

ELEKTROMAGNETNA SEVANJA

VSADKI

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

614.875:616-089.843

VALIČ, Blaž
Elektromagnetna sevanja. Vsadki / [avtorji Blaž Valič,
Peter Gajšek]. - Ljubljana : Projekt Forum EMS, 2009

ISBN 978-961-91976-4-6

1. Gl. stv. nasl. 2. Gajšek, Peter, 1966-

249509376

ELEKTROMAGNETNA SEVANJA IN VSADKI

Izdajatelj
projekt FORUM EMS

Priprava besedila
dr. Blaž Valič in dr. Peter Gajšek

Strokovna recenzija
*as.mag. Aleš Breclj, Matija Maležič univ.dipl.ing.,
prof.dr. Damijan Miklavčič, prof.dr. Peter Rakovec*

Oblikovanje in grafična priprava
Studio Lumina / studiolumina.si

Lektoriranje
Lucas

Ljubljana, December 2009

©Vse pravice pridržane. Noben del te monografije ne sme biti reproduciran, shranjen ali z drugimi sredstvi (elektronskim, mehanskim, s fotokopiranjem, skeniranjem) kakorkoli spremenjen brez predhodnega pisnega dovoljenja Inštituta za neionizirna sevanja.



ST. JUDE MEDICAL
MORE CONTROL. LESS RISK.

SLOVAR

Vsadek, implantat

Vsadek je naprava, material ali tkivo, ki ga vstavimo oziroma vgradimo v človekovo telo predvsem za zdravljenje bolezni ali poškodb ali z namenom nadomestiti oz. spremeniti anatomijo ali določene fiziološke procese. Poleg vsadkov, katerih namen je odpravljanje neželenih stanj v človekovem telesu, se vse več uporabljajo tudi estetski vsadki (npr. silikonski prsni vsadki) in vsadki, ki človeku omogočajo nove možnosti, kot na primer vsajen mikročip za identifikacijo in odpiranje vrat...

Aktivni vsadek

Aktivni vsadek je vsadek, ki za svoje delovanje potrebuje vir energije. Kot vir energije se običajno uporabljajo električne baterije. Značilna predstavnika aktivnih vsadkov sta srčni spodbujevalnik in kardioverter-defibrilator.

Pasivni vsadek

Pasivni vsadek je vsadek, ki za svoje delovanje ne potrebuje vira energije. Značilni predstavniki pasivnih vsadkov so umetni kolki, umetne srčne zaklopke in različni osteosintetski materiali za fiksacijo kosti po zlomih. To so lahko vijaki, ploščice, žice ali žebli. Pasivni vsadki so tudi umetne srčne zaklopke, stenti za utrjevanje žil in podobno.

EMS, elektromagnetna sevanja

Z izrazom elektromagnetna sevanja opisujemo zelo širok spekter sevanj: od statičnih magnetnih in električnih polj prek nizkofrekvenčnih električnih ter magnetnih polj do visokofrekvenčnih elektromagnetnih polj. V praznem

prostoru se elektromagnetna sevanja širijo s svetlobno hitrostjo (svetloba je tudi EMS), medtem ko se hitrost širjenja v snoveh zmanjša glede na njihove lastnosti.

SAR (Specific Absorption Rate)

SAR je kratica za stopnjo specifične absorpcije, ki predstavlja merilo za količino absorbiranih visokofrekvenčnih EMS v telesu zaradi izpostavljenosti virom EMS. Podana je v enotah W/kg.

Mejne vrednosti

Mejne vrednosti so izražene v dozimetričnih veličinah za nizkofrekvenčna EMS kot gostota toka v telesu (mA/m²), za visokofrekvenčna EMS pa kot stopnja specifične absorpcije SAR (W/kg). Mejne vrednosti so bile določene tako, da so vrednosti, pri katerih predvidoma nastanejo škodljivi vplivi na človekovo zdravje, zmanjšali za 10–krat za zaposlene in 50–krat za splošno prebivalstvo. Mejne vrednosti so določene za veličine znotraj človeškega telesa, ki jih je nemogoče neposredno izmeriti.

Izvedene mejne vrednosti

Izvedene mejne vrednosti določajo največje dovoljene vrednosti električne in magnetne poljske jakosti in gostote pretoka moči. Izvedene mejne vrednosti so določene za veličine zunaj človeškega telesa v praznem prostoru, zato jih lahko neposredno merimo. Izvedene mejne vrednosti izhajajo iz upoštevanja najslabših možnih razmer za vse parametre izpostavljenosti. To pomeni, da mejne vrednosti (gostota toka ali SAR) znotraj človeškega telesa ne smejo biti presežene pri nobeni od kombinacij izpostavljenosti, ki je pod izvedenimi mejnimi vrednostmi.

Vsadki se v medicini uporabljajo že dolgo. Srčni spodbujevalnik, ki spada med najbolj kompleksne in zahtevne vsadke, je v popolnoma vstavljeni obliki dostopen že več kot 50 let. Z napredovanjem medicine, razvojem novih materialov, tehnologij in z višanjem splošnega standarda se v sodobnem svetu povečuje pomen zdravega in kakovostnega življenja. K temu lahko pomembno pripomorejo tudi medicinski vsadki. Določene omejitve ali težave, ki so lahko posledica bolezni, prirojenega stanja ali poškodbe, je mogoče z uporabo sodobnih vsadkov delno ali v celoti odpraviti. Še pred 30 leti je bila okvara sluha trajna in nepopravljiva, danes pa polževi vsadki sto tisočim omogočajo delen ali popoln sluh.

Potrebe, pričakovanja in zahteve sodobnega bolnika ob prejemu vsadka so vse večje. Nekoč je bilo ob vstavitvi srčnega spodbujevalnika bistveno predvsem bolnikovo preživetje, danes pa se trudimo, da bi lahko bolnik s srčnim spodbujevalnikom živel čim bolj kakovostno. Zato postajajo vsadki, še posebej srčni spodbujevalniki in kardioverter-defibrilatorji, čedalje kompleksnejši in tehnološko napredni. Te naprave so opremljene z virom energije, ki jih lahko oskrbuje več let, z merilnim sistemom delovanja srca, z računalnikom za obdelavo izmerjenih vrednosti in nadzorom nad izvajanjem spodbujanja, z izhodnim delom, ki omogoča spodbujanje in komunikacijskim delom, ki omogoča povezavo vsadka z zunanjo programirno enoto. Pred kratkim so izdelali celo spodbujevalnik z Wi-Fi vmesnikom, ki podatke o zdravstvenem stanju bolnika prek interneta prenese do zdravnika.

Vendar pa sodobna tehnologija ne more odpraviti vseh tveganj, povezanih z vsadki. Poleg možnosti nedelovanja ali poškodbe vsadka, zapletov ob vsaditvi in podobnih težav obstajajo tudi tveganja, povezana z elektromagnetnimi sevanji (v nadaljevanju EMS). Mednje sodijo morebitno napačno delovanje ali poškodbe aktivnih vsadkov v primeru izpostavljenosti EMS in možnost neposrednih poškodb bolnika zaradi vpliva vsadka (tako aktivnega kot tudi pasivnega) na porazdelitev gostote toka in absorpcije energije v bolniku.

