proLékaře.cz | 13.4.2025

ELEKTROMAGNETICKÉ INTERFERENCE U PACIENTŮ S IMPLANTÁTY

J. Vlašínová

Souhrn

V České republice bylo v loňském roce provedeno 6 239 primoimplantací kardiostimulátorů (PM) a 1 226 primoimplantací kardioverterů – defibrilátorů (ICD). Elektromagnetické interference představují potenciální nebezpečí komplikací u pacientů s PM či ICD. Mohou způsobit úplnou inhibici přístroje, což může vést k synkopě u dependentních pacientů, asynchronní stimulaci bez vnímání vlastní srdeční akce, která může přivodit maligní arytmii, nebo tzv. pacemakerovou tachykardii – rychlou stimulaci komor vedoucí až ke zhroucení oběhu. U ICD mohou tyto komplikace vést k falešnému vnímání tachykardie a k neadekvátní šokové terapii. Lékař by měl tyto interference znát, aby mohl pacienta poučit, jak se chovat v běžném životě, kterých činností se nemusí obávat a čeho by se měl vyvarovat. Při zvažování lékařského zákroku jak diagnostického, tak terapeutického musí lékař vyhodnotit benefit pro pacienta a riziko, kterému bude vystaven.

Klíčová slova

elektromagnetická interference – kardiostimulátor – kardioverter-defibrilátor – inhibice – asynchronní stimulace – neadekvátní terapie

Summary

Electromagnetic interference in patients with implants. In the Czech republic was last year carried out 6 239 primoimplants pacemakers and 1 226 primoimplants cardioverter defibrillators. Electromagnetic interference is a risk of complications at the patiens with PM or ICD. It may cause of complete inhibition of the device. This can be the cause of syncope at the dependent patiens. Asynchronous stimulation without the perception of own heartbeat may cause malignant arhytmia or so called pacemaker tachycardia – rapid chambers stimulation leasing to the collapse of the circulation. At ICD it can lead to a false perception of tachycardia and inadequate shock therapy. The doctor should know this interference in order to learn the patient how to behave in normal life, which activities he doesn't need to worry and what should be avoided. When considering the medical treatment it should always be evaluated the benefit of the patient and the risks.

Key words

electromagnetic interference – pacemaker – cardioverter defibrillator – inhibition – asynchronous pacing – inadequate therapy

Úvod

Elektromagnetická interference (EMI) je násobení elektrických nebo magnetických signálů vyskytujících se v okolním prostředí, které může být detekováno implantovaným přístrojem a může interferovat s normální funkcí tohoto přístroje. Jedná se tedy o elektrický zdroj napodobující srdeční frekvenci. Může způsobovat poruchu funkce pulzních generátorů (PG), což jsou kardiostimulátory (PM) a kardiovertery-defibrilátory (ICD), inhibici, asynchronní stimulaci a na jejím základě i maligní arytmii, falešnou detekci arytmie s následnou šokovou terapií, poškození tkáně či poškození přístroje. PG jsou konstruovány tak, aby byla minimalizovaná citlivost na EMI. Absolutní ochrana však není možná. Existuje mnoho zdrojů elektromagnetické interference, ale pouze minimum z nich může být zdrojem závažné interference, která by mohla ohrozit i život pacienta. Proto je důležité, aby lékaři byli informováni o zdrojích těchto interferencí a účinku na implantáty, aby mohli působit preventivně a řešit i následky těchto interferencí.

EMI může ovlivnit spousta faktorů (intenzita EMI pole, frekvence signálu) vyskytujících se v běžném prostředí pacienta i faktorů souvisejících s terapeutickými a diagnostickými výkony.

Interference v běžném prostředí

Přehled rizikových faktorů v běžném prostředí podává tab. 1.

Mobilní telefony pracují v sítích, které jsou rozděleny podle frekvence. Sám mobilní telefon je pak zdrojem EMI, které může mít vliv na funkci implantabilního přístroje, ať už je to PM nebo ICD. Možnost interference z mobilního telefonu byla popisována od roku 1994. Nyní se toto nebezpečí považuje za velmi nízké a je závislé od typu telefonu, výrobci a typu stimulátoru. Interference jsou častější u dvoudutinových PM. Jednodutinové PM se mohou konvertovat do asynchronního režimu a u dvoudutinových může dojít kromě asynchronního režimu i k pacemakerové tachykardii. Moderní implantabilní přístroje dnes mají ochranu proti těmto zdrojům EMI, přesto pacientům doporučujeme, aby mobilní telefon nenosili v náprsní kapse a aby udržovali během telefonování vzdálenost od implantátu aspoň 20 cm [1–4].

