MR kompatibilní kardiostimulátory a implantabilní kardiovertery-defibrilátory

Michal Šnorek[1], Alan Bulava[1,2]

[1] *Kardiocentrum - kardiologické oddělení, Nemocnice České Budějovice, a.s., přednosta prim. MUDr. František Toušek, FESC*
[2] *Zdravotně sociální fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, děkanka prof. PhDr. Valérie Tóthová, Ph.D.*

Souhrn
Přítomnost kardiostimulátoru (KS) nebo implantabilního kardioverteru-defibrilátoru (ICD) v těle pacienta byla doposud absolutní kontraindikací pro vyšetření magnetickou rezonancí (magnetic resonance imaging – MRI). V posledních několika letech jsou na trh uváděny podmíněně MR kompatibilní implantabilní přístroje umožňující pacientům MR vyšetření za specifických podmínek podstoupit. Rekapitulujeme současný stav poznání v této oblasti a přinášíme přehled dostupných MR kompatibilních KS a ICD. Vyšetření magnetickou rezonancí by u těchto pacientů mělo být prováděno v případech, v nichž požadovanou informaci nelze získat jinou zobrazovací metodou.

Klíčová slova: implantabilní kardioverter-defibrilátor – kardiostimulátor – zobrazení magnetickou rezonancí

MRI compatible cardiac pacemakers and implantable cardioverter defibrillators

Summary
Implanted cardiac pacemaker (PM) or implantable cardioverter defibrillator (ICD) has been so far considered a contra-indication to magnetic resonance imaging (MRI). In the last few years MRI conditional cardiac implantable electronic devices have been marketed enabling patients undergo MRI under specific conditions. We present current state of the art and provide overview of available MRI conditional devices. Magnetic resonance imaging in these patients should be performed only in cases where the requested information can not be obtained using alternative imaging technique.

Key words: cardiac pacemaker – implantable cardioverter defibrillator – magnetic resonance imaging

Úvod

Zatímco počet implantovaných kardiostimulátorů (KS) je v posledních letech stabilní, narůstá počet pacientů s implantabilními kardiovertery-defibrilátory (implantable cardioverter defibrillator – ICD) a přístroji pro srdeční resynchronizační léčbu (cardiac resynchronization therapy – CRT, srdeční desynchronizační léčba – SRL). Přítomnost těchto přístrojů v těle pacienta byla doposud absolutní kontraindikací pro vyšetření magnetickou rezonancí (MRI). MRI je však dynamicky se velmi rozvíjející zobrazovací metoda, která přináší pokročilé možnosti zobrazování jednotlivých orgánů i celých oblastí lidského těla. Zcela zásadní výhodou MRI ve srovnání s metodami, které využívají RTG záření, je absence radiační zátěže. Odhaduje se, že 50–75 % pacientů s implantovaným KS nebo ICD bude během svého života vyšetření magnetickou rezonancí potřebovat [1]. Na tyto skutečnosti reagují i výrobci implantabilních přístrojů, a tak jsme v posledních letech svědky nástupu KS a ICD, které za přesně definovaných podmínek umožňují pacientům vyšetření MR podstoupit. V následujícím textu rekapitulujeme současný stav poznání v této oblasti a přinášíme přehled dostupných KS a ICD kompatibilních s MRI.

MRI a typy magnetického pole

Statické magnetické pole až do 8 T (Tesla) nemá na lidský organizmus žádný škodlivý efekt a nepředstavuje tak žádné riziko. Proměnné gradientní pole může stimulovat periferní nervy, stimulace srdečního svalu však může nastat až při několika řádově vyšších hodnotách pole ve srovnání s používanými MR přístroji. Radiofrekvenční pole pak může vyvolat ohřátí tkáně. Všechny tyto efekty působí souhrnně a tento vliv lze zjednodušeně definovat pomocí specifické absorpční hodnoty (specific absorption rate – SAR), která se udává ve wattech na kilogram hmotnosti (W/kg) [2].

Magnetické a radiofrekvenční pole MR může narušit nastavení KS a ICD nebo způsobit zvýšení teploty elektrod. V důsledku tak může dojít k nežádoucí nadměrné stimulaci, selhání stimulačních funkcí či poškození přilehlé tkáně [3].

