

Elektromagnetická interference u pacientů s kardiostimulátory a implantabilními kardiovertery-defibrilátory

Vlastimil Doupal, Miloš Táborský

I. interní klinika – kardiologie, LF UP a FN Olomouc

Elektromagnetická interference je stále aktuálním problémem u pacientů s kardiologickými aktivními implantáty. Je podán přehled nejčastějších zdrojů elektromagnetické interference s jejich riziky a doporučení pro prevenci interference s kardiostimulátory a implantabilními kardiovertery-defibrilátory.

Klíčová slova: elektromagnetická interference, kardiostimulátor, implantabilní kardioverter-defibrilátor.

Electromagnetic interference in patients with pacemakers and implantable cardioverter defibrillators

Electromagnetic interference is still actual problem in patients with active cardiologic implantable devices. The risk of the most common sources of electromagnetic interference and recommendations for interference with pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators prevention are reviewed.

Key words: electromagnetic interference, pacemaker, implantable cardioverter-defibrillator.

Interv Akut Kardiolog 2010; 9(6): 298–301

Úvod

Vzhledem k rozšiřujícím se indikacím implantací aktivních kardiologických přístrojů k léčbě srdečního rytmu musejí lékaři, kteří mají v péči pacienty s kardiostimulátory (KS) a implantabilními kardiovertery-defibrilátory (ICD), stále častěji odpovídat na otázky spojené s možností ovlivnění funkce těchto přístrojů vlivy zevního prostředí.

Elektromagnetická interference (EMI)

Jelikož PM a ICD jsou přístroje založené na polovodičových mikroobvodech a pro komunikaci se užívá elektromagnetických vln, jsou náchylné k interferenci z okolního elektromagnetického záření a magnetické energie. Možnost rušení EMI se minimalizuje díky tomu, že technologický vývoj přístrojů neustále pokračuje. Implantabilní přístroje jsou hermeticky stíněny v kovových pouzdrech, signály jsou filtrovány, do přístrojů jsou implementovány okruhy rozpoznávající interferenci s možností přepnutí do zvláštního režimu při rozpoznání rušení, je možnost různého nastavení parametrů přístroje (především užití bipolárního snímání).

Přesto zůstává aktivní implantát přístrojem, jehož funkce může být v kterémkoliv okamžiku ovlivněna EMI, jelikož existuje velká rozmanitost a různé intenzity EMI. O EMI se obecně jedná, pokud elektromagnetické vlny vydávané jedním přístrojem ovlivňují normální funkci jiného přístroje.

Možný vliv EMI na PM a ICD je dlouhodobým problémem (1–5) a bylo prokázáno, že u nich EMI může způsobit klinicky závažné následky. Tyto následky mohou být v různém rozsahu, od pouze dočasného falešného snímání (vydání inadekvátní či inhibice adekvátní terapie) až po trvalé poškození implantovaného přístroje či nekrozu tkáně, která je v kontaktu s hrotem elektrody. Tyto následky jsou často nepředvídatelné.

EMI se vyskytuje ve 2 formách: vedené (převáděné) a vyzařované (6). Převáděná forma EMI se může objevit, pokud je zdroj EMI v přímém kontaktu s tělem, jak je tomu např. při elektrokauterizaci, defibrilaci. Vyzařovaná forma se může vyskytnout, pokud je tělo v elektromagnetickém poli, není nezbytný přímý kontakt. Tato forma se může vyskytnout při vyšetření magnetickou rezonancí (MRI), pozitronové emisní tomografii (PET) a radiační terapií.

Interakce se objevují především v nemocničním prostředí, kde je EMI vzhledem k bohatému přístrojovému vybavení prakticky všudypřítomná ve formě radiace, elektrokauterizace, vyšetření pomocí MRI a dalších metod.

Nejčastější a nebezpečné zdroje EMI

Není možno v rozsahu tohoto článku zmínit všechny možné zdroje EMI. V následujícím přehledu jsou zmíněny nejběžnější a nejzávažnější zdroje možné EMI ovlivňující PM a ICD a jsou zmíněny rovněž některé často prováděné lékařské výkony.

