

Opinione

Raccomandazioni per la protezione dal rischio di interferenze elettromagnetiche in ambiente ospedaliero per i pacemaker ed i defibrillatori impiantabili

Maurizio Santomauro, Danilo Da Prato, Luca Ottaviano, Alessio Borrelli, Massimo Chiariello

Dipartimento di Cardiologia e Cardiocirurgia, Università degli Studi "Federico II", Napoli

Key words:
Cardiac pacing;
Implantable cardioverter-
defibrillator;
Pacemaker.

Electromagnetic interference and compatibility are problems that claim an increasing attention of biomedical industries, all over the world. For electromagnetic interference we intend a phenomenon that can occur when an electronic device undergoes the influence of an electromagnetic field, which may cause temporary or definitive malfunctioning of the device itself. Indeed, electromagnetic compatibility is the capacity of an electric device either to operate normally, without generating electromagnetic disturbances that may interfere with other devices or to operate without being influenced by electromagnetic field generated by other electric devices. Pacemaker (PM) and implantable-cardioverter defibrillator (ICD) functioning can be significantly compromised by electromagnetic fields, even though their circuits, nowadays, are well protected from most of electromagnetic wave sources.

The basis for electromagnetic interference on PM and ICD lays on different factors even physical such as the power of external signal, the distance between the signal and the PM and ICD, the frequency range, modulation type and immunity level of the PM and ICD. The electromagnetic interference on PM and ICD may result into a temporary or permanent malfunctioning, like pacing inhibition, asynchronous pacing, or the switching of the pacing mode.

The purpose of this work is to give useful indications for a correct in-hospital management of patients with PM or ICD, in order to avoid dangerous electromagnetic interference.

(Ital Heart J Suppl 2002; 3 (4): 440-445)

© 2002 CEPI Srl

Ricevuto il 10 ottobre 2001; nuova stesura il 13 febbraio 2002; accettato il 20 febbraio 2002.

Per la corrispondenza:

Dr. Maurizio Santomauro

*Cattedra di Cardiologia
Università degli Studi
"Federico II"*

Via S. Pansini, 5

80131 Napoli

E-mail:

santomau@unina.it

Introduzione

La radiazione elettromagnetica è caratterizzata dalla frequenza o dalla lunghezza d'onda, grandezze queste, inversamente proporzionali tra loro: più aumenta l'una, più diminuisce l'altra e viceversa. In base alla gamma di frequenza, le onde elettromagnetiche sono suddivise in tre classi (Tab. I). In base alla lunghezza d'onda le radiazioni possono essere suddivise in due classi principali: quelle ionizzanti con lunghezza d'onda inferiore a quella della luce visibile, come raggi X e raggi gamma e quelle non ionizzanti, con lunghezza superiore a quella della luce, ma che a differenza delle prime sono caratterizzate da un trasporto di energia quasi trascurabile¹. Queste sono le radiazioni con cui si viene a contatto quotidianamente tramite ad esempio forni a microonde, linee elettriche ad alta tensione e telefoni cellulari.

L'interferenza elettromagnetica e la compatibilità elettromagnetica sono pro-

blemi oggetto di crescente attenzione da parte dell'industria biomedica e degli ospedali in ogni parte del mondo. La compatibilità elettromagnetica è la capacità di un'apparecchiatura elettrica o elettronica di funzionare senza provocare disturbi elettromagnetici che possano interferire con il funzionamento di altre apparecchiature; inoltre di non essere influenzata dai disturbi elettromagnetici presenti nell'ambiente generati da altri sistemi. I disturbi dovuti alla compatibilità elettromagnetica possono essere distinti tra necessari ed inevitabili². Un esempio dei primi è il telefono cellulare, che quando si usa genera un'onda radio necessaria per il suo funzionamento. Quando invece il frigorifero stacca il compressore, si genera un picco di corrente ed un disturbo che non è necessario per la funzionalità del frigorifero ma è inevitabile.

Per regolamentare l'esposizione ai campi elettromagnetici organismi internazionali come l'International Commission on

Tabella I. Suddivisione delle onde elettromagnetiche in base alla gamma di frequenza.

Frequenza	Denominazione
0-10 KHz	Extremely low frequency (ELF)
30 KHz-300 MHz	Radiofrequency (RF)
300 MHz-300 GHz	Microwave (MW)

Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), l'American National Standard Institutes (ANSI) e in Europa il Comitato per la Normalizzazione Elettrotecnica (CENELEC), hanno stabilito dei livelli limite di esposizione che, se rispettati, assicurano la protezione "sanitaria" degli individui³ (Tab. II).