Doporučené postupy odborných společností

Doporučené postupy pro implantaci KS, ICD a systémů pro SRL České kardiologické společnosti z roku 2009 se problematiky vyšetření magnetickou rezonancí dotýkají spíše okrajově. Uvádějí, že u nemocných s indikací trvalé kardiostimulace, u nichž je přítomno přidružené onemocnění, které by vyžadovalo vyšetření pomocí MRI, je možné zvážit implantaci speciálního stimulačního systému, který dovoluje MR vyšetření provést. Jinak platí jednoznačné kontraindikace použití MRI [4].

Guidelines Evropské kardiologické společnosti (European Society of Cardiology – ESC) uvádějí, že MRI je pro pacienty léčené trvalou kardiostimulací zvláště nebezpečná. U pacientů s implantovaným KS nebo ICD je provedení MRI kontraindikováno, nicméně v případě nezbytného MR vyšetření je nutná pečlivá monitorace pacienta během vyšetření s následnou kontrolou přístroje. Potenciální škodlivé účinky MRI na kardiostimulátory byly demonstrovány v experimentálních studiích se zvířaty. Zahrnují zejména asynchronní stimulaci nebo její inhibici. Podobné problémy včetně ojedinělých úmrtí byly popsány i u lidí. Evropská doporučení akcentují podrobné poučení pacienta o rizicích a přínosech, která mu MR vyšetření přináší [5]. Focused Update of ESC Guidelines on Device Therapy in Heart Failure z roku 2010 se otázky MRI více nedotýká [6], stejně jako ACC/AHA/HRS Guidelines for Device-Based Therapy of Cardiac Rhythm Abnormalities z roku 2008 [7] včetně jejich aktualizace z roku 2012 [8].

Problematikou MRI a implantovaných přístrojů se podrobněji zabývá ACCF/ACR/AHA/NASCI/SCMR 2010 Expert Consensus Document on Cardiovascular Magnetic Resonance. Kromě výše uvedených poruch stimulačních funkcí způsobených MR je zmiňována také možnost aktivace neadekvátních antitachykardických terapií ICD a fakt, že ze studií testujících možnost provedení MRI u pacientů s KS a ICD byli vyloučeni pacienti dependentní na stimulaci. KS a ICD vyrobené po roce 2000 nicméně zřejmě budou více odolné vůči elektromagnetickému poli spojenému s MR vyšetřením 1,5 T. Vyšetření srdce pomocí MRI (Cardiac MRI, CMR) u nositelů KS a ICD není doporučováno, může být zváženo pouze ve vysoce zkušených centrech v případě silné klinické indikace CMR, pokud přínosy jasně převažují nad riziky [9].

Aktuální klasifikace kovových implantátů pro MR vyšetření rozlišuje následující 3 skupiny [2,9]:

- **MR bezpečné** (safe) – implantát neinteraguje s magnetickým ani vysokofrekvenčním elektromagnetickým polem
- **MR přípustné za určitých podmínek** (conditional) – je možná mírná interakce
- **MR nebezpečné** (unsafe) – nebezpečná interakce je prokázána

Jako MR kompatibilní KS a ICD jsou označovány přístroje, které spadají do kategorie MR „conditional", tedy podmíněně kompatibilních přístrojů.

Radiologická společnost České lékařské společnosti J. E. Purkyně vydala v roce 2010 stručný metodický pokyn pro vyšetřování pacientů s podmíněně MR kompatibilními kardiostimulátory, který má 5 bodů:

Doporučený postup Radiologické společnosti ČLS JEP při vyšetřování pacientů s MR kompatibilními kardiostimulátory, zpracováno podle [2]

