;35:2211–2212.
223. Claesson JE, Kristensson BE, Edvardsson N, Wahrborg P. Less syncope and milder symptoms in patients treated with pacing for induced cardioinhibitory carotid sinus syndrome: a randomized study. *Europace* 2007;9:932–936.
224. Brignole M, Menozzi C, Lolli G, et al. Long-term outcome of paced and nonpaced patients with severe carotid sinus syndrome. *Am J Cardiol* 1992;69:1039–1043.
225. Sutton R, Brignole M, Menozzi C, et al. Dual-chamber pacing in the treatment of neurally mediated tilt-positive cardioinhibitory syncope: pacemaker versus no therapy: a multicenter randomized study. The Vasovagal Syncope International Study (VASIS) Investigators. *Circulation* 2000;102:294–299.
226. Ammirati F, Colivicchi F, Santini M, Syncope D, Treatment Study Investigators. Permanent cardiac pacing versus medical treatment for the prevention of recurrent vasovagal syncope: a multicenter, randomized, controlled trial. *Circulation* 2001;104:52–57.
227. Baron-Esquivias G, Morillo CA, Moya-Mitjans A, et al. Dual-chamber pacing with closed loop stimulation in recurrent reflex vasovagal syncope: the SPAIN study. *J Am Coll Cardiol* 2017;70:1720–1728.
228. Russo V, Rago A, Papa AA, et al. The effect of dual-chamber closed-loop stimulation on syncope recurrence in healthy patients with tilt-induced vasovagal cardioinhibitory syncope: a prospective, randomised, single-blind, crossover study. *Heart* 2013;99:1609–1613.
229. Brignole M, Russo V, Arabia F, et al.; BioSync CSL trial Investigators. Cardiac pacing in severe recurrent reflex syncope and tilt-induced asystole. *Eur Heart J* 2020;42:508–516.
230. Russo V, Rago A, De Rosa M, et al. Does cardiac pacing reduce syncopal recurrences in cardioinhibitory vasovagal syncope patients selected with head-up tilt test? Analysis of a 5-year follow-up database. *Int J Cardiol* 2018;270:149–153.
231. Flammang D, Church TR, De Roy L, et al.; ATP Multicenter Study. Treatment of unexplained syncope: a multicenter, randomized trial of cardiac pacing guided by adenosine 5'-triphosphate testing. *Circulation* 2012;125:31–36.
232. Connolly SJ, Sheldon R, Thorpe KE, et al.; VPS II Investigators. Pacemaker therapy for prevention of syncope in patients with recurrent severe vasovagal syncope: Second Vasovagal Pacemaker Study (VPS II): a randomized trial. *JAMA* 2003;289:2224–2229.
233. Raviele A, Giada F, Menozzi C, et al.; Vasovagal Syncope Pacing Trial Investigators. A randomized, double-blind, placebo-controlled study of permanent cardiac pacing for the treatment of recurrent tilt-induced vasovagal syncope. The vasovagal syncope and pacing trial (SYNPACE). *Eur Heart J* 2004;25:1741–1748.
234. Palmisano P, Dell'Era G, Russo V, et al. Effects of closed-loop stimulation vs. DDD pacing on haemodynamic variations and occurrence of syncope induced by head-up tilt test in older patients with refractory cardioinhibitory vasovagal syncope: the Tilt test-Induced REsponse in Closed-loop Stimulation multicentre, prospective, single blind, randomized study. *Europace* 2018;20:859–866.
235. Proclemer A, Facchin D, Feruglio GA. [Syncope of unknown origin after electrophysiologic study: is the treatment with pacemaker useful?]. *G Ital Cardiol* 1990;20:195–201.
236. Raviele A, Proclemer A, Gasparini G, et al. Long-term follow-up of patients with unexplained syncope and negative electrophysiologic study. *Eur Heart J* 1989;10:127–132.
237. Parry SW, Steen N, Bexton RS, et al. Pacing in elderly recurrent fallers with carotid sinus hypersensitivity: a randomised, double-blind, placebo controlled crossover trial. *Heart* 2009;95:405–409.



238. Mosterd A, Hoes AW. Clinical epidemiology of heart failure. *Heart* 2007;93:1137–1146.
239. Dunlay SM, Weston SA, Jacobsen SJ, Roger VL. Risk factors for heart failure: a population-based case-control study. *Am J Med* 2009;122:1023–1028.
240. Kenchaiah S, Evans JC, Levy D, et al. Obesity and the risk of heart failure. *N Engl J Med* 2002;347:305–313.
241. Rawshani A, Rawshani A, Franzen S, et al. Risk factors, mortality, and cardiovascular outcomes in patients with type 2 diabetes. *N Engl J Med* 2018;379:633–644.
242. Conrad N, Judge A, Tran J, et al. Temporal trends and patterns in heart failure incidence: a population-based study of 4 million individuals. *Lancet* 2018;391:572–580.
243. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, et al.; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J* 2021;42:3599–3726.
244. Crespo-Leiro MG, Anker SD, Maggioni AP, et al. European Society of Cardiology Heart Failure Long-Term Registry (ESC-HF-LT): 1-year follow-up outcomes and differences across regions. *Eur J Heart Fail* 2016;18:613–625.
245. Olshansky B, Day JD, Sullivan RM, et al. Does cardiac resynchronization therapy provide unrecognized benefit in patients with prolonged PR intervals? The impact of restoring atrioventricular synchrony: an analysis from the COMPANION Trial. *Heart Rhythm* 2012;9:34–39.
246. Gervais R, Leclercq C, Shankar A, et al.; CARE-HF investigators. Surface electrocardiogram to predict outcome in candidates for cardiac resynchronization therapy: a sub-analysis of the CARE-HF trial. *Eur J Heart Fail* 2009;11:699–705.
247. Friedman DJ, Bao H, Spatz ES, et al. Association Between a Prolonged PR interval and outcomes of cardiac resynchronization therapy: a report from the National Cardiovascular Data Registry. *Circulation* 2016;134:1617–1628.
248. Leclercq C, Kass DA. Retiming the failing heart: principles and current clinical status of cardiac resynchronization. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:194–201.
249. Leclercq C, Hare JM. Ventricular resynchronization: current state of the art. *Circulation* 2004;109:296–299.
250. Patel N, Viles-Gonzalez J, Agnihotri K, et al. Frequency of in-hospital adverse outcomes and cost utilization associated with cardiac resynchronization therapy defibrillator implantation in the United States. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2018;29:1425–1435.
251. Khan NK, Goode KM, Cleland JG, et al. Prevalence of ECG abnormalities in an international survey of patients with suspected or confirmed heart failure at death or discharge. *Eur J Heart Fail* 2007;9:491–501.
252. Cleland JG, McDonagh T, Rigby AS, et al. The national heart failure audit for England and Wales 2008/2009. *Heart* 2011;97:876–886.
253. Lund LH, Braunschweig F, Benson L, et al. Association between demographic, organizational, clinical, and socio-economic characteristics and underutilization of cardiac resynchronization therapy: results from the Swedish Heart Failure Registry. *Eur J Heart Fail* 2017;19:1270–1279.
254. Dickstein K, Normand C, Auricchio A, et al. CRT Survey II: a European Society of Cardiology survey of cardiac resynchronization therapy in 11 088 patients – who is doing what to whom and how? *Eur J Heart Fail* 2018;20:1039–1051.
255. Auricchio A, Stellbrink C, Sack S, et al. Long-term clinical effect of hemodynamically optimized cardiac resynchronization therapy in patients with heart failure and ventricular conduction delay. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:2026–2033.
256. Auricchio A, Stellbrink C, Butter C, et al. Clinical efficacy of cardiac resynchronization therapy using left ventricular pacing in heart failure patients stratified by severity of ventricular conduction delay. *J Am Coll Cardiol* 2003;42:2109–2116.
257. Cazeau S, Leclercq C, Lavergne T, et al. Effects of multisite biventricular pacing in patients with heart failure and intraventricular conduction delay. *N Engl J Med* 2001;344:873–880.
258. Linde C, Leclercq C, Rex S, et al. Long-term benefits of biventricular pacing in congestive heart failure: results from the MULTIsite STimulation in cardiomyopathy (MUSTIC) study. *J Am Coll Cardiol* 2002;40:111–118.
259. Abraham WT, Fisher WG, Smith AL, et al. Cardiac resynchronization in chronic heart failure. *N Engl J Med* 2002;346:1845–1853.
260. Abraham WT, Young JB, Leon AR, et al. Effects of cardiac resynchronization on disease progression in patients with left ventricular systolic dysfunction, an indication for an implantable cardioverter-defibrillator, and mildly symptomatic chronic heart failure. *Circulation* 2004;110:2864–2868.
261. Bristow MR, Saxon LA, Boehmer J, et al. Cardiac resynchronization therapy with or without an implantable defibrillator in advanced chronic heart failure. *N Engl J Med* 2004;350:2140–2150.
262. Cleland JG, Daubert JC, Erdmann E, et al. Longer-term effects of cardiac resynchronization therapy on mortality in heart failure [the CARDiac RESynchronization-Heart Failure (CARE-HF) trial extension phase]. *Eur Heart J* 2006;27:1928–1932.
263. Linde C, Abraham WT, Gold MR, et al. Randomized trial of cardiac resynchronization in mildly symptomatic heart failure patients and in asymptomatic patients with left ventricular dysfunction and previous heart failure symptoms. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:1834–1843.
264. Daubert C, Gold MR, Abraham WT, et al. Prevention of disease progression by cardiac resynchronization therapy in patients with asymptomatic or mildly symptomatic left ventricular dysfunction: insights from the European cohort of the REVERSE (Resynchronization Reverses Remodeling in Systolic Left Ventricular Dysfunction) trial. *J Am Coll Cardiol* 2009;54:1837–1846.
265. Ruschitzka F, Abraham WT, Singh JP, et al. Cardiac resynchronization therapy in heart failure with a narrow QRS complex. *N Engl J Med* 2013;369:1395–1405.
266. Goldenberg I, Kutyla V, Moss AJ. Survival with cardiac-resynchronization therapy. *N Engl J Med* 2014;371:477–478.
267. Cleland JG, Abraham WT, Linde C, 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;34:3547–3556.
268. Leclercq C, Walker S, Linde C, et al. Comparative effects of permanent biventricular and right-univentricular pacing in heart failure patients with chronic atrial fibrillation. *Eur Heart J* 2002;23:1780–1787.
269. Funck RC, Mueller HH, Lunati M, et al. Characteristics of a large sample of candidates for permanent ventricular pacing included in the Biventricular Pacing for Atrioventricular Block to Prevent Cardiac Desynchronization Study (BioPace). *Europace* 2014;16:354–362.
270. Sipahi I, Carrigan TP, Rowland DY, et al. Impact of QRS duration on clinical event reduction with cardiac resynchronization therapy: meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Intern Med* 2011;171:1454–1462.
271. Sipahi I, Chou JC, Hyden M, et al. Effect of QRS morphology on clinical event reduction with cardiac resynchronization therapy: meta-analysis of randomized controlled trials. *Am Heart J* 2012;163:260–267.e263.
272. Cunningham C, Kwok CS, Satchithananda DK, et al. Cardiac resynchronization therapy is not associated with a reduction in mortality or heart failure hospitalization in patients with non-left bundle branch block QRS morphology: meta-analysis of randomised controlled trials. *Heart* 2015;101:1456–1462.
273. Zareba W, Klein H, Cygankiewicz I, et al. Effectiveness of cardiac resynchronization therapy by QRS morphology in the Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial-Cardiac Resynchronization Therapy (MADIT-CRT). *Circulation* 2011;123:1061–1072.
274. Birnie DH, Ha A, Higginson L, et al. Impact of QRS morphology and duration on outcomes after cardiac resynchronization therapy: results from the Resynchronization-Defibrillation for Ambulatory Heart Failure Trial (RAFT). *Circ Heart Fail* 2013;6:1190–1198.
275. Bilchick KC, Kamath S, DiMarco JP, Stukenborg GJ. Bundle-branch block morphology and other predictors of outcome after cardiac resynchronization therapy in Medicare patients. *Circulation* 2010;122:2022–2030.



276. Woods B, Hawkins N, Mealing S, et al. Individual patient data network meta-analysis of mortality effects of implantable cardiac devices. *Heart* 2015;101:1800–1806.
277. Gold MR, Thebault C, Linde C, et al. Effect of QRS duration and morphology on cardiac resynchronization therapy outcomes in mild heart failure: results from the Resynchronization Reverses Remodeling in Systolic Left Ventricular Dysfunction (REVERSE) study. *Circulation* 2012;126:822–829.
278. Fantoni C, Kawabata M, Massaro R, et al. Right and left ventricular activation sequence in patients with heart failure and right bundle branch block: a detailed analysis using three-dimensional non-fluoroscopic electroanatomic mapping system. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2005;16:112–119; discussion 120–121.
279. Nery PB, Ha AC, Keren A, Birnie DH. Cardiac resynchronization therapy in patients with left ventricular systolic dysfunction and right bundle branch block: a systematic review. *Heart Rhythm* 2011;8:1083–1087.
280. Kutyla V, Stockburger M, Daubert JP, et al. PR interval identifies clinical response in patients with non-left bundle branch block: a Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial-Cardiac Resynchronization Therapy substudy. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2014;7:645–651.
281. Kewcharoen J, Kanitsoraphan C. Prolonged PR interval and outcome in cardiac resynchronization therapy. *Arq Bras Cardiol* 2019;113:109–110.
282. Steffel J, Robertson M, Singh JP, et al. The effect of QRS duration on cardiac resynchronization therapy in patients with a narrow QRS complex: a subgroup analysis of the EchoCRT trial. *Eur Heart J* 2015;36:1983–1989.
283. Arshad A, Moss AJ, Foster E, et al. Cardiac resynchronization therapy is more effective in women than in men: the MADIT-CRT (Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial with Cardiac Resynchronization Therapy) trial. *J Am Coll Cardiol* 2011;57:813–820.
284. Zusterzeel R, Selzman KA, Sanders WE, et al. Cardiac resynchronization therapy in women: US Food and Drug Administration meta-analysis of patient-level data. *JAMA Intern Med* 2014;174:1340–1348.
285. Zweerink A, Friedman DJ, Klem I, et al. Size Matters: Normalization of QRS duration to left ventricular dimension improves prediction of long-term cardiac resynchronization therapy outcome. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2018;11:e006767.
286. Strauss DG, Selvester RH, Wagner GS. Defining left bundle branch block in the era of cardiac resynchronization therapy. *Am J Cardiol* 2011;107:927–934.
287. Lee AWC, O'Regan DP, Gould J, et al. Sex-dependent QRS guidelines for cardiac resynchronization therapy using computer model predictions. *Biophys J* 2019;117:2375–2381.
288. Caputo ML, van Stipdonk A, Illner A, et al. The definition of left bundle branch block influences the response to cardiac resynchronization therapy. *Int J Cardiol* 2018;269:165–169.
289. van Stipdonk AMW, Vanbelle S, Ter Horst IAH, et al. Large variability in clinical judgement and definitions of left bundle branch block to identify candidates for cardiac resynchronization therapy. *Int J Cardiol* 2019;286:61–65.
290. Tomlinson DR, Bashir Y, Betts TR, Rajappan K. Accuracy of manual QRS duration assessment: its importance in patient selection for cardiac resynchronization and implantable cardioverter defibrillator therapy. *Europace* 2009;11:638–642.
291. Vancura V, Wichterle D, Ulic I, et al. The variability of automated QRS duration measurement. *Europace* 2017;19:636–643.
292. Sze E, Samad Z, Dunning A, et al. Impaired recovery of left ventricular function in patients with cardiomyopathy and left bundle branch block. *J Am Coll Cardiol* 2018;71:306–317.
293. Swedberg K, Komajda M, Bohm M, et al.; SHIFT Investigators. Ivabradine and outcomes in chronic heart failure (SHIFT): a randomised placebo-controlled study. *Lancet* 2010;376:875–885.
294. McMurray JJ, Packer M, Desai AS, et al.; PARADIGM-HF Investigators Committees. Angiotensin-neprilysin inhibition versus enalapril in heart failure. *N Engl J Med* 2014;371:993–1004.
295. Nijst P, Martens P, Dauw J, et al. Withdrawal of neurohumoral blockade after cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2020;75:1426–1438.
296. Mullens W, Auricchio A, Martens P, et al. Optimized implementation of cardiac resynchronization therapy: a call for action for referral and optimization of care: a joint position statement from the Heart Failure Association (HFA), European Heart Rhythm Association (EHRA), and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail* 2020;22:2349–2369.
297. Hindricks G, Potpara T, Dagres N, et al.; ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association of Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J* 2020;42:373–498.
298. Ousdigian KT, Borek PP, Koehler JL, et al. The epidemic of inadequate biventricular pacing in patients with persistent or permanent atrial fibrillation and its association with mortality. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2014;7:370–376.
299. Koplan BA, Kaplan AJ, Weiner S, et al. Heart failure decompensation and all-cause mortality in relation to percent biventricular pacing in patients with heart failure: is a goal of 100% biventricular pacing necessary? *J Am Coll Cardiol* 2009;53:355–360.
300. Hayes DL, Boehmer JP, Day JD, et al. Cardiac resynchronization therapy and the relationship of percent biventricular pacing to symptoms and survival. *Heart Rhythm* 2011;8:1469–1475.
301. Healey JS, Hohnloser SH, Exner DV, et al. Cardiac resynchronization therapy in patients with permanent atrial fibrillation: results from the Resynchronization for Ambulatory Heart Failure Trial (RAFT). *Circ Heart Fail* 2012;5:566–570.
302. Ganesan AN, Brooks AG, Roberts-Thomson KC, et al. Role of AV nodal ablation in cardiac resynchronization in patients with coexistent atrial fibrillation and heart failure: a systematic review. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:719–726.
303. Gasparini M, Leclercq C, Lunati M, et al. Cardiac resynchronization therapy in patients with atrial fibrillation: the CERTIFY study (Cardiac Resynchronization Therapy in Atrial Fibrillation Patients Multinational Registry). *JACC Heart Fail* 2013;1:500–507.
304. Kotecha D, Holmes J, Krum H, et al.; Beta-Blockers in Heart Failure Collaborative Group. Efficacy of beta blockers in -patients with heart failure plus atrial fibrillation: an individual-patient data meta-analysis. *Lancet* 2014;384:2235–2243.
305. Ziff OJ, Samra M, Howard JP, et al. Beta-blocker efficacy across different cardiovascular indications: an umbrella review and meta-analytic assessment. *BMC Med* 2020;18:103.
306. Docherty KF, Shen L, Castagno D, et al. Relationship between heart rate and outcomes in patients in sinus rhythm or atrial fibrillation with heart failure and reduced ejection fraction. *Eur J Heart Fail* 2020;22:528–538.
307. Yin J, Hu H, Wang Y, et al. Effects of atrioventricular nodal ablation on permanent atrial fibrillation patients with cardiac resynchronization therapy: a systematic review and meta-analysis. *Clin Cardiol* 2014;37:707–715.
308. Tolosana JM, Arnau AM, Madrid AH, et al. Cardiac resynchronization therapy in patients with permanent atrial fibrillation. Is it mandatory to ablate the atrioventricular junction to obtain a good response? *Eur J Heart Fail* 2012;14:635–641.
309. Tolosana JM, Trucco E, Khatib M, et al. Complete atrioventricular block does not reduce long-term mortality in patients with permanent atrial fibrillation treated with cardiac resynchronization therapy. *Eur J Heart Fail* 2013;15:1412–1418.
310. Kamath GS, Cotiga D, Koneru JN, et al. The utility of 12-lead Holter monitoring in patients with permanent atrial fibrillation for the identification of non-responders after cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2009;53:1050–1055.
311. Hernandez-Madrid A, Facchin D, Klepfer RN, et al. Device pacing diagnostics overestimate effective cardiac resynchronization therapy pacing results of the hOLter for Efficacy analysis of CRT (OLE CRT) study. *Heart Rhythm* 2017;14:541–547.