Per interferenza elettromagnetica si intende un fenomeno che può verificarsi quando un dispositivo elettronico viene esposto ad un campo elettromagnetico⁴. L'effetto prodotto da questo fenomeno è quello di provocare malfunzionamenti temporanei o permanenti nel dispositivo stesso; ogni dispositivo che ha al suo interno un circuito elettronico può essere sensibile a questo tipo di interferenza. Nel caso di dispositivi medici critici dal cui corretto funzionamento dipende la vita del paziente, quali pacemaker (PM) o defibrillatori impiantabili (ICD), la sicurezza elettromagnetica assume un particolare significato⁵. Infatti, sono stati riferiti casi di malfunzionamento di questi dispositivi sia per esposizioni di breve durata ma di forte intensità, sia per esposizioni prolungate^{6,7}. L'obiettivo di questa pubblicazione è quello di fornire indicazioni che potranno essere utili ai medici ed indirettamente anche ai pazienti per limitare le possibili interazioni tra il PM o l'ICD di cui questi ultimi sono portatori e le radiazioni elettromagnetiche presenti in ambiente ospedaliero.

Tabella II. Limiti di esposizione ai campi elettromagnetici.

Organismi di controllo	Limiti della quantità di energia (W/m ²)	
	900 MHz	1800 MHz
ICNIRP (Svizzera, Austria, Francia)	4.5	9
CENELEC (Europa)	4.5	9
DIN VDE (Germania)	4.5	9
ANSI (Stati Uniti)	6	12
NRPB (Gran Bretagna)	33	100

Diagnostica per immagini e radioterapia

Risonanza magnetica per immagini. La risonanza magnetica per immagini (MRI) è un test diagnostico ampiamente utilizzato durante il quale il paziente è esposto a campi magnetici variabili e di forte intensità. Ancora oggi si tende a considerare come controindica-

zione "assoluta" l'esecuzione di una MRI nei portatori di PM e ICD⁸. In letteratura però sono stati riportati numerosi casi di pazienti portatori di PM sottoposti a questa procedura senza alcuna complicazione⁹⁻¹¹. In sintesi, per gli ICD la procedura è ancora controindicata mentre per i PM la MRI appare sicura e giustificata purché si utilizzi uno scanner da 0.5 Tesla e si seguano le seguenti raccomandazioni:

- se il paziente non è PM-dipendente programmare il PM in VOO o bassa frequenza;
- monitorare costantemente l'elettrocardiogramma, il polso periferico e la pressione arteriosa (la MRI può creare disturbi anche al monitor per l'elettrocardiogramma);
- prevedere un defibrillatore esterno;
- verificare il funzionamento dell'apparecchio dopo l'esame MRI.

Tomografia ad emissione di positroni. La tomografia ad emissione di positroni può provocare un danno circuitale permanente pertanto è controindicata.

Radiodiagnostica. La radiodiagnostica può essere eseguita senza nessuna precauzione. L'uso dei raggi X per le radiografie diagnostiche non provoca nessun pericolo per il dispositivo¹².

Ultrasuoni. Gli ultrasuoni non provocano nessun effetto sui dispositivi. Tutte le indagini che prevedono l'uso degli ultrasuoni (ad esempio l'ecocardiogramma e l'ecografia tiroidea) possono essere eseguite senza alcuna precauzione.

Radioterapia. La radioterapia può essere responsabile di rottura o di cambiamenti nella programmazione anche a distanza di tempo. Bisogna, inoltre, considerare la possibilità di scattering delle radiazioni e l'effetto cumulativo delle radiazioni. Il danno circuitale si può verificare per dosi comprese tra 33 e 1000 radiazioni^{13,14}.

Raccomandazioni:

- proteggere il dispositivo con uno schermo locale anti-radiazioni.

Chirurgia

Elettrocauterizzazione. L'elettrocauterizzazione utilizzata durante le procedure chirurgiche per arrestare il sanguinamento può essere responsabile di inibizione del dispositivo o riprogrammazione. In alcuni casi, a causa dell'alta intensità del campo elettromagnetico generato dall'elettrocauterizzazione, si può verificare rottura del dispositivo di stimolazione con conseguenze gravi nei pazienti PM-dipendenti¹⁵.