Mobilní telefony

Tyto přístroje jsou možným zdrojem interference s funkcí PM či ICD, což bylo dokumentováno v mnoha studiích (7–12). Následně byly testovány různé technologie a bylo prokázáno, že k tomu, aby byla ovlivněna funkce implantovaného přístroje, je nutné, aby byla vzdálenost mezi mobilním telefonem a PM menší než 10 cm (13), při studiích s ICD rovněž nebyla závažná interference zaznamenána (14)

Doporučení: za bezpečné je všeobecně doporučováno nenosit telefon přímo nad implantátem a při telefonování dodržovat vzdálenost minimálně 15 cm.

Bezpečnostní rámy k detekci kovů

Interakce implantabilních přístrojů s bezpečnostními rámy na detekci kovů (používanými např. na letištích, v soudních budovách) byla testována již v minulosti (15, 16). Závažné ovlivnění funkce prokázáno nebylo, pouze se v některých případech spustil alarm zařízení.

Doporučení: pacient musí u sebe stále nosit průkaz nositele PM/ICD a tento ukázat v případě požadovaného průchodu bezpečnostním detekčním rámem, následně by měl být prohlédnut osobně.

Elektronická ochrana zboží

Dalším možným zdrojem EMI s možností ovlivnění funkce PM/ICD jsou systémy elektronické ochrany zboží (17, 18). Tyto systémy jsou v současné době běžné a byly reportovány ne-

adekvátní výboje ICD při průchodu či dotýkání se bezpečnostního rámu. Používaná technologie těchto rámu je různá, jsou užívány tři různé technologie k detekci známky z kovové slitiny. Významná EMI s implantovaným přístrojem je nejpravděpodobnější u akusticko-magnetického režimu elektronické ochrany zboží. U pacientů s PM se může vyskytnout krátkodobé přepnutí do režimu rušení (asynchronní stimulace), falešné snímání či systémem spouštěná stimulace. Uvedené alterace funkce jsou ovšem pouze přechodné, při běžném průchodu systémem pacienti nepocítují žádné symptomy. U pacientů s ICD ovlivnění funkce přístroje při běžném průchodu zjištěno nebylo.

Doporučení: průchod bezpečnostním rámem běžnou chůzí, nezastavovat se.

Přenosné přehrávače médií

V poslední době jsou běžné užívané přenosné přehrávače médií (MP3 přehrávače, iPod). Jsou reportovány především interference s implantabilními smyčkovými záznamníky (19, 20). Ve studii s PM a ICD (21) bylo zjištěno, že MP3 přehrávače EMI nezpůsobují. V případě iPodu umístěného do 5 cm od přístroje naopak k interferenci docházelo (22). Není příliš známo, že sluchátka mohou vytvářet magnetické pole o intenzitě více jak 10 Gauss (k možnému ovlivnění funkce PM/ICD dochází při poli o síle 5–10 gauss). V uvedené studii sluchátka umístěná ve vzdálenosti do 3 cm od povrchu kůže způsobila asynchronní stimulaci u PM (v 15 %) a inhibici detekce u ICD pacientů (až ve 30 %).

Doporučení: dodržování vzdálenosti sluchátek od implantovaného přístroje více jak 3 cm, v případě iPodu dodržovat vzdálenost od implantovaného přístroje více jak 5 cm.

Elektrokauterizace

Elektrokauterizace je jako zdroj EMI schopný ovlivnit funkce PM/ICD známa dlouho. Během elektrokauterizace může dojít k vytvoření silného elektromagnetického pole, jehož frekvence (vysokofrekvenční proud o frekvenci 100 000 Hz a více) může procházet filtry PM/ICD. Může se objevit falešné snímání, které může způsobit inhibici stimulace nebo falešnou detekci komorových tachyarytmií. Toto ovlivnění funkce PM/ICD se může objevit při unipolární i bipolární kauterizaci.