312. Plummer CJ, Frank CM, Bari Z, et al. A novel algorithm increases the delivery of effective cardiac resynchronization therapy during atrial fibrillation: The CRTee randomized crossover trial. *Heart Rhythm* 2018;15:369–375.
313. Tops LF, Schalij MJ, Holman ER, et al. Right ventricular pacing can induce ventricular dyssynchrony in patients with atrial fibrillation after atrioventricular node ablation. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1642–1648.
314. Brignole M, Botto G, Mont L, et al. Cardiac resynchronization therapy in patients undergoing atrioventricular junction ablation for permanent atrial fibrillation: a randomized trial. *Eur Heart J* 2011;32:2420–2429.
315. Brignole M, Botto GL, Mont L, et al. Predictors of clinical efficacy of 'Ablate and Pace' therapy in patients with permanent atrial fibrillation. *Heart* 2012;98:297–302.
316. Stavrakis S, Garabelli P, Reynolds DW. Cardiac resynchronization therapy after atrioventricular junction ablation for symptomatic atrial fibrillation: a meta-analysis. *Europace* 2012;14:1490–1497.
317. Sharma PS, Vijayaraman P, Ellenbogen KA. Permanent His bundle pacing: shaping the future of physiological ventricular pacing. *Nat Rev Cardiol* 2020;17:22–36.
318. Huang W, Su L, Wu S, et al. A Novel pacing strategy with low and stable output: pacing the left bundle branch immediately beyond the conduction block. *Can J Cardiol* 2017;33:1736.e1–1736.e73.
319. Sharma PS, Dandamudi G, Herweg B, et al. Permanent His-bundle pacing as an alternative to biventricular pacing for cardiac resynchronization therapy: a multicenter experience. *Heart Rhythm* 2018;15:413–420.
320. Vijayaraman P, Herweg B, Ellenbogen KA, Gajek J. His-optimized cardiac resynchronization therapy to maximize electrical resynchronization: a feasibility study. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2019;12:e006934.
321. Boczar K, Sławuta A, Ząbek A, et al. Cardiac resynchronization therapy with His bundle pacing. *Pacing Clin Electrophysiol* 2019;42:374–380.
322. Coluccia G, Vitale E, Corallo S, et al. Additional benefits of nonconventional modalities of cardiac resynchronization therapy using His bundle pacing. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2020;31:647–657.
323. Kirchhof P, Benussi S, Kotecha D, et al. 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *Eur Heart J* 2016;37:2893–2962.
324. Yu CM, Chan JY, Zhang Q, et al. Biventricular pacing in patients with bradycardia and normal ejection fraction. *N Engl J Med* 2009;361:2123–2134.
325. Tanaka H, Hara H, Adelstein EC, et al. Comparative mechanical activation mapping of RV pacing to LBBB by 2D and 3D speckle tracking and association with response to resynchronization therapy. *JACC Cardiovasc Imaging* 2010;3:461–471.
326. Marai I, Gurevitz O, Carasso S, et al. Improvement of congestive heart failure by upgrading of conventional to resynchronization pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol* 2006;29:880–884.
327. Witte KK, Pipes RR, Nanthakumar K, Parker JD. Biventricular pacemaker upgrade in previously paced heart failure patients—improvements in ventricular dyssynchrony. *J Card Fail* 2006;12:199–204.
328. Duray GZ, Israel CW, Pajitnev D, Hohnloser SH. Upgrading to biventricular pacing/defibrillation systems in right ventricular paced congestive heart failure patients: prospective assessment of procedural parameters and response rate. *Europace* 2008;10:48–52.
329. Nagele H, Dodeck J, Behrens S, et al. Hemodynamics and prognosis after primary cardiac resynchronization system implantation compared to 'upgrade' procedures. *Pacing Clin Electrophysiol* 2008;31:1265–1271.
330. Foley PW, Muhyaldeh SA, Chail S, et al. Long-term effects of upgrading from right ventricular pacing to cardiac resynchronization therapy in patients with heart failure. *Europace* 2009;11:495–501.
331. Wokhlu A, Rea RF, Asirvatham SJ, et al. Upgrade and de novo cardiac resynchronization therapy: impact of paced or intrinsic QRS morphology on outcomes and survival. *Heart Rhythm* 2009;6:1439–1447.
332. Fröhlich G, Steffel J, Hürlimann D, et al. Upgrading to resynchronization therapy after chronic right ventricular pacing improves left ventricular remodelling. *Eur Heart J* 2010;31:1477–1485.
333. Paparella G, Sciarra L, Capulzini L, et al. Long-term effects of upgrading to biventricular pacing: differences with cardiac resynchronization therapy as primary indication. *Pacing Clin Electrophysiol* 2010;33:841–849.
334. Bogale N, Witte K, Priori S, et al. The European Cardiac Resynchronization Therapy Survey: comparison of outcomes between de novo cardiac resynchronization therapy implantations and upgrades. *Eur J Heart Fail* 2011;13:974–983.
335. Gage RM, Burns KV, Bank AJ. Echocardiographic and clinical response to cardiac resynchronization therapy in heart failure patients with and without previous right ventricular pacing. *Eur J Heart Fail* 2014;16:1199–1205.
336. Tayal B, Gorcsan J 3rd, Delgado-Montero A, et al. Comparative long-term outcomes after cardiac resynchronization therapy in right ventricular paced patients versus native wide left bundle branch block patients. *Heart Rhythm* 2016;13:511–518.
337. Ter Horst IA, Kuijpers Y, van't Sant J, et al. 'Are CRT upgrade procedures more complex and associated with more complications than de novo CRT implantations?' A single centre experience. *Neth Heart J* 2016;24:75–81.
338. Lipar L, Srivathsan K, Scott LR. Short-term outcome of cardiac resynchronization therapy – a comparison between newly implanted and chronically right ventricle-paced patients. *Int J Cardiol* 2016;219:195–199.
339. Vámos M, Erath JW, Bari Z, et al. Effects of upgrade versus de novo cardiac resynchronization therapy on clinical response and long-term survival: results from a multicenter study. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2017;10:e004471.
340. Cheung JW, Ip JE, Markowitz SM, et al. Trends and outcomes of cardiac resynchronization therapy upgrade procedures: a comparative analysis using a United States National Database 2003–2013. *Heart Rhythm* 2017;14:1043–1050.
341. Leon AR, Greenberg JM, Kanuru N, et al. Cardiac resynchronization in patients with congestive heart failure and chronic atrial fibrillation: effect of upgrading to biventricular pacing after chronic right ventricular pacing. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:1258–1263.
342. Baker CM, Christopher TJ, Smith PF, et al. Addition of a left ventricular lead to conventional pacing systems in patients with congestive heart failure: feasibility, safety, and early results in 60 consecutive patients. *Pacing Clin Electrophysiol* 2002;25:1166–1171.
343. Valls-Bertault V, Fatemi M, Gilard M, et al. Assessment of upgrading to biventricular pacing in patients with right ventricular pacing and congestive heart failure after atrioventricular junctional ablation for chronic atrial fibrillation. *Europace* 2004;6:438–443.
344. Eldadah ZA, Rosen B, Hay I, et al. The benefit of upgrading chronically right ventricle-paced heart failure patients to resynchronization therapy demonstrated by strain rate imaging. *Heart Rhythm* 2006;3:435–442.
345. Shimano M, Tsuji Y, Yoshida Y, et al. Acute and chronic effects of cardiac resynchronization in patients developing heart failure with long-term pacemaker therapy for acquired complete atrioventricular block. *Europace* 2007;9:869–874.
346. Laurenzi F, Achilli A, Avella A, et al. Biventricular upgrading in patients with conventional pacing system and congestive heart failure: results and response predictors. *Pacing Clin Electrophysiol* 2007;30:1096–1104.
347. Vatankulu MA, Goktekin O, Kaya MG, et al. Effect of long-term resynchronization therapy on left ventricular remodeling in pacemaker patients upgraded to biventricular devices. *Am J Cardiol* 2009;103:1280–1284.
348. Hoijer CJ, Meurling C, Brandt J. Upgrade to biventricular pacing in patients with conventional pacemakers and heart failure: a double-blind, randomized crossover study. *Europace* 2006;8:51–55.
349. Delnoy PP, Ottervanger JP, Vos DH, et al. Upgrading to biventricular pacing guided by pressure-volume loop analysis during implantation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2011;22:677–683.

350. van Geldorp IE, Vernooij K, Delhaas T, et al. Beneficial effects of biventricular pacing in chronically right ventricular paced patients with mild cardiomyopathy. *Europace* 2010;12:223–229.
351. Leclercq C, Cazeau S, Lellouche D, et al. Upgrading from single chamber right ventricular to biventricular pacing in permanently paced patients with worsening heart failure: the RD-CHF Study. *Pacing Clin Electrophysiol* 2007;30(Suppl 1):S23–S30.
352. Kosztin A, Vámos M, Aradi D, et al. De novo implantation vs. upgrade cardiac resynchronization therapy: a systematic review and meta-analysis. *Heart Fail Rev* 2018;23:15–26.
353. Linde CM, Normand C, Bogale N, et al. Upgrades from a previous device compared to de novo cardiac resynchronization therapy in the European Society of Cardiology CRT Survey II. *Eur J Heart Fail* 2018;20:1457–1468.
354. Raatikainen MJP, Arnar DO, Merkely B, et al. A decade of information on the use of cardiac implantable electronic devices and interventional electrophysiological procedures in the European Society of Cardiology Countries: 2017 report from the European Heart Rhythm Association. *Europace* 2017;19:ii1–ii90.
355. Kirkfeldt RE, Johansen JB, Nohr EA, et al. Complications after cardiac implantable electronic device implantations: an analysis of a complete, nationwide cohort in Denmark. *Eur Heart J* 2014;35:1186–1194.
356. Boriani G, Diemberger I. Cardiac resynchronization therapy in the real world: need to upgrade outcome research. *Eur J Heart Fail* 2018;20:1469–1471.
357. Merkely B, Kosztin A, Roka A, et al. Rationale and design of the BUDAPEST-CRT Upgrade Study: a prospective, randomized, multicentre clinical trial. *Europace* 2017;19:1549–1555.
358. Kindermann M, Hennen B, Jung J, et al. Biventricular versus conventional right ventricular stimulation for patients with standard pacing indication and left ventricular dysfunction: the Homburg Biventricular Pacing Evaluation (HOBIPACE). *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1927–1937.
359. Martinelli Filho M, de Siqueira SF, Costa R, et al. Conventional versus biventricular pacing in heart failure and bradyarrhythmia: the COMBAT study. *J Card Fail* 2010;16:293–300.
360. Yu CM, Fang F, Luo XX, et al. Long-term follow-up results of the pacing to avoid cardiac enlargement (PACE) trial. *Eur J Heart Fail* 2014;16:1016–1025.
361. Albertsen AE, Mortensen PT, Jensen HK, et al. Adverse effect of right ventricular pacing prevented by biventricular pacing during long-term follow-up: a randomized comparison. *Eur J Echocardiogr* 2011;12:767–772.
362. Chung ES, St John Sutton MG, Mealing S, et al. Economic value and cost-effectiveness of biventricular versus right ventricular pacing: results from the BLOCK-HF study. *J Med Econ* 2019;22:1088–1095.
363. Orlov MV, Gardin JM, Slawsky M, et al. Biventricular pacing improves cardiac function and prevents further left atrial remodeling in patients with symptomatic atrial fibrillation after atrioventricular node ablation. *Am Heart J* 2010;159:264–270.
364. Carson P, Anand I, O'Connor C, et al. Mode of death in advanced heart failure: the Comparison of Medical, Pacing, and Defibrillation Therapies in Heart Failure (COMPANION) trial. *J Am Coll Cardiol* 2005;46:2329–2334.
365. Barsheshet A, Wang PJ, Moss AJ, et al. Reverse remodeling and the risk of ventricular tachyarrhythmias in the MADIT-CRT (Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial-Cardiac Resynchronization Therapy). *J Am Coll Cardiol* 2011;57:2416–2423.
366. Gold MR, Linde C, Abraham WT, et al. The impact of cardiac resynchronization therapy on the incidence of ventricular arrhythmias in mild heart failure. *Heart Rhythm* 2011;8:679–684.
367. Sapp JL, Parkash R, Wells GA, et al. Cardiac resynchronization therapy reduces ventricular arrhythmias in primary but not secondary prophylactic implantable cardioverter defibrillator patients: insight from the Resynchronization in Ambulatory Heart Failure trial. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2017;10:e004875.
368. Kutyifa V, Moss AJ, Solomon SD, et al. Reduced risk of life-threatening ventricular tachyarrhythmias with cardiac resynchronization therapy: relationship to left ventricular ejection fraction. *Eur J Heart Fail* 2015;17:971–978.
369. Gold MR, Daubert JC, Abraham WT, et al. Implantable defibrillators improve survival in patients with mildly symptomatic heart failure receiving cardiac resynchronization therapy: analysis of the long-term follow-up of remodeling in systolic left ventricular dysfunction (REVERSE). *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2013;6:1163–1168.
370. Al-Majed NS, McAlister FA, Bakal JA, Ezekowitz JA. Meta-analysis: cardiac resynchronization therapy for patients with less symptomatic heart failure. *Ann Intern Med* 2011;154:401–412.
371. Lam SK, Owen A. Combined resynchronisation and implantable defibrillator therapy in left ventricular dysfunction: Bayesian network meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ* 2007;335:925.
372. Kutyifa V, Geller L, Bogyi P, et al. Effect of cardiac resynchronization therapy with implantable cardioverter defibrillator versus cardiac resynchronization therapy with pacemaker on mortality in heart failure patients: results of a high-volume, single-centre experience. *Eur J Heart Fail* 2014;16:1323–1330.
373. Barra S, Boveda S, Providencia R, et al. Adding defibrillation therapy to cardiac resynchronization on the basis of the myocardial substrate. *J Am Coll Cardiol* 2017;69:1669–1678.
374. Leyva F, Zegard A, Umar F, et al. Long-term clinical outcomes of cardiac resynchronization therapy with or without defibrillation: impact of the aetiology of cardiomyopathy. *Europace* 2018;20:1804–1812.
375. Kober L, Thune JJ, Nielsen JC, et al.; DANISH Investigators. Defibrillator implantation in patients with nonischemic systolic heart failure. *N Engl J Med* 2016;375:1221–1230.
376. Leyva F, Zegard A, Okafor O, et al. Survival after cardiac resynchronization therapy: results from 50 084 implantations. *Europace* 2019;21:754–762.
377. Gras M, Bisson A, Bodin A, et al. Mortality and cardiac resynchronization therapy with or without defibrillation in primary prevention. *Europace* 2020;22:1224–1233.
378. Marijon E, Leclercq C, Narayanan K, et al. Causes-of-death analysis of patients with cardiac resynchronization therapy: an analysis of the CeRTiTuDe cohort study. *Eur Heart J* 2015;36:2767–2776.
379. Morani G, Gasparini M, Zanon F, et al. Cardiac resynchronization therapy-defibrillator improves long-term survival compared with cardiac resynchronization therapy-pacemaker in patients with a class IA indication for cardiac resynchronization therapy: data from the Contak Italian Registry. *Europace* 2013;15:1273–1279.
380. Acosta J, Fernandez-Armenta J, Borrás R, et al. Scar characterization to predict life-threatening arrhythmic events and sudden cardiac death in patients with cardiac resynchronization therapy: the GAUDI-CRT study. *JACC Cardiovasc Imaging* 2018;11:561–572.
381. Leyva F, Zegard A, Acquaye E, et al. Outcomes of cardiac resynchronization therapy with or without defibrillation in patients with nonischemic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2017;70:1216–1227.
382. Cleland JG, Freemantle N, Erdmann E, et al. Long-term mortality with cardiac resynchronization therapy in the Cardiac Resynchronization-Heart Failure (CARE-HF) trial. *Eur J Heart Fail* 2012;14:628–634.
383. Barra S, Looi KL, Gajendragadkar PR, et al. Applicability of a risk score for prediction of the long-term benefit of the implantable cardioverter defibrillator in patients receiving cardiac resynchronization therapy. *Europace* 2016;18:1187–1193.
384. Goldenberg I, Vyas AK, Hall WJ, et al.; MADIT-II Investigators. Risk stratification for primary implantation of a cardioverter-defibrillator in patients with ischemic left ventricular dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 2008;51:288–296.
385. Lumens J, Tayal B, Walmsley J, et al. Differentiating electromechanical from non-electrical substrates of mechanical discoordination to identify responders to