V brošuri predstavljamo vsadke, na katere lahko vplivajo EMS, ki predstavljajo potencialno tveganje za bolnika. Ob pravilnem ravnanju bolnika je tveganje mogoče zmanjšati na sprejemljivo raven, pomembno pa je, da se imetnik vsadka tveganja zaveda ter pozna vire EMS, ki ga povzročajo. Poznavanje tveganja in spremljanje izpostavljenosti EMS mu zagotavljata varno in brezskrbno življenje z vsadkom.

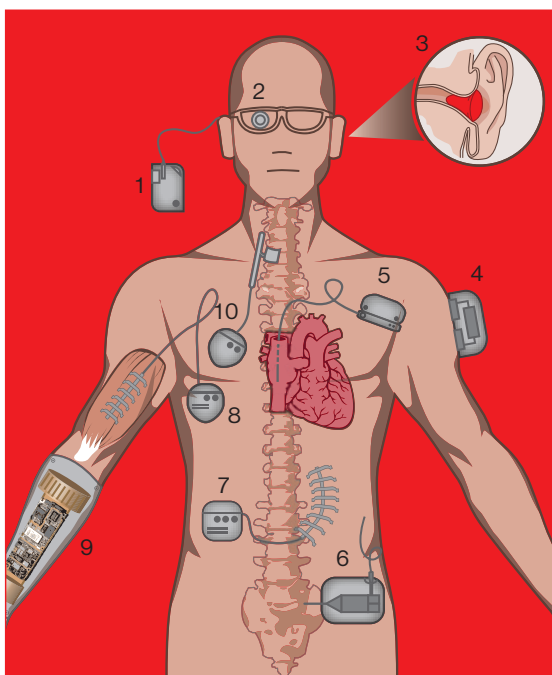
VSADKI

Kaj je vsadek?

Vsadek je naprava, material ali tkivo, ki ga vstavimo oziroma vgradimo v človekovo telo predvsem za zdravljenje bolezni ali poškodb ali z namenom nadomestiti oz spremeniti anatomijo ali določene fiziološke procese. Dobro znani vsadki so srčni spodbujevalniki, zelo pogosto se uporabljajo umetni kolki, različni vijaki in ploščice za utrditev zlomov kosti, nekateri vsadki, na primer stimulatorji hrbtenjače in polževi vsadki, pa so manj razširjeni in znani.

Kakšne vsadke poznamo?

Ker so vsadki namenjeni nadomeščanju ali dopolnjevanju različnih nalog v telesu, se med seboj precej razlikujejo, tako po zgradbi kot tudi glede na uporabljene materiale. Delimo jih na aktivne vsadke, ki za svoje delovanje potrebujejo vir energije, in na pasivne vsadke, ki za svoje delovanje ne potrebujejo vira energije. Kot vir energije običajno uporabljamo električne baterije.



Najbolj razširjeni aktivni vsadki so srčni spodbujevalnik, insulinska črpalka (ki sicer v celoti ni vstavljena v človeško telo), polžev vsadek in kardioverter-defibrilator. Za aktivne vsadke je značilno, da so tehnološko zahtevnejši od pasivnih vsadkov, saj vsebujejo tudi baterijo in elektronsko vezje.

Značilni predstavniki pasivnih vsadkov so osteosintetski materiali za učvrstitev kosti po zlomih. To so različni vijaki, ploščice, žice in žebli. Ponavadi so izdelani iz posebnih jeklenih ali titanovih zlitin. Pogosti pasivni vsadki so tudi umetni kolčni sklepi in umetne srčne zaklopke, ki so izdelani iz različnih kovin in umetnih mas.

(1) Polžev vsadek ■ (2) Bionsko umetno oko ■ (3) Slušni aparat ■ (4) Naprava za iontoforezo ■ (5) Srčni spodbujevalnik ■ (6) Insulinska črpalka ■ (7, 8) Funkcionalni stimulator ■ (9) Proteza ■ (10) Stimulator hrbtenjače

Kaj se zgodi, ko smo izpostavljeni EMS?

Ko se človek nahaja v nizkofrekvenčnem električnem ali magnetnem polju, zaradi polja znotraj človeka steče električni tok. Tokovi znotraj človeškega telesa lahko povzročijo neželjeno vzdraženje živčnih in mišičnih vlaken, zaradi segrevanja pa se lahko prekomerno poveča temperatura tkiva, kar ima lahko škodljive posledice. Pri izpostavljenosti visokofrekvenčnim EMS prihaja do absorpcije energije v tkivih in posledično do segrevanja. Slovenska zakonodaja na tem področju (Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, UL RS 70/96) in mednarodna priporočila (ICNIRP, EU) zagotavljajo, da zaradi izpostavljenosti EMS ne prihaja do neželenih škodljivih učinkov. Za varovanje delavcev zaradi poklicne izpostavljenosti je pripravljena Direktiva 2004/40/ES, ki bo za vse države članice EU postala zavezujoča v aprilu 2012.

Kaj so mejne vrednosti?

Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP) je smernice o mejnih vrednostih izpostavljenosti EMS, ki temeljijo na znanstvenih ugotovitvah in spoznanjih, sprejela leta 1998 in jih v letu 2009 dopolnila. Na teh mejnih vrednostih temelji zakonodaja večine držav, tudi Slovenije. Slovenska uredba o elektromagnetnem sevanju (U.I. RS št.70/96) pa za umeščanje virov EMS na bolj občutljivih območjih (šole, vrtci, bolnice, stanovanja...) zahteva še 10-krat strožje mejne vrednosti.

Smernice ICNIRP določajo tako imenovane mejne vrednosti in izvedene mejne vrednosti. Več o mejnih vrednostih si lahko preberete v brošuri »Ali lahko zaupamo mejnim vrednostim«, ki jo je leta 2005 izdal Forum EMS in je dostopna na domači strani Forumu EMS (http://www.forum-ems.si/gradiva/publikacije/brosure/mejne_vrednosti.pdf).

Kaj pa, če imamo vsadek?

Mejne vrednosti so določene z namenom preprečevanja škodljivih učinkov EMS na človeka. Vendar pa oseb z vsadki ne varujejo vedno v enaki meri.. Vzroka za to ta dva. Izpostavljenost EMS v človeku povzroči električno polje. Električno polje se v telesu porazdeli glede na različne lastnosti tkiv. Vsadek vpliva na porazdelitev tega polja v človekovem telesu. Zato lahko pride do lokalnih povečanih obremenitev na robovih vsadka in posledično do škodljivih posledic (prekomernega segrevanja tkiva ali vzdraženja živčnih vlaken). Drugi vzrok za povečano tveganje pri ljudeh z vsadki, ki je pomembnejši od prvega, pa je možni vpliv EMS na samo delovanje aktivnih vsadkov. EMS lahko namreč začasno ali tudi trajno spremenijo delovanje vsadka, kar je pri vsadkih, od katerih je odvisno življenje posameznika, lahko smrtno nevarno.