Doporučení: u pacientů s PM závislých na stimulaci před chirurgickými výkony s užitím elektrokauterizace přeprogramování do asynchronního režimu (fixed rate). U pacientů s ICD buď užití magnetu umístěného nad ICD s dočasnou inhibicí terapie tachyarytmií (v tomto

případě oddálení magnetu při výskytu klinické arytmie terapií opět umožní) nebo vypnutím terapií pomocí programátoru s užitím externí defibrilace v případě nutnosti (v tomto případě nutno defibrilační elektrody umístit předozadně nebo kolmo na linii ICD-elektroda, co nejdále od implantovaného ICD). Během výkonu používání pokud možno bipolární kauterizace, krátké přerušované aplikace energie, co nejdále od systému PM/ICD-elektroda.

Endoskopické výkony

Vzhledem k vysokému počtu endoskopických výkonů a k tomu, že je během nich rovněž užívána kauterizace, byl zkoumán vliv těchto výkonů na funkci implantovaných ICD (23). Během studie nebyla interakce EMI způsobené elektrokauterizací během endoskopie s funkcí ICD zaznamenána.

Doporučení: před endoskopickými výkony není reprogramace PM/ICD nutná.

Radioterapie

Polovodičové elektronické obvody uvnitř PM a ICD jsou vysoce citlivé na ionizující záření. V minulosti byly reportovány poruchy funkcí PM a ICD po radioterapii (24, 25), přičemž riziko poruchy funkce se zvyšovalo se zvyšující se kumulativní dávkou. U ICD došlo k závažnému prodloužení detekce a doby nabíjení. Poškození se může vyskytnout i při malé kumulativní dávce – byla reportována porucha funkce PM i při kumulativní dávce 0,11 Gy (26).

Doporučení: přímé ozařování PM a ICD je přísně zakázáno. Pokud je ozařována jiná oblast, je nutno užít stínění a přístroje především po ozařování kontrolovat v krátkých periodách, jelikož poškození nemusí být ihned zjištěné. Pokud kumulativní dávka na přístroj přesáhne 5 Gy, je nutno přístroj vyměnit.

Katetrová ablace a dálkově řízená magnetická katetrová navigace a ablace

Jelikož katetrová ablace využívá radiofrekvenční (RF) energii, jsou její účinky ve vztahu k PM/ICD podobné jako při elektrokauterizaci, ovšem riziko EMI je mnohem větší vzhledem k tomu, že vzdálenost od implantovaného systému bývá mnohem menší.

Dálkově řízená magnetická katetrová navigace může usnadnit katetrovou ablací. Ovšem jelikož tento systém používá permanentní magnety, bylo podezření, že během této metody se může objevit interference s PM/ICD. V prospektivní studii (27) s celkem 18 pacienty (13 PM, 5 ICD) došlo

k pouze krátkému přepnutí na asynchronní stimulaci u PM, bez klinického významu, nedošlo k trvalé dysfunkci žádného přístroje. Došlo k 1 epizodě komorové tachykardie s degenerací do fibrilace komor, ale nebyla nalezena kauzální souvislost mezi použitím metody a arytmií. Jiní autoři (28) popisují zvýšení stimulační prahu pro levou komoru při ablací komorové tachykardie v těsné blízkosti elektrody, způsobené nejspíše koagulační nekrózou.

Doporučení: u katetrové ablace dodržovat stejná bezpečnostní opatření jako u elektrokauterizace. U dálkově řízené magnetické katetrové navigace a ablace je vzhledem k zatím malému počtu pacientů nutno použití metody u pacientů s implantovanými přístroji individuálně zvážit.

MRI

Principem vyšetření pomocí MRI je absorpce a emise elektromagnetické energie atomovým jádrem v magnetickém poli po vybuzení vysokofrekvenčním magnetickým impulzem. Silné magnety vytvářejí magnetické pole, které je až 50 000krát silnější než přirozený zemský magnetismus. Různé typy klinických MR systémů používají většinou supravodivé magnety 0,5–3,0 T (29, 30).

Počet vyšetření pomocí MRI se v posledních letech neustále zvyšuje, přibližně stejně jako počet implantací ICD. Předpokládá se, že během života s implantovaným přístrojem by k provedení MRI mohlo být indikováno až 50–75 % nemocných (31).