- cardiac resynchronization therapy. *Circ Cardiovasc Imaging* 2015;8:e003744.
386. Ploux S, Lumens J, Whinnett Z, et al. Noninvasive electrocardiographic mapping to improve patient selection for cardiac resynchronization therapy: beyond QRS duration and left bundle branch block morphology. *J Am Coll Cardiol* 2013;61:2435–2443.
  387. Parsai C, Bijns B, Sutherland GR, et al. Toward understanding response to cardiac resynchronization therapy: left ventricular dyssynchrony is only one of multiple mechanisms. *Eur Heart J* 2009;30:940–949.
  388. Adelstein EC, Tanaka H, Soman P, et al. Impact of scar burden by single-photon emission computed tomography myocardial perfusion imaging on patient outcomes following cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J* 2011;32:93–103.
  389. Taylor RJ, Umar F, Panting JR, et al. Left ventricular lead position, mechanical activation, and myocardial scar in relation to left ventricular reverse remodeling and clinical outcomes after cardiac resynchronization therapy: a feature-tracking and contrast-enhanced cardiovascular magnetic resonance study. *Heart Rhythm* 2016;13:481–489.
  390. Saba S, Marek J, Schwartzman D, et al. Echocardiography-guided left ventricular lead placement for cardiac resynchronization therapy: results of the Speckle Tracking Assisted Resynchronization Therapy for Electrode Region trial. *Circ Heart Fail* 2013;6:427–434.
  391. Stephansen C, Sommer A, Kronborg MB, et al. Electrically vs. imaging-guided left ventricular lead placement in cardiac resynchronization therapy: a randomized controlled trial. *Europace* 2019;21:1369–1377.
  392. Delgado-Montero A, Tayal B, Goda A, et al. Additive prognostic value of echocardiographic global longitudinal and global circumferential strain to electrocardiographic criteria in patients with heart failure undergoing cardiac resynchronization therapy. *Circ Cardiovasc Imaging* 2016;9:e004241.
  393. Gorcsan J 3rd, Anderson CP, Tayal B, et al. Systolic stretch characterizes the electromechanical substrate responsive to cardiac resynchronization therapy. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019;12:1741–1752.
  394. Khidir MJH, Abou R, Yilmaz D, et al. Prognostic value of global longitudinal strain in heart failure patients treated with cardiac resynchronization therapy. *Heart Rhythm* 2018;15:1533–1539.
  395. Donal E, Delgado V, Bucciarelli-Ducci C, et al.; EACVI Scientific Documents Committee. Multimodality imaging in the diagnosis, risk stratification, and management of patients with dilated cardiomyopathies: an expert consensus document from the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2019;20:1075–1093.
  396. Bleeker GB, Kaandorp TA, Lamb HJ, et al. Effect of posterolateral scar tissue on clinical and echocardiographic improvement after cardiac resynchronization therapy. *Circulation* 2006;113:969–976.
  397. Ypenburg C, Roes SD, Bleeker GB, et al. Effect of total scar burden on contrast-enhanced magnetic resonance imaging on response to cardiac resynchronization therapy. *Am J Cardiol* 2007;99:657–660.
  398. van der Bijl P, Khidir M, Ajmone Marsan N, et al. Effect of functional mitral regurgitation on outcome in patients receiving cardiac resynchronization therapy for heart failure. *Am J Cardiol* 2019;123:75–83.
  399. Leong DP, Hoke U, Delgado V, et al. Right ventricular function and survival following cardiac resynchronisation therapy. *Heart* 2013;99:722–728.
  400. Chung ES, Leon AR, Tavazzi L, et al. Results of the Predictors of Response to CRT (PROSPECT) trial. *Circulation* 2008;117:2608–2616.
  401. Beela AS, Unlu S, Duchenne J, et al. Assessment of mechanical dyssynchrony can improve the prognostic value of guideline-based patient selection for cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2019;20:66–74.
  402. Delgado V, Ypenburg C, van Bommel RJ, et al. Assessment of left ventricular dyssynchrony by speckle tracking strain imaging comparison between longitudinal, circumferential, and radial strain in cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2008;51:1944–1952.
  403. Risum N, Tayal B, Hansen TF, et al. Identification of typical left bundle branch block contraction by strain echocardiography is additive to electrocardiography in prediction of long-term outcome after cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2015;66:631–641.
  404. Leenders GE, Lumens J, Cramer MJ, et al. Septal deformation patterns delineate mechanical dyssynchrony and regional differences in contractility: analysis of patient data using a computer model. *Circ Heart Fail* 2012;5:87–96.
  405. Mafi-Rad M, Van't Sant J, Blaauw Y, et al. Regional left ventricular electrical activation and peak contraction are closely related in candidates for cardiac resynchronization therapy. *JACC Clin Electrophysiol* 2017;3:854–862.
  406. Maass AH, Verhooy K, Wijers SC, et al. Refining success of cardiac resynchronization therapy using a simple score predicting the amount of reverse ventricular remodelling: results from the Markers and Response to CRT (MARC) study. *Europace* 2018;20:e1–e10.
  407. van der Bijl P, Vo NM, Kostyukevich MV, et al. Prognostic implications of global, left ventricular myocardial work efficiency before cardiac resynchronization therapy. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2019;20:1388–1394.
  408. Khan FZ, Virdee MS, Palmer CR, et al. Targeted left ventricular lead placement to guide cardiac resynchronization therapy: the TARGET study: a randomized, controlled trial. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:1509–1518.
  409. Sommer A, Kronborg MB, Norgaard BL, et al. Multimodality imaging-guided left ventricular lead placement in cardiac resynchronization therapy: a randomized controlled trial. *Eur J Heart Fail* 2016;18:1365–1374.
  410. Cikes M, Sanchez-Martinez S, Claggett B, et al. Machine learning-based phenotyping in heart failure to identify responders to cardiac resynchronization therapy. *Eur J Heart Fail* 2019;21:74–85.
  411. Di Biase L, Auricchio A, Mohanty P, et al. Impact of cardiac resynchronization therapy on the severity of mitral regurgitation. *Europace* 2011;13:829–838.
  412. Auricchio A, Schillinger W, Meyer S, et al. Correction of mitral regurgitation in nonresponders to cardiac resynchronization therapy by MitraClip improves symptoms and promotes reverse remodeling. *J Am Coll Cardiol* 2011;58:2183–2189.
  413. D'Ancona G, Ince H, Schillinger W, et al. Percutaneous treatment of mitral regurgitation in patients with impaired ventricular function: impact of intracardiac electronic devices (from the German Transcatheter Mitral Valve Interventions Registry). *Catheter Cardiovasc Interv* 2019;94:755–763.
  414. Giaimo VL, Zappulla P, Cirasa A, et al. Long-term clinical and echocardiographic outcomes of Mitraclip therapy in patients nonresponders to cardiac resynchronization. *Pacing Clin Electrophysiol* 2018;41:65–72.
  415. Seifert M, Schau T, Schoepp M, et al. MitraClip in CRT non-responders with severe mitral regurgitation. *Int J Cardiol* 2014;177:79–85.
  416. Obadia JF, Messika-Zeitoun D, Leurent G, et al.; MITRA-FR Investigators. Percutaneous repair or medical treatment for secondary mitral regurgitation. *N Engl J Med* 2018;379:2297–2306.
  417. Stone GW, Lindenfeld J, Abraham WT, et al.; MACK MJ, COAPT Investigators. Transcatheter mitral-valve repair in patients with heart failure. *N Engl J Med* 2018;379:2307–2318.
  418. Kaye GC, Linker NJ, Marwick TH, et al.; Protect-Pace trial investigators. Effect of right ventricular pacing lead site on left ventricular function in patients with high-grade atrioventricular block: results of the Protect-Pace study. *Eur Heart J* 2015;36:856–862.
  419. Leclercq C, Sadoul N, Mont L, et al.; SEPTAL CRT Study Investigators. Comparison of right ventricular septal pacing and right ventricular apical pacing in patients receiving cardiac resynchronization therapy defibrillators: the SEPTAL CRT Study. *Eur Heart J* 2016;37:473–483.
  420. Hussain MA, Furuya-Kanamori L, Kaye G, et al. The Effect of right ventricular apical and nonapical pacing on the short- and long-term changes in left ventricular ejection fraction:



- a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. *Pacing Clin Electrophysiol* 2015;38:1121–1136.
421. Cano O, Andres A, Alonso P, et al. Incidence and predictors of clinically relevant cardiac perforation associated with systematic implantation of active-fixation pacing and defibrillation leads: a single-centre experience with over 3800 implanted leads. *Europace* 2017;19:96–102.
  422. Sommer A, Kronborg MB, Norgaard BL, et al. Left and right ventricular lead positions are imprecisely determined by fluoroscopy in cardiac resynchronization therapy: a comparison with cardiac computed tomography. *Europace* 2014;16:1334–1341.
  423. Zanon F, Ellenbogen KA, Dandamudi G, et al. Permanent His-bundle pacing: a systematic literature review and meta-analysis. *Europace* 2018;20:1819–1826.
  424. Keene D, Arnold AD, Jastrzebski M, et al. His bundle pacing, learning curve, procedure characteristics, safety, and feasibility: insights from a large international observational study. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2019;30:1984–1993.
  425. 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;15:460–468.
  426. Burri H, Jastrzebski M, Vijayaraman P. ECG analysis for His bundle pacing at implantation and follow-up. *JACC Clin Electrophysiol* 2020;6:883–900.
  427. Teigeler T, Kolominsky J, Vo C, Shepard RK, et al. Intermediate term performance and safety of His bundle pacing leads: a single center experience. *Heart Rhythm* 2021;18:743–749.
  428. Vijayaraman P, Naperkowski A, Subzposh FA, et al. Permanent His-bundle pacing: long-term lead performance and clinical outcomes. *Heart Rhythm* 2018;15:696–702.
  429. Zanon F, Abdelrahman M, Marcantoni L, et al. Long term performance and safety of His bundle pacing: a multicenter experience. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2019;30:1594–1601.
  430. Kirkfeldt RE, Johansen JB, Nohr EA, et al. Risk factors for lead complications in cardiac pacing: a population-based cohort study of 28,860 Danish patients. *Heart Rhythm* 2011;8:1622–1628.
  431. Starr N, Dayal N, Domenichini G, et al. Electrical parameters with His-bundle pacing: considerations for automated programming. *Heart Rhythm* 2019;16:1817–1824.
  432. Burri H, Keene D, Whinnett Z, et al. Device programming for His bundle pacing. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2019;12:e006816.
  433. Lustgarten DL, Sharma PS, Vijayaraman P. Troubleshooting and programming considerations for His bundle pacing. *Heart Rhythm* 2019;16:654–662.
  434. Vijayaraman P, Naperkowski A, Ellenbogen KA, Dandamudi G. Electrophysiologic insights into site of atrioventricular block. *JACC Clin Electrophysiol* 2015;1:571–581.
  435. Su L, Cai M, Wu S, et al. Long-term performance and risk factors analysis after permanent His-bundle pacing and atrioventricular node ablation in patients with atrial fibrillation and heart failure. *Europace* 2020;22:ii19–ii26.
  436. Narula OS. Longitudinal dissociation in the His bundle. Bundle branch block due to asynchronous conduction within the His bundle in man. *Circulation* 1977;56:996–1006.
  437. Upadhyay GA, Cherian T, Shatz DY, et al. Intracardiac delineation of septal conduction in left bundle-branch block patterns. *Circulation* 2019;139:1876–1888.
  438. Upadhyay GA, Vijayaraman P, Nayak HM, et al. His corrective pacing or biventricular pacing or cardiac resynchronization in heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2019;74:157–159.
  439. Upadhyay GA, Vijayaraman P, Nayak HM, et al.; His-Sync Investigators. On-treatment comparison between corrective His bundle pacing and biventricular pacing for cardiac resynchronization: a secondary analysis of the His-SYNC Pilot Trial. *Heart Rhythm* 2019;16:1797–1807.
  440. Lustgarten DL, Crespo EM, Arkhipova-Jenkins I, et al. His-bundle pacing versus biventricular pacing in cardiac resynchronization therapy patients: a crossover design comparison. *Heart Rhythm* 2015;12:1548–1557.
  441. Giraldo F, Cattadori G, Roberto M, et al. Long-term effectiveness of cardiac resynchronization therapy in heart failure patients with unfavorable cardiac veins anatomy: comparison of surgical versus hemodynamic procedure. *J Am Coll Cardiol* 2011;58:483–490.
  442. Sharma PS, Naperkowski A, Bauch TD, et al. Permanent His bundle pacing for cardiac resynchronization therapy in patients with heart failure and right bundle branch block. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2018;11:e006613.
  443. Huang W, Chen X, Su L, et al. A beginner's guide to permanent left bundle branch pacing. *Heart Rhythm* 2019;16:1791–1796.
  444. Barba-Pichardo R, Manovel Sanchez A, Fernandez-Gomez JM, et al. Ventricular resynchronization therapy by direct His-bundle pacing using an internal cardioverter defibrillator. *Europace* 2013;15:83–88.
  445. Zweerink A, Bakelants E, Stettler C, Burri H. Cryoablation vs. radiofrequency ablation of the atrioventricular node in patients with His-bundle pacing. *Europace* 2020;23:421–430.
  446. Valiton V, Graf D, Pruvot E, et al. Leadless pacing using the transcatheter pacing system (Micra TPS) in the real world: initial Swiss experience from the Romandie region. *Europace* 2019;21:275–280.
  447. Defaye P, Klug D, Anselme F, et al. Recommendations for the implantation of leadless pacemakers from the French Working Group on Cardiac Pacing and Electrophysiology of the French Society of Cardiology. *Arch Cardiovasc Dis* 2018;111:53–58.
  448. Leadless cardiac pacemaker therapy: design of pre-and post-market clinical studies. Recommendations from MHRA Expert Advisory Group. Version 3: Updated January 2021. [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/956252/Leadless-EAG-guidance.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/956252/Leadless-EAG-guidance.pdf) (25 May 2021)
  449. Steinwender C, Khelae SK, Garweg C, et al. Atrioventricular synchronous pacing using a leadless ventricular pacemaker: results from the MARVEL 2 study. *JACC Clin Electrophysiol* 2019;6:94–106.
  450. Beurskens NE, Tjong FV, Knops RE. End-of-life management of leadless cardiac pacemaker therapy. *Arrhythm Electrophysiol Rev* 2017;6:129–133.
  451. El-Chami MF, Johansen JB, Zaidi A, et al. Leadless pacemaker implant in patients with pre-existing infections: results from the Micra post-approval registry. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2019;30:569–574.
  452. Zimetbaum PJ, Josephson ME. Use of the electrocardiogram in acute myocardial infarction. *N Engl J Med* 2003;348:933–940.
  453. Pejkovic B, Krajnc I, Anderhuber F, Kosutic D. Anatomical aspects of the arterial blood supply to the sinoatrial and atrioventricular nodes of the human heart. *J Int Med Res* 2008;36:691–698.
  454. Ritter WS, Atkins JM, Blomqvist CG, Mullins CB. Permanent pacing in patients with transient trifascicular block during acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1976;38:205–208.
  455. Ginks WR, Sutton R, Oh W, Leatham A. Long-term prognosis after acute anterior infarction with atrioventricular block. *Br Heart J* 1977;39:186–189.
  456. Feigl D, Ashkenazy J, Kishon Y. Early and late atrioventricular block in acute inferior myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 1984;4:35–38.
  457. Jim MH, Chan AO, Tse HF, et al. Clinical and angiographic findings of complete atrioventricular block in acute inferior myocardial infarction. *Ann Acad Med Singapore* 2010;39:185–190.
  458. Sutton R, Davies M. The conduction system in acute myocardial infarction complicated by heart block. *Circulation* 1968;38:987–992.
  459. Gang UJ, Hvelplund A, Pedersen S, et al. High-degree atrioventricular block complicating ST-segment elevation myocardial infarction in the era of primary percutaneous coronary intervention. *Europace* 2012;14:1639–1645.
  460. Auffret V, Loirat A, Leurent G, et al. High-degree atrioventricular block complicating ST segment elevation myocardial infarction in the contemporary era. *Heart* 2016;102:40–49.
  461. Kim KH, Jeong MH, Ahn Y, et al.; Other Korea Acute Myocardial Infarction Registry Investigators. Differential clinical implications of high-degree atrioventricular block

