

Nové trendy v kardiostimulaci

Kamila Holdová, Lenka Hodačová, Jan Petruš, Petr Neužil

Kardiologické oddělení, Nemocnice Na Homolce, Praha, Česká republika

Klíčová slova:

BackBeat Moderato
Kardiostimulátor
Leadless
Nanostim
Nové algoritmy v kardiostimulaci
WICS

SOUHRN

Obor kardiostimulace zažívá každoročně mohutný pokrok, objevují se nové a velmi zajímavé trendy, technologie i nové systémy. Článek přináší soubor poznatků o kardiostimulaci, a to od jejích počátků přes nedávnou minulost, aktuální přítomnost a blízkou budoucnost. Z nových trendů je největší pozornost věnována systému BackBeat Moderato k ovlivnění krevního tlaku, bezelektrodovému („leadless“) stimulátoru Nanostim a tzv. ultrazvukové bezdrátové stimulaci levé komory (WICS) sloužící k resynchronizační léčbě.

Historie kardiostimulace

Vznik trvalé kardiostimulace můžeme zařadit někdy mezi 50. a 60. léta dvacátého století. První stimulace jednodutinového kardiostimulátoru (1D KS) byla provedena v roce 1958 ve Švédsku ve Stockholmu. První KS měl nikl-kadmiovou baterii a byl zalitý v epoxidové pryskyřici, vyvinuli ho kardiochirurg Ake Senning a elektroinženýr s lékařským vzděláním Rune Elmquistem. Zajímavostí je, že kardiostimulátor při implantaci vydržel pouze osm hodin, ne pro vyčerpání zdroje, ale z důvodu porušení diody při kauterizaci v průběhu implantace. Pacientovi byl ihned naimplantován další KS. Životnost prvních 1D KS byla pouhých šest týdnů. V začátcích se implantovaly ocelové elektrody potažené teflonem, které byly našity epimyokardiálně při thorakotomii.

Pokrokem v kardiostimulační technice bylo zavedení nové baterie se zinkortuťovým článkem. Přístroj s touto baterií byl poprvé implantován v roce 1960 v USA. Stále

se inženýři potýkali s malou životností baterie, výrobce uváděl, že baterie vydrží pět let, ta však ve skutečnosti vydržela pouze 9–18 měsíců. Dalším problémem byly elektrody, u kterých docházelo k časté ruptuře.

Rozvojem hardwarového a především softwarového vybavení se zvýšila možnost nekompetitivní stimulace. První KS byly totiž schopny vydávat impulsy v pravidelných, předem stanovených intervalech bez ohledu na vlastní srdeční činnost. Nově bychom je označili jako „fixed rate“ neboli VOO. Nové přístroje již od roku 1966 umožňovaly tzv. nekompetitivní stimulaci. Mezi prvními byl tzv. demand KS, který při vnímání vlastní komorové depolarizace restartoval časování, šlo o tzv. VVI stimulaci. A dál se softwarové vybavení vyvinulo až k dvoudutinové (DDD) stimulaci.

V Československu byl první 1D KS implantován v roce 1962. V roce 1965 čeští inženýři vyrobili první československý kardiostimulátor (obr. 1). Byl sice sestaven převážně z dovezených součástí, ale měl originální tvar s vykrojenou částí pro elektrody, aby se tolik nelámaly.

V roce 1970 byl implantován první nukleární kardiostimulátor s nuklidem plutonia 238, jehož životnost byla 20 let, ale bohužel nevýhodou bylo vysílání nežádoucího radioaktivního záření.

Od roku 1973 se začal vyrábět kardiostimulátor s lithium-jodidovou baterií s životností pět až deset let v titanovém pouzdře. Též se nově implantovaly transvenózní bipolární elektrody.

V roce 1980 se implantoval první implantabilní kardioverter-defibrilátor (ICD) v USA. Přístroje byly objemné (150 ml) a těžké (300 g), proto se musely implantovat do břišní stěny. Elektrody byly speciální epimyokardiální a našivaly se přímo na povrch srdce po otevření hrudníku. První ICD byly vybaveny pouze funkcí vysokoenergetického výboje při detekci rychlé komorové arytmie. V další generaci již byly přístroje vybaveny funkcí kardioverze pro pomalejší komorové arytmie. Též byla vyvinuta speciální transvenózní defibrilační elektroda. V roce 1984 MUDr. Jan Bytešník jako první v Československu implantoval ICD v Institutu klinické a experimentální medicíny [2–6].