Během vyšetření MRI působí silné statické, gradientové a RF pole. Všechna tato pole mohou ovlivnit funkci implantovaného PM/ICD systému. Může dojít k přehřátí, rychlé síňové stimulaci, stimulaci o násobcích RF impulsu, následně rychlé komorové stimulaci, poruše jazyčkového přepínače (elektrickému resetu), asynchronní stimulaci, inhibici stimulačního výdeje, změně naprogramovaných parametrů, poškození obvodů PM/ICD, k přemístění přístroje, a rovněž může dojít k tepelnému poškození v oblasti hrotu elektrody (32). V literatuře jsou popsány případy s letálními důsledky (33–35). Následně byly hledány opatření k minimalizaci možných nežádoucích následků během vyšetření MRI, výsledky byly nadějně, ale nebyly jednoznačné (36–43).

Vzhledem k těmto byly stanoveny americkou institucí Food and Drug Administration (FDA) požadavky na MRI-bezpečný a MRI-kompatibilní implantabilní přístroj (44). V současné době jednotlivé firmy pracují na vývoji systémů (přístrojů a elektrod), které by splňovaly požadavky FDA. Aktuálně jsou s určitými omezeními, týkajícími

se hlavně síly magnetického pole a vyšetřova-
ných oblastí, pro vyšetření MRI schválené systém
firmy Medtronic MRI™ SureScan™ (45), systém
firmy Biotronik ProMRI® a systém Accent MRI™
firmy St. Jude Medical.

Doporučení: v současné době nutno indivi-
duálně velmi přísně zvažovat možná rizika a pří-
nos vyšetření u jednotlivých pacientů, v případě
podstoupení MRI nutnost přítomnost kardiologa
a emergentního týmu u vyšetření, přísná moni-
torace životních funkcí. Největším rizikem u kon-
venčních PM/ICD systémů je koagulační nekróza
v oblasti hrotu elektrodu, způsobená RF složkou
MRI. Pokud podstupuje vyšetření pacient s ICD, je
nutné vypnutí všech terapií (46, 47). Monitorování
vitálních funkcí a přítomnost kardiologa a emer-
gentního týmu je doporučována i u výše zmíně-
ných systémů schválených pro MRI vyšetření.

Vliv nejčastěji používaných přístrojů a zařízení na implantovaný PM/ICD systém

Rozvoj technologie přispívá k tomu, že v do-
mácím a běžném pracovním prostředí jsou pří-
stroje proti nejběžnějším vlivům interference
z okolního prostředí odolné, rovněž většinu lékař-
ských vyšetření mohou podstoupit bez obav.

Bez obav mohou pacienti používat: bate-
riové napájené holící strojky, dobíječky baterií,
herní automaty, CD/DVD/VHS přehrávače, myčky,
elektrickou kytaru, žehličky, kuchyňské spotřebiče
(kromě síťově napájených, které jsou při provozu
drženy přímo v ruce), masážní křeslo, mikrovln-
né trouby, rádio, televizi, dálkové ovladače, kopír-
ky, stolní počítače, notebooky, fax, GPS, tiskárny,
scannery, zařízení proti krádeži (při normálním
průchodu), bateriové svítily, pájku, sluchadla.

Pacient sám či zdravotnický personál může
v některých případech částečně ovlivnit intenzitu
EMI a tím snížit její riziko (např. vzdálenost od riziko-
vých přístrojů a zařízení, délka vystavení se riziku).

Doporučované vzdálenosti od implantátu pro používání některých přístrojů a zařízení

15 cm: bezdrátový telefon, elektrické v ru-
ce držené síťově napájené kuchyňské pomůcky

Tabulka 1. Lékařská vyšetření a zákroky, které
mohou pacienti s PM/ICD podstoupit bez zvláštních
preventivních opatření

■ Akupunktura (bez elektrostimulace)
■ Denzitometrie
■ Rtg vyšetření včetně mammografie
■ CT vyšetření
■ Zubní výkony včetně čištění zubů ultrazvukem
■ EKG
■ Endoskopie