Raccomandazioni:

- valutazione del sistema di stimolazione prima dell'intervento;

- ridurre i tempi il più possibile;
- effettuare un continuo monitoraggio elettrocardiografico;
- limitare l'applicazione di magneti;
- assicurarsi la presenza di dispositivi per una stimolazione transcutanea di emergenza e di dispositivi per la defibrillazione;
- mantenere l'elettrobisturi ad almeno 15 cm dall'apparecchio e dagli elettrocateri impiantati;
- nella resezione transuretrale della prostata si raccomanda di porre la piastra della messa a terra sotto i glutei o attorno a una coscia, ma non nell'area toracica;
- disabilitare le terapie antitachicardiche in presenza di ICD;
- valutare dopo l'elettrocauterizzazione l'integrità del dispositivo.

Bisturi a radiofrequenza. È un dispositivo collegato a un generatore posto accanto al tavolo operatorio. La sua caratteristica è di tagliare i tessuti grazie all'emissione di onde ad una determinata frequenza e di coagulare e chiudere istantaneamente i vasi che recide, diminuendo così in modo consistente il pericolo di sanguinamento.

Raccomandazioni:

- valutazione del sistema di stimolazione prima dell'intervento;
- monitorare la frequenza cardiaca durante la procedura;
- verificare il dispositivo dopo la procedura.

Odontostomatologia

I trapani dentistici e le apparecchiature per la pulizia dentale non interferiscono con i PM e gli ICD¹⁶.

Urologia

Litotripsia. La litotripsia per la cura dei calcoli renali utilizza onde di shock che, se sincronizzate sulla depolarizzazione ventricolare spontanea o indotta, possono creare danni al cristallo piezoelettrico del PM o ICD in maniera permanente¹⁷.

Raccomandazioni:

- prima del procedimento programmare il PM in modalità VVI;
- il fuoco del litotritore deve essere ad almeno 15 cm dal dispositivo;
- analizzare il dispositivo dopo il trattamento;
- spegnere le terapie antitachicardiche se si tratta di un defibrillatore;
- prevedere un defibrillatore esterno.

Terapia a radiofrequenze nel trattamento dei tumori del rene. Si basa sull'inserimento nel rene di un sottile elettrodo montato sulla guida di un ecografo in modo da individuare con precisione il nodulo tumorale da trattare. Una volta raggiunto il bersaglio, l'elettrodo

sprigiona un'energia in grado di "bruciare" la massa malata e di lasciare il più indenne possibile il tessuto sano circostante.

Raccomandazioni:

- valutazione del sistema di stimolazione prima dell'intervento;
- monitorare la frequenza cardiaca durante la procedura;
- verificare il dispositivo dopo la procedura.

Gastroenterologia

Litotripsia. La litotripsia per la cura dei calcoli biliari in pazienti portatori di defibrillatore o PM, utilizza onde di shock che, se sincronizzate sulla depolarizzazione ventricolare spontanea o indotta, possono creare danni al cristallo piezoelettrico del PM o ICD in maniera permanente^{17,18}.

Raccomandazioni:

- prima del procedimento programmare il PM in modalità VVI;
- prevedere un defibrillatore esterno;
- il fuoco del litotritore deve essere ad almeno 15 cm dal dispositivo;
- spegnere le terapie antitachicardiche se si tratta di un defibrillatore;
- analizzare il dispositivo dopo il trattamento.

Cardiologia interventistica

Ablazione con radiofrequenza. Numerosi studi hanno documentato come avvicinando troppo (1 cm) l'elettrodo ablatore all'elettrodo stimolante si possono verificare danni circuitali per lo più temporanei^{19,20}.

Raccomandazioni:

- posizionare la punta del catetere ablatore il più lontano possibile dagli elettrodi connessi al dispositivo;
- disattivare le terapie antitachicardiche;
- prevedere un defibrillatore esterno;
- verificare il funzionamento dopo la procedura.

Defibrillazione e cardioversione esterna. La cardioversione, quando praticata ad alta energia o quando praticata direttamente sul PM, può danneggiare il circuito. I cateteri possono raccogliere parte della corrente erogata dal defibrillatore esterno e facendola fluire attraverso l'elettrodo endocardico possono provocare una microlesione del tessuto cardiaco circostante l'elettrodo²¹.

Raccomandazioni:

- assicurarsi che le piastre o gli elettrodi di defibrillazione siano lontani dal dispositivo di almeno 10 cm;
- utilizzare gli elettrodi in antero-posteriore anziché sterno-apicale, come si usa durante le operazioni chirurgiche, o lungo una linea perpendicolare all'asse formata dal dispositivo impiantato;
- verificare il dispositivo dopo la procedura.