Obr. 1 – První československý kardiostimulátor [1]



Současná podoba kardiostimulátorů a defibrilátorů

Kardiostimulátory	Defibrilátory
digitalizace integrovaného obvodu	miniaturizace ICD z 300 g na 70 g
miniaturizace přístroje	objem ze 150 ml na 30 ml
delší životnost baterie	umístění ICD v podklíčkové oblasti
automatické funkce a algoritmy KS	speciální algoritmy
rozvoj elektrod jak s pasivní, tak s aktivní fixací	rozvoj ICD elektrod



Obr. 2 – Starý a nový kardiostimulátor



Obr. 3 – Starý a nový defibrilátor

Na obrázcích 2 a 3 je vidět porovnání starého a nového kardiostimulátoru a defibrilátoru.

Nové trendy v kardiostimulaci, které již byly uvedeny do praxe

Ve 21. století dochází k rozvoji přístrojů a algoritmů, které byly v rámci studií schváleny a nyní se již používají v běžné praxi. Příkladem algoritmu, který je dnes již v praxi zaveden a běžně se užívá, je funkce TVI (transvalvulární impedance) od firmy Medico. Senzor TVI je určen jako prostředek pro nepřetržité monitorování hemodynamiky srdce k zajištění optimální terapie pacienta. Měří se na elektrodách mezi pravou síní a komorou, a to v různých kombinacích, poté se použije neoptimálnější hodnota impedance. Použití TVI v automatických algoritmech zajišťuje kontrolu účinnosti a snímání komorové stimulace a následně reguluje stimulační frekvenci [7,8].



Obr. 4 – Reveal XT

Rozvoj přístrojů se ubíral směrem k zlepšení kvality života pacientů a dnes již mohou pacienti s KS či ICD podstoupit vyšetření magnetickou rezonancí (MR). Jeden z prvních tzv. MR kompatibilních přístrojů je implantabilní srdeční monitor Reveal XT či Reveal DX od firmy Medtronic (obr. 4).

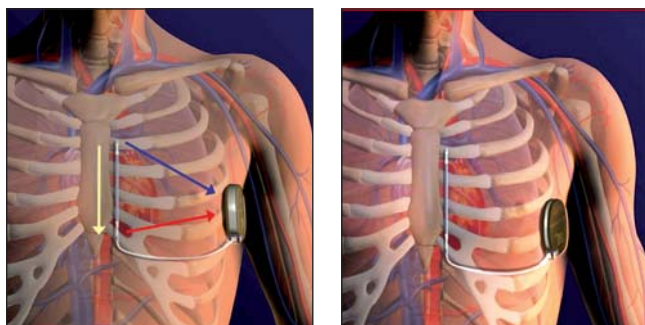
Je to záznamové zařízení EKG, které se implantuje pod kůži. Dále firma Medtronic vyvinula první kardiostimulátor Enrythm se SureScan technologií a speciálními elektrodami. Před MR vyšetřením se provede reprogramace přístroje do „MR safe mode“ a pacient je během procedury monitorován. Spirála v elektrodách odvádí vzniklé napětí během MR a zabezpečí, že nedojde k ohřevu elektrody a k následnému vytvoření nekrózy okolní srdeční tkáně. Dalšími kardiostimulátory vhodnými pro MR jsou KS druhé generace tzv. Advisa MRI a Ensura MRI (Medtronic). V dnešní době jsou k dispozici KS kompatibilní s MR i od jiných firem.

První ICD systém kompatibilní s MR vyvinula firma Biotronik. Ten dovoluje za určitých podmínek podstoupit MR vyšetření buď jako celotělový sken, nebo vymezenou část těla, tzv. polosken, a to buď MR s 1,5 tesly, či 3 tesly výkonu [9–11].

Rozvoj ICD se též zaměřil na pacienty, kteří nemohou podstoupit implantaci konvenčního ICD systému. Těmto pacientům je pak možno implantovat subkutánní ICD (S-ICD), tzv. SQ-Rx ICD od firmy Cameron Health (obr. 5).