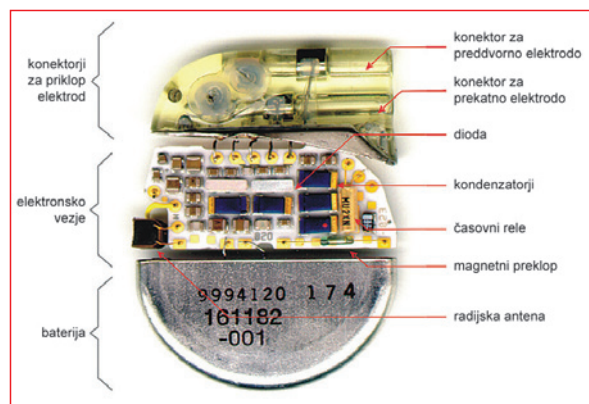
Vsi vsadki niso enako občutljivi za EMS. Insulinska črpalka je primer vsadka, ki je za EMS razmeroma neobčutljiv, srčni spodbujevalnik pa je pod določenimi pogoji lahko zanje zelo občutljiv.

Zunanji viri EMS lahko predstavljajo naslednja tveganja:

- nepravilno delovanje naprave:
 - napačno delovanje oziroma nedelovanje, ko bi naprava morala delovati,
 - napačno oziroma neželjeno delovanje, ko bi naprava ne smela delovati,
- trajna poškodba naprave;
- nevarno segrevanje naprave;
- povečana gostota toka v tkivih okrog vsadka ter
- nevarno segrevanje tkiv okrog vsadka.

Da bi uporabniki bolje razumeli, kakšni so posamezni vsadki in katera so možna tveganja zaradi izpostavljenosti EMS, bomo v nadaljevanju predstavili najbolj razširjene vsadke ter načine za zmanjševanje tveganja.

SRČNI SPODBUJEVALNIK



Sestavni deli srčnega spodbujevalnika.

Vir: Kuchler DŠ, Zupan I, Geršak

B: Kirurška obravnava bolnikov z vstavljenimi srčnimi spodbujevalniki in vsadnimi defibrilatorji. Zdrav Vestn 78: 175–179, 2009

Srčni spodbujevalnik je kompleksna elektronska naprava, namenjena odpravljanju motenj srčnega ritma. Iz velike in nerodne zunanje naprave se je z razvila v nekaj cm velik popolnoma vstavljivi vsadek, ki združuje funkcionalnost merilnika, računalnika in spodbujevalnika. Glede na zdravstveno stanje bolnika so sodobni spodbujevalniki sposobni ločeno meriti delovanje preddvorov in prekatov in obe srčni votlini po potrebi spodbuditi z dovajanjem električnega pulza. Pulz dovedejo takrat, ko je naravni ritem srca prepočasen (bradikardija) ali pa ga celo ni in bi prišlo do popolnega srčnega zastoja.

Z zunanjo programirno enoto lahko nastavimo številne parametre delovanja srčnega spodbujevalnika, ki so povezani tako z merjenjem naravnega delovanja srca kot tudi z njegovim spodbujanjem. Zato se lahko občutljivost za EMS več bolnikov z istim spodbu-

jevalnikom zelo razlikuje. **Na občutljivost bolnika vplivajo naslednji dejavniki:**

- način vsaditve: spodbujevalnik je vsajen na levo ali desno stran, od česar je odvisna občutljivost za EMS. Če je spodbujevalnik vsajen na levo stran, je bolnik bolj občutljiv za EMS, saj elektrode skupaj s srčnim spodbujevalnikom tvorijo večjo zanko, v kateri se inducira napetost in je ob enaki občutljivosti srčnega spodbujevalnika občutljivost za EMS večja;
- uporabljene elektrode: uporabimo lahko unipolarne ali bipolarne elektrode. Pri unipolarnih elektrodah v srce namestimo elektrodo z enim polom, ohišje srčnega spodbujevalnika pa deluje kot drugi pol, pri bipolarnih elektrodah pa sta v eni sami elektrodi združena dva pola. Uni- in bipolarno delovanje lahko pri sodobnih srčnih spodbujevalnikih nastavljamo, pri čemer lahko pri bipolarnih elektrodah spodbujevalnik deluje v unipolarnem ali bipolarnem načinu. Bipolarni način delovanja zagotavlja dosti manjšo občutljivost za EMS, saj je v tem primeru zanka, znotraj katere se inducira napetost, veliko manjša in je pri istem srčnem spodbujevalniku občutljivost takega bolnika manjša;
- način delovanja: spodbujevalnik lahko nastavimo tako, da samo spodbuja delovanje srca ali pa tako, da meri naravno delovanje srca in spodbuja samo takrat, ko je potrebno. Če samo spodbuja, je občutljivost za EMS manjša;
- nastavitve: z zunanjo programirno enoto lahko srčnemu spodbujevalniku nastavimo številne parametre, nekateri med njimi, na primer nastavitve občutljivosti merjenja lastnega delovanja srca, bistveno vplivajo na občutljivost za EMS;
- tehnične lastnosti srčnega spodbujevalnika. Pri tem so mišljene npr. njegova vhodna upornost, sposobnost filtriranja neželenih motenj, zaznavanje motenj in preklop v ustrezen način delovanja v primeru motenj ter številne druge tehnične lastnosti.

Odziv posameznega spodbujevalnika je odvisen tudi od tega, kakšnim EMS je bolnik izpostavljen, pri čemer so pomembni dejavniki frekvenca, jakost, tip modulacije, trajanje izpostavljenosti, oddaljenost in položaj bolnika glede na vir.

Vplivi EMS na delovanje srčnih spodbujevalnikov so lahko različni:

- srčni spodbujevalnik zaradi vpliva EMS odda en ali več spodbujevalnih pulzov, čeprav to ni potrebno, po prenehanju izpostavljenosti pa ponovno deluje normalno;
- srčni spodbujevalnik zaradi vpliva EMS ne dovede enega ali več potrebnih spodbujevalnih pulzov, po prenehanju izpostavljenosti pa ponovno deluje normalno;
- srčni spodbujevalnik preide v asinhrono spodbujanje, kjer spodbuja srce s stalnim, prednastavljenim ritmom, saj zaradi motenj ne more več slediti naravnemu ritmu srca;
- zaradi EMS pride do preprogramiranja srčnega spodbujevalnika, napačno delovanje lahko odpravimo šele s ponovnim programiranjem prek zunanje programirne enote;
- trajna poškodba srčnega spodbujevalnika zaradi izpostavljenosti visokim vrednostim EMS. To tveganje ima lahko zelo hude posledice, saj trajna poškodba srčnega spodbujevalnika pomeni njegovo nedelovanje. Če je bolnik življenjsko odvisen od srčnega spodbujevalnika, je to lahko smrtno nevarno. Takšni primeri so na srečo redki.