(elektrický mixer nebo nůž), elektrický holící stro-
jek, elektrický dobíjecí zubní kartáček, ručně drže-
ný vysoušeč vlasů, domácí bezdrátová elektronika
(vzdálenost od antény), výrobky magnetoterapie,
radiově řízené věci (vzdálenost od antény), šicí
stroj, malý magnet, mikrofon, běhátko (vzdále-
nost od motoru), vakuový vysavač (vzdálenost
od motoru), detekční hlavice na letišti, amatérská/
Ham radia a občanské radiostanice s výkonem 3
Watty a méně (vzdálenost od antény), celulár-
ní telefon s výkonem 3 Watty a méně (vzdále-
nost od antény), skener jmenovek, bezdrátová
zařízení (počítače, sluchátka, modemy, routery),
cirkulárka, vrtačka (bateriová i elektrická), bruska
(včetně ruční), elektrické nůžky na plot, elektrická
sekačka trávy, příčná pila, elektrický šroubovák,
pistolová pájka, sonda ultrazvukového přístroje.

30 cm: od systému zapalování auta/moto-
cyklu, elektrická ohrada, amatérská/Ham radia
a občanské radiostanice s výkonem 3–15 Wattů –
od antény, krátkovlnné vysílačky s výkonem
5 Wattů a méně – od antény, dobíječka auto-
baterií do 100 A, benzinový systém zapalování –
od součástí, nástroje s benzinovým motorem –
od součástí, generátory do 20 kW.

60 cm: amatérská/Ham radia a občanské
radiostanice s výkonem 15–30 Wattů – od an-

tény, zabudované či samostatné vzduchové
kompresory, vzduchové vrtačky, pily – s motory
do 400 koňských sil, indukční varná deska.

Některé věci ovšem pacient ovlivnit nemů-
že (intenzita pole elektromagnetického záření,
frekvence signálu).

Pacient by se měl vyvarovat použití: elek-
trický měřič tělního tuku, elektrická matrace/
poduška, řetězová pila, oblouková svářečka,
práce na běžícím elektromotoru. Rovněž by
se měl vyvarovat přítomnosti v blízkosti velkých
generátorů a elektrárny, dodržovat vzdálenost
nejméně 10 m od vodičů vysokého napětí, vel-
kých televizních nebo rozhlasových vysílačů.

**Je nutné rovněž připomenout, že všechny
přístroje, které pacient s implantovaným PM
či ICD používá, nebo které jsou užívány při
lékařských vyšetřeních a výkonech, musejí být
v řádném technickém stavu, řádně uzemněny.
Pokud tomu tak není, může dojít ke vzniku
EMI s přístrojem z nedostatečného uzemnění
a v případě ICD např. k neadekvátnímu vý-
boji (50).**

Závěr

Omezení vlivu EMI na aktivní kardiologické
implantáty je v současné době jednou ze stě-

Tabulka 2. Lékařská vyšetření a zákroky, která pacienti s PM/ICD podstoupit nesmí nebo podstou-
pit mohou za dodržení bezpečnostních opatření

Metoda	Doporučená opatření
Výkony spojené s použitím elektrokauterizace	■ Pacienti s PM závislí na stimulaci – před výkonem přeprogramování do asynchronního režimu ■ Pacienti s ICD – buď užití magnetu umístěného během výkonu nad ICD (při tachyarytmii oddálení magnetu) nebo vypnutí terapií s užitím externí defibrilace v případě nutnosti (defibrilační elektrody předozadně nebo kolmo na linii ICD-elektroda, co nejdále od implanto- vaného ICD) ■ Během výkonu používání pokud možno bipolární kauterizace, krátké přerušované aplikace energie, co nejdále od systému PM/ICD-elek- troda ■ Přísná monitorace vitálních funkcí
Radiofrekvenční ablace	■ Opatření jako u elektrokauterizace
Diagnostický a léčebný ultrazvuk	■ Přímé umístění ultrazvukové sondy nad PM/ICD zakázáno. ■ Umístění sondy minimálně 15 cm od implantovaného přístroje.
Radioterapie	■ Přímé ozařování místa PM/ICD přísně zakázáno ■ Ozařování jiné oblasti – nutno užít stínění a PM/ICD po ozařování kontrolovat v krátkých periodách ■ Pokud kumulativní dávka na přístroj přesáhne 5 Gy, je nutno přístroj vyměnit
MRI	■ Nutno individuálně velmi přísně zvažovat možná rizika a přínos vy- šetření ■ V případě podstoupení MRI nutnost přítomnost kardiologa a emer- gentního týmu u vyšetření, přísná monitorace životních funkcí ■ Pacienti s PM – přepnutí do asynchronního režimu ■ Pacienti s ICD – vypnutí všech terapií ■ MRI kompatibilní implantáty – rovněž nutné monitorování vitálních funkcí a přítomnost kardiologa a emergentního týmu
Transkutánní elektrická stimulace nervů (TENS)	■ Kontraindikována
Diatermie	■ Kontraindikována