1. Pacient musí mít potvrzení s razítkem a podpisem ošetřujícího lékaře, že jeho kardiostimulátor (včetně elektrod) je MR kompatibilní. Toto potvrzení nesmí být starší než 3 dny. Nestačí pouze průkazka o typu kardiostimulátoru. V případě nejasnosti je vždy nutné kontaktovat ošetřujícího lékaře, je možné zhotovit RTG hrudníku, který však musí indikovat ošetřující lékař.
2. Součásti potvrzení musí být informace, že kardiostimulátor je nastaven v MR kompatibilním modu. S výhodou je přímo výtisk z kalibrace přístroje. Toto potvrzení nesmí být starší než 24 hodin.
3. Součástí potvrzení musí být vyjádření ošetřujícího lékaře, že pacient nemá žádné další implantáty, které by byly kontraindikací k MR vyšetření. Zvláště například ponechané elektrody apod.
4. Na MR pracovišti musí být informace o podmínkách pro MR vyšetření u těchto pacientů pro jednotlivé typy stimulátorů (např. nutnost centrace mimo hrudník atd). Buď si je pacient přinese s sebou, nebo již musí být na pracovišti k dispozici.
5. Při měření musí být pacient monitorován pomocí EKG.

Historie podmíněně MR kompatibilních KS a ICD

Prvním podmíněně MR kompatibilním kardiostimulátorem, který získal značku CE (Conformité Européenne) byl v září roku 2008 systém EnRhythm MRI™ SureScan® (Medtronic, Inc., USA), přejmenovaný po ukončení klinického zkoušení na RevoMRI™ SureScan® [10]. Lze se ale setkat s oběma názvy. U.S. Food and Drug Administration (FDA) 8. února 2011 tento systém schválila jako bezpečný pro použití v MRI za specifických podmínek [11]. Nové podmíněně MR kompatibilní kardiostimulátory společnosti Medtronic, Advisa MRI™ SureScan® a Ensura MRI™ SureScan® jsou schválené pro celotělové vyšetření magnetickou rezonancí. Společnost BIOTRONIK přišla s řadou Evia ProMRI® podmíněně MR kompatibilních kardiostimulátorů. Jejich schválení pro celotělové vyšetření magnetickou rezonancí, tedy včetně oblasti hrudníku, je očekáváno ve 4. čtvrtletí roku 2013. Kardiostimulátorem umožňujícím celotělové MR vyšetření (1,5 T, SAR až 4 W/kg), který získal značku CE,

byl v dubnu roku 2011 Accent MRI™ při použití elektrod Tendril MRI™ (St. Jude Medical, Inc., USA). Aktivaci a deaktivaci MRI nastavení lze u tohoto přístroje provést pomocí bezdrátového ovladače MRI ActivatorTM, který je volitelným příslušenstvím [10,12].

18. listopadu 2011 získala CE značku společnost BIOTRONIK pro první a doposud jediný podmíněně MR kompatibilní ICD řady Lumax 740 ProMRI® [13]. Podmíněně MR kompatibilní je také implantabilní srdeční monitor Reveal® XT/DX (Medtronic, Inc., USA) [10].

K provedení MR vyšetření musejí být kromě MR kompatibilního KS nebo ICD použity také MR kompatibilní elektrody. V případě reimplantace samotného přístroje za podmíněně MR kompatibilní a současném ponechání původních elektrod se nejedná o MR kompatibilní kardiostimulační systém. Přehled dostupných podmíněně MR kompatibilních KS a ICD včetně typů elektrod a základních omezení pro MR vyšetření je uveden v tab. Jak vyplývá z výše uvedeného textu, např. omezení vyšetřitelné oblasti těla magnetickou rezonancí se u již implantovaných KS a ICD může měnit, a to v závislosti na schvalovacím procesu. Podle aktuálnosti dostupných dat je často také možné najít pro jednotlivé KS a ICD rozdílné informace. Lze také předpokládat, že s přibývajícími zkušenostmi může dojít ke schválení podmíněně MR kompatibilních KS a ICD pro použití v magnetickém poli 3 T. Při každém MR vyšetření u pacientů s podmíněně MR kompatibilním KS nebo ICD je proto vhodné ověřit míru MR kompatibility pro konkrétní přístroj.