Proizvajalci se trudijo narediti srčne spodbujevalnike kar najbolj neobčutljive in zanesljive. Vgrajene imajo posebne algoritme, ki prepoznavajo motnje zaradi EMS in ob njih pravilno ukrepajo. Vseeno so občutljivi za EMS, še posebej za pulzna EMS z enako ali podobno frekvenco kot pri srčnem ritmu (med 0 in 1 kHz). Spodbujevalniki namreč zaznavajo in merijo zelo šibke srčne signale (do 0,8 mV) in so občutljivi za motnje v tem frekvenčnem območju. Kljub temu, da filtrirajo signale nad 1 kHz, so tudi pri signalih z glavno frekvenco nad 1 kHz prisotne modulacije s frekvenco, nižjo od 1 kHz, ki jih lahko zaznajo kot srčni signal.

Večina naprav, ki jih dnevno uporabljamo in so vir električnih in magnetnih polj, za bolnike z vsajenimi srčnimi spodbujevalniki ne predstavlja tveganja:

DOM, PISARNA IN OKOLJE

- nizkonapetostna električna hišna napeljava;
- gospodinjske naprave: likalnik, opekač, sekljalnik, štedilnik, mikrovalovna pečica, pomivalni stroj, hladilnik, sušilni stroj, baterijski brivnik, električna zobna krtačka, električna grelna blazina, čistilniki zraka z ionizatorji, masažni stoli, električna garažna vrata...;
- zabavna elektronika: CD/DVD/VHS predvajalniki in snemalniki, radio, TV, iPod, baterijski polnilci, fotoaparati...;
- običajna pisarniška oprema: namizni in prenosni računalnik, tiskalnik, skener, telefon, kopirni stroj, faks, razsvetljava...;

DELO

- elektronsko kljunasto merilo, laserski merilec razdalje, nivelir;
- baterijska svetilka;
- iskalnik nosilcev in napeljav;
- spajkalnik;

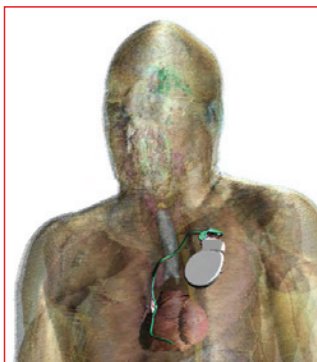
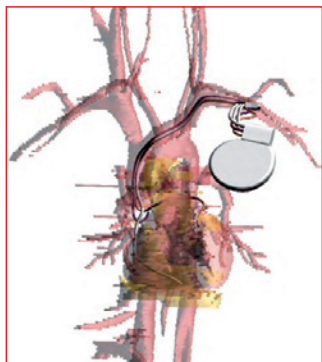
MEDICINA

- akupunktura – brez električnih pulzov;
- meritev kostne gostote, rentgensko slikanje, EKG, mamografija, pozitronska emisijska tomografija;
- zobni vrtalniki, ultrazvočno čiščenje zobnega kamna;
- slušni pripomočki;
- laserska kirurgija.

Pozornost pa je potrebna pri močnih nizkofrekvenčnih električnih ali magnetnih poljih, ki jih povzročajo naprave za proizvodnjo električne energije, elektrolizo in naprave za varjenje, indukcijsko segrevanje in podobno. V tabeli 1 obravnavamo naprave, za katere velja, da lahko za uporabnike srčnih spodbujevalnikov predstavljajo tveganje.

Tabela 1: Priporočene najmanjše oddaljenosti srčnega spodbujevalnika od različnih naprav

DOM • PISARNA • OKOLJE			
MAJHNO TVEGANJE	VEČJE TVEGANJE	VEČJE TVEGANJE	ODSVETOVANO
priporočena razdalja med napravo in srčnim spodbujevalnikom najmanj			
15 cm	30 cm	60 cm	
električni ročni gospodinjiski aparati z motorjem: palični mešalnik, sekljalnik, električni nož, sesalnik		indukcijsko kuhališče	
radioamaterske radijske postaje moči do 3 W	radioamaterske radijske postaje moči med 3 in 15 W	radioamaterske radijske postaje moči med 15 in 30 W	
električni avtomobili (golf...)	deli vžigalnega sistema avta/motorja	startni kabli za avtomobile	
vrvični brivnik, sušilec za lase, šivalni stroj, majhni magneti (npr za pritrdjevanje sporočil na hladilnik), radijsko vodene naprave, mobilni telefoni, brezžični telefon (slušalka in bazna postaja), brežične elektronske naprave (dostopne točke, routerji, prenosni računalniki z brezžično povezavo...) zvočniki, slušalke čitalniki kartic	transformatorske postaje CB radijske postaje oddajne moči do 5 W	ročni detektorji kovin	magnetne blazine odeje vzmetnice
DELO			
MAJHNO TVEGANJE	VEČJE TVEGANJE	VEČJE TVEGANJE	ODSVETOVANO
priporočena razdalja med napravo in srčnim spodbujevalnikom najmanj			
15 cm	30 cm	60 cm	
krožna žaga, kotna brusilka, električne škarje za živo mejo, električni puhalnik listja, električna kosilnica, električna kosilnica z nitko, vrtni stroj (baterijski in običajni), spajkalnik (pištolski)	polnilec akumulatorjev do 100 A vžigalni sistem bencinskega motorja generatorji do 20 kW	fiksne in premične naprave in orodja z močnimi elektromotorji do 300 kW	oprema za električno varjenje (obločno, uporabno)
MEDICINA			
MAJHNO TVEGANJE		ODSVETOVANO	
priporočena razdalja med napravo in srčnim spodbujevalnikom najmanj			
15 cm			
diagnostični ultrazvok oddajna tuljava polževega vsadka		visokofrekvenčna in mikrovalovna diatermija MR slikanje akupunktura z električnimi pulzi transkutana živčna stimulacija (TENS) visokofrekvenčna ablacija elektrokirurški nož električni merilniki telesne maščobe abdominalni mišični stimulator	



Model človeškega telesa
z vstavljenim srčnim
spodbujevalnikom.

Vir: Speag, SEMCAD X, Švica

Mobilni telefoni

V javnosti je zaradi pogoste uporabe mobilnih telefonov pogosto izpostavljen njihov vpliv na srčne spodbujevalnike. Opravljene so bile številne študije, ki pa so samo v skrajno neugodnih razmerah pokazale na mogoče neželene vplive sevanj mobilnih telefonov na nekatere srčne spodbujevalnike. Srčni spodbujevalniki, pri katerih so bili ti vplivi zaznani, so bili nastavljeni na zelo visoko občutljivost merjenja delovanja srca. Zaradi takšnih najbolj neugodnih razmer velja priporočilo, naj bo mobilni telefon od srčnega spodbujevalnika oddaljen vsaj 15 cm, kar v praksi pomeni, da ga ni priporočeno nositi v prsnem žepu in da ga uporabljamo ob ušesu na nasprotni strani srčnega spodbujevalnika. Tudi ob manjši oddaljenosti med mobilnim telefonom in srčnim spodbujevalnikom večinoma ne bi prišlo do neželenih vplivov, v redkih primerih, ko pa bi se ti pojavili, bi bili le prehodnega tipa in bi po oddaljitvi mobilnega telefona od srčnega spodbujevalnika prenehali.