- complicating ST-segment elevation myocardial infarction according to the location of infarction in the era of primary percutaneous coronary intervention. *Korean Circ J* 2016;46:315–323.
462. Kosmidou I, Redfors B, Dordi R, et al. Incidence, predictors, and outcomes of high-grade atrioventricular block in patients with ST-segment elevation myocardial infarction undergoing primary percutaneous coronary intervention (from the HORIZONS-AMI Trial). *Am J Cardiol* 2017;119:1295–1301.
  463. Singh SM, FitzGerald G, Yan AT, et al. High-grade atrioventricular block in acute coronary syndromes: insights from the Global Registry of Acute Coronary Events. *Eur Heart J* 2015;36:976–983.
  464. Meine TJ, Al-Khatib SM, Alexander JH, et al. Incidence, predictors, and outcomes of high-degree atrioventricular block complicating acute myocardial infarction treated with thrombolytic therapy. *Am Heart J* 2005;149:670–674.
  465. Hindman MC, Wagner GS, JaRo M, et al. The clinical significance of bundle branch block complicating acute myocardial infarction. 1. Clinical characteristics, hospital mortality, and one-year follow-up. *Circulation* 1978;58:679–688.
  466. Melgarejo-Moreno A, Gálceras-Tomas J, García-Alberola A, et al. Incidence, clinical characteristics, and prognostic significance of right bundle-branch block in acute myocardial infarction: a study in the thrombolytic era. *Circulation* 1997;96:1139–1144.
  467. Vivas D, Pérez-Vizcayno MJ, Hernández-Antolín R, et al. Prognostic implications of bundle branch block in patients undergoing primary coronary angioplasty in the stent era. *Am J Cardiol* 2010;105:1276–1283.
  468. Xiong Y, Wang L, Liu W, et al. The prognostic significance of right bundle branch block: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Clin Cardiol* 2015;38:604–613.
  469. Swart G, Brady WJ, DeBehnke DJ, et al. Acute myocardial infarction complicated by hemodynamically unstable bradyarrhythmia: prehospital and ED treatment with atropine. *Am J Emerg Med* 1999;17:647–652.
  470. Ibanez B, James S, Agewall S, et al.; ESC Scientific Document Group. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2018;39:119–177.
  471. Watson RD, Glover DR, Page AJ, et al. The Birmingham Trial of permanent pacing in patients with intraventricular conduction disorders after acute myocardial infarction. *Am Heart J* 1984;108:496–501.
  472. Kusumoto FM, Calkins H, Boehmer J, et al. HRS/ACC/AHA expert consensus statement on the use of implantable cardioverter-defibrillator therapy in patients who are not included or not well represented in clinical trials. *Circulation* 2014;130:94–125.
  473. Brodell GK, Cosgrove D, Schiavone W, et al. Cardiac rhythm and conduction disturbances in patients undergoing mitral valve surgery. *Cleve Clin J Med* 1991;58:397–399.
  474. Chung MK. Cardiac surgery: postoperative arrhythmias. *Crit Care Med* 2000;28:N136–N144.
  475. Jaeger FJ, Trohman RG, Brenner S, Loop F. Permanent pacing following repeat cardiac valve surgery. *Am J Cardiol* 1994;74:505–507.
  476. Reade MC. Temporary epicardial pacing after cardiac surgery: a practical review. Part 1: general considerations in the management of epicardial pacing. *Anaesthesia* 2007;62:264–271.
  477. Reade MC. Temporary epicardial pacing after cardiac surgery: a practical review. Part 2: selection of epicardial pacing modes and troubleshooting. *Anaesthesia* 2007;62:364–373.
  478. Leyva F, Qiu T, McNulty D, et al. Long-term requirement for pacemaker implantation after cardiac valve replacement surgery. *Heart Rhythm* 2017;14:529–534.
  479. Merin O, Ilan M, Oren A, et al. Permanent pacemaker implantation following cardiac surgery: indications and long-term follow-up. *Pacing Clin Electrophysiol* 2009;32:7–12.
  480. Glikson M, Dearani JA, Hyberger LK, et al. Indications, effectiveness, and long-term dependency in permanent pacing after cardiac surgery. *Am J Cardiol* 1997;80:1309–1313.
  481. Kim MH, Deeb GM, Eagle KA, et al. Complete atrioventricular block after valvular heart surgery and the timing of pacemaker implantation. *Am J Cardiol* 2001;87:649–651, A10.
  482. Hill TE, Kiehl EL, Shrestha NK, et al. Predictors of permanent pacemaker requirement after cardiac surgery for infective endocarditis. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2021;10:329–334.
  483. DiBiase A, Tse TM, Schnittger I, et al. Frequency and mechanism of bradycardia in cardiac transplant recipients and need for pacemakers. *Am J Cardiol* 1991;67:1385–1389.
  484. Melton IC, Gilligan DM, Wood MA, Ellenbogen KA. Optimal cardiac pacing after heart transplantation. *Pacing Clin Electrophysiol* 1999;22:1510–1527.
  485. Jacquet L, Ziady G, Stein K, et al. Cardiac rhythm disturbances early after orthotopic heart transplantation: prevalence and clinical importance of the observed abnormalities. *J Am Coll Cardiol* 1990;16:832–837.
  486. Holt ND, McComb JM. Cardiac transplantation and pacemakers: when and what to implant. *Card Electrophysiol Rev* 2002;6:140–151.
  487. Burger H, Pecha S, Hakmi S, et al. Five-year follow-up of transvenous and epicardial left ventricular leads: experience with more than 1000 leads. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2020;30:74–80.
  488. Noheria A, van Zyl M, Scott LR, et al. Single-site ventricular pacing via the coronary sinus in patients with tricuspid valve disease. *Europace* 2018;20:636–642.
  489. Sharma PS, Subzposh FA, Ellenbogen KA, Vijayaraman P. Permanent His-bundle pacing in patients with prosthetic cardiac valves. *Heart Rhythm* 2017;14:59–64.
  490. Martins RP, Galand V, Leclercq C, Daubert JC. Cardiac electronic implantable devices after tricuspid valve surgery. *Heart Rhythm* 2018;15:1081–1088.
  491. Leon MB, Smith CR, Mack M, et al. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery. *N Engl J Med* 2010;363:1597–1607.
  492. Smith CR, Leon MB, Mack MJ, et al. Transcatheter versus surgical aortic-valve replacement in high-risk patients. *N Engl J Med* 2011;364:2187–2198.
  493. Leon MB, Smith CR, Mack MJ, et al. Transcatheter or surgical aortic-valve replacement in intermediate-risk patients. *N Engl J Med* 2016;374:1609–1620.
  494. Mack MJ, Leon MB, Thourani VH, et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a balloon-expandable valve in low-risk patients. *N Engl J Med* 2019;380:1695–1705.
  495. Adams DH, Popma JJ, Reardon MJ, et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a self-expanding prosthesis. *N Engl J Med* 2014;370:1790–1798.
  496. Popma JJ, Deeb GM, Yakubov SJ, et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a self-expanding valve in low-risk patients. *N Engl J Med* 2019;380:1706–1715.
  497. Reardon MJ, Van Mieghem NM, Popma JJ, et al. Surgical or transcatheter aortic-valve replacement in intermediate-risk patients. *N Engl J Med* 2017;376:1321–1331.
  498. Barbash IM, Finkelstein A, Barsheshet A, et al. Outcomes of patients at estimated low, intermediate, and high risk undergoing transcatheter aortic valve implantation for aortic stenosis. *Am J Cardiol* 2015;116:1916–1922.
  499. Bekerredjian R, Szabo G, Balaban U, et al. Patients at low surgical risk as defined by the Society of Thoracic Surgeons Score undergoing isolated interventional or surgical aortic valve implantation: in-hospital data and 1-year results from the German Aortic Valve Registry (GARY). *Eur Heart J* 2019;40:1323–1330.
  500. Gilard M, Eltchaninoff H, Lung B, et al. Registry of transcatheter aortic-valve implantation in high-risk patients. *N Engl J Med* 2012;366:1705–1715.
  501. Moat NE, Ludman P, de Belder MA, et al. Long-term outcomes after transcatheter aortic valve implantation in high-risk patients with severe aortic stenosis: the U.K. TAVI (United Kingdom Transcatheter Aortic Valve Implantation) Registry. *J Am Coll Cardiol* 2011;58:2130–2138.

502. Thomas M, Schymik G, Walther T, et al. Thirty-day results of the SAPIEN aortic Bioprosthesis European Outcome (SOURCE) Registry: a European registry of transcatheter aortic valve implantation using the Edwards SAPIEN valve. *Circulation* 2010;122:62–69.
503. Werner N, Zahn R, Beckmann A, et al. Patients at intermediate surgical risk undergoing isolated interventional or surgical aortic valve implantation for severe symptomatic aortic valve stenosis. *Circulation* 2018;138:2611–2623.
504. Fadahunsi OO, Olowoyeye A, Ukaigwe A, et al. Incidence, predictors, and outcomes of permanent pacemaker implantation following transcatheter aortic valve replacement: analysis from the U.S. Society of Thoracic Surgeons/American College of Cardiology TVT Registry. *JACC Cardiovasc Interv* 2016;9:2189–2199.
505. Regueiro A, Abdul-Jawad Altisent O, Del Trigo M, et al. Impact of new-onset left bundle branch block and periprocedural permanent pacemaker implantation on clinical outcomes in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement: a systematic review and meta-analysis. *Circ Cardiovasc Interv* 2016;9:e003635.
506. Chamandi C, Barbanti M, Munoz-Garcia A, et al. Long-term outcomes in patients with new permanent pacemaker implantation following transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Interv* 2018;11:301–310.
507. Mohananey D, Jobanputra Y, Kumar A, et al. Clinical and echocardiographic outcomes following permanent pacemaker implantation after transcatheter aortic valve replacement: meta-analysis and meta-regression. *Circ Cardiovasc Interv* 2017;10:e005046.
508. Ueshima D, Nai Fovino L, Mojoli M, et al. The interplay between permanent pacemaker implantation and mortality in patients treated by transcatheter aortic valve implantation: a systematic review and meta-analysis. *Catheter Cardiovasc Interv* 2018;92:E159–E167.
509. Urena M, Webb JG, Tamburino C, et al. Permanent pacemaker implantation after transcatheter aortic valve implantation: impact on late clinical outcomes and left ventricular function. *Circulation* 2014;129:1233–1243.
510. Fujita B, Schmidt T, Bleiziffer S, et al.; Frerker C, GARY Executive Board. Impact of new pacemaker implantation following surgical and transcatheter aortic valve replacement on 1-year outcome. *Eur J Cardiothorac Surg* 2020;57:151–159.
511. Zhang XH, Chen H, Siu CW, et al. New-onset heart failure after permanent right ventricular apical pacing in patients with acquired high-grade atrioventricular block and normal left ventricular function. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2008;19:136–141.
512. Dizon JM, Nazif TM, Hess PL, et al. Chronic pacing and adverse outcomes after transcatheter aortic valve implantation. *Heart* 2015;101:1665–1671.
513. Abramowitz Y, Kazuno Y, Chakravarty T, et al. Concomitant mitral annular calcification and severe aortic stenosis: prevalence, characteristics and outcome following transcatheter aortic valve replacement. *Eur Heart J* 2017;38:1194–1203.
514. Al-Azzam F, Greason KL, Krittanawong C, et al. The influence of native aortic valve calcium and transcatheter valve oversize on the need for pacemaker implantation after transcatheter aortic valve insertion. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2017;153:1056–1062.e1051.
515. Bagur R, Rodés-Cabau J, Gurvitch R, et al. Need for permanent pacemaker as a complication of transcatheter aortic valve implantation and surgical aortic valve replacement in elderly patients with severe aortic stenosis and similar baseline electrocardiographic findings. *JACC Cardiovasc Interv* 2012;5:540–551.
516. Boerlage-Van Dijk K, Kooiman KM, Yong ZY, et al. Predictors and permanency of cardiac conduction disorders and necessity of pacing after transcatheter aortic valve implantation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2014;37:1520–1529.
517. Calvi V, Conti S, Pruiti GP, et al. Incidence rate and predictors of permanent pacemaker implantation after transcatheter aortic valve implantation with self-expanding CoreValve prosthesis. *J Interv Card Electrophysiol* 2012;34:189–195.
518. De Carlo M, Giannini C, Bedogni F, et al. Safety of a conservative strategy of permanent pacemaker implantation after transcatheter aortic CoreValve implantation. *Am Heart J* 2012;163:492–499.
519. Fraccaro C, Buja G, Tarantini G, et al. Incidence, predictors, and outcome of conduction disorders after transcatheter self-expandable aortic valve implantation. *Am J Cardiol* 2011;107:747–754.
520. Gaede L, Kim WK, Liebetrau C, et al. Pacemaker implantation after TAVI: predictors of AV block persistence. *Clin Res Cardiol* 2018;107:60–69.
521. Guetta V, Goldenberg G, Segev A, et al. Predictors and course of high-degree atrioventricular block after transcatheter aortic valve implantation using the CoreValve Revalving System. *Am J Cardiol* 2011;108:1600–1605.
522. Mangieri A, Lanzillo G, Bertoldi L, et al. Predictors of advanced conduction disturbances requiring a late ( $\geq 48$  h) permanent pacemaker following transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Interv* 2018;11:1519–1526.
523. Mauri V, Reimann A, Stern D, et al. Predictors of permanent pacemaker implantation after transcatheter aortic valve replacement with the SAPIEN 3. *JACC Cardiovasc Interv* 2016;9:2200–2209.
524. Mouillet G, Lellouche N, Yamamoto M, et al. Outcomes following pacemaker implantation after transcatheter aortic valve implantation with CoreValve® devices: results from the FRANCE 2 Registry. *Catheter Cardiovasc Interv* 2015;86:E158–E166.
525. Nazif TM, Dizon JM, Hahn RT, et al. Predictors and clinical outcomes of permanent pacemaker implantation after transcatheter aortic valve replacement: the PARTNER (Placement of Aortic Transcatheter Valves) trial and registry. *JACC Cardiovasc Interv* 2015;8:60–69.
526. Siontis GC, Juni P, Pilgrim T, et al. Predictors of permanent pacemaker implantation in patients with severe aortic stenosis undergoing TAVR: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2014;64:129–140.
527. van der Boon RM, Houthuizen P, Urena M, et al. Trends in the occurrence of new conduction abnormalities after transcatheter aortic valve implantation. *Catheter Cardiovasc Interv* 2015;85:E144–E152.
528. Gonska B, Seeger J, Kessler M, et al. Predictors for permanent pacemaker implantation in patients undergoing transfemoral aortic valve implantation with the Edwards Sapien 3 valve. *Clin Res Cardiol* 2017;106:590–597.
529. Maeno Y, Abramowitz Y, Kawamori H, et al. A highly predictive risk model for pacemaker implantation after TAVR. *JACC Cardiovasc Imaging* 2017;10:1139–1147.
530. Giustino G, Van der Boon RM, Molina-Martin de Nicolas J, et al. Impact of permanent pacemaker on mortality after transcatheter aortic valve implantation: the PRAGMATIC (Pooled Rotterdam-Milan-Toulouse in Collaboration) Pacemaker substudy. *EuroIntervention* 2016;12:1185–1193.
531. Hamdan A, Guetta V, Klempfner R, et al. Inverse relationship between membranous septal length and the risk of atrioventricular block in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation. *JACC Cardiovasc Interv* 2015;8:1218–1228.
532. Ledwoch J, Franke J, Gerckens U, et al. Incidence and predictors of permanent pacemaker implantation following transcatheter aortic valve implantation: analysis from the German transcatheter aortic valve interventions registry. *Catheter Cardiovasc Interv* 2013;82:E569–E577.
533. Husser O, Pellegrini C, Kessler T, et al. Predictors of permanent pacemaker implantations and new-onset conduction abnormalities with the SAPIEN 3 balloon-expandable transcatheter heart valve. *JACC Cardiovasc Interv* 2016;9:244–254.
534. Toggweiler S, Stortecky S, Holy E, et al. The electrocardiogram after transcatheter aortic valve replacement determines the risk for post-procedural high-degree AV block and the need for telemetry monitoring. *JACC Cardiovasc Interv* 2016;9:1269–1276.
535. Urena M, Webb JG, Cheema A, et al. Impact of new-onset persistent left bundle branch block on late clinical outcomes