Klinické důkazy

Bylo provedeno několik klinických studií, většinou s malým počtem pacientů, týkajících se provedení MRI u pacientů s implantovaným KS nebo ICD. Pro jejich přehled odkazujeme na původní práci autorů z Johns Hopkins University, kteří spolu s pracovištěm Rambam Medical Center v Izraeli publikovali výsledky studie, ve které bylo provedeno celkem 555 MR vyšetření (1,5 T) u 438 pacientů s širokým spektrem implantovaných přístrojů (94 % vyšetření bylo provedeno na americkém pracovišti). Při dodržení jednotného protokolu bylo provádění MR vyšetření bezpečné, u žádného z pacientů nebylo zaznamenáno žádné významné poškození [14].

Nelze opominout také studii, ve které bylo 9–12 týdnů po implantaci dvoudutinového kardiostimulačního systému EnRhythm MRI SureScan® s elektrodami CapSureFix MRI (Medtronic, Inc., USA) provedeno MR vyšetření (1,5 T) mozku nebo bederní oblasti. Toto vyšetření nebylo spojeno s výskytem poruch funkce implantovaných přístrojů ani s negativními klinickými dopady pro pacienty. Ze 464 sledovaných pacientů podstoupilo MR vyšetření 211. Pacienti byli sledováni těsně před a po provedení MR vyšetření a poté za 1 týden a za 1 měsíc [15].

V České republice bylo MR vyšetření u uceleného souboru pacientů s kardiostimulačním systémem EnRhythm MRI SureScan® a elektrodami CapSureFix MRI provedeno v Nemocnici Na Homolce v Praze [16].

Bezpečnost a diagnostická výtěžnost MRI srdce byla posuzována na souboru 32 pacientů s implantovaným

Tab. Přehled dostupných podmíněně MR-kompatibilních KS a ICD [10,13,24–34]

přístroj	elektrody	výrobce	omezení pro MRI	vyšetřitelné oblasti těla
podmíněně MR-kompatibilní kardiostimulátory				
Evia/Entovis ProMRI®, Estella/Ecuro ProMRI®	Safio ProMRI®, Solia ProMRI®	BIOTRONIK SE & Co. KG, (Německo)	1,5 T, průměrná SAR pro celé tělo ≤ 2 W/kg	izocentrum vyšetření musí být pod úrovní kyčlí nebo nad úrovní očí (očekává se schválení pro celotělové vyšetření, viz text)
Ingenio™ MRI, Advantio™ MRI (přístroje nejsou v ČR registrované)	Fineline™ II	Boston Scientific, (USA)	1,5 T (limit SAR nedostupný online)	bez omezení
EnRhythm MRI™ SureScan®, RevoMRI™ SureScan®,	CapSure Sense MRI™ SureScan®, CapSureFix MRI™SureScan	Medtronic Inc., (USA)	1,5 T, průměrná SAR pro celé tělo ≤ 2 W/kg	izocentrum vyšetření musí být nad úrovní C_1 nebo pod úrovní Th_{12}
Advisa MRI™ SureScan®, Ensura MRI™ SureScan®	CapSure Sense MRIT™ SureScan®, CapSureFix MRI™SureScan	Medtronic Inc., (USA)	1,5 T, průměrná SAR pro celé tělo ≤ 2 W/kg	bez omezení
Accent MRI™	Tendril MRI™	St. Jude Medical, Inc., (USA)	1,5 T, průměrná SAR pro celé tělo ≤ 4 W/kg	bez omezení
podmíněně MR-kompatibilní ICD				
Lumax 740 ProMRI®	Linoxsmart ProMRI®	BIOTRONIK SE & Co. KG, (Německo)	1,5 T, průměrná SAR pro celé tělo ≤ 2 W/kg	izocentrum vyšetření musí být pod úrovní kyčlí nebo nad úrovní očí
podmíněně MR-kompatibilní implantabilní srdeční monitor				
Reveal® XT/DX		Medtronic Inc., (USA)	1,5 T-3,0 T, průměrná SAR pro celé tělo ≤ 2 W/kg	bez omezení