Cardioversione interna. Può essere causa di danno circuitale o formazione di tessuto necrotico in corrispondenza della punta degli elettrodi con conseguente variazione della capacità di rilevamento e delle soglie di stimolazione²¹.

Raccomandazioni:

- assicurarsi che l'elettrodo di defibrillazione sia lontano dal dispositivo di almeno 10 cm;
- rispettare il più possibile l'ortogonalità tra il campo elettrico dello shock ed il sistema di stimolazione;
- verificare il dispositivo dopo la procedura.

Dermatologia

Terapia ad alta frequenza (diatermia). È controindicata nei pazienti con PM o ICD per il rischio di effetti di riscaldamento sul dispositivo impiantato²².

Terapia antalgica

Elettroagopuntura. È controindicata. La bassa frequenza dell'elettroagopuntura può causare inibizione. La terapia ad alta frequenza può causare inibizione da rumore. L'agopuntura tradizionale, senza stimolazione elettrica, non è controindicata.

Reumatologia

Terapia a segnali pulsanti. È un dispositivo, utilizzato per la cura delle patologie reumatiche, che invia una serie di impulsi elettromagnetici che stimolano il metabolismo dei condrociti e incrementano la loro produzione di proteoglicani. Il risultato di questa azione è il rigeneramento della cartilagine, il cui deterioramento è una delle cause principali dell'artrosi. Il campo generato dalla terapia a segnali pulsanti ha una frequenza molto bassa e differisce notevolmente da quello della magnetoterapia classica.

Raccomandazioni:

- effettuare le terapie lontani dal dispositivo;
- monitorare la frequenza cardiaca durante la procedura.

Riabilitazione neuromuscolare

Stimolazione nervosa transcutanea. La stimolazione nervosa transcutanea è una tecnica usata per problemi neurologici o muscolo-scheletrici, è controindicata per i pazienti con ICD in quanto può causare intervento inappropriato di terapie antitachicardiche. Nei pazienti portatori di PM la stimolazione nervosa transcutanea è sconsigliata^{23,24}. Nel caso la stimolazione nervosa transcutanea sia ritenuta necessaria è indispensabile seguire le seguenti raccomandazioni:

- programmare il PM in modo DOO/VOO per pazienti PM-dipendenti;
- elettrodi bipolari con distanza tip-ring più piccola possibile;
- programmare il neurostimolatore alla minima uscita accettabile.

Elettrostimolatori muscolari. Sono apparecchi in grado di riprodurre il meccanismo naturale che sollecita i muscoli a contrarsi e rilassarsi attraverso le trasmissioni di impulsi elettrici che vengono applicati laddove le terminazioni delle cellule nervose si innestano sulle fibre muscolari. I campi di applicazione dell'elettrostimolazione vanno da quello medico per la riabilitazione e per combattere il dolore, a quello sportivo per favorire un rapido raggiungimento delle condizioni ottimali per affrontare uno sforzo atletico, fino a quello, di tipo estetico.

Raccomandazioni:

- nei pazienti PM-dipendenti programmare il PM in modo DOO/VOO;
- rispettare l'ortogonalità tra le placche stimolanti ed il PM.

Magnetoterapia. È controindicata. Può causare stimolazione asincrona del PM o può inibire le terapie anti-tachicardiche del defibrillatore.

Discussione e conclusione

La risposta del PM e dell'ICD alle interferenze elettromagnetiche dipende da un gran numero di variabili, comprese la natura e la potenza del segnale, la distanza dalla sorgente, e alcune caratteristiche intrinseche del dispositivo. La maggior parte di questi dispositivi presenta filtri che attenuano le interferenze elettromagnetiche, tuttavia alcune interferenze possono produrre segnali simili a quelli dell'attività cardiaca e causare disturbi (Tabb. III e IV).

In particolare in ambiente ospedaliero il rischio di interferenza dovuto a procedure diagnostiche e terapeutiche, quali quelle sopra descritte, risulta sempre

Tabella III. Possibili risposte dei defibrillatori alle interferenze.

Inadeguata esecuzione di shock
Inadeguata esecuzione di terapia antitachicardica
Inibizione della terapia antitachicardica
Inibizione della terapia di defibrillazione

Tabella IV. Possibili risposte del pacemaker alle interferenze.