žejních vývojových otázek jednotlivých firem. V současné době se vývoj technologie v oblasti PM a ICD zaměřuje především na zabránění účinků MRI na implantovaný PM či ICD systém. Toto se děje ve spolupráci s firmami vyrábějícími MRI přístroje, aby byla možnost EMI minimalizována.

Ovšem vzhledem k tomu, že rozvoj technologie přístrojů užívaných v běžném životě a hlavně ve zdravotnictví je velmi rychlý, nelze předpokládat, že budou všechny problémy spojené s vlivem EMI na PM/ICD vždy aktuálně úplně vyřešeny.

V tabulkovém přehledu je uveden přehled nejčastějších vyšetření, která pacienti s implantovanými PM/ICD podstupují, s ohledem na možnost ovlivnění funkce přístroje EMI.

Literatura

1. Irnich W. Interference in Pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1984; 7: 1021–1048.
2. Marco D, Eisinger G, Hayes DL, et al. Testing of work environments for electromagnetic interference. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1992; 15: 2016–2022.
3. Altamura G, Toscano S, Gentilucci G, et al. Influence of digital and analogue cellular telephones on implanted pacemakers. *Eur Heart J.* 1997; 18: 1632–1641.
4. Sweesy MW, Holland JL, Smith KW: Electromagnetic interference in cardiac rhythm management devices. *AACN Clin Issues* 2004; 15(3): 391–403.
5. Dyrda K, Khairy P. Implantable rhythm devices and electromagnetic interference: myth or reality? *Expert Rev Cardiovasc Ther.* 2008; 6(6): 823–832.
6. Madigan JD, Choudhri AF, Chen J, Spotnitz HM, Oz MC, Edwards N. Surgical management of the patient with an implanted cardiac device. Implications of electromagnetic interference. *Ann Surg* 1999; 230(5): 639–647.
7. Irnich W, Batz L, Muller R, et al. Electromagnetic interferences of pacemaker by mobile phones. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1996; 19: 1431–1446.
8. Naegeli B, Osswald S, Deola M, et al. Intermittent pacemaker dysfunction caused by digital mobile telephones. *J Am Coll Cardiol.* 1996; 27: 1471–1477.
9. Barbaro V, Bartolini P, Donato A, et al. Do European GSM mobile cellular phones pose a potential risk to pacemaker patients? *Pacing Clin Electrophysiol.* 1995; 18: 1218–1224.
10. Hayes DL, Carillo RG, Findly GK, et al. State of the science: pacemaker and defibrillator interference from wireless communication devices. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1996; 19: 1419–1430.
11. Niehaus M, Gille K, Cierpka R, et al. Interference of two common European digital cellular phones with implantable cardioverter-defibrillators. *Eur Heart J.* 2002; 23: 586–588.
12. Occhetta E, Plebani L, Bortnik M, et al. Implantable cardioverter defibrillators and cellular phones: Is there any interference? *Pacing Clin Electrophysiol.* 1999; 22: 983–999.
13. Hayes DL, Wang PJ, Reynolds DW, et al. Interference with cardiac pacemakers by cellular telephones. *N Engl J Med* 1997; 336: 1473–1479.
14. Barbaro V, Bartolini P, Caruso F, et al. Electromagnetic interference of digital and analog cellular telephones with implantable cardioverter defibrillators. In vitro and in vivo studies. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1999; 22: 626–634.
15. Copperman Y, Zarfati D, Laniado S. The effect of metal detector gateways on implanted permanent pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1988; 11: 1386–1387.
16. Kolb C, Schmieder S, Lehmann G, Zrenner B, Karch MR, Plewan A, et al. Do airport metal detectors interfere with implantable pacemakers or cardioverter-defibrillators? *J Am Coll Cardiol.* 2003; 41(11): 2054–9.