- in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation with a balloon-expandable valve. *JACC Cardiovasc Interv* 2014;7:128–136.
536. Mouillet G, Lellouche N, Lim P, et al. Patients without prolonged QRS after TAVI with CoreValve device do not experience high-degree atrio-ventricular block. *Catheter Cardiovasc Interv* 2013;81:882–887.
  537. Rodes-Cabau J, Urena M, Nombela-Franco L, et al. Arrhythmic burden as determined by ambulatory continuous cardiac monitoring in patients with new-onset persistent left bundle branch block following transcatheter aortic valve replacement: the MARE study. *JACC Cardiovasc Interv* 2018;11:1495–1505.
  538. Urena M, Webb JG, Eltchaninoff H, et al. Late cardiac death in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement: incidence and predictors of advanced heart failure and sudden cardiac death. *J Am Coll Cardiol* 2015;65:437–448.
  539. Auffret V, Puri R, Urena M, et al. Conduction disturbances after transcatheter aortic valve replacement: current status and future perspectives. *Circulation* 2017;136:1049–1069.
  540. Rogers T, Devraj M, Thomaidis A, et al. Utility of invasive electrophysiology studies in patients with severe aortic stenosis undergoing transcatheter aortic valve implantation. *Am J Cardiol* 2018;121:1351–1357.
  541. Tovia-Brodie O, Ben-Haim Y, Joffe E, et al. The value of electrophysiologic study in decision-making regarding the need for pacemaker implantation after TAVI. *J Interv Card Electrophysiol* 2017;48:121–130.
  542. Rivard L, Schram G, Asgar A, et al. Electrocardiographic and electrophysiological predictors of atrioventricular block after transcatheter aortic valve replacement. *Heart Rhythm* 2015;12:321–329.
  543. Lilly SM, Deshmukh AJ, Epstein AE, et al. 2020 ACC Expert consensus decision pathway on management of conduction disturbances in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement: a report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee. *J Am Coll Cardiol* 2020;76:2391–2411.
  544. Rodés-Cabau J, Ellenbogen KA, Krahn AD, et al. Management of conduction disturbances associated with transcatheter aortic valve replacement: JACC Scientific Expert Panel. *J Am Coll Cardiol* 2019;74:1086–1106.
  545. Costa G, Zappulla P, Barbanti M, et al. Pacemaker dependency after transcatheter aortic valve implantation: incidence, predictors and long-term outcomes. *EuroIntervention* 2019;15:875–883.
  546. Kaplan RM, Yadlapati A, Cantey EP, et al. Conduction recovery following pacemaker implantation after transcatheter aortic valve replacement. *Pacing Clin Electrophysiol* 2019;42:146–152.
  547. Junquera L, Freitas-Ferraz AB, Padron R, et al. Intraprocedural high-degree atrioventricular block or complete heart block in transcatheter aortic valve replacement recipients with no prior intraventricular conduction disturbances. *Catheter Cardiovasc Interv* 2019;95:982–990.
  548. Auffret V, Webb JG, Eltchaninoff H, et al. Clinical impact of baseline right bundle branch block in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Interv* 2017;10:1564–1574.
  549. Jorgensen TH, De Backer O, Gerds TA, et al. Immediate post-procedural 12-lead electrocardiography as predictor of late conduction defects after transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Interv* 2018;11:1509–1518.
  550. Ream K, Sandhu A, Valle J, et al. Ambulatory rhythm monitoring to detect late high-grade atrioventricular block following transcatheter aortic valve replacement. *J Am Coll Cardiol* 2019;73:2538–2547.
  551. Kostopoulou A, Karyofyllis P, Livanis E, et al. Permanent pacing after transcatheter aortic valve implantation of a CoreValve prosthesis as determined by electrocardiographic and electrophysiological predictors: a single-centre experience. *Europace* 2016;18:131–137.
  552. Khairy P, Landzberg MJ, Gatzoulis MA, et al. Transvenous pacing leads and systemic thromboemboli in patients with intracardiac shunts. *Circulation* 2006;113:2391–2397.
  553. Anand N. Chronotropic incompetence in young patients with late postoperative atrial flutter: a case-control study. *Eur Heart J* 2006;27:2069–2073.
  554. Fishberger SB, Wernovsky G, Gentles TL, et al. Factors that influence the development of atrial flutter after the Fontan operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997;113:80–86.
  555. Gillette PC, Shannon C, Garson A, et al. Pacemaker treatment of sick sinus syndrome in children. *J Am Coll Cardiol* 1983;1:1325–1329.
  556. Kay R, Estioko M, Wiener I. Primary sick sinus syndrome as an indication for chronic pacemaker therapy in young adults: incidence, clinical features, and long-term evaluation. *Am Heart J* 1982;103:338–342.
  557. Ragonese P, Drago F, Guccione P, et al. Permanent overdrive atrial pacing in the chronic management of recurrent postoperative atrial reentrant tachycardia in patients with complex congenital heart disease. *Pacing Clin Electrophysiol* 1997;20:29172–923.
  558. Opic P, Yap SC, Van Kranenburg M, et al. Atrial-based pacing has no benefit over ventricular pacing in preventing atrial arrhythmias in adults with congenital heart disease. *Europace* 2013;15:1757–1762.
  559. Skanes AC, Krahn AD, Yee R, et al.; Canadian Trial of Physiologic Pacing. Progression to chronic atrial fibrillation after pacing: the Canadian Trial of Physiologic Pacing. CTOPP Investigators. *J Am Coll Cardiol* 2001;38:167–172.
  560. 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. *Circulation* 2019;140:e333–e381.
  561. Kramer CC, Maldonado JR, Olson MD, et al. Safety and efficacy of atrial antitachycardia pacing in congenital heart disease. *Heart Rhythm* 2018;15:543–547.
  562. Stephenson EA, Casavant D, Tuzi J, et al.; ATTEST Investigators. Efficacy of atrial antitachycardia pacing using the Medtronic AT500 pacemaker in patients with congenital heart disease. *Am J Cardiol* 2003;92:871–876.
  563. Jaeggi ET, Hamilton RM, Silverman ED, et al. Outcome of children with fetal, neonatal, or childhood diagnosis of isolated congenital atrioventricular block: a single institution's experience of 30 years. *ACC Current Journal Review* 2002;11:95.
  564. Villain E, Coatsedoat-Chalumeau N, Marijon E, et al. Presentation and prognosis of complete atrioventricular block in childhood, according to maternal antibody status. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1682–1687.
  565. Dewey RC, Capeless MA, Levy AM. Use of ambulatory electrocardiographic monitoring to identify high-risk patients with congenital complete heart block. *N Engl J Med* 1987;316:835–839.
  566. Karpawich PP, Gillette PC, Garson A Jr, et al. Congenital complete atrioventricular block: clinical and electrophysiologic predictors of need for pacemaker insertion. *Am J Cardiol* 1981;48:1098–1102.
  567. Michaelsson M, Jonzon A, Riesenfeld T. Isolated congenital complete atrioventricular block in adult life. A prospective study. *Circulation* 1995;92:442–449.
  568. Beaufort-Krol GC, Schasfoort-van Leeuwen MJ, Stienstra Y, Bink-Boelkens MT. Longitudinal echocardiographic follow-up in children with congenital complete atrioventricular block. *Pacing Clin Electrophysiol* 2007;30:1339–1343.
  569. Breur JM, Udink Ten Cate FE, Kapusta L, et al. Pacemaker therapy in isolated congenital complete atrioventricular block. *Pacing Clin Electrophysiol* 2002;25:1685–1691.
  570. Bonatti V, Agnetti A, Squarcia U. Early and late postoperative complete heart block in pediatric patients submitted to open-heart surgery for congenital heart disease. *Pediatr Med Chir* 1998;20:181–186.
  571. Gross GJ, Chiu CC, Hamilton RM, et al. Natural history of postoperative heart block in congenital heart disease: implications for pacing intervention. *Heart Rhythm* 2006;3:601–604.



572. Murphy D. Prognosis of complete atrioventricular dissociation in children after open-heart surgery. *Lancet* 1970;295:750–752.
573. Krongrad E. Prognosis for patients with congenital heart disease and postoperative intraventricular conduction defects. *Circulation* 1978;57:867–870.
574. Villain E. Indications for pacing in patients with congenital heart disease. *Pacing Clin Electrophysiol* 2008;31(Suppl 1):S17–S20.
575. Diller GP, Okonko D, Uebing A, et al. Cardiac resynchronization therapy for adult congenital heart disease patients with a systemic right ventricle: analysis of feasibility and review of early experience. *Europace* 2006;8:267–272.
576. Rapezzi C, Arbustini E, Caforio ALP, et al. Diagnostic work-up in cardiomyopathies: bridging the gap between clinical phenotypes and final diagnosis. A position statement from the ESC Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases. *Eur Heart J* 2012;34:1448–1458.
577. Elliott PM, Anastasakis A, Borger MA, et al. 2014 ESC Guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy: the Task Force for the Diagnosis and Management of Hypertrophic Cardiomyopathy of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2014;35:2733–2779.
578. Nishimura RA, Trusty JM, Hayes DL, et al. Dual-chamber pacing for hypertrophic cardiomyopathy: a randomized, double-blind, crossover trial. *J Am Coll Cardiol* 1997;29:435–441.
579. Kappenberger L, Linde C, Daubert C, et al. Pacing in hypertrophic obstructive cardiomyopathy: a randomized crossover study. *Eur Heart J* 1997;18:1249–1256.
580. Maron BJ, Nishimura RA, McKenna WJ, et al. Assessment of permanent dual-chamber pacing as a treatment for drug-refractory symptomatic patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy. A randomized, double-blind, crossover study (M-PATHY). *Circulation* 1999;99:2927–2933.
581. Slade AK, Sadoul N, Shapiro L, et al. DDD pacing in hypertrophic cardiomyopathy: a multicentre clinical experience. *Heart* 1996;75:44–49.
582. Megevand A, Ingles J, Richmond DR, Semsarian C. Long-term follow-up of patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy treated with dual-chamber pacing. *Am J Cardiol* 2005;95:991–993.
583. Linde C, Gadler F, Kappenberger L, Ryden L. Placebo effect of pacemaker implantation in obstructive hypertrophic cardiomyopathy. PIC Study Group. *Pacing In Cardiomyopathy. Am J Cardiol* 1999;83:903–907.
584. Ommen SR, Nishimura RA, Squires RW, et al. Comparison of dual-chamber pacing versus septal myectomy for the treatment of patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy: a comparison of objective hemodynamic and exercise end points. *J Am Coll Cardiol* 1999;34:191–196.
585. Arnold AD, Howard JP, Chiew K, et al. Right ventricular pacing for hypertrophic obstructive cardiomyopathy: meta-analysis and meta-regression of clinical trials. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes* 2019;5:321–333.
586. Chang SM, Nagueh SF, Spencer WH 3rd, Lakkis NM. Complete heart block: determinants and clinical impact in patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy undergoing nonsurgical septal reduction therapy. *J Am Coll Cardiol* 2003;42:296–300.
587. Lawrenz T, Lieder F, Bartelsmeier M, et al. Predictors of complete heart block after transcatheter ablation of septal hypertrophy: results of a prospective electrophysiological investigation in 172 patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:2356–2363.
588. Topilski I, Sherez J, Keren G, Copperman I. Long-term effects of dual-chamber pacing with periodic echocardiographic evaluation of optimal atrioventricular delay in patients with hypertrophic cardiomyopathy >50 years of age. *Am J Cardiol* 2006;97:1769–1775.
589. Cui H, Schaff HV, Nishimura RA, et al. Conduction abnormalities and long-term mortality following septal myectomy in patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2019;74:645–655.
590. Rogers DP, Marazia S, Chow AW, et al. Effect of biventricular pacing on symptoms and cardiac remodelling in patients with end-stage hypertrophic cardiomyopathy. *Eur J Heart Fail* 2008;10:507–513.
591. Ommen SR, Mital S, Burke MA, et al. 2020 AHA/ACC Guideline for the diagnosis and treatment of patients with hypertrophic cardiomyopathy: Executive Summary: a Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 2020;142:e533–e557.
592. Cappelli F, Morini S, Pieragnoli P, et al. Cardiac resynchronization therapy for end-stage hypertrophic cardiomyopathy: the need for disease-specific criteria. *J Am Coll Cardiol* 2018;71:464–466.
593. Killu AM, Park JY, Sara JD, et al. Cardiac resynchronization therapy in patients with end-stage hypertrophic cardiomyopathy. *Europace* 2018;20:82–88.
594. Gu M, Jin H, Hua W, et al. Clinical outcome of cardiac resynchronization therapy in dilated-phase hypertrophic cardiomyopathy. *J Geriatr Cardiol* 2017;14:238–244.
595. Fruh A, Siem G, Holmstrom H, et al. The Jervell and Lange-Nielsen syndrome; atrial pacing combined with b-blocker therapy, a favorable approach in young high-risk patients with long QT syndrome? *Heart Rhythm* 2016;13:2186–2192.
596. Aziz PF, Tanel RE, Zelster IJ, et al. Congenital long QT syndrome and 2:1 atrioventricular block: an optimistic outcome in the current era. *Heart Rhythm* 2010;7:781–785.
597. Feingold B, Mahle WT, Auerbach S, et al.; American Heart Association Pediatric Heart Failure Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, Council on Clinical Cardiology, Council on Cardiovascular Radiology Intervention, Council on Functional Genomics Translational Biology, Stroke Council. Management of cardiac involvement associated with neuromuscular diseases: a Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation* 2017;136:e200–e231.
598. Arbustini E, Di Toro A, Giuliani L, et al. Cardiac phenotypes in hereditary muscle disorders: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol* 2018;72:2485–2506.
599. Groh WJ. Arrhythmias in the muscular dystrophies. *Heart Rhythm* 2012;9:1890–1895.
600. Bhakta D, Shen C, Kron J, et al. Pacemaker and implantable cardioverter-defibrillator use in a US myotonic dystrophy type 1 population. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2011;22:1369–1375.
601. Wahbi K, Meune C, Porcher R, et al. Electrophysiological study with prophylactic pacing and survival in adults with myotonic dystrophy and conduction system disease. *JAMA* 2012;307:1292–1301.
602. Lazarus A, Varin J, Babuty D, et al. Long-term follow-up of arrhythmias in patients with myotonic dystrophy treated by pacing: a multicenter diagnostic pacemaker study. *J Am Coll Cardiol* 2002;40:1645–1652.
603. Laurent V, Pellieux S, Corcia P, et al. Mortality in myotonic dystrophy patients in the area of prophylactic pacing devices. *Int J Cardiol* 2011;150:54–58.
604. Groh WJ, Groh MR, Saha C, et al. Electrocardiographic abnormalities and sudden death in myotonic dystrophy type 1. *N Engl J Med* 2008;358:2688–2697.
605. Ha AH, Tarnopolsky MA, Bergstra TG, et al. Predictors of atrio-ventricular conduction disease, long-term outcomes in patients with myotonic dystrophy types I and II. *Pacing Clin Electrophysiol* 2012;35:1262–1269.
606. Fatkin D, MacRae C, Sasaki T, et al. Missense mutations in the rod domain of the lamin A/C gene as causes of dilated cardiomyopathy and conduction system disease. *N Engl J Med* 1999;341:1715–1724.
607. Arbustini E, Pilotto A, Repetto A, et al. Autosomal dominant dilated cardiomyopathy with atrioventricular block: a lamin A/C defect-related disease. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:981–990.
608. Taylor MR, Fain PR, Sinagra G, et al.; Familial Dilated Cardiomyopathy Registry Research Group. Natural history of dilated cardiomyopathy due to lamin A/C gene mutations. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:771–780.
609. Sanna T. Cardiac features of Emery-Dreifuss muscular dystrophy caused by lamin A/C gene mutations. *Eur Heart J* 2003;24:2227–2236.
610. Haas J, Frese KS, Peil B, et al. Atlas of the clinical genetics of human dilated cardiomyopathy. *Eur Heart J* 2015;36:1123–1135.