Obr. 5 – SQ-Rx ICD



Obr. 6 – Implantace SQ-Rx ICD [14]

Tento systém se zavádí subkutánně bez nutnosti intravenózní implantace elektrod a bez použití rentgenového záření, jak je vidět na obrázku 6 [12,13].

Další rozvoj především počítačové technologie dal vzniknout domácí monitoraci pacientů, tzv. home monitoring. Home monitoring je technologie pro automatické dálkové monitorování pacienta a přístroje (KS nebo ICD). Je to celosvětová, bezpečná a účinná služba, dostupná pacientům a lékařům každý den po celém světě. Data uložená v KS/ICD jsou přístupna lékaři každý den, bez nutnosti pacientovy návštěvy v ambulanci ve speciální databázi na internetu [15–17].

Nové trendy v kardiostimulaci, které se vyvíjejí

V rámci studií se dále vyvíjejí nové trendy, v tomto článku se budeme věnovat třem novinkám.

1. Prvním je systém **BackBeat Moderato**, se speciálním algoritmem, který ovlivňuje krevní tlak (TK). Tento systém je určen pro pacienty, kteří potřebují dvoudutinový kardiostimulátor (2D KS) a mají vysoký krevní tlak. Kardiostimulátor má standardní stimulační režimy a algoritmy, které najdeme u běžných 2D KS. Obsahuje navíc skupinu algoritmů srdeční stimulace, které by měly snižovat krevní tlak. Tyto algoritmy používají standardní signály 2D stimulace a zahrnují alternaci časování, při kterých jsou tyto signály vydávány.

Před vlastní implantací je pacientům provedena transthorakální echokardiografie a 24hodinové holterovské monitorování krevního tlaku. Po implantaci se pacientům na základě hodnot tlaků zapíná funkce BackBeat Moderato [2].



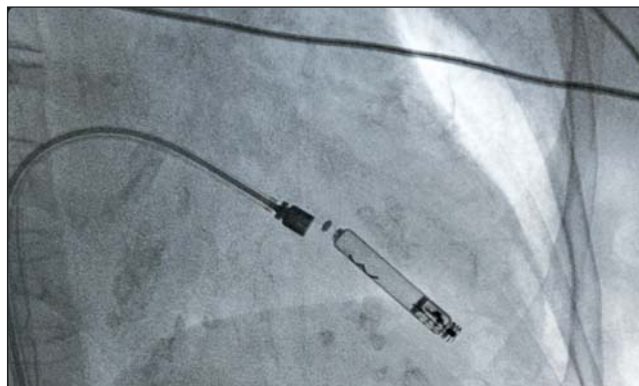
Obr. 7 – Nanostim [18]

2. Druhým systémem je bezelektrodový (leadless) kardiostimulační systém **Nanostim**, tzv. LCP (leadless cardiac pacemaker), který vidíme na obrázku 7.

Jde o alternativní metodu stimulace. Indikací jsou především limitace zavedení KS klasickou intravenózní (přes podklíčkovou žílu) cestou. Tento systém minimalizuje, či kompletně vylučuje možné komplikace související s normální implantační technikou, jako jsou pneumothorax, hemothorax, hematoma kapsy KS, infekce stimulační soustavy, fraktura elektrody a jiné. LCP tvoří jeden celek – KS a stimulační elektrodu. Předpokládáme, že životnost je 7–12 let. Je vytvořen z biokompatibilního materiálu, takže by mělo být možné pacienta vyšetřit při MR. Systém se umísťuje do hrotu či k septu pravé komory a pracuje v režimu VVI/VVIR (obr. 8).



Obr. 8 – Umístění LCP do hrotu pravé komory [18]



Obr. 9 – Rtg snímek LCP a sheathu



Obr. 10 – Rtg snímek uvolnění LCP z sheathu



Systém zavádíme přes vena femoralis pomocí 18F zavaděče až do pravé komory. Zde se nejprve LCP testuje. Pokud jsou parametry v pořádku, LCP se uvolní z katetru a je naprogramován (obr. 9 a 10).

3. Posledním systémem je bezdrátová ultrazvuková stimulace levé komory (LK) tzv. WICS (Wireless Cardiac Stimulation) systém. Je to jedna z možností zavedení levokomorové elektrody, pokud se to nedaří intravenózní cestou či epikardiálním přístupem. Pacienti musejí mít již naimplantovaný 2D KS nebo ICD. Samotný systém se skládá z ultrazvukového vysílače (transmitteru) a generátoru, který se implantuje do podkoží v úrovni 5.–6. mezižebří (obr. 11) [1,19,20].