17. Groh W, Boschee SA, Engelstein ED, et al. Interaction between electronic surveillance systems and implantable cardioverter-defibrillators. *Circulation.* 1999; 100: 387–392.
18. Santucci PA, Haw J, Trohman RG, Pinski SL. Interference with an Implantable Defibrillator by an Electronic Antitheft-Surveillance Device. *N Engl J Med* 1998; 339: 1371–1374.
19. Thaker JP, Patel MB, Jongnarangsin K, Liepa VV, Castellani M, Thakur RK. Electromagnetic interference in an implantable loop recorder caused by a portable digital media player. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2008; 31(10): 1345–1347.
20. Thaker JP, Patel MB, Shah AJ, Liepa VV, Jongnarangsin K, Thakur RK. A media player causes clinically significant telemetry interference with implantable loop recorders. *J Interv Card Electrophysiol.* 2009; 24(2): 99–103.
21. Lee S, Ransford B, Fu K, Tadayoshi K, Maisel WH. Electromagnetic Interference (EMI) of Implanted Cardiac Devices by MP3 Player Headphones. *Circulation* 2008; 118: S596.
22. Thaker JP, Patel MB, Jongnarangsin K, Liepa VV, Thakur RK. Electromagnetic interference with pacemakers caused by portable media players. *Heart Rhythm* 2008; 5(4): 538–544.
23. Guertin D, Faheem O, Ling T, Pelletier G, McComas D, Yarlagadda RK, et al. Electromagnetic Interference (EMI) and arrhythmic events in ICD patients undergoing gastrointestinal procedures. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2007; 30(6): 734–739.
24. Rodriguez F, Filimonov A, Henning A, et al. Radiation-induced effects in multiprogrammable pacemakers and implantable defibrillators. *Pacing Clin Electrophysiol.* 1991; 14: 2143–2153.
25. Roethig H, Herrmann T, Kopczek H. Experience in dealing with artificial pacemaker patients during therapy with ionizing radiation. *Strahlenther Onkol.* 1995; 171: 398–402.
26. Zweng A, Schuster R, Hawlicek R, Weber HS. Life-threatening pacemaker dysfunction associated with therapeutic radiation: a case report. *Angiology* 2009; 60(4): 509–512.
27. Lüthje L, Vollmann D, Seegers J, Sohns C, Hasenfuss G, Zabel M. Interference of remote magnetic catheter navigation and ablation with implanted devices for pacing and defibrillation. *Europace* 2010; 12: 1574–1580.
28. Eitel C, Hindricks G, Sommer P, Wetzel U, Bollmann A, Gaspar T, Piorkowski C, Arya A. Safety of Remote Magnetic Navigation in Patients With Pacemakers and Implanted Cardioverter Defibrillators. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 2010; 21: 1130–1135.
29. Marcu CB, Beek AM, van Rossum AC. Clinical applications of cardiovascular magnetic resonance imaging. *CMAJ.* 2006; 175(8): 911–917.
30. Pinski SL, Trohman RG. Interference in implanted cardiac devices, part II. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2002; 25(10): 1496–1509.
31. Kalin R, Stanton MS. Current clinical issues for MRI scanning of pacemaker and defibrillator patients. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2005; 28(4): 326–328.
32. Erlebacher JA, Cahill PT, Pannizzo F, Knowles RJ. Effect of magnetic resonance imaging on DDD pacemakers. *Am J Cardiol.* 1986; 57(6): 437–440.
33. Pohost GM, Blackwell GG, Shellock FG. Safety of patients with medical devices during application of magnetic resonance methods. *Ann N Y Acad Sci.* 1992; 649: 302–312.
34. Gimbel JR, Kanal E. Can patients with implantable pacemakers safely undergo magnetic resonance imaging? *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 1325–1327.