611. Gigli M, Merlo M, Graw SL, et al. Genetic risk of arrhythmic phenotypes in patients with dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2019;74:1480–1490.
612. van Berlo JH, de Voogt WG, van der Kooij AJ, et al. Meta-analysis of clinical characteristics of 299 carriers of LMNA gene mutations: do lamin A/C mutations portend a high risk of sudden death? *J Mol Med (Berl)* 2005;83:79–83.
613. Meune C, Van Berlo JH, Anselme F, et al. Primary prevention of sudden death in patients with lamin A/C gene mutations. *N Engl J Med* 2006;354:209–210.
614. Anselme F, Moubarak G, Savoure A, et al. Implantable cardioverter-defibrillators in lamin A/C mutation carriers with cardiac conduction disorders. *Heart Rhythm* 2013;10:1492–1498.
615. Hasselberg NE, Haland TF, Saberniak J, et al. Lamin A/C cardiomyopathy: young onset, high penetrance, and frequent need for heart transplantation. *Eur Heart J* 2018;39:853–860.
616. Becane HM, Bonne G, Varnous S, et al. High incidence of sudden death with conduction system and myocardial disease due to lamins A and C gene mutation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2000;23:1661–1666.
617. Wahbi K, Ben Yaou R, Gandjbakhch E, et al. Development and validation of a new risk prediction score for life-threatening ventricular tachyarrhythmias in laminopathies. *Circulation* 2019;140:293–302.
618. van Rijsingen IA, Arbustini E, Elliott PM, et al. Risk factors for malignant ventricular arrhythmias in lamin A/C mutation carriers: a European cohort study. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:493–500.
619. Kumar S, Baldinger SH, Gandjbakhch E, et al. Long-term arrhythmic and nonarrhythmic outcomes of lamin A/C mutation carriers. *J Am Coll Cardiol* 2016;68:2299–2307.
620. Pasotti M, Klersy C, Pilotto A, et al. Long-term outcome and risk stratification in dilated cardiomyopathies. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:1250–1260.
621. Hasselberg NE, Edvardsen T, Petri H, et al. Risk prediction of ventricular arrhythmias and myocardial function in Lamin A/C mutation positive subjects. *Europace* 2014;16:563–571.
622. Limongelli G, Tome-Esteban M, Dejthevaporn C, et al. Prevalence and natural history of heart disease in adults with primary mitochondrial respiratory chain disease. *Eur J Heart Fail* 2010;12:114–121.
623. Anan R, Nakagawa M, Miyata M, et al. Cardiac involvement in mitochondrial diseases. A study on 17 patients with documented mitochondrial DNA defects. *Circulation* 1995;91:955–961.
624. Khambatta S, Nguyen DL, Beckman TJ, Wittich CM. Kearns-Sayre syndrome: a case series of 35 adults and children. *Int J Gen Med* 2014;7:325–332.
625. Kabunga P, Lau AK, Phan K, et al. Systematic review of cardiac electrical disease in Kearns-Sayre syndrome and mitochondrial cytopathy. *Int J Cardiol* 2015;181:303–310.
626. Polak PE, Zijlstra F, Roelandt JR. Indications for pacemaker implantation in the Kearns-Sayre syndrome. *Eur Heart J* 1989;10:281–282.
627. Nordenswan HK, Lehtonen J, Ekstrom K, et al. Outcome of cardiac sarcoidosis presenting with high-grade atrioventricular block. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2018;11:e006145.
628. Nery PB, Beanlands RS, Nair GM, et al. Atrioventricular block as the initial manifestation of cardiac sarcoidosis in middle-aged adults. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2014;25:875–881.
629. Yoshida Y, Morimoto S, Hiramitsu S, et al. Incidence of cardiac sarcoidosis in Japanese patients with high-degree atrioventricular block. *Am Heart J* 1997;134:382–386.
630. Mankad P, Mitchell B, Birnie DH, et al. Cardiac sarcoidosis. *Curr Cardiol Rep* 2019;21:152.
631. Sadek MM, Yung D, Birnie DH, et al. Corticosteroid therapy for cardiac sarcoidosis: a systematic review. *Can J Cardiol* 2013;29:1034–1041.
632. Birnie DH, Sauer WH, Bogun F, et al. HRS expert consensus statement on the diagnosis and management of arrhythmias associated with cardiac sarcoidosis. *Heart Rhythm* 2014;11:1305–1323.
633. Schuller JL, Zipse M, Crawford T, et al. Implantable cardioverter defibrillator therapy in patients with cardiac sarcoidosis. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2012;23:925–929.
634. Kron J, Sauer W, Schuller J, et al. Efficacy and safety of implantable cardiac defibrillators for treatment of ventricular arrhythmias in patients with cardiac sarcoidosis. *Europace* 2013;15:347–354.
635. Birnie DH, Sauer WH, Judson MA. Consensus statement on the diagnosis and management of arrhythmias associated with cardiac sarcoidosis. *Heart* 2016;102:411–414.
636. Regitz-Zagrosek V, Roos-Hesselink JW, Bauersachs J, et al.; ESC Scientific Document Group. 2018 ESC Guidelines for the management of cardiovascular diseases during pregnancy. *Eur Heart J* 2018;39:3165–3241.
637. Tuzcu V, Gul EE, Erdem A, et al. Cardiac interventions in pregnant patients without fluoroscopy. *Pediatr Cardiol* 2015;36:1304–1307.
638. Gudal M, Kervancioglu C, Oral D, et al. Permanent pacemaker implantation in a pregnant woman with the guidance of ECG and two-dimensional echocardiography. *Pacing Clin Electrophysiol* 1987;10:543–545.
639. Traykov V, Bongioni MG, Boriani G, et al. Clinical practice and implementation of guidelines for the prevention, diagnosis and management of cardiac implantable electronic device infections: results of a worldwide survey under the auspices of the European Heart Rhythm Association. *Europace* 2019;21:1270–1279.
640. Klug D, Balde M, Pavin D, et al, People Study Group. Risk factors related to infections of implanted pacemakers and cardioverter-defibrillators: results of a large prospective study. *Circulation* 2007;116:1349–1355.
641. Enzler MJ, Berbari E, Osmon DR. Antimicrobial prophylaxis in adults. *Mayo Clin Proc* 2011;86:686–701.
642. Polyzos KA, Konstantelias AA, Falagas ME. Risk factors for cardiac implantable electronic device infection: a systematic review and meta-analysis. *Europace* 2015;17:767–777.
643. Blomstrom-Lundqvist C, Traykov V, Erba PA, et al. European Heart Rhythm Association (EHRA) international consensus document on how to prevent, diagnose, and treat cardiac implantable electronic device infections-endorsed by the Heart Rhythm Society (HRS), the Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), the Latin American Heart Rhythm Society (LAHRS), International Society for Cardiovascular Infectious Diseases (ISCVID), and the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ESCMID) in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J* 2020;41:2012–2032.
644. de Oliveira JC, Martinelli M, Nishioka SA, et al. Efficacy of antibiotic prophylaxis before the implantation of pacemakers and cardioverter-defibrillators: results of a large, prospective, randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2009;2:29–34.
645. Madadi S, Kafi M, Kheirkhah J, et al. Postoperative antibiotic prophylaxis in the prevention of cardiac implantable electronic device infection. *Pacing Clin Electrophysiol* 2019;42:161–165.
646. Krahn AD, Longtin Y, Philippon F, et al. Prevention of arrhythmia device infection trial: the PADIT trial. *J Am Coll Cardiol* 2018;72:3098–3109.
647. Haines DE, Beheiry S, Akar JG, et al. Heart Rhythm Society expert consensus statement on electrophysiology laboratory standards: process, protocols, equipment, personnel, and safety. *Heart Rhythm* 2014;11:e9–e51.
648. Mimoz O, Lucet J-C, Kerforne T, et al. Skin antisepsis with chlorhexidine-alcohol versus povidone iodine-alcohol, with and without skin scrubbing, for prevention of intravascular-catheter-related infection (CLEAN): an open-label, multicentre, randomised, controlled, two-by-two factorial trial. *Lancet* 2015;386:2069–2077.
649. Darouiche RO, Wall MJ Jr, Itani KM, et al. Chlorhexidine-alcohol versus povidone-iodine for surgical-site antisepsis. *N Engl J Med* 2010;362:18–26.
650. Essebag V, Verma A, Healey JS, et al.; BRUISE CONTROL Investigators. Clinically significant pocket hematoma increases long-term risk of device infection: BRUISE CONTROL INFECTION Study. *J Am Coll Cardiol* 2016;67:1300–1308.

651. Birnie DH, Healey JS, Wells GA, et al.; BRUISE CONTROL Investigators. Pacemaker or defibrillator surgery without interruption of anticoagulation. *N Engl J Med* 2013;368:2084–2093.
652. Malagu M, Trevisan F, Scalone A, et al. Frequency of 'pocket' hematoma in patients receiving vitamin K antagonist and antiplatelet therapy at the time of pacemaker or cardioverter defibrillator implantation (from the POCKET Study). *Am J Cardiol* 2017;119:1036–1040.
653. Birnie DH, Healey JS, Wells GA, et al. Continued vs. interrupted direct oral anticoagulants at the time of device surgery, in patients with moderate to high risk of arterial thrombo-embolic events (BRUISE CONTROL-2). *Eur Heart J* 2018;39:3973–3979.
654. Kutinsky IB, Jarandilla R, Jewett M, Haines DE. Risk of hematoma complications after device implant in the clopidogrel era. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2010;3:312–318.
655. Tompkins C, Cheng A, Dalal D, et al. Dual antiplatelet therapy and heparin 'bridging' significantly increase the risk of bleeding complications after pacemaker or implantable cardioverter-defibrillator device implantation. *J Am Coll Cardiol* 2010;55:2376–2382.
656. Valgimigli M, Bueno H, Byrne RA, et al.; ESC Scientific Document Group, ESC Committee for Practice Guidelines, ESC National Cardiac Societies. 2017 ESC focused update on dual antiplatelet therapy in coronary artery disease developed in collaboration with EACTS: The Task Force for dual antiplatelet therapy in coronary artery disease of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J* 2018;39:213–260.
657. Rossini R, Musumeci G, Visconti LO, et al.; Italian Society of Invasive Cardiology, Italian Association of Hospital Cardiologists, Italian Society for Cardiac Surgery, Italian Society of Vascular and Endovascular Surgery, Italian Association of Hospital Surgeons, Italian Society of Surgery, Italian Society of Anaesthesia, Intensive Care Medicine, Lombard Society of Surgery, Italian Society of Maxillofacial Surgery, Italian Society of Reconstructive Plastic Surgery and Aesthetics, Italian Society of Thoracic Surgeons, Italian Society of Urology, Italian Society of Orthopaedics and Traumatology, Italian Society of Periodontology, Italian Federation of Scientific Societies of Digestive System Diseases Lombardia, Association of Obstetricians Gynaecologists Italian Hospital Lombardia, Society of Ophthalmology Lombardia. Perioperative management of antiplatelet therapy in patients with coronary stents undergoing cardiac and non-cardiac surgery: a consensus document from Italian cardiological, surgical and anaesthesiological societies. *EuroIntervention* 2014;10:38–46.
658. Essebag V, Healey JS, Joza J, et al. Effect of direct oral anticoagulants, warfarin, and antiplatelet agents on risk of device pocket hematoma: combined analysis of BRUISE CONTROL 1 and 2. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2019;12:e007545.
659. Kirkfeldt RE, Johansen JB, Nohr EA, et al. Pneumothorax in cardiac pacing: a population-based cohort study of 28 860 Danish patients. *Europace* 2012;14:1132–1138.
660. Liu P, Zhou Y-F, Yang P, et al. Optimized axillary vein technique versus subclavian vein technique in cardiovascular implantable electronic device implantation. *Chin Med J* 2016;129:2647–2651.
661. Liccardo M, Nocerino P, Gaia S, Ciardiello C. Efficacy of ultrasound-guided axillary/subclavian venous approaches for pacemaker and defibrillator lead implantation: a randomized study. *J Interv Card Electrophysiol* 2018;51:153–160.
662. Chan NY, Kwong NP, Cheong AP. Venous access and long-term pacemaker lead failure: comparing contrast-guided axillary vein puncture with subclavian puncture and cephalic cutdown. *Europace* 2017;19:1193–1197.
663. Deharo JC, Bongiorno MG, Rozkovec A, et al. Pathways for training and accreditation for transvenous lead extraction: a European Heart Rhythm Association position paper. *Europace* 2012;14:124–134.
664. Migliore F, Zorzi A, Bertaglia E, et al. Incidence, management, and prevention of right ventricular perforation by pacemaker and implantable cardioverter defibrillator leads. *Pacing Clin Electrophysiol* 2014;37:1602–1609.
665. Segreti L, Di Cori A, Soldati E, et al. Major predictors of fibrous adherences in transvenous implantable cardioverter-defibrillator lead extraction. *Heart Rhythm* 2014;11:2196–2201.
666. Behar JM, Bostock J, Zhu Li AP, et al. Cardiac resynchronization therapy delivered via a multipolar left ventricular lead is associated with reduced mortality and elimination of phrenic nerve stimulation: long-term follow-up from a multicenter registry. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2015;26:540–546.
667. Forleo GB, Di Biase L, Panattoni G, et al. Improved implant and postoperative lead performance in CRT-D patients implanted with a quadripolar left ventricular lead. A 6-month follow-up analysis from a multicenter prospective comparative study. *J Interv Card Electrophysiol* 2015;42:59–66.
668. Jackson KP, Faerestrang S, Philippon F, et al. Performance of a novel active fixation quadripolar left ventricular lead for cardiac resynchronization therapy: Attain Stability Quad Clinical Study results. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2020;31:1147–1154.
669. Ziacchi M, Diemberger I, Corzani A, et al. Cardiac resynchronization therapy: a comparison among left ventricular bipolar, quadripolar and active fixation leads. *Sci Rep* 2018;8:13262.
670. Ziacchi M, Giannola G, Lunati M, et al. Bipolar active fixation left ventricular lead or quadripolar passive fixation lead? An Italian multicenter experience. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)* 2019;20:192–200.
671. Shimony A, Eisenberg MJ, Filion KB, Amit G. Beneficial effects of right ventricular non-apical vs. apical pacing: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. *Europace* 2012;14:81–91.
672. Ng ACT, Allman C, Vidaic J, et al. Long-term impact of right ventricular septal versus apical pacing on left ventricular synchrony and function in patients with second-or third-degree heart block. *Am J Cardiol* 2009;103:1096–1101.
673. Hattori M, Naruse Y, Oginosawa Y, et al. Prognostic impact of lead tip position confirmed via computed tomography in patients with right ventricular septal pacing. *Heart Rhythm* 2019;16:921–927.
674. Domenichini G, Sunthorn H, Fleury E, et al. Pacing of the interventricular septum versus the right ventricular apex: a prospective, randomized study. *Eur J Intern Med* 2012;23:621–627.
675. Mahapatra S, Bybee KA, Bunch TJ, et al. Incidence and predictors of cardiac perforation after permanent pacemaker placement. *Heart Rhythm* 2005;2:907–911.
676. Biffi M, de Zan G, Massaro G, et al. Is ventricular sensing always right, when it is left? *Clin Cardiol* 2018;41:1238–1245.
677. Burri H, Muller H, Kobza R, et al. Right Versus Left Apical transvenous pacing for bradycardia: results of the RIVELA randomized study. *Indian Pacing Electrophysiol J* 2017;17:171–175.
678. Tanabe K, Kotoda M, Nakashige D, et al. Sudden onset pacemaker-induced diaphragmatic twitching during general anesthesia. *JA Clin Rep* 2019;5:36.
679. Khan AA, Nash A, Ring NJ, Marshall AJ. Right hemidiaphragmatic twitching: a complication of bipolar atrial pacing. *Pacing Clin Electrophysiol* 1997;20:1732–1733.
680. Shali S, Su Y, Ge J. Interatrial septal pacing to suppress atrial fibrillation in patients with dual chamber pacemakers: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Int J Cardiol* 2016;219:421–427.
681. Zhang L, Jiang H, Wang W, et al. Interatrial septum versus right atrial appendage pacing for prevention of atrial fibrillation: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Herz* 2018;43:438–446.
682. Magnusson P, Wennstrom L, Kastberg R, Liv P. Placement Of Cardiac Pacemaker Trial (POCKET) – rationale and design: a randomized controlled trial. *Heart Int* 2017;12:e8–e11.
683. Gold MR, Peters RW, Johnson JW, Shorofsky SR. Complications associated with pectoral cardioverter-defibrillator implantation: comparison of subcutaneous and submuscular approaches. *J Am Coll Cardiol* 1996;28:1278–1282.
684. Lakshmanadoss U, Nunez B, Kutinsky I, et al. Incidence of pocket infection postcardiac device implantation using