Tab. 1. Přehled rizikových faktorů v běžném prostředí.

- mobilní telefon
- indukční varná deska, trouba
- mikrovlnná trouba
- bezpečnostní systémy proti krádežím
- sváření elektrickým obloukem

Indukční varné desky využívají k ohřevu jen elektromagnetické indukce, přestože proběhlo několik testů in vivo a podle holterovského monitorování se neprokázal přímý účinek na PG, možnost EMI nelze nikdy vyloučit [5].

Mikrovlnná trouba je dalším možným zdrojem EMI. Výkon, který je schopen cyklotron mikrovlnné trouby dostat do prostoru, je 1 000 W. V případě, že dvířka se stínící mřížkou nedoléhají nebo je mřížka poškozena, může být trouba zdrojem EMI. Samozřejmě pouze v případě, pohybuje-li se pacient v její bezprostřední blízkosti. Ačkoliv nejsou k dispozici studie, které by systematicky testovaly efekt mikrovlnné energie, obecně se předpokládá a akceptuje, že všechny moderní PG jsou adekvátně chráněny. Kardiostimulační firmy neuvádějí žádné speciální doporučení při užívání domácích spotřebičů, jako jsou televize,

proLékaře.cz | 13.4.2025

rádia, toustovače, mikrovlnné trouby a elektrické podušky [4].

Bezpečnostní systémy nás obklopují téměř na každém kroku. Při placení v supermarketu například procházíme systémem ochrany proti krádežím (electronic security system – ESS). Funguje na principu detekce změny magnetického pole nebo na principu detektorů kovů. V některých systémech se používá až 200 magnetů velikosti baterie do hodinek s vysokou intenzitou magnetického pole. Průchod, popřípadě delší pobyt pacienta v blízkosti tohoto systému může mít za následek přechod stimulátoru do asynchronního magnetického režimu. Pacientům proto doporučujeme, aby se v blízkosti těchto systémů pohybovali jen nezbytně dlouhou dobu.

Letištní rámový detektor kovů a jeho vliv na pacienty s implantáty byl opakovaně testován a bylo zjištěno, že neovlivňuje chování implantovaného PM nebo ICD. Maximálně může inhibovat 1 komplex. Jiná situace je u ručního detektoru kovů, který může být velkým zdrojem interakcí. Pacienti jsou vybaveni průkazkou nositele PM nebo ICD a je jim doporučováno, aby se jí letištnímu personálu prokazovali [4,6].

Sváření elektrickým obloukem se pacientům s PM nebo ICD nedoporučuje. Důvodem jsou prudké změny toku elektrického proudu. Svářecí trafo sice snižuje hodnotu napětí, elektroda však funguje jako anténa. Průchod indukovaného proudu v elektrodě pak může na rozhraní elektroda/srdeční tkáň vytvořit nekrózu, která má za následek zvýšení stimulačního prahu. Svářečky s energií v rozmezí 100–200 ampérů nejsou nebezpečné, s energií nad 500 ampérů mohou inhibovat PM a u ICD spustit terapii při falešné detekci. Zkoušelo se holterovské monitorování u pacientů s implantátem a ochranným oblekem a nebyly zdokumentovány žádné interference. Nicméně nelze tuto práci doporučovat ani v ochranném oděvu, dokud se k její bezpečnosti nevyjádří firmy vyrábějící PG [4].

Přehled rizikových výkonů ve zdravotnictví ukazuje tab. 2.

Elektrokauterizace se běžně používá při chirurgických výkonech, a to v unipolárních a bipolárních konfiguracích. Radiofrekvenční signál bývá ve stimulátoru interpretován jako srdeční impulz a může dojít k inhibici přístroje. Při prolongovaných opakovaných stimulacích se může přístroj přeprogramovat do asynchronního režimu nebo do záložního režimu a někdy dojde i k resetování přístroje, který pak není naprogramovatelný standardními postupy.

Tab. 2. Přehled rizikových faktorů v běžném prostředí.

1. elektrokauterizace
2. kardioverze, defibrilace
3. zobrazení magnetickou rezonancí
4. litotripsie
5. transkutánní nervová stimulace
6. diatermie
7. radioterapie
8. radiofrekvenční ablace
9. elektrošoky
10. hyperbarická oxygenoterapie

Navzdory elektronické ochraně přístrojů, může dojít k selhání výdeje impulzu, pacemakerové tachykardii a dalším poškozením; pak je indikována výměna přístroje.