kardiostimulátorem nebo ICD ve studii německých a švýcarských autorů. Poněkud překvapivé může být, že v této studii byli zařazeni pacienti s implantovanými přístroji různých výrobců bez zmínky o jejich MR kompatibilitě, ještě širším spektrem použitých elektrod a v několika případech s neznámým typem elektrod. Autoři sami uvádějí, že podobná studie nebyla předtím nikdy provedena. MRI srdce byla provedena pouze u systémů implantovaných minimálně 3 měsíce před MR vyšetřením a se stabilními parametry, použit byl MR přístroj o síle magnetického pole 1,5 T a SAR byla limitována na 1,5 W/kg. Provedení MRI srdce nevedlo k významnému rozdílu v hodnotě stimulačního prahu ani impedance elektrod před a po vyšetření. Kvalita zobrazení byla významně lepší u přístrojů implantovaných v pravé podklíčkové krajině ve srovnání s levou stranou. Diagnostická výtěžnost byla u přístrojů implantovaných na pravé straně dostatečná pro stanovení diagnózy ve všech případech, zatímco v případě přístrojů na levé straně to bylo jen u 35 % pacientů [17]. Tento postup nicméně nelze obecně doporučit, v případě komplikací při MR vyšetření by byli plně odpovědní indikující i provádějící lékaři. Kromě této práce je publikováno několik kazuistických sdělení o provedení MRI srdce u pacientů s podmíněně MR kompatibilním kardiostimulačním systémem MRI SureScan® (Medtronic, Inc., USA) [18–20]. Provádění MRI srdce kromě otázky bezpečnosti naráží na omezenou diagnostickou výtěžnost vyšetření, zejména díky artefaktům zobrazení u přístrojů implantovaných v levé podklíčkové krajině.

Multidisciplinární přístup

Je zřejmé, že provádění MR vyšetření u pacientů s implantovanými podmíněně MR kompatibilními KS nebo ICD vyžaduje multidisciplinární přístup. Radiologové i lékaři indikující MR vyšetření by měli znát specifické limitace použití MRI u pacientů s těmito přístroji. MR vyšetření lze provést nejdříve 6 týdnů po implantaci KS nebo ICD, v těle nesmí být přítomny epikardiální nebo nefunkční elektrody, pacienti musejí být v průběhu vyšetření monitorováni, některé oblasti těla jsou z vyšetření exkludovány (nikoliv ale u všech typů KS), síla magnetického pole je v současnosti limitována na 1,5 T. Vlastní algoritmus provedení MR vyšetření u pacientů s implantovanými přístroji zahrnuje:

- přípravu pacienta na MR vyšetření (kontrola KS nebo ICD, programování do specifického MR safe režimu)
- vlastní MR vyšetření (monitorování EKG a stavu pacienta)
- kontrolu po MR vyšetření (přeprogramování KS nebo ICD do původního režimu a kontrola stimulačních parametrů) [21]

Provádění těchto vyšetření by mělo zůstat vyhrazeno vysoce specializovaným centrům, která mají zkušenosti s implantací MR kompatibilních přístrojů a jsou případně schopna řešit komplikace vzniklé při samotném MR vyšetření [22].

Závěr

V posledních letech bylo uvedeno na trh několik podmíněně MR kompatibilních systémů pro trvalou kardiostimulaci a jeden podmíněně MR kompatibilní implantabilní kardioverter-defibrilátor. Provádění MR vyšetření u pacientů s těmito přístroji je podmíněno respektováním přísných limitací a mělo by být vyhrazeno vysoce specializovaným centrům. MR vyšetření u pacientů s KS nebo ICD by mělo být prováděno pouze v případě, že požadovanou informaci, mající kritický přínos pro diagnostiku a léčbu pacienta, nelze získat jinou zobrazovací metodou. I vzhledem k faktu, že cena podmíněně MR kompatibilních KS a ICD může být až o 20 % vyšší ve srovnání s konvenčními systémy, zůstává otevřená otázka, kterým pacientům implantovat podmíněně MR kompatibilní KS a ICD. Jistě ne pacientům, kteří již mají jinou kontraindikaci provedení MR vyšetření. V ostatních případech považují autoři za vhodné tyto systémy preferovat. V případě, že není zřejmé, je-li implantovaný KS nebo ICD podmíněně MR kompatibilní, je nutné s pacientem jednat, jako by se jednalo o MR nekompatibilní systém.