- antibiotic versus saline solution for pocket irrigation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2016;39:978–984.
685. Mueller TC, Loos M, Haller B, et al. Intra-operative wound irrigation to reduce surgical site infections after abdominal surgery: a systematic review and meta-analysis. *Langenbeck's Arch Surg* 2015;400:167–181.
  686. Tarakji KG, Mittal S, Kennergren C, et al.; WRAP-IT Investigators. Antibacterial envelope to prevent cardiac implantable device infection. *N Engl J Med* 2019;380:1895–1905.
  687. Da Costa A, Kirkorian G, Cucherat M, et al. Antibiotic prophylaxis for permanent pacemaker implantation: a meta-analysis. *Circulation* 1998;97:1796–1801.
  688. Leyva F, Zegard A, Qiu T, et al. Cardiac resynchronization therapy using quadripolar versus non-quadripolar left ventricular leads programmed to biventricular pacing with single-site left ventricular pacing: impact on survival and heart failure hospitalization. *J Am Heart Assoc* 2017;6:e007026.
  689. Henrikson CA, Sohail MR, Acosta H, et al. Antibacterial envelope is associated with low infection rates after implantable cardioverter-defibrillator and cardiac resynchronization therapy device replacement: results of the Citadel and Centurion studies. *JACC Clin Electrophysiol* 2017;3:1158–1167.
  690. Ghanbari H, Phard WS, Al-Ameri H, et al. Meta-analysis of safety and efficacy of uninterrupted warfarin compared to heparin-based bridging therapy during implantation of cardiac rhythm devices. *Am J Cardiol* 2012;110:1482–1488.
  691. Udo EO, Zuithoff NP, van Hemel NM, et al. Incidence and predictors of short-and long-term complications in pacemaker therapy: the FOLLOWPACE study. *Heart Rhythm* 2012;9:728–735.
  692. Koneru JN, Jones PW, Hammill EF, et al. Risk factors and temporal trends of complications associated with transvenous implantable cardiac defibrillator leads. *J Am Heart Assoc* 2018;7:e007691.
  693. Ellenbogen KA, Hellkamp AS, Wilkoff BL, et al. Complications arising after implantation of DDD pacemakers: the MOST experience. *Am J Cardiol* 2003;92:740–741.
  694. Parsonnet V, Bernstein AD, Lindsay B. Pacemaker-implantation complication rates: an analysis of some contributing factors. *J Am Coll Cardiol* 1989;13:917–921.
  695. Ranasinghe I, Labroschiano C, Horton D, et al. Institutional variation in quality of cardiovascular implantable electronic device implantation: a cohort study. *Ann Intern Med* 2019;171:309–317.
  696. Poole JE, Gleva MJ, Mela T, et al.; REPLACE Registry Investigators. Complication rates associated with pacemaker or implantable cardioverter-defibrillator generator replacements and upgrade procedures: results from the REPLACE registry. *Circulation* 2010;122:1553–1561.
  697. Biffi M, Ammendola E, Menardi E, et al. Real-life outcome of implantable cardioverter-defibrillator and cardiac resynchronization defibrillator replacement/upgrade in a contemporary population: observations from the multicentre DECODE registry. *Europace* 2019;21:1527–1536.
  698. Hosseini SM, Moazzami K, Rozen G, et al. Utilization and in-hospital complications of cardiac resynchronization therapy: trends in the United States from 2003 to 2013. *Eur Heart J* 2017;38:2122–2128.
  699. Zeitler EP, Patel D, Hasselblad V, et al. Complications from prophylactic replacement of cardiac implantable electronic device generators in response to United States Food and Drug Administration recall: a systematic review and meta-analysis. *Heart Rhythm* 2015;12:1558–1564.
  700. Nowak B, Tasche K, Barnewold L, et al. Association between hospital procedure volume and early complications after pacemaker implantation: results from a large, unselected, contemporary cohort of the German nationwide obligatory external quality assurance programme. *Europace* 2015;17:787–793.
  701. van Rees JB, de Bie MK, Thijssen J, et al. Implantation-related complications of implantable cardioverter-defibrillators and cardiac resynchronization therapy devices: a systematic review of randomized clinical trials. *J Am Coll Cardiol* 2011;58:995–1000.
  702. Wiegand UK, Bode F, Bonnemeier H, et al. Long-term complication rates in ventricular, single lead VDD, and dual chamber pacing. *Pacing Clin Electrophysiol* 2003;26:1961–1969.
  703. Olsen T, Jorgensen OD, Nielsen JC, et al. Incidence of device-related infection in 97 750 patients: clinical data from the complete Danish device-cohort (1982–2018). *Eur Heart J* 2019;40:1862–1869.
  704. Greenspon AJ, Patel JD, Lau E, et al. 16-year trends in the infection burden for pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators in the United States 1993 to 2008. *J Am Coll Cardiol* 2011;58:1001–1006.
  705. Rennert-May E, Chew D, Lu S, et al. Epidemiology of cardiac implantable electronic device infections in the United States: a population-based cohort study. *Heart Rhythm* 2020;17:1125–1131.
  706. Ozcan C, Raunso J, Lamberts M, et al. Infective endocarditis and risk of death after cardiac implantable electronic device implantation: a nationwide cohort study. *Europace* 2017;19:1007–1014.
  707. Dai M, Cai C, Vaibhav V, et al. Trends of cardiovascular implantable electronic device infection in 3 decades: a population-based study. *JACC Clin Electrophysiol* 2019;5:1071–1080.
  708. Palmisano P, Accogli M, Zaccaria M, et al. Rate, causes, and impact on patient outcome of implantable device complications requiring surgical revision: large population survey from two centres in Italy. *Europace* 2013;15:531–540.
  709. Sohail MR, Henrikson CA, Braid-Forbes MJ, et al. Mortality and cost associated with cardiovascular implantable electronic device infections. *Arch Intern Med* 2011;171:1821–1828.
  710. Cantillon DJ, Dukkipati SR, Ip JH, et al. Comparative study of acute and mid-term complications with leadless and transvenous cardiac pacemakers. *Heart Rhythm* 2018;15:1023–1030.
  711. Chahine J, Baranowski B, Tarakji K, et al. Cardiac venous injuries: procedural profiles and outcomes during left ventricular lead placement for cardiac resynchronization therapy. *Heart Rhythm* 2020;17:1298–1303.
  712. Seifert M, Schau T, Moeller V, et al. Influence of pacing configurations, body mass index, and position of coronary sinus lead on frequency of phrenic nerve stimulation and pacing thresholds under cardiac resynchronization therapy. *Europace* 2010;12:961–967.
  713. Biffi M, Moschini C, Bertini M, et al. Phrenic stimulation: a challenge for cardiac resynchronization therapy. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2009;2:402–410.
  714. Rijal S, Wolfe J, Rattan R, et al. Lead related complications in quadripolar versus bipolar left ventricular leads. *Indian Pacing Electrophysiol J* 2017;17:37.
  715. Nichols CI, Vose JG. Incidence of bleeding-related complications during primary implantation and replacement of cardiac implantable electronic devices. *J Am Heart Assoc* 2017;6:e004263.
  716. Wiegand UKH, LeJeune D, Boguschewski F, Bonnemeier H, et al. Pocket hematoma after pacemaker or implantable cardioverter defibrillator surgery: influence of patient morbidity, operation strategy, and perioperative antiplatelet/ anticoagulation therapy. *Chest* 2004;126:1177–1186.
  717. Van De Heyning CM, Elbarasi E, Masiero S, et al. Prospective study of tricuspid regurgitation associated with permanent leads after cardiac rhythm device implantation. *Can J Cardiol* 2019;35:389–395.
  718. Cho MS, Kim J, Lee JB, et al. Incidence and predictors of moderate to severe tricuspid regurgitation after dual-chamber pacemaker implantation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2019;42:85–92.
  719. Lee RC, Friedman SE, Kono AT, et al. Tricuspid regurgitation following implantation of endocardial leads: incidence and predictors. *Pacing Clin Electrophysiol* 2015;38:1267–1274.
  720. Link MS, Hellkamp AS, Estes NA 3rd, et al.; MOST Study Investigators. High incidence of pacemaker syndrome in patients with sinus node dysfunction treated with ventricular-based pacing in the Mode Selection Trial (MOST). *J Am Coll Cardiol* 2004;43:2066–2071.



721. van Rooden CJ, Molhoek SG, Rosendaal FR, et al. Incidence and risk factors of early venous thrombosis associated with permanent pacemaker leads. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2004;15:1258–1262.
722. Da Costa SS, Scalabrini Neto A, Costa R, et al. Incidence and risk factors of upper extremity deep vein lesions after permanent transvenous pacemaker implant: a 6-month follow-up prospective study. *Pacing Clin Electrophysiol* 2002;25:1301–1306.
723. Ascoeta MS, Marijon E, Defaye P, et al.; DAI-PP Investigators. Impact of early complications on outcomes in patients with implantable cardioverter-defibrillator for primary prevention. *Heart Rhythm* 2016;13:1045–1051.
724. Reynolds MR, Cohen DJ, Kugelmass AD, et al. The frequency and incremental cost of major complications among Medicare beneficiaries receiving implantable cardioverter-defibrillators. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:2493–2497.
725. Sridhar AR, Yarlagadda V, Yeruva MR, et al. Impact of haematoma after pacemaker and CRT device implantation on hospitalization costs, length of stay, and mortality: a population-based study. *Europace* 2015;17:1548–1554.
726. Habib G, Lancellotti P, Antunes MJ, et al.; ESC Scientific Document Group. 2015 ESC Guidelines for the management of infective endocarditis: The Task Force for the Management of Infective Endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: European Association of Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), the European Association of Nuclear Medicine (EANM). *Eur Heart J* 2015;36:3075–3128.
727. Clementy N, Carion PL, Leotoing L, et al. Infections and associated costs following cardiovascular implantable electronic device implantations: a nationwide cohort study. *Europace* 2018;20:1974–1980.
728. Rattanawong P, Kewcharoen J, Mekraksak P, et al. Device infections in implantable cardioverter defibrillators versus permanent pacemakers: a systematic review and meta-analysis. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2019;30:1053–1065.
729. Prutkin JM, Reynolds MR, Bao H, et al. Rates of and factors associated with infection in 200 909 Medicare implantable cardioverter-defibrillator implants: results from the National Cardiovascular Data Registry. *Circulation* 2014;130:1037–1043.
730. Uslan DZ, Sohail MR, St Sauver JL, et al. Permanent pacemaker and implantable cardioverter defibrillator infection: a population-based study. *Arch Intern Med* 2007;167:669–675.
731. Chang JD, Manning WJ, Ebrille E, Zimetbaum PJ. Tricuspid valve dysfunction following pacemaker or cardioverter-defibrillator implantation. *J Am Coll Cardiol* 2017;69:2331–2341.
732. Nath J, Foster E, Heidenreich PA. Impact of tricuspid regurgitation on long-term survival. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:405–409.
733. Hoke U, Auger D, Thijssen J, et al. Significant lead-induced tricuspid regurgitation is associated with poor prognosis at long-term follow-up. *Heart* 2014;100:960–968.
734. Mutlak D, Aronson D, Lessick J, et al. Functional tricuspid regurgitation in patients with pulmonary hypertension: is pulmonary artery pressure the only determinant of regurgitation severity? *Chest* 2009;135:115–121.
735. Schleifer JW, Pislaru SV, Lin G, et al. Effect of ventricular pacing lead position on tricuspid regurgitation: a randomized prospective trial. *Heart Rhythm* 2018;15:1009–1016.
736. Cheng Y, Gao H, Tang L, et al. Clinical utility of three-dimensional echocardiography in the evaluation of tricuspid regurgitation induced by implantable device leads. *Echocardiography* 2016;33:1689–1696.
737. Beurskens NEG, Tjong FVY, de Bruin-Bon RHA, et al. Impact of leadless pacemaker therapy on cardiac and atrioventricular valve function through 12 months of follow-up. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2019;12:e007124.
738. Addetia K, Harb SC, Hahn RT, et al. Cardiac implantable electronic device lead-induced tricuspid regurgitation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019;12:622–636.
739. Taramasso M, Benfari G, van der Bijl P, et al. Transcatheter versus medical treatment of patients with symptomatic severe tricuspid regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 2019;74:2998–3008.
740. Auricchio A, Gasparini M, Linde C, et al. Sex-related procedural aspects and complications in CRT Survey II: a multicenter European experience in 11,088 patients. *JACC Clin Electrophysiol* 2019;5:1048–1058.
741. Wagner EH, Austin BT, Von Korff M. Organizing care for patients with chronic illness. *Milbank Q* 1996;74:511–544.
742. Hendriks JM, de Wit R, Crijns HJ, et al. Nurse-led care vs. usual care for patients with atrial fibrillation: results of a randomized trial of integrated chronic care vs. routine clinical care in ambulatory patients with atrial fibrillation. *Eur Heart J* 2012;33:2692–2699.
743. Gallagher C, Elliott AD, Wong CX, et al. Integrated care in atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis. *Heart* 2017;103:1947–1953.
744. Wijtliet E, Tieleman RG, van Gelder IC, et al.; RACE Investigators. Nurse-led vs. usual-care for atrial fibrillation. *Eur Heart J* 2020;41:634–641.
745. Russo RJ, Costa HS, Silva PD, et al. Assessing the risks associated with MRI in patients with a pacemaker or defibrillator. *N Engl J Med* 2017;376:755–764.
746. Indik JH, Gimbel JR, Abe H, et al. 2017 HRS expert consensus statement on magnetic resonance imaging and radiation exposure in patients with cardiovascular implantable electronic devices. *Heart Rhythm* 2017;14:e97–e153.
747. Nazarian S, Hansford R, Rahsepar AA, et al. Safety of magnetic resonance imaging in patients with cardiac devices. *N Engl J Med* 2017;377:2555–2564.
748. Balmer C, Gass M, Dave H, et al. Magnetic resonance imaging of patients with epicardial leads: in vitro evaluation of temperature changes at the lead tip. *J Interv Card Electrophysiol* 2019;56:321–326.
749. Higgins JV, Gard JJ, Sheldon SH, et al. Safety and outcomes of magnetic resonance imaging in patients with abandoned pacemaker and defibrillator leads. *Pacing Clin Electrophysiol* 2014;37:1284–1290.
750. Padmanabhan D, Kella DK, Mehta R, et al. Safety of magnetic resonance imaging in patients with legacy pacemakers and defibrillators and abandoned leads. *Heart Rhythm* 2018;15:228–233.
751. Horwood L, Attili A, Luba F, et al. Magnetic resonance imaging in patients with cardiac implanted electronic devices: focus on contraindications to magnetic resonance imaging protocols. *Europace* 2017;19:812–817.
752. Vuorinen AM, Pakarinen S, Jaakkola I, et al. Clinical experience of magnetic resonance imaging in patients with cardiac pacing devices: unrestricted patient population. *Acta Radiol* 2019;60:1414–1421.
753. Pulver AF, Puchalski MD, Bradley DJ, et al. Safety and imaging quality of MRI in pediatric and adult congenital heart disease patients with pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol* 2009;32:450–456.
754. Wilkoff BL, Bello D, Taborsky M, et al.; EnRhythm MRI Sure-Scan Pacing System Study Investigators. Magnetic resonance imaging in patients with a pacemaker system designed for the magnetic resonance environment. *Heart Rhythm* 2011;8:65–73.
755. Shenthar J, Milasinovic G, Al Fagih A, et al. MRI scanning in patients with new and existing CapSureFix Novus 5076 pacemaker leads: randomized trial results. *Heart Rhythm* 2015;12:759–765.
756. Gimbel JR, Bello D, Schmitt M, et al. Randomized trial of pacemaker and lead system for safe scanning at 1.5 Tesla. *Heart Rhythm* 2013;10:685–691.
757. Homs R, Mellert F, Luechinger R, et al. Safety and feasibility of magnetic resonance imaging of the brain at 1.5 Tesla in patients with temporary transmyocardial pacing leads. *Thorac Cardiovasc Surg* 2019;67:86–91.
758. Zaremba T, Jakobsen AR, Sogaard M, et al. Risk of device malfunction in cancer patients with implantable cardiac device undergoing radiotherapy: a population-based cohort study. *Pacing Clin Electrophysiol* 2015;38:343–356.
759. Harms W, Budach W, Dunst J, et al.; Breast Cancer Expert Panel of the German Society of Radiation Oncology. DEGRO practical guidelines for radiotherapy of breast cancer VI: therapy of locoregional breast cancer recurrences. *Strahlenther Onkol* 2016;192:199–208.