Dále se systém WICS skládá ze speciální stimulační elektrody zakončené fixační kotvičkou, která se implantuje intrakardiálně na laterální stěnu LK přes femorální

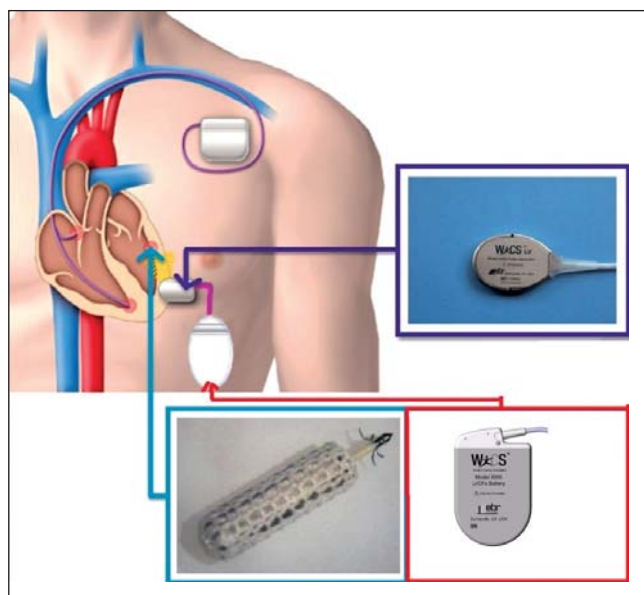
arterii transaortálním přístupem pomocí speciálního zavaděče, na obrázku 12 je vidět rentgenový snímek celého systému WICS.

Principem WICS systému je snímání stimulačního signálu z pravé komory, poté vysílání ultrazvukového vlnění z vysílače směrem ke speciální elektrodě, kde se UZ vlnění přemění na elektrický impuls a díky tomu nastává stimulace a kontrakce levé komory [2,22].

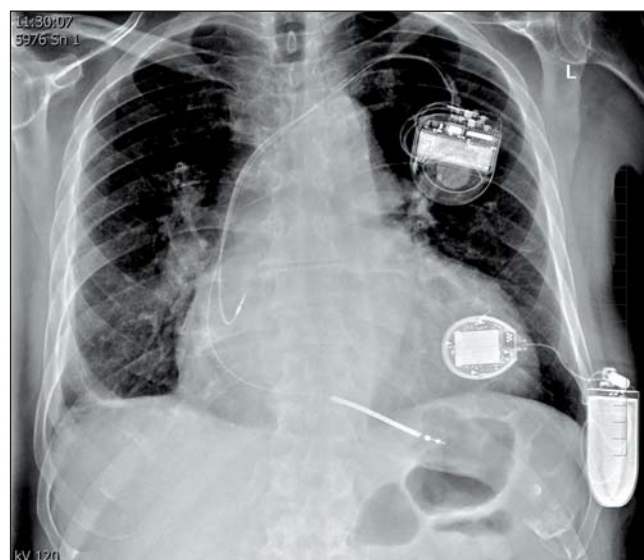
Závěr

Jsme svědky mohutného rozvoje technologií v oboru kardiostimulace. Trendy, se kterými se v této době setkáváme, jsou speciální leadless systémy, nové algoritmy a implantační techniky. A nadále pokračuje miniaturizace přístrojů a zlepšování technologie biokompatibilních materiálů pro KS a ICD, aby pacienti mohli podstoupit vyšetření magnetickou rezonancí. V daném článku se zmíníme o třech novinkách, které jsou zkoumány v rámci studií, a musíme zatím vyčkat na výsledky, abychom mohli zhodnotit jejich přínos pro pacienty.