Aktuální data – dodatek autorů

Po ukončeném recenzním řízení článku byly v září roku 2013 na kongresu European Society of Cardiology prezentovány její nové doporučené postupy pro kardiostimulaci a srdeční resynchronizační léčbu [23]. Provedení MR vyšetření u pacientů s podmíněně MR kompatibilními KS je při dodržení instrukcí výrobce považováno za bezpečné. Doporučené postupy se dotýkají i pacientů s implantovanými konvenčními přístroji, u kterých je provedení MR vyšetření za dodržení vysoce specifických podmínek považováno za proceduru spojenou s nízkým rizikem komplikací. Postup u těchto pacientů zůstává v každém případě individuální a vyžaduje přísné posouzení užitku a rizika MR vyšetření s odpovědností indikujícího a provádějícího lékaře.

Tato práce byla podpořena výzkumným záměrem Zdravotně sociální fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, č. projektu BOV2012_001.

Literatura

1. Kalin R,Stanton MS. Current clinical issues for MRI scanning of pacemaker and defibrillator patients. Pacing Clin Electrophysiol 2005; 28(4): 326–328.

2. Mechl M, Žižka J, Tintěra J et al. Kontraindikace a rizika vyšetření pomocí magnetické rezonance. Ces Radiol 2010; 64(1): 69–75.

3. Harden SP. MRI conditional pacemakers: the start of a new era. Br J Radiol 2011; 84(1005): 773–774.

4. Táborský M, Kautzner J, Křivan L et al. Zásady pro implantace kardiostimulátorů, implantabilních kardioverterů-defibrilátorů a systémů pro srdeční resynchronizační léčbu 2009. Cor Vasa 2009; 51(9): 602–614.

5. Vardas PE, Auricchio A, Blanc JJ et al. Guidelines for cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: The Task Force for Cardiac Pacing and Cardiac Resynchronization Therapy of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association. Eur Heart J 2007; 28(18): 2256–2295.

6. Dickstein K, Vardas PE, Auricchio A et al. 2010 Focused Update of ESC Guidelines on device therapy in heart failure: an update of the 2008 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure and the 2007 ESC guidelines for cardiac and resynchronization therapy. Developed with the special contribution of the Heart Failure Association and the European Heart Rhythm Association. Eur Heart J 2010; 31(21): 2677–2687.

7. Epstein AE, Dimarco JP, Ellenbogen KA et al. ACC/AHA/HRS 2008 Guidelines for Device-Based Therapy of Cardiac Rhythm Abnormalities: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Revise the ACC/AHA/NASPE 2002 Guideline Update for Implantation of Cardiac Pacemakers and Antiarrhythmia Devices): developed in collaboration with the American Association for Thoracic Surgery and Society of Thoracic Surgeons. Circulation 2008; 117(21): e350-e408. Dostupné z DOI: < http://doi: 10.1161/CIRCUALTIONAHA.108.189742>.

8. Tracy CM, Epstein AE, Darbar D et al. 2012 ACCF/AHA/HRS focused update of the 2008 guidelines for device-based therapy of cardiac rhythm abnormalities: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. Circulation 2012; 126(14): 1784–1800.

9. Hundley WG, Bluemke DA, Finn JP et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SCMR 2010 expert consensus document on cardiovascular magnetic resonance: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents. Circulation 2010; 121(22): 2462–2508.

10. Cronin EM, Mahon N, Wilkoff BL. MRI in patients with cardiac implantable electronic devices. Expert Rev Med Devices 2012; 9(2): 139–146.

11. Mitka M. First MR safe pacemaker receives conditional approval from FDA. JAMA 2011; 305(10): 985–986.

12. Shinbane JS, Colletti PM, Shellock FG. MR imaging in patients with pacemakers and other devices: engineering the future. JACC Cardiovasc Imaging 2012; 5(3): 332–333.

13. BIOTRONIK Introduces the World's First and Only Implantable Defibrillators Eligible for Magnetic Resonance Imaging [online]. 2011.Dostupné z WWW:<http://www.biotronik.com>.

14. Nazarian S, Hansford R, Roguin A et al. A prospective evaluation of a protocol for magnetic resonance imaging of patients with implanted cardiac devices. Ann Intern Med 2011; 155(7): 415–424.