35. Irnich W, Irnich B, Bartsch C, Stertmann WA, Gufler H, Weiler G. Do we need pacemakers resistant to magnetic resonance imaging? *Europace* 2005; 7: 353–365.
36. Martin ET, Coman JA, Shellock FG, Pulling CC, Fair R, Jenkins K. Magnetic resonance imaging and cardiac pacemaker safety at 1.5-Tesla. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 1315–1324.
37. Sommer T, Naehle CP, Yang A, Zeijlemaker V, Hackenbroch M, Schmiedel A, et al. Strategy for safe performance of extrathoracic magnetic resonance imaging at 1.5 Tesla in the presence of cardiac pacemakers in non-pacemaker-dependent patients: a prospective study with 115 examinations. *Circulation* 2006; 114: 1285–1292.
38. Nazarian S, Roguin A, Zviman MM, Lardo AC, Dickfeld TL, Calkins H, et al. Clinical utility and safety of a protocol for non-cardiac and cardiac magnetic resonance imaging of patients with permanent pacemakers and implantable-cardioverter defibrillators at 1.5 Tesla. *Circulation* 2006; 114: 1277–1284.
39. Gimbel JR, Bailey SM, Tchou PJ, Ruggieri PM, Wilkoff BL. Strategies for the safe magnetic resonance imaging of pacemaker-dependent patients. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2005; 28: 1041–1046.
40. Gimbel JR, Trohman RL, Lindsay WC, Wilkoff BL. Strategies for the safe performance of magnetic resonance imaging in selected ICD patients. *Pacing Clin Electrophysiol* 2002; 25: 618.
41. Anfinsen OG, Berntsen RF, Aass H, Kongsgaard E, Amile JP. Implantable cardioverter defibrillator dysfunction during and after magnetic resonance imaging. *Pacing Clin Electrophysiol* 2002; 25: 1400–1402.
42. Fiek M, Remp T, Reithmann C, Steinbeck G. Complete loss of ICD programmability after magnetic resonance imaging. *Pacing Clin Electrophysiol* 2000; 27: 1002–1024.
43. Naehle CP, Sommer T, Meyer C, Strach K, Kreuz J, Litt H, et al. Strategy for safe performance of magnetic resonance imaging on a patient with implantable cardioverter defibrillator. *Pacing Clin Electrophysiol* 2006; 29: 113–116.
44. Faris OP, Shein M. Food and Drug Administration perspective: magnetic resonance imaging of pacemaker and implantable cardioverter-defibrillator patients. *Circulation* 2006; 114: 1232–1233.
45. Vymazal J, Táborský M, Žáček R. Vyšetření magnetickou rezonancí s implantovaným kardiostimulátorem EnRhythm MRI SuseScan s MR kompatibilními elektrodami CapSureFix MRI – první zkušenosti. *Ces Radiol* 2009; 63(1): 9–12.
46. Roguin A, Schwitzer J, Vahlhaus C, Lombardi M, Brugada J, Vardas P, Auricchio A, Priori S, Sommer T. Magnetic resonance imaging in individuals with cardiovascular implantable electronic devices. *Europace* 2008; 10(3): 336–346.
47. Roguin A. Magnetic resonance imaging in patients with implantable cardioverter-defibrillators and pacemakers. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 556–557–24.
48. Nazarian S, Halperin HR. How to perform magnetic resonance imaging on patients with implantable cardiac arrhythmia devices. *Heart Rhythm* 2009; 6: 138–143.
49. Sierra M, Machado C. Magnetic resonance imaging in patients with implantable cardiac devices. *Rev Cardiovasc Med* 2008; 9: 232–238.
50. Fernegat A, Schwer C, Helber U, Dörnberger V. Inappropriate implantable cardioverter-defibrillator shock induced by electromagnetic interference while taking a shower. *Clin Res Cardiol* 2007; 96: 393–395.

Článek přijat redakcí: 27. 10. 2010

Článek přijat k publikaci: 17. 11. 2010

MUDr. Vlastimil Doupal, Ph.D.

I. interní klinika LF UP a FN

I. P. Pavlova 6, 775 20 Olomouc

vlastimil.doupal@fnol.cz