Sistemi proti kraji (EAS)

V preteklosti so zabeležili primere, ko je prihajalo do motenj delovanja srčnih spodbujevalnikov v bližini sistemov in naprav proti kraji. Oddajno- sprejemna tuljava, ki je vgrajena v stoječi pano oziroma vrata ob izhodu iz trgovine, oddaja pulzno magnetno polje in zazna, kdaj se ji približa poseben označevalnik, ki je nameščen na artiklu ali knjigi.

V bližini teh naprav so zaznali vplive na delovanje srčnih spodbujevalnikov, kot so preklop v način delovanja ob elektromagnetnih motnjah (stalen ritem spodbujanja), neželjeno zaznavanje pulzov magnetnega polja kot naravnega delovanja srca, kar lahko povzroči bradikardijo ali tahikardijo, in tudi subjektivne zaznave, kot je npr. bolečina v prsih. Zato je za zmanjševanja tveganja nujno, da so ljudje s srčnimi spodbujevalniki pozorni na naslednje:

- sistemi proti kraji ob izhodih iz trgovin in knjižnic so velikokrat zakriti z reklamnimi oglasi ali pohištvo, zato jih lahko spregledate,
- po nepotrebnem se ne zadržujete v bližini sistemov proti kraji,
- upoštevajte ustrezno varnostno razdaljo; ko zapuščate trgovino, se panojem ne približujte.

Pri detektorjih kovin (naprave za varnostni pregled, ki se uporabljajo predvsem na letališčih) je verjetnost neželenih vplivov manjša. Lahko pa se zgodi, da bo detektor zaznal srčni spodbujevalnik in bo osebe želelo izvesti podrobnejši pregled. V tem primeru jih opozorite, da imate vstavljen srčni spodbujevalnik in prosite, da pregled, zlasti v območju prsnega koša, namesto z ročnim detektorjem kovin opravijo ročno.

Varjenje

Pri električnem varjenju nastajajo močna električna in magnetna polja, ki lahko vplivajo na delovanje srčnih spodbujevalnikov, saj ti lahko signale varilne opreme zaznajo kot naravno delovanje srca. Vplivi sicer ne bodo trajni, lahko pa se zgodi, da bodo začasno preprečili pravilno delovanje srčnega spodbujevalnika. Po prenehanju motnje bodo spet začeli pravilno delovati. Proizvajalci srčnih spodbujevalnikov navajajo, da številni bolniki brez posebnih omejitev varijo in pri tem ni zaznati vplivov na delovanje srčnega spodbujevalnika, vendar tudi pri bipolarni konfiguraciji, ki velja za manj občutljivo, vplivov ni mogoče izključiti. Zato se morajo bolniki po vsaditvi srčnega spodbujevalnika pred ponovno uporabo opreme za varjenje njuno posvetovati z zdravnikom.

- Če je mogoče, uporabite metode varjenja, ki ne vključujejo električnega toka.
- Vedno nosite neprevodne rokavice (suho usnje, ognjeodporen tekstil, guma) in neprevodno obuvalo.
- Delovno mesto naj bo suho.
- Preverite, ali je vsa oprema ustrezno ozemljena.
- Ne uporabljajte višjih tokovnih nastavitev kot je potrebno. Nikoli ne presežite meje 400 A!
- Ozemljitveni kabel priključite na varjenec čim bližje mestu vara
- Zagotovite, da bosta pozitivni in ozemljitveni kabel čim bližje drug drugemu, lahko tudi s prepletanjem.
- Varilni aparat in kable namestite čim dlje od srčnega spodbujevalnika.
- Ne varite s kratkimi, intenzivnimi sunki. Med posameznimi varjenji počakajte 5 sekund.
- Ob začetku varjenja, ko se vam na umazani podlagi noče vzpostaviti oblok, za vsakim udarcem z elektrodo po varjencu počakajte 5 sekund.
- Če občutite omotico, vrtoglavico ali druge podobne simptome, takoj prekinite z varjenjem in se odmaknite od opreme.
- Delo organizirajte tako, da boste v primeru slabosti lahko takoj odvrgli varilno opremo na tla brez škodljivih posledic. Zato se izogibajte varjenju na lestvi ali v majhnih prostorih.
- Nikoli ne delajte sami. Prisoten naj bo nekdo, ki je obveščen o vašem zdravstvenem stanju.
- Ne približujte se opremi za točkovno varjenje, kjer so intervali med posameznimi točkovnimi vari krajši od 5 sekund.

Zgornja navodila veljajo samo za opremo za obločno varjenje, kjer tokovi dosežejo največ do 400 A. V primerih, ko je ta meja presežena, ali ko se uporablja oprema za točkovno, visokofrekvenčno ali indukcijsko varjenje in podobna industrijska oprema, so potrebni dodatni preventivni ukrepi. Nujno se posvetujte z zdravnikom.

Indukcijsko kuhališče

V gospodinjstvih so čedalje pogostejša indukcijska kuhališča. Ta povzročajo izmenično nizkofrekvenčno magnetno polje (25 kHz), ki dno posode segreva s pomočjo induciranih tokov. Mogoča sta dva mehanizma vplivov na srčni spodbujevalnik: neposredni zaradi indukcije v človeškem telesu ali posredni zaradi uhajajočih tokov, to je tistih tokov, ki zaradi neposrednega dotika z roko ali s prevodnim predmetom (kuhinjski pribor) s posode stečejo prek človeka v tla.

Najbolj neugodna kombinacija vsaditve srčnega spodbujevalnika je unipolarna konfiguracija vsajena na levi strani. Raziskave enajstih različnih indukcijskih kuhališč so pokazale, da je že na razdalji 35 cm od telesa inducirani tok dovolj majhen, da ni možnosti za motnje delovanja srčnega spodbujevalnika tudi pri tako neugodni kombinaciji. Drugače je pri uhajajočih tokovih, ki nastanejo, če se ozemljena oseba dotakne kovinske posode, kar se lahko zgodi tudi posredno, prek kovinskega pribora. Ugotovili so, da pri pravilno simetrično nameščeni posodi ne more priti do motenj delovanja srčnega spodbujevalnika; če pa posoda ni nameščena na sredino kuhališča, lahko do motenj delovanja pride. Težave se lahko pojavijo, če:

- se bolnik nahaja tik ob kuhališču,
- je posoda nameščena izrazito nesimetrično,
- je srčni spodbujevalnik na levi strani in je opremljen z unipolarnimi elektrodami,
- srčni spodbujevalnik spada med najobčutljivejše.