15. Wilkoff BL, Bello D, Taborsky M et al. Magnetic resonance imaging in patients with a pacemaker system designed for the magnetic resonance environment. Heart Rhythm 2011; 8(1): 65–73.

16. Vymazal J, Táborský M, Žáček R. Vyšetření magnetickou rezonancí s implantovaným kardiostimulátorem EnRhythm MRI SureScan s MR kompatibilními elektrodami CapSureFix MRI – první zkušenosti. Ces Radiol 2009; 63(1): 9–12.

17. Naehle CP, Kreuz J, Strach K et al. Safety, feasibility, and diagnostic value of cardiac magnetic resonance imaging in patients with cardiac pacemakers and implantable cardioverters/defibrillators at 1.5 T. Am Heart J 2011; 161(6): 1096–1105.

18. Bhandiwad AR, Cummings KW, Crowley M et al. Cardiovascular magnetic resonance with an MR compatible pacemaker. J Cardiovasc Magn Reson 2013; 15: 18. Dostupné z DOI: <http://doi: 10.1186/1532–429X-15–18>.

19. Quarta G, Holdright DR, Plant GT et al. Cardiovascular magnetic resonance in cardiac sarcoidosis with MR conditional pacemaker in situ. J Cardiovasc Magn Reson 2011; 13: 26. Dostupné z DOI: < http://doi: 10.1186/1532–429X-13–26>.

20. Raj V, O'Dwyer R, Pathmanathan R et al. MRI and cardiac pacing devices – beware the rules are changing. Br J Radiol 2011; 84(1005): 857–859.

21. Colletti PM, Shinbane JS, Shellock FG. "MR conditional" pacemakers: the radiologist's role in multidisciplinary management. AJR Am J Roentgenol 2011; 197(3): W457-W459. Dostupné z DOI: <http://doi: 10.2214/AJR.11.7120>.

22. Reynolds MR, Zimetbaum P. Magnetic resonance imaging and cardiac devices: how safe is safe enough? Ann Intern Med 2011; 155(7): 470–472.

23. Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G et al. 2013 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: The Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). Eur Heart J 2013; 34(29): 2281–2329.

24. BIOTRONIK ProMRI product portfolio [online] 2013. Dostupné z WWW: <http://www.biotronik.com>.

25. REVEAL® DX 9528. Implantabilní srdeční monitor. Příručka pro lékaře [online]. Dostupné z WWW: <http://www.manuals.medtronic.com>.

26. Reveal XT 9529. Implantabilní srdeční monitor. Příručka pro lékaře [online]. Dostupné z WWW: <http://www.manuals.medtronic.com>.

27. Advisa DR MRI SureScan A3DR01. Informace o magnetické rezonanci [online]. Dostupné z WWW: <http://www.manuals.medtronic.com>.

28. Advisa MRI SureScan Pacing System [online]. Dostupné z WWW: <http://www.manuals.medtronic.com>.

29. EnRhythm MRI SureScan EMDR01. Informace o magnetické rezonanci (MRI).Technická příručka [online]. Dostupné z WWW: <http://www.manuals.medtronic.com>.

30. Revo MRI SureScan Pacing System. MRI. Technical Manual. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.manuals.medtronic.com>.

31. Ensura DR MRI SureScan EN1DR01. Informace o magnetické rezonanci (MRI) [online]. Dostupné z WWW: <http://www.manuals.medtronic.com>.

32. Medtronic SureScan: MRI and Pacemaker Trends [online]. Dostupné z WWW: <http://www.manuals.medtronic.com>.

33. Accent MRITM Pacemaker [online]. 2013 [cit. 2013–05–04]. Dostupné z WWW: <http://www.sjmprofessional.com>.

34. Boston Scientific – The ImageReadyTM MR Conditional pacing system [online]. Dostupné z WWW: <http://www.bostonscientific.com>.

MUDr. Ing. Michal Šnorek, Ph.D.
✉ michal.snorek@nemcb.cz

Kardiocentrum – kardiologické oddělení, Nemocnice České Budějovice, a.s.
www.nemcb.cz

Doručeno do redakce: 7. 7. 2013
Přijato po recenzi: 20. 9. 2013