Elektrokauterizační signál je schopen indukovat proud v elektrodovém systému a může způsobit tepelné poškození tkáně myokardu, což má za následek elevaci stimulačních prahů.

Kardiostimulátor opatřený funkcí rate responsive – frekvenčně adaptabilní – může někdy během výkonu začít stimulovat na horním limitu. Většina komplikací s elektrokauterizací je popisována u unipolárních kardiostimulátorů, přístroje v bipolární konfiguraci nejsou tak citlivé.

Vzhledem k výše popisovaným komplikacím se doporučuje:

U každého pacienta, který je nositelem PM či ICD, musí proběhnout kontrola funkce přístroje před výkonem. Při kontrole se zjistí stav baterie, stimulační prahy a impedance elektrod. Vypíná se funkce rate responsive. Důležitá je i informace o tom, zda je pacient na kardiostimulátoru závislý, nebo jestli má i vlastní srdeční akci. Během výkonu je nutná pečlivá monitorace EKG a používání elektrokauteru v bipolárním režimu. Bezpečná vzdálenost od kardiostimulátoru je 15–20 cm a elektrokauter je třeba používat přerušovaně, vždy do 3 s.

U ICD se před výkonem vypíná výdej terapií. Na toto je vždy nutné upozornit anesteziologa.

Po operačním výkonu je vhodné PG opět zkontrolovat, ujistit se, zda nedošlo ke změně nastavení režimu, zkontrolovat stimulační prahy a zapnout funkci frekvenční adaptace.

Pokud je to možné, měly by se chirurgické výkony provádět na pracovištích, kde je kardiostimulační centrum, a tudíž i možnost včasné kontroly a reprogramace [4,7,8].

Kardioverze, defibrilace – kardioverze se často používá zvláště u pacientů se sick sinus syndromem a paroxyzmy fibrilace síní. PM bývají chráněny proti vysoké defibrilační energii speciálním vestavěným obvodem. I přes tuto ochranu se může PM během defibrilačního výboje poškodit, a proto platí tato pravidla: Je nutno znát nastavení přístroje, v jakém pracuje režimu, stimulační prahy a impedance elektrod. Defibrilační elektrody musíme umístit 15–20 cm od přístroje a nejdůležitější je postavení elektrod; nemají se umisťovat klasicky, tj. báze – hrot, ale zleva doprava. Po výkonu je opět nutné odečíst a změřit základních parametry [4,9].

Zobrazení magnetickou rezonancí je vyšetření, při kterém se pacient dostává do extrémně silného magnetického pole. Všeobecně se toto vyšetření nedoporučuje u všech pacientů s PG.

PM může přejít do asynchronního režimu, byla popsána i pacemakerová tachykardie. U ICD je situace horší. Pokud se přístroj dostane do silného magnetického pole, deaktivují se všechny detekce tachyarytmií a současně se zablokuje i terapie. Zachovány jsou pouze bradykardické funkce.

Moderní přístroje již mají vyvinutou ochranu proti magnetickým interferencím. Jedná se o přístroje posledních generací, a to v závislosti na výrobci. Zkušenosti z literatury doporučují u dependentních pacientů přeprogramovat přístroj do asynchronního režimu, ostatní ponechat v režimu on demand. Ještě před výkonem musíme pečlivě zvážit benefit, který pacientovi vyšetření přinese. Pacient musí podepsat informovaný souhlas, kde budou vysvětleny všechny potenciální komplikace. Během výkonu musíme sledovat životní funkce a zajistit si vizuální i hlasový kontakt s pacientem během výkonu. Po výkonu je pak nutné načíst přístroj a naprogramovat jej, je-li to nutné [10–12].

Litotripsie je vyšetření, při kterém může být poškozen piezoelektrický krystal. Pacientům, kteří vykazují byť jen částečnou závislost, je vhodné stimulátor přeprogramovat do režimu s pevnou frekvencí pro potenciální inhibici komorové stimulace. Další možností interference je selhání výdeje a rychlá komorová stimulace. U ICD je bezpečnější vypnout antitachykardickou terapii a po celou dobu výkonu pacienta monitorovat. Po výkonu je třeba načíst přístroj a opět nastavit potřebné parametry [13].

Radioterapie se u pacientů s implantátem aplikuje stále častěji, protože počet pacientů s aktivním implantátem a nádorovým onemocněním stoupá. Již více než 10 let je sledován vliv terapeutického záření na PM nebo ICD. Modernější přístroje vykazují větší senzitivitu k radiační energii. U PM může radiote-

proLékaře.cz | 13.4.2025

rapie způsobit asynchronní stimulaci a ztrátu výdeje. V případě malignity v oblasti implantace se před ozařováním doporučuje přemístit kardiostimulátor druhostranně. U ICD je třeba před každou terapeutickou dávkou vypnout funkci terapie a ponechat pouze monitoraci arytmií. Přístroje se mohou také stínit lokálním protiradiačním štítem [14–16].