Pri kombinaciji teh štirih dejavnikov je bolnik potencialno izpostavljen določenim tveganjem. Zato veljajo naslednja priporočila:

- posodo nameščajte natančno na sredino kuhališč,
- bolniki z unipolarnimi elektrodami naj se ne dotikajo posod na indukcijskem kuhališču za dalj časa (več kot nekaj sekund) in naj ne uporabljajo kovinskega pribora.

Daljnovodi

Pri visokonapetostnih daljnovodih (110, 220 in 400 kV) je verjetnost motenj delovanja srčnega spodbujevalnika majhna, vseeno pa jih ne moremo popolnoma izključiti. V poljih v bližini visokonapetostnih daljnovodov se lahko pojavijo nekatere težave, na primer preklop načina delovanja in prehodno asinhrono spodbujanje v preddvoru in prekату. Preklop v asinhroni način delovanja lahko v zelo redkih primerih sledi izpad spodbujanja, kar ima lahko za posledico popolno atrioventrikularno blokado.

Razmere, pri katerih lahko pride do motenj delovanja srčnega spodbujevalnika, so omejene na zelo ozko področje vzdolž visokonapetostnega daljnovoda, ki se lahko nahaja tik pod njim ali do 50 m stran od osi daljnovoda za največje 400 kV daljnovode. Da bi se problemom izognili, veljajo naslednji previdnostni ukrepi:

- Hoja mimo visokonapetostnega daljnovoda v naravi ne predstavlja tveganja za bolnika, saj se le kratek čas (nekaj sekund) nahaja v območju, kjer lahko nastopijo prehodne motnje delovanja srčnega spodbujevalnika. Kratkotrajno zadrževanje bolnika na območju daljnovoda ne bo imelo škodljivih posledic.
- Pri visokonapetostnih daljnovodih odsvetujemo hojo vzdolž osi daljnovoda na oddaljenosti manjši od 50 m. Lahko bi se namreč gibal vzdolž daljnovoda prav v pasu, kjer nastopijo motnje delovanja srčnega spodbujevalnika in bi lahko prišlo do škodljivih posledic.
- Bolnikom s srčnim spodbujevalnikom odsvetujemo daljše zadrževanje pod visokonapetostnimi daljnovodi. Lahko bi namreč stali prav v tistem pasu, kjer nastopijo motnje delovanja spodbujevalnika in bi lahko prišlo do škodljivih posledic.

Takšni preventivni ukrepi so smiselni le za bolnike z unipolarno konfiguracijo, pri bipolarni pa je zaradi manjše občutljivosti verjetnost motenj v bližini daljnovodov zanemarljiva.

Magnetno resonančno slikanje

V splošnem velja, da se magnetno resonančno (MR) slikanje bolnikom s srčnim spodbujevalnikom zaradi mogočih tveganj odsvetuje. Možnih interakcij med polji, ki jih povzroča naprava za MR slikanje, in srčnim spodbujevalnikom, je več.

Med MR slikanjem je bolnik izpostavljen trem različnim poljem: visokofrekvenčnim pulzom EMS, pulzom gradientnega magnetnega polja in stalnemu močnemu statičnemu magnetnemu polju. Ta imajo lahko različne učinke:

- Zaradi močnega statičnega magnetnega polja nastane sila na feromagnetne materiale, ki bi lahko predstavljala problem za elektrode, vendar so v študiji ugotovili, da je sila na sodobnih elektrodah zanemarljiva, pri starejših pa so sile premajhne, da bi povzročile poškodbe ali premik elektrod. Tudi za same spodbujevalnike statična sila ne predstavlja težav, saj so pretežno narejeni iz neferomagnetnih materialov.
- Asinhrono spodbujanje pri bolnikih s spontanim ritmom zaradi statičnega magnetnega polja in/ali gradientnega pulznega magnetnega polja.
- Inhibicijo srčnega spodbujevalnika zaradi gradientnih pulznih magnetnih polj ob posebni kombinaciji nastavitev srčnega spodbujevalnika in parametrov slikanja, ki je v realnosti redka.
- Spodbujanje z najhitrejšim ritmom, zaradi sinhronizacije z gradientnimi pulznimi magnetnim poljem, pri dvokomornih srčnih spodbujevalnikih v sinhronem načinu delovanja.
- Visokofrekvenčna EMS povzročajo segrevanje, ki je bolj izrazito v tkivu ob konici elek-

trode, vendar z oddaljenostjo hitro upade. Študije so pokazale, da je segrevanje tkiva ob konici elektrode sicer prisotno, vendar je dovolj majhno, da zapletov ni pričakovati.

- Hitro spodbujanje izven refraktorne dobe zaradi visokofrekvenčnih pulzov.

Odločitev o izvedbi MR slikanja pri osebi s srčnim spodbujevalnikom mora zato sprejeti ustrezno usposobljen zdravnik. Ne gre za rutinsko preiskavo, zato je potrebno individualno pretehtati vse koristi in tveganja in na tej podlagi sprejeti končno odločitev. Zavedati se moramo, da:

- je sovpadanje asinhronnega spodbujanja in spontanih, velikokrat tahikardnih srčnih ritmov tvegano;
- lahko bolnike, pri katerih lahko magnetno funkcijo srčnega spodbujevalnika (namenjeno preverjanju stanja baterije) izključimo, varno slikamo, če slikanje (aplikacijo gradientnega magnetnega in visokofrekvenčnega pulza) omejimo na refraktorno dobo srčnega spodbujevalnika;
- smemo bolnike s srčnimi spodbujevalniki, pri katerih ne moremo izključiti magnetne funkcije, slikati samo, če nimajo spontanih srčnih utripov. Bolnike z asinhronim spodbujanjem in tahikardijami lahko slikamo samo ob posebnem stalnem nadzoru in pripravljenosti za takojšnjo defibrilacijo.

Pri novih vsaditvah priporočamo izbiro srčnih spodbujevalnikov, pri katerih lahko magnetno funkcijo izključimo.

Proizvajalci srčnih spodbujevalnikov se zavedajo, da je zelo omejena možnost MR slikanja ljudi s srčnimi spodbujevalniki velika omejitev. MR slikanje je za diagnozo rakavih obolenj in nevroloških stanj nenadomestljiva diagnostična metoda. Zato so prav v zadnjem času razvili srčne spodbujevalnike, ki pod določenimi pogoji že po zasnovi zagotavljajo varno izvajanje MR slikanja določenih delov telesa in to glave, podlakti in dlani, ledvic ter nog. Glede na hitro razvijanje področja srčnih spodbujevalnikov je pričakovati, da se bo število takšnih spodbujevalnikov že v bližnji prihodnosti povečalo.