*Mgr. Kamila Holdová,
Kardiologické oddělení,
Nemocnice Na Homolce, Praha,
e-mail: kamila.holdova@homolka.cz*



Obr. 11 – Stimulační elektroda, generátor a ultrazvukový vysílač WICS systému [22]



Obr. 12 – Rtg snímek WICS systému

Literatura

- [1] J. Bednár, Polstoročie elektrickej stimulácie srdca – pohľad do histórie vo svete a na Slovensku. [prezentace]. 2010 [cit. 2014].
- [2] K. Holdová, Nové trendy v kardiostimulaci [prezentace]. 2014 [2014].
- [3] J. Lipoldová, M. Novák, Historie trvalé kardiostimulace, Kardiologická revue 8 (2006) 166–173.
- [4] M. Matchett, S.F. Sears, G. Hazelton, et al., The implantable cardioverter defibrillator: its history, current psychological impact and future, Expert Review on Medical Devices 6 (2009) 43–50.
- [5] J. Špinar, J. Vítovec, Jak dobře žít s nemocným srdcem, Praha: Grada Publishing, 2007.
- [6] M. Novák, P. Kamarýt, P. Mach, Nové technologie v oblasti kardiostimulátorů a implantabilních kardioverterů-defibrilátorů. In: J. Lukl, P. Heinc, et al., Moderní léčba arytmií, Praha: Grada Publishing, 2001, 173 s.
- [7] F. Di Gregorio, A. Morra, M. Finesso, M.G. Bongiorni, Transvalvular impedance (TVI) recording under electrical and pharmacological cardiac stimulation, Pacing and Clinical Electrophysiology 19 (11 Pt 2) (1996) 1689–1693.
- [8] K. Holdová, Nové trendy v kardiostimulaci [prezentace]. 2008 [cit. 2008].
- [9] H. Furusho, T. Kusayama, A. Chikata, et al., Magnetic resonance imaging in a patient with an implantable cardiac defibrillator, Journal of Arrhythmia 28 (2012) 353–355.
- [10] A. Roguin, M.M. Zviman, G.R. Meininger, et al., Modern pacemaker and implantable cardioverter/defibrillator systems can be magnetic resonance imaging safe in vitro and in vivo assessment of safety and function at 1.5 T, Circulation 110 (2004) 475–482.
- [11] A. Roguin, J. Schwitter, C. Vahlhaus, et al., Magnetic resonance imaging in individuals with cardiovascular implantable electronic devices, Europace 10 (2008) 336–346.
- [12] P.J. Sousa, D. Cavaco, J.P. Neves, et al., Subcutaneous ICD implantation, Revista portuguesa de cardiologia: orgao oficial da Sociedade Portuguesa de Cardiologia 29 (2010) 451–457.
- [13] L. Dabiri Abkenari, D.A. Theuns, S.D. Valk, et al., Clinical experience with a novel subcutaneous implantable defibrillator system in a single center, Clinical Research in Cardiology 100 (2011) 737–744.

- [14] Medical EXPO [online]. 2014 [cit. 2014-07-30]. Dostupné z: <http://www.medicalexpo.de/prod/cameron-health-77935.html>
- [15] C. De Asmundis, D. Ricciardi, M. Namdar, et al., ICD function and dysfunction in patients with arrhythmogenic cardiac diseases: the role of home monitoring, *Acta Cardiologica* 68 (2013) 387–394.
- [16] S. Spencker, N. Coban, L. Koch, et al., Potential role of home monitoring to reduce inappropriate shocks in implantable cardioverter-defibrillator patients due to lead failure, *Europace* 11 (4) (2009) 483–488.
- [17] A. Roguin, J. Schwitter, C. Vahlhaus, et al., Magnetic resonance imaging in individuals with cardiovascular implantable electronic devices, *Europace* 10 (2008) 336–346.
- [18] Cardion [online]. 2014 [cit. 2014-07-30]. Dostupné z: <http://www.cardion.cz/nanostim>
- [19] H. Wieneke, S. Rickers, J. Velleuer, et al., Leadless pacing using induction technology: impact of pulse shape and geometric factors on pacing efficiency, *Europace* 15 (3) (2013) 453–459.
- [20] P.M. Jacobson, Rate responsive leadless cardiac pacemaker. U.S. Patent No 7,937,148, 2011.
- [21] Vizionplus.tv [online]. 2014 [cit. 2014-07-30]. Dostupné z: <http://vizionplus.al/aparati-i-ri-per-zemren/>
- [22] A. Auricchio, P.P. Delnoy, F. Regoli, et al., First-in-man implantation of leadless ultrasound-based cardiac stimulation pacing system: novel endocardial left ventricular resynchronization therapy in heart failure patients, *Europace* 15 (2013) 1191–1197.