Inibizione di un singolo battito
Inibizione totale
Stimolazione asincrona
Aumento della frequenza di stimolazione
Stimolazione ad una frequenza inappropriata

Tabella V. Precauzioni per procedure diagnostiche e terapeutiche.

Sorgente	Raccomandazioni
MRI	ICD: controindicata PM: modalità VOO; monitoraggio ECG; defibrillatore esterno
PET	Controindicata
Elettroagopuntura	Controindicata
Cardioversione interna	Elettrodo di defibrillazione a 10 cm; ortogonalità tra campo elettrico e sistema di stimolazione
Diatermia	Controindicata
Elettrocauterio	15 cm di distanza; riduzione tempi; no terapie antitachicardiche; limitare magneti; controllo ECG
Ablazione RF	Punta del catetere lontano da elettrodi; no terapie antitachicardiche; defibrillatore esterno
Cardioversione esterna	Piastre ed elettrodi a 10 cm; elettrodi in antero-posteriore
Terapia RF nei tumori renali	Controllo ECG; verifica dispositivo
Radioterapia	Schermo locale antiradiazioni
Bisturi a radiofrequenza	Valutazione preoperatoria sistema; controllo ECG
TENS	ICD: controindicata PM: modalità DOO/VOO per pazienti PM-dipendenti; nuerostimolatore alla minima uscita possibile
Magnetoterapia	Controindicata
Litotripsia	PM in VVI; fuoco a 15 cm; defibrillatore esterno
Elettrostimolazione muscolare	Modalità DOO/VOO nei pazienti PM-dipendenti; ortogonalità tra le placche stimolanti ed il PM
PST	Monitorare la frequenza cardiaca
Radiodiagnostica	Nessuna controindicazione
Ultrasuoni	Nessuna controindicazione
Trapani dentistici	Nessuna controindicazione

ICD = cardiovertitore-defibrillatore impiantabile; MRI = risonanza magnetica per immagini; PET = tomografia ad emissione di positroni; PM = pacemaker; PST = terapia a segnali pulsanti; RF = radiofrequenza; TENS = stimolazione nervosa transcutanea.

presente. Ciò può essere considerato un limite, dato che ormai ogni anno, circa 250 000 persone, in Italia, ricevono l'impianto di un PM e circa 100 000 un ICD. Alla luce dei dati oggi disponibili grazie alla continua evoluzione e miglioramento della tecnologia biomedicale è possibile eseguire la quasi totalità delle tecniche diagnostiche e terapeutiche rispettando delle opportune precauzioni che dovrebbero essere ormai parte integrante del background culturale del medico (Tab. V).

Riassunto

L'interferenza elettromagnetica e la compatibilità elettromagnetica sono problemi oggetto di crescente attenzione da parte dell'industria biomedicale e degli ospedali in ogni parte del mondo. Per interferenza elettromagnetica si intende un fenomeno che può verificarsi quando un dispositivo elettronico viene esposto ad un campo elettromagnetico. L'effetto prodotto da questo fenomeno è quello di provocare malfunzionamenti temporanei o permanenti nel dispositivo stesso. La compatibilità elettromagnetica è la capacità di un'apparecchiatura elettrica o elettronica di funzionare senza provocare disturbi elettromagnetici che possano interferire con il funzionamento di altre apparecchiature e di non essere influenzata dai disturbi elettromagnetici presenti nell'ambiente generati da altri sistemi.

I pacemaker (PM) ed i defibrillatori impiantabili (ICD) sono costituiti da circuiti elettronici che possono essere influenzati negativamente dai campi elettromagnetici, anche se attualmente queste apparecchiature

sono protette dalla maggior parte delle sorgenti elettromagnetiche. Gli effetti delle interferenze elettromagnetiche su PM e ICD sono basati su diversi fattori fisici come la forza del segnale esterno, la distanza tra il segnale PM o ICD, il range di frequenza, il tipo di modulazione e il livello di protezione del PM o ICD. Il risultato degli effetti delle interferenze elettromagnetiche su PM e ICD possono essere un temporaneo o permanente malfunzionamento come inibizione della stimolazione, stimolazione asincrona o altre modalità di stimolazione.

Questo lavoro si propone di fornire utili indicazioni per una corretta gestione, in ambiente ospedaliero, dei pazienti portatori di PM o ICD in modo da evitare pericolose interferenze elettromagnetiche.

Parole chiave: Defibrillatore automatico impiantabile; Elettrostimolazione; Pacemaker.