VSADNI KARDIOVERTER-DEFIBRILATOR

Kardioverter-defibrilator je naprava, katere naloga je preprečiti srčne tahikardije in fibrilacije. Tahikardija je stanje, ko se srčni ritem poviša nad normalni ritem delovanja srca, vodi pa lahko v fibrilacijo, ki je nenadzorovano hitro nepopolno krčenje srca. Ker se srce ne krči enako učinkovito kot sicer, se zmanjša tudi pretok krvi. Takšno stanje vodi v nezavest in ob neukrepanju tudi v smrt.

Kardioverter-defibrilator je tako po načinu vsaditve kot po načinu delovanja zelo podoben spodbujevalniku. Oba prek elektrod merita naravno delovanje srca. Obstajata pa dve

pomembni razliki: 1) kardioverter-defibrilator mora meriti šibkejšje signale srca kot srčni spodbujevalnik, zato je njegova občutljivost za EMS večja; 2) če pride pri srčnem spodbujevalniku do kratkotrajne motnje, ima to za posledico izpad enega ali nekaj spodbujanj, kar nima škodljivih posledic in česar bolnik ne zazna. Kardioverter-defibrilator pa lahko razmeroma kratkotrajno motnjo (10 do 30 hitrih pulzov) zazna kot fibrilacijo in sproži električni šok (5 do 35 J), ki je za bolnika zelo neprijeten. Zato je pri kardioverter-defibrilatorjih potrebno preprečevati tudi krajše motnje, ki lahko povzročijo neželeni šok ali spremenijo programske nastavitve kardioverter-defibrilatorja.

Kardioverter-defibrilatorji so lahko zunanji. Ti so nameščeni v bolnišnicah, v reševalnih vozilih ali na različnih javnih mestih. Osebi, pri kateri pride do srčne tahikardije, na prsi namestimo dve elektrodi, ki sta priključeni na zunanji kardioverter-defibrilator. Ta odda električni šok, ki povzroči aktivacijo in skrčenje celotnega srca ter vzpostavi pravilni srčni ritem.

Pri bolnikih, kjer prihaja do ponavljajočih se srčnih tahikardij in fibrilacij, vsadimo v telo bolnika kardioverter-defibrilator podobno kot srčni spodbujevalnik. Kardioverter-defibrilator meri delovanje srca in v primeru fibrilacije srcu prek elektrod dovede ustrezne električne pulze ali šok. Če se fibrilacija ne prekine, lahko kardioverter-defibrilator dovede dodatne šoke.

Pri bolnikih s tahikardijami in bradikardijami, to je s srčnim ritmom, ki je včasih višji, včasih nižji od normalnega, se poleg kardioverter-defibrilatorja vključuje srčni spodbujevalnik, ki ga naprava vsebuje.

Uporaba priporočil za srčne spodbujevalnike tudi za kardioverter-defibrilatorje

Tako v srčnih spodbujevalnikih kot tudi v kardioverter-defibrilatorjih so vgrajeni kompleksni in zahtevni algoritmi, ki preprečujejo neželene vplive magnetnih polj in zaznavajo, kateri signali so posledica srčnega delovanja in kateri so posledica EMS. Vseeno v nekaterih primerih še vedno prihaja do neželenih vplivov, še posebej takrat, ko so EMS podobna naravnim srčnim ritmom. Za preprečevanje teh neželenih vplivov so v vsakdanjem življenju potrebni previdnostni ukrepi in priporočila glede oddaljenosti kardioverter-defibrilatorjev od različnih naprav. V splošnem so enaki kot za srčne spodbujevalnike, opisane v poglavju Srčni spodbujevalniki in v tabeli 1. Na posebnosti oziroma razlike pri kardioverter-defibrilatorjih pa opozarjamo v nadaljevanju.

Sistemi proti kraji

EMS, ki jih povzročajo sistemi proti kraji, predstavljajo potencialno nevarnost ljudem s kardioverter-defibrilatorjem, vendar je tveganje za resne klinične težave majhno. Za zmanjšanje takšnih primerov je pomembno tudi pravilno obnašanje bolnikov. Pravila obnašanja so za uporabnike kardioverter-defibrilatorjev enaka kot za uporabnike srčnih spodbujevalnikov:

- Ne zadržujte se v bližini sistemov proti kraji dlje kot je to potrebno.
- Poskrbite za primerno razdaljo. Priporočamo, da se sistemu proti kraji ne približate na manj kot 50 cm.
- Ko zapuščate trgovino, se panojem ne približujte.

Bolnikom s kardioverter-defibrilatorji svetujemo, da mimo sistemov proti kraji hodijo z normalno hitrostjo in ne počasi. Znani pa so primeri, ko se je bolnik nevede dlje časa zadržal neposredno ob sistemu proti kraji, kar je kardioverter-defibrilator zmotno prepoznal kot fibrilacijo srca in dovedel defibrilacijski šok. Ob upoštevanju zgoraj navedenih pravil velja, da so bolniki s kardioverter-defibrilatorji varni pred motnjami sistemov proti kraji.

Indukcijska kuhališča

Kakor kažejo raziskave, so kardioverter-defibrilatorji dobro zaščiteni pred motnjami indukcijskih kuhalnikov. V najslabših razmerah, ko smo sklonjeni nad kuhalno ploščo (razdalja med kardioverter-defibrilatorjem in indukcijskim kuhalnikom znaša 25 cm) v nobenem od analiziranih primerov ni prišlo do kakršnega koli nepravilnega delovanja kardioverter-defibrilatorja, tako glede nepravilnega zaznavanja tahikardije kot reprogramiranja kardioverter-defibrilatorja. Kljub temu priporočamo, da enaka priporočila kot za srčne spodbujevalnike upoštevate tudi za kardioverter-defibrilator.

INSULINSKA ČRPALKA IN VSADKI ZA DOZIRANJE ZDRAVIL

Diabetes oziroma sladkorna bolezen je zelo pogosta bolezen sodobne družbe, število bolnikov pa še narašča. Pri hujših oblikah te bolezni si morajo bolniki redno s pomočjo injekcij dodajati insulin. Da bi življenje bolnikov olajšali, so razvili insulinsko črpalko. To je naprava, ki skrbi za redno dovajanje insulina bolniku in je sestavljena iz:

- insulinske črpalke, ki vsebuje kontrolni in procesni del in baterije,
- rezervoarja insulina za enkratno uporabo, ki se nahaja v insulinski črpalki in
- infuzijskega seta za enkratno uporabo, ki vsebuje kanilo za podkožno namestitev in cevko za povezavo kanile in insulinskega rezervoarja.

Uporaba insulinske črpalke ima več prednosti, saj se bolnikom poveča kvaliteta življenja. Zaradi uporabe hitrega insulina za nadzor bazalne porabe ni več potreben tako strog režim prehranjevanja in telesne aktivnosti, s pomočjo insulinske črpalke pa je mogoče natančneje in pogostejše dozirati insulin. Natančnejše doziranje insulina poskrbi za zmanjšano nihanje ravni glukoze v krvi, posledično se zmanjša verjetnost pojava značilnih kroničnih komplikacij zaradi sladkorne bolezni. Na tem področju veliko obetajo novi glukozni senzorji. Že danes taki senzorji omogočajo stalno nadzorovanje ravni glukoze in avtomatski prenos podatkov insulinski črpalki.