760. Zecchin M, Severgnini M, Fiorentino A, et al. Management of patients with cardiac implantable electronic devices (CIED) undergoing radiotherapy: a consensus document from Associazione Italiana Aritmologia e Cardiostimolazione (AIAC), Associazione Italiana Radioterapia Oncologica (AIRO), Associazione Italiana Fisica Medica (AIFM). *Int J Cardiol* 2018;255:175–183.
761. Grant JD, Jensen GL, Tang C, et al. Radiotherapy-induced malfunction in contemporary cardiovascular implantable electronic devices: clinical incidence and predictors. *JAMA Oncol* 2015;1:624–632.
762. Zaremba T, Jakobsen AR, Sogaard M, et al. Radiotherapy in patients with pacemakers and implantable cardioverter defibrillators: a literature review. *Europace* 2016;18:479–491.
763. Hurkmans CW, Knegjens JL, Oei BS, et al.; Dutch Society of Radiotherapy Oncology. Management of radiation oncology patients with a pacemaker or ICD: a new comprehensive practical guideline in The Netherlands. *Dutch Society of Radiotherapy and Oncology (NVRO). Radiat Oncol* 2012;7:198.
764. Gomez DR, Poenisch F, Pinnix CC, et al. Malfunctions of implantable cardiac devices in patients receiving proton beam therapy: incidence and predictors. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2013;87:570–575.
765. Tjong FVY, de Ruijter UW, Beurskens NEG, Knops RE. A comprehensive scoping review on transvenous temporary pacing therapy. *Neth Heart J* 2019;27:462–473.
766. Hynes JK, Holmes DR Jr, Harrison CE. Five-year experience with temporary pacemaker therapy in the coronary care unit. *Mayo Clin Proc* 1983;58:122–126.
767. Ferri LA, Farina A, Lenatti L, et al. Emergent transvenous cardiac pacing using ultrasound guidance: a prospective study versus the standard fluoroscopy-guided procedure. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2016;5:125–129.
768. Lang R, David D, Klein HO, et al. The use of the balloon-tipped floating catheter in temporary transvenous cardiac pacing. *Pacing Clin Electrophysiol* 1981;4:491–496.
769. Ferguson JD, Banning AP, Bashir Y. Randomised trial of temporary cardiac pacing with semirigid and balloon-flotation electrode catheters. *Lancet* 1997; 349:18–83.
770. Austin JL, Preis LK, Crampton RS, et al. Analysis of pacemaker malfunction and complications of temporary pacing in the coronary care unit. *Am J Cardiol* 1982;49:301–306.
771. Hill PE. Complications of permanent transvenous cardiac pacing: a 14-year review of all transvenous pacemakers inserted at one community hospital. *Pacing Clin Electrophysiol* 1987;10:564–570.
772. Murphy JJ. Current practice and complications of temporary transvenous cardiac pacing. *BMJ* 1996;312:11–34.
773. Bjornstad CC, Gjertsen E, Thorup F, et al. Temporary cardiac pacemaker treatment in five Norwegian regional hospitals. *Scand Cardiovasc J* 2012;46:137–143.
774. Lopez Ayerbe J, Villuendas Sabate R, Garcia C, et al. [Temporary pacemakers: current use and complications]. *Rev Esp Cardiol* 2004;57:1045–1052.
775. Ng ACC, Lau JK, Chow V, et al. Outcomes of 4838 patients requiring temporary transvenous cardiac pacing: a statewide cohort study. *Int J Cardiol* 2018;271:98–104.
776. Metkus TS, Schulman SP, Marine JE, Eid SM. Complications and outcomes of temporary transvenous pacing: an analysis of >360,000 patients from the National Inpatient Sample. *Chest* 2019;155:749–757.
777. Lever N, Ferguson JD, Bashir Y, Channon KM. Prolonged temporary cardiac pacing using subcutaneous tunnelled active-fixation permanent pacing leads. *Heart* 2003;89:209–210.
778. Rastan AJ, Doll N, Walther T, Mohr FW. Pacemaker dependent patients with device infection – a modified approach. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005;27:1116–1118.
779. Zei PC, Eckart RE, Epstein LM. Modified temporary cardiac pacing using transvenous active fixation leads and external re-sterilized pulse generators. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:1487–1489.
780. Kawata H, Pretorius V, Phan H, et al. Utility and safety of temporary pacing using active fixation leads and externalized re-usable permanent pacemakers after lead extraction. *Europace* 2013;15:1287–1291.
781. Timothy PR, Rodeman BJ. Temporary pacemakers in critically ill patients: assessment and management strategies. *AACN Clin Issues* 2004;15:305–325.
782. Abd Elaziz ME, Allama AM. Temporary epicardial pacing after valve replacement: incidence and predictors. *Heart Surg Forum* 2018;21:E049–E053.
783. Lazarescu C, Mertes PM, Longrois D. [Temporary epicardial pacing following cardiac surgery: practical aspects]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2013;32:592–601.
784. Bektas F, Soyuncu S. The efficacy of transcutaneous cardiac pacing in ED. *Am J Emerg Med* 2016;34:2090–2093.
785. Quast ABE, Beurskens NEG, Ebner A, et al. Feasibility of an entirely extracardiac, minimally invasive, temporary pacing system. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2019;12:e007182.
786. Sherbino J, Verbeek PR, MacDonald RD, et al. Prehospital transcutaneous cardiac pacing for symptomatic bradycardia or bradyasystolic cardiac arrest: a systematic review. *Resuscitation* 2006;70:193–200.
787. American Society of Anesthesiologists. Practice advisory for the perioperative management of patients with cardiac implantable electronic devices: pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators: an updated report by the American Society of Anesthesiologists task force on perioperative management of patients with cardiac implantable electronic devices. *Anesthesiology* 2011;114:247–261.
788. Crossley GH, Poole JE, Rozner MA, et al. The Heart Rhythm Society (HRS)/American Society of Anesthesiologists (ASA) Expert Consensus Statement on the perioperative management of patients with implantable defibrillators, pacemakers and arrhythmia monitors: facilities and patient management this document was developed as a joint project with the American Society of Anesthesiologists (ASA), and in collaboration with the American Heart Association (AHA), and the Society of Thoracic Surgeons (STS). *Heart Rhythm* 2011;8:1114–1154.
789. Healey JS, Merchant R, Simpson C, et al.; Canadian Cardiovascular Society, Canadian Anesthesiologists' Society, Canadian Heart Rhythm Society. Canadian Cardiovascular Society/Canadian Anesthesiologists' Society/Canadian Heart Rhythm Society joint position statement on the perioperative management of patients with implanted pacemakers, defibrillators, and neurostimulating devices. *Can J Cardiol* 2012;28:141–151.
790. Boriani G, Fauchier L, Aguinaga L, et al.; ESC Scientific Document Group. European Heart Rhythm Association (EHRA) consensus document on management of arrhythmias and cardiac electronic devices in the critically ill and post-surgery patient, endorsed by Heart Rhythm Society (HRS), Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), Cardiac Arrhythmia Society of Southern Africa (CASSA), and Latin American Heart Rhythm Society (LAHRS). *Europace* 2019;21:78.
791. Schulman PM, Treggiari MM, Yanez ND, et al. Electromagnetic interference with protocolized electrosurgery dispersive electrode positioning in patients with implantable cardioverter defibrillators. *Anesthesiology* 2019;130:530–540.
792. Gifford J, Larimer K, Thomas C, May P. ICD-ON Registry for perioperative management of CIEDs: most require no change. *Pacing Clin Electrophysiol* 2017;40:128–134.
793. Heidebuchel H, Panhuyzen-Goedkoop N, Corrado D, et al.; Study Group on Sports Cardiology of the European Association for Cardiovascular Prevention Rehabilitation. Recommendations for participation in leisure-time physical activity and competitive sports in patients with arrhythmias and potentially arrhythmogenic conditions Part I: supraventricular arrhythmias and pacemakers. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2006;13:475–484.
794. Lampert R. Managing with pacemakers and implantable cardioverter defibrillators. *Circulation* 2013;128:1576–1585.
795. Pelliccia A, Fagard R, Bjornstad HH, et al. Recommendations for competitive sports participation in athletes with cardiovascular disease: a consensus document from the Study Group of Sports Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2005;26:1422–1445.

796. Heidbuchel H, Adami PE, Antz M, et al. Recommendations for participation in leisure-time physical activity and competitive sports in patients with arrhythmias and potentially arrhythmogenic conditions: Part 1: supraventricular arrhythmias. A position statement of the Section of Sports Cardiology and Exercise from the European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and the European Heart Rhythm Association (EHRA), both associations of the European Society of Cardiology. *Eur J Prev Cardiol* 2021;28:1539–1551.
797. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, et al.; ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur Heart J* 2020;42:17–96.
798. Lampert R, Olshansky B, Heidbuchel H, et al. Safety of sports for athletes with implantable cardioverter-defibrillators: long-term results of a prospective multinational registry. *Circulation* 2017;135:2310–2312.
799. Heidbuchel H, Arbelo E, D'Ascenzi F, et al. Recommendations for participation in leisure-time physical activity and competitive sports of patients with arrhythmias and potentially arrhythmogenic conditions. Part 2: ventricular arrhythmias, channelopathies, and implantable defibrillators. *Europace* 2021;23:147–148.
800. Hauser RG, Hayes DL, Kallinen LM, et al. Clinical experience with pacemaker pulse generators and transvenous leads: an 8-year prospective multicenter study. *Heart Rhythm* 2007;4:154–160.
801. Merchant FM, Tejada T, Patel A, et al. Procedural outcomes and long-term survival associated with lead extraction in patients with abandoned leads. *Heart Rhythm* 2018;15:855–859.
802. Diemberger I, Mazzotti A, Giulia MB, et al. From lead management to implanted patient management: systematic review and meta-analysis of the last 15 years of experience in lead extraction. *Expert Rev Med Devices* 2013;10:551–573.
803. Bongiorno MG, Kennergren C, Butter C, et al.; ELECTRa Investigators. The European Lead Extraction CONtrolled (ELECTRa) study: a European Heart Rhythm Association (EHRA) registry of transvenous lead extraction outcomes. *Eur Heart J* 2017;38:2995–3005.
804. Segreti L, Rinaldi CA, Claridge S, et al.; ELECTRa Investigators. Procedural outcomes associated with transvenous lead extraction in patients with abandoned leads: an ESC-EHRA ELECTRa (European Lead Extraction CONtrolled) registry sub-analysis. *Europace* 2019;21:645–654.
805. Parthiban N, Esterman A, Mahajan R, et al. Remote monitoring of implantable cardioverter-defibrillators: a systematic review and meta-analysis of clinical outcomes. *J Am Coll Cardiol* 2015;65:2591–2600.
806. Garcia-Fernandez FJ, Osca Asensi J, Romero R, et al. Safety and efficiency of a common and simplified protocol for pacemaker and defibrillator surveillance based on remote monitoring only: a long-term randomized trial (RM-ALONE). *Eur Heart J* 2019;40:1837–1846.
807. Mabo P, Victor F, Bazin P, et al.; COMPAS Trial Investigators. A randomized trial of long-term remote monitoring of pacemaker recipients (the COMPAS trial). *Eur Heart J* 2012;33:1105–1111.
808. Vogtmann T, Stiller S, Marek A, et al. Workload and usefulness of daily, centralized home monitoring for patients treated with CIEDs: results of the MoniC (Model Project Monitor Centre) prospective multicentre study. *Europace* 2013;15:219–226.
809. Nielsen JC, Kautzner J, Casado-Arroyo R, et al. Remote monitoring of cardiac implanted electronic devices: legal requirements and ethical principles—ESC Regulatory Affairs Committee/EHRA joint task force report. *Europace* 2020;22:1742–1758.
810. Perl S, Stiegler P, Rotman B, et al. Socio-economic effects and cost saving potential of remote patient monitoring (SAVEHM trial). *Int J Cardiol* 2013;169:402–407.
811. Ricci RP, Morichelli L, Santini M. Remote control of implanted devices through Home Monitoring technology improves detection and clinical management of atrial fibrillation. *Europace* 2009;11:54–61.
812. McCance T, McCormack B, Dewing J. An exploration of person-centredness in practice. *Online J Issues Nurs* 2011;16:1.
813. Kitson A, Marshall A, Bassett K, Zeitz K. What are the core elements of patient-centred care? A narrative review and synthesis of the literature from health policy, medicine and nursing. *J Adv Nurs* 2013;69:4–15.
814. Ekman I, Swedberg K, Taft C, et al. Person-centered care – ready for prime time. *Eur J Cardiovasc Nurs* 2011;10:248–251.
815. Kiesler DJ, Auerbach SM. Optimal matches of patient preferences for information, decision-making and interpersonal behavior: evidence, models and interventions. *Patient Educ Couns* 2006;61:319–341.
816. Alston C, Paget L, Halvorson G, et al. Communicating with Patients on Health Care Evidence. Washington, DC: Institute of Medicine of the National Academies; 2012. <http://www.iom.edu/evidence>.
817. Hibbard JH, Greene J. What the evidence shows about patient activation: better health outcomes and care experiences; fewer data on costs. *Health Aff (Millwood)* 2013;32:207–214.
818. Charles C, Gafni A, Whelan T. Shared decision-making in the medical encounter: what does it mean? (or it takes at least two to tango). *Soc Sci Med* 1997;44:681–692.
819. Towle A, Godolphin W. Framework for teaching and learning informed shared decision making. *BMJ* 1999;319:766–771.
820. Makoul G, Clayman ML. An integrative model of shared decision making in medical encounters. *Patient Educ Couns* 2006;60:301–312.
821. Pitcher D, Soar J, Hogg K, et al. Cardiovascular implanted electronic devices in people towards the end of life, during cardiopulmonary resuscitation and after death: guidance from the Resuscitation Council (UK), British Cardiovascular Society and National Council for Palliative Care. *Heart* 2016;102(Suppl 7):a1–a17.
822. The SHARE Approach. <https://www.ahrq.gov/health-literacy/professional-training/shared-decision/index.html> (25 May 2021).
823. International Patient Decision Aid Standards (IPDAS). IPDAS Collaboration Background Document, [ipdas.ohri.ca/IPDAS\\_Background.pdf](https://www.ipdas.org/ipdas-background.pdf) (25 May 2021).
824. Stacey D, Legare F, Lewis K, et al. Decision aids for people facing health treatment or screening decisions. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;4:Cd001431.
825. De Oliveira GS Jr, McCarthy RJ, Wolf MS, Holl J. The impact of health literacy in the care of surgical patients: a qualitative systematic review. *BMC Surg* 2015;15:86.
826. Berkman ND, Sheridan SL, Donahue KE, et al. Health literacy interventions and outcomes: an updated systematic review. *Evid Rep Technol Assess (Full Report)* 2011:1–941.
827. Wolf A, Vella R, Fors A. The impact of person-centred care on patients' care experiences in relation to educational level after acute coronary syndrome: secondary outcome analysis of a randomised controlled trial. *Eur J Cardiovasc Nurs* 2019;18:299–308.
828. Marcus C. Strategies for improving the quality of verbal patient and family education: a review of the literature and creation of the EDUCATE model. *Health Psychol Behav Med* 2014;2:482–495.
829. Friedman AJ, Cosby R, Boyko S, et al. Effective teaching strategies and methods of delivery for patient education: a systematic review and practice guideline recommendations. *J Cancer Educ* 2011;26:12–21.
830. Sustersic M, Gauchet A, Foote A, Bosson JL. How best to use and evaluate Patient Information Leaflets given during a consultation: a systematic review of literature reviews. *Health Expect* 2017;20:531–542.
831. Elwyn G, Lloyd A, Joseph-Williams N, et al. Option grids: shared decision making made easier. *Patient Educ Couns* 2013;90:207–212.
832. Dwamena F, Holmes-Rovner M, Gauden CM, et al. Interventions for providers to promote a patient-centred approach in clinical consultations. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;12:Cd003267.
833. Olsson LE, Jakobsson Ung E, Swedberg K, Ekman I. Efficacy of person-centred care as an intervention in controlled trials—a systematic review. *J Clin Nurs* 2013;22:456–465.

834. McMillan SS, Kendall E, Sav A, et al. Patient-centered approaches to health care: a systematic review of randomized controlled trials. *Med Care Res Rev* 2013;70:567–596.
835. Ekman I, Wolf A, Olsson LE, et al. Effects of person-centred care in patients with chronic heart failure: the PCCHF study. *Eur Heart J* 2012;33:1112–1119.
836. Ulin K, Olsson LE, Wolf A, Ekman I. Person-centred care – an approach that improves the discharge process. *Eur J Cardiovasc Nurs* 2016;15:e19–e26.
837. Dudas K, Olsson LE, Wolf A, et al. Uncertainty in illness among patients with chronic heart failure is less in person-centred care than in usual care. *Eur J Cardiovasc Nurs* 2013;12:521–528.
838. Minchin M, Roland M, Richardson J, et al. Quality of care in the United Kingdom after removal of financial incentives. *N Engl J Med* 2018;379:948–957.
839. Song Z, Ji Y, Safran DG, Chernew ME. Health care spending, utilization, and quality 8 years into global payment. *N Engl J Med* 2019;381:252–263.
840. Aktaa S, Batra G, Wallentin L, et al. European Society of Cardiology methodology for the development of quality indicators for the quantification of cardiovascular care and outcomes. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes* 2022;8:4–13.
841. Arbelo E, Aktaa S, Bollmann A, et al. Quality indicators for the care and outcomes of adults with atrial fibrillation. *Europace* 2021;23:494–495.
842. Collet JP, Thiele H, Barbato E, et al.; ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. *Eur Heart J* 2021;42:1289–1367.
843. Wallentin L, Gale CP, Maggioni A, et al. EuroHeart: European unified registries on heart care evaluation and randomized trials. *Eur Heart J* 2019;40:2745–2749.
844. Zhang S, Gaiser S, Kolominsky-Rabas PL. Cardiac implant registries 2006/2016: a systematic review and summary of global experiences. *BMJ Open* 2018;8:e019039.
845. Aktaa S, Abdin A, Arbelo E, et al. European Society of Cardiology Quality Indicators for the care and outcomes of cardiac pacing Developed by the Working Group for Cardiac Pacing Quality Indicators in collaboration with the European Heart Rhythm Association of the European Society of Cardiology. *Europace* 2022;24:165–172.

*Tento článek vyšel také jako Táborský M. Doporučené postupy pro kardiostimulaci a srdeční resynchronizační terapii: aktualizace 2021. In: Táborský M, Kautzner J, Linhart A, Hatala R, Gonçalvesová E, Hlívák P (eds.). Kardiologie. XI. Novinky v kardiologii ze sjezdu ESC 2021. Praha: Grada Publishing, 2022:2049–2160.*