Radiofrekvenční ablace má účinek shodný s účinkem elektrokauterizace včetně možnosti asynchronního režimu, neadekvátní inhibice, resetování přístroje do záložního režimu a indukce pacemakerové tachykardie. Během RFA je nutno pacienta sledovat a po výkonu provést kontrolu přístroje. U ICD se doporučuje kontrola přístroje včetně vyvolání fibrilace komor [17].

Transkutánní nervová stimulace se používá u pacientů s Parkinsonovou nemocí. Může dojít k inhibici přístroje i ze vzdálených míst, proto je třeba monitorovat pulz pacienta a zvláštní pozornost věnovat pacientům dependentním na stimulaci. Musíme se také snažit vyloučit takovou dráhu, která by byla paralelní s vodičem elektrody. Pacienti s ICD by měli být varováni ohledně pozdních interakcí. Ačkoliv iniciální test může být negativní, pacient s ICD po transkutánní elektrické nervové stimulaci vyžaduje následnou péči pro možnost interakce [18,19].

Diatermie se pacientům s kardiostimulátory a ICD nedoporučuje pro možnost zvýšené teploty v přístroji, a tím pro možnost poškození tkáně kolem elektrody. V případě nutnosti zamezíme přímé blízkosti přístroje a elektrod.

Terapie elektrošoky není problematická pro pacienty s ICD a PM, pouze je nutné rutinní monitorování EKG [20].

Hyperbarická oxygenoterapie – s touto terapií jsou poměrně malé zkušenosti, nicméně nebylo prokázáno žádné zhoršení funkce, pokud hyperbarický tlak nepřesahoval 1,5 baru.

Při vyšším tlaku může dojít k deformaci pouzdra přístroje.

Závěr

Existuje mnoho zdrojů elektromagnetické interference, které mohou nepříznivě ovlivnit funkci přístroje a následně ohrozit i pacienta.

Každý pacient s PG odchází po implantaci poučen o možných interakcích, o tom jak se má chovat v běžném prostředí. V souvislosti s lékařskými diagnostickými nebo terapeutickými výkony je již odpovědnost na lékaři, který tento výkon indikuje. Před výkonem, kde hrozí interakce, je vhodná kontrola přístroje, nutné je zjistit závislost pacienta na stimulaci, monitorovat EKG a TK během výkonu. Je důležité upozornit na to, že některé výkony mohou způsobit skryté poškození PM. Toto poškození nemusí být detegováno, když je PM testován po výkonu, ale může vést k poruše či selhání později. Je proto vhodné provést časnou kontrolu v kardiostimulačním centru.

ICD přístroje jsou různé a mají různé druhy zabezpečení proti EMI. Jestliže ovšem vyvstane otázka, jaká situace může ovlivnit funkci přístroje, je vhodné kontaktovat kardiostimulační centrum, případně konzultovat technika příslušné firmy.

Zdroje elektromagnetické interference v běžném životě uvádí tab. 3.

Tab. 3. Zdroje elektromagnetické interference v běžném životě.

bezpečné	
osobní předměty	kopírky, fax, fén, elektrické holicí strojky, přenosný telefon , osobní počítač, radiobudík, solária, elektrická poduška
domácí spotřebiče	mixér, elektrická trouba, mikrovlnná trouba, elektrické nože, bezpečnostní systém, vysavač, toaster, pračka, elektrické ohřívače, šicí stroje
lékařské výkony	CT, RTG, vrtání zubů, elektrokardiogram, sonografické vyšetření
elektronické přístroje	radio, CD/DVD přehrávače, laser, video, kamera, televize, dálková ovládání (TV garážových vrat, videa, atd)
opatrnost při používání	
osobní předměty	mobilní telefony, elektrické zubní kartáčky, indukční trouby, potápění s kyslíkovou bombou
elektronické přístroje	vysílačky, automaty na mince, dálkové ovládání s anténou, laserové ukazovátko, stereo reproduktory
cestování	letištní kontrolní bezpečnostní systémy, vysoké napětí, transformátory televizní a radiové vysílače
různé	obloukové sváření, oprava automobilových motorů, řetězová pila, elektrické šroubováky, vrtačky, zbraně
nebezpečné užívání	
osobní předměty	přístroje pro měření tělesného tuku, magnetické matrace
lékařské výkony	diatermie, zobrazení magnetickou rezonancí, radioterapie, litotripsie
různé	vrtací kladiva, mechanické lisy, kovadliny

Literatura

1. Trikgano A, Blandeau O, Dále C et al. Reliability of electromagnetic filters of cardiac pacemakers tested by cellular telephone ringing. Heart Rhythm 2005; 2(8): 837–841.