Bibliografia

1. Rothman DJ. Radiation. JAMA 1996; 276: 421-3.
2. Paperman D, David Y, Martinez M. Testing for EMC (electromagnetic compatibility) in the clinical environment. J Clin Eng 1996; 21: 207-11.
3. Garn H. CENELEC; human exposure to electromagnetic fields: 10 KHz-300 GHz. Draft of section 5 and 7. Leibesdorf, 1999.
4. Levitt H. The nature of electromagnetic interference. J Am Acad Audiol 2001; 12: 322-6.
5. Hamilton J. Electromagnetic interference can cause hospital devices to malfunction, McGill group warns. CMAJ 1996; 154: 373-5.

6. Santomauro M, D'Ascia C, Costanzo A, et al. Interferenze elettromagnetiche nei portatori di device impiantabili: rischi potenziali o reali? In: Atti Cardiologia 2000. 34° Convegno Internazionale. Milano, 2000: 410-4.
7. Santomauro M, D'Ascia C, Costanzo A, Ottaviano L, Donnici G, Chiariello M. Interference to pacemaker/ICD function by commonly encountered electronic device: when and how much to worry about? In: Raviele A, ed. Proceedings of the 7th International Workshop on Cardiac Arrhythmias. Venice: Springer, 2001: 631-45.
8. Niehaus M, Tebbenjohanns J. Electromagnetic interference in patients with implanted pacemakers or cardioverter-defibrillators. *Heart* 2001; 86: 246-8.
9. Gimbel JR, Johnson D, Levine P, et al. Safe performance of magnetic resonance imaging on five patients with permanent cardiac pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol* 1996; 19: 913-9.
10. Lauck G, von Smekal A, Wolke S, et al. Effects of nuclear magnetic resonance imaging on cardiac pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol* 1995; 18: 1549-55.
11. Vahlhaus C, Sommer T, Lewalter T, et al. Interference with cardiac pacemakers by magnetic resonance imaging: are there irreversible changes at 0.5 Tesla? *Pacing Clin Electrophysiol* 2001; 24 (Part 1): 489-95.
12. Blamires NG, Myatt J. X-ray effects on pacemaker type circuits. *Pacing Clin Electrophysiol* 1982; 5: 151-5.
13. Last A. Radiotherapy in patients with cardiac pacemakers. *Br J Radiol* 1998; 71: 4-10.
14. Rodriguez F, Filimonov A, Henning A, Coughlin C, Greenberg M. Radiation-induced effects in multiprogrammable pacemakers and implantable defibrillators. *Pacing Clin Electrophysiol* 1991; 14: 2143-53.
15. Peters RW, Gold MR. Reversible prolonged pacemaker failure due to electrocautery. *J Interv Card Electrophysiol* 1998; 2: 343-4.
16. Miller CS, Leonelli FM, Latham E. Selective interference with pacemaker activity by electrical dental devices. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85: 33-6.
17. Fetter J, Patterson D, Aram G, Hayes D. Effects of extracorporeal shock wave lithotripsy on single chamber rate response and dual chamber pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol* 1989; 12: 1494-501.
18. Benes J, Stuka C, Maresova J, Danzig V, Bicik V. Shock-wave lithotripsy in choledocholithiasis in a female patient with a cardiac pacemaker. *Cas Lek Cesk* 1998; 21; 137: 565-6.
19. Sadoul N, Blankoff I, de Chillou C, et al. Effects of radiofrequency catheter ablation on patients with permanent pacemakers. *J Interv Card Electrophysiol* 1997; 1: 227-33.
20. Chin MC, Rosenquist M, Lee MA, et al. The effect of radiofrequency catheter ablation on permanent pacemakers: an experimental study. *Pacing Clin Electrophysiol* 1990; 13: 23-9.
21. Pinski SL, Trohman RG. Interference with cardiac pacing. *Cardiol Clin* 2000; 18: 219-39.
22. Protin F, Dodinot B, Lefevre JC, Laxenaire MC. Harmful interference between preoperative prophylactic cardiac pacemaker and cutting diathermy. Case report. *Ann Anesthesiol Fr* 1979; 20: 127-30.
23. Chen D, Philip M, Philip PA, Monga TN. Cardiac pacemaker inhibition by transcutaneous electrical nerve stimulation. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71: 27-30.
24. Rasmussen MJ, Hayes DL, Vlietstra RE, Thorsteinsson G. Can transcutaneous electrical nerve stimulation be safely used in patients with permanent pacemakers? *Mayo Clin Proc* 1988; 63: 433-5.