2. Tandogan I, Ozin B, Bozbas H et al. Effects of mobile telephones on the function of implantable cardioverter defibrillators. Ann Noninvasive Electrocardiol 2005; 10(4): 409–413.

3. Francis J, Niehaus M. Interference between cellular tephones and implantable rhythm device: a review on recent papers. Indian Pacing Electrophysiol J 2006; 6(4): 226–233.

4. Lakshminarayan Y, Reddy PC. Effects of electromagnetic interference on implanted cardiac device and their management. Kardiol Rev 2007; 15: 304–309.

5. Binggeli C, Riskli H, Ammann P et al. Induction oves and electromagnetic interference: What is the risk for patiens with implantable cardioverter defibrillators? J Cardiovasc Electrophysiol 2005; 16(4): 399–401.

6. Kolb C, Schmieder S, Lehmann G et al. Do airport metal detectors interfere with implantabl pacemakers or cardioverter-defibrillators? J am Coll Cardiol 2003; 41(11): 2054–2059.

7. Lo R, Mitrache A, Juan W, Cohen TJ. Electrocautery-Induced Ventricular Tachycardia and Fibrillation during Device Implantation and Explantation. J Invasive Cardiol 2007; 19(1): 12–5.

8. Lo R, Mitrache A, Juan W, Cohen TJ. Electrocautery-Induced Ventricular Tachycardia and Fibrillation during Device Implantation and Explantation. J Invasive Cardiol 2007; 19(1): 12–5.

9. Mangold JC, Izrael CW, Ehrlich JR. External cardioversion of atrial fibrillation in patiens with implanted Pacemaker or cardioverter- defibrillator systéms: a randomized comparison of monophasic and biphasic shock energy application. Eur Heart J 2007; 28(14): 1731–1738.

10. Martin E, Coman JA, Shellock FG et al. Magnetic resonance imaging and cardiac Pacemaker safety at 1,5-Tesla. J am Coll Cardiol 2004; 43(7): 1315–1324.

11. Naehle CP, Sommer T, Meyer C et al. Strategy for safe performance of magnetic resonance imaging on a patient with implantable cardioverter defibrillator. Pacing Clin Electrophysiol 2006; 29(1): 113–116.

12. Prashant N, Aiel R. Magnetic resonance Imaging in patiens with ICDs and Pacemakers. Indian Pacing Electrophysiol J 2005; 5(3): 197–209.

13. Kuffer R, Thamasett S, Volkmer B et al. New-generation lithotripters for treatment of patiens with implantable cardioverter defibrillator:experimental approach and review of literature. J Endourol 2001; 15(5): 479–484.

14. Sundar S, Symonds RP, Deehan C. Radiotherapy to patiens with artificial cardiac pacemakers. Cancer Treat Rev 2005; 31: 474–486.

proLékaře.cz | 13.4.2025

15. Hurkmans CW, Scheepers E, Springorum Bg, Uiterwaal H. Influence of radiotherapy on the lates generation of implantable cardioverter- defibrillators. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2005; 63(1): 282.
16. Nemec J. Runaway Implantable Defibrillator-A Rare Complication of Radiation Therapy. Pacing Clin Electrophysiol 2007; 30(5): 716–718.
17. Lakkireddy D, Patel D, Ryschon K et al. Safety and efficacy of radiofrequency energy catheter ablation of atrial fibrillation in patiens with pacemakers and implantable cardiac defibrillators. Heart Rhythm 2005; 2(12): 1309–1301.
18. Schoeck AP, Mellion ML, Gilchrist JM, Christian FV. Safety of nerve conduction studies in patiens with implanted cardiac device. Muscle Nerve 2007; 35(4): 521–524.
19. Nagele H, Azizi M. Inappropriate ICD discharge induced by electrical interference from a physio-therapeutic muscle stimulation device. Herzschrittmachertherther Elektrophysiol 2006; 17(3): 137–139.
20. MacPherson RD, Loo CK, Barrett N. Electroconvulsive therapy in patiens with cardiac pacemakers. Anaesth Intensive Care 2006; 34(4): 470–474.

MUDr. Jitka Vlašínová, Ph.D.
Interní kardiologická klinika LF MU a FN Brno
vlasinova@centrum.cz