Insulinska črpalka s sistemom za neprekinjeno merjenje glukoze.

Vir: Zaloker & Zaloker

Seveda ima uporaba insulinske črpalke nekatere slabosti. Je bistveno dražja od klasičnega načina uravnavanja sladkorne bolezni. Večina insulinskih črpalk se ne vsadi v telo, ampak jih mora bolnik stalno nositi na sebi, kar ga lahko ovira pri nekaterih dejavnostih. Poskrbeti je treba, da so baterije vedno polne, da ne zmanjka insulina v rezervoarju, da so cevke dobro povezane in insulin ne uhaja ter da kanila ni zvita.

Zelo podobne ali enake naprave kot insulinske črpalke lahko uporabljamo tudi za dovajanje drugih zdravil, ki jih mora bolnik redno prejemati.

Insulinske črpalke so izdelane tako, da brez posebnih težav normalno delujejo v bližini različnih naprav, ki so vir EMS. Detektorji kovin na letališčih in naprave za preprečevanje kraje v trgovinah in knjižnicah jim tako ne povzročajo nobenih težav.

Insulinske črpalke s sistemom za neprekinjeno merjenje glukoze za prenos podatkov med glukoznim senzorjem in insulinsko črpalko običajno uporabljajo visokofrekvenčno povezavo. Če se v bližini nahajajo naprave, ki oddajajo visokofrekvenčna EMS, kot so mobilni in brezvrvični telefoni, brezžična omrežja, mikrovalovne pečice ali podobno, lahko to prepreči komunikacijo med insulinsko črpalko in senzorjem. Če se od takšnega vira EMS oddaljimo, se komunikacija spet vzpostavi. Zato za mobilne telefone in podobne naprave priporočamo oddaljenost vsaj 10 cm od insulinske črpalke. V primeru močnejših virov visokofrekvenčnih EMS (radarji, radijski in TV oddajniki, radioamaterske postaje in podobno) mora biti razdalja večja.

Na delovanje insulinske črpalke s sistemom za neprekinjeno merjenje glukoze lahko vplivajo močna magnetna polja naprav za varjenje, različnih velikih magnetov (naprave za dvigovanje avtomobilov) in naprav za MR slikanje. Povzročijo lahko trajno poškodbo naprave. Zato je že pred vstopom v sobo za MR slikanje potrebno sneti tako insulinsko črpalko kot tudi sistem za neprekinjeno merjenje glukoze. Infuzijskega seta ni potrebno odstranjevati. Nekatere insulinske črpalke nimajo nobenih feromagnetnih delov, zato za te ne velja omejitev pri MR slikanju. Natančnejša navodila o omejitvah so opisana v navodilih za uporabo insulinske črpalke.

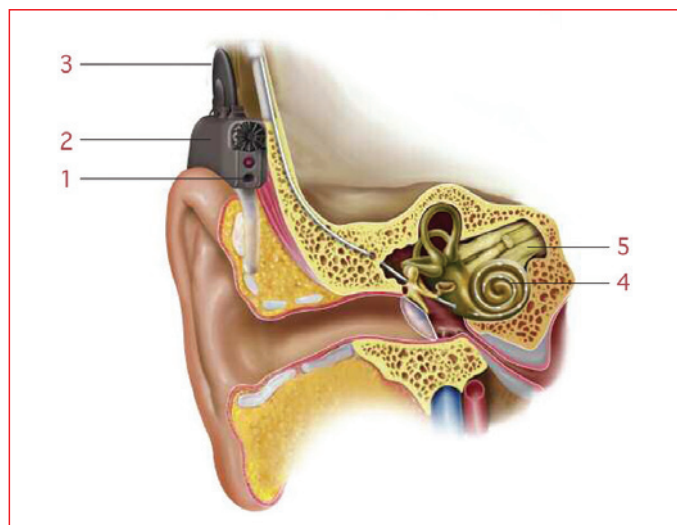
Ker nekatere insulinske črpalke uporabljajo visokofrekvenčno povezavo s sistemom za neprekinjeno merjenje glukoze, je njihova uporaba med poletom zaradi možnih interferenc in nepravilnega delovanja elektronskih naprav na letalu prepovedana. Zato moramo pred poletom funkcijo neprekinjenega merjenja glukoze izključiti.

POLŽEV VSADEK

Polžev ali kohlearni vsadek je posebna naprava, ki je namenjena obnovi sluha pri osebah s hudo naglušnostjo ali popolno gluhostjo. Deluje tako, da s pomočjo vgrajenih elektrod neposredno vzdraži živčne celice v ušesnem polžu (kohlei) ali celo v možganih. Uporabljamo ga lahko tako pri starejših osebah, ki so sluh izgubile po tem, ko so že znale govoriti, kot pri otrocih, ki so oglušeli, še preden so se naučili govoriti. Polžev vsadek je sestavljen iz zunanega in notranjega dela.

Notranji del operativno vsadijo pod kožo na lobanji in je sestavljen iz elektronike in elektrod. Elektrode namestijo v polž in povežejo z elektroniko. Zunanji del uporabnik nosi za ušesom. Vsebuje kontrolno enoto z mikrofonom, baterijo in oddajnik s kablom.

Polžev vsadek zaznava zunanje zvoke z vgrajenim mikrofonom v zunanjem delu (1). Zvoke nato govorni procesor (2) analizira in pretvori v električne signale, ki prek kabla potujejo do oddajnika (3). Oddajnik je nameščen na koži tik nad notranjim delom, tako da se električni signali prenesejo iz zunanjega dela na notranji, kjer prek elektrod (4) pridejo do polža. V polžu električni pulzi povzročijo vzdraženje živčnih celic, od tam pa se signali prek slušnega živca (5) prenesejo v slušni center možganske skorje.



Polžev vsadek sestavljajo mikrofoni (1), govorni procesor (2), oddajnik (3) in elektrode (4). Signali se do možganske skorje prenašajo po slušnem živcu (5).

Vir: Medel. Razumeti kohlearne implante. Medel. Dostopno na: http://www.widex.si/CI/Razumeti_CI.pdf

EMS lahko vplivajo na delovanje polževega vsadka. Med tovrstne naprave sodijo različne naprave v medicini, kot so naprave za MR slikanje, elektrokirurški nož, naprave za nevrostimulacijo in podobno. Delovanje govornega procesorja lahko zmotijo tudi naprave v vsakdanjem življenju, na primer mobilni telefoni, naprave za preprečevanje kraje in detektorji kovin. Posebno tveganje predstavljajo razelektritve pri dotiku z naelektrenimi predmeti, ki se na primer pojavijo med slačenjem. Te lahko trajno poškodujejo polžev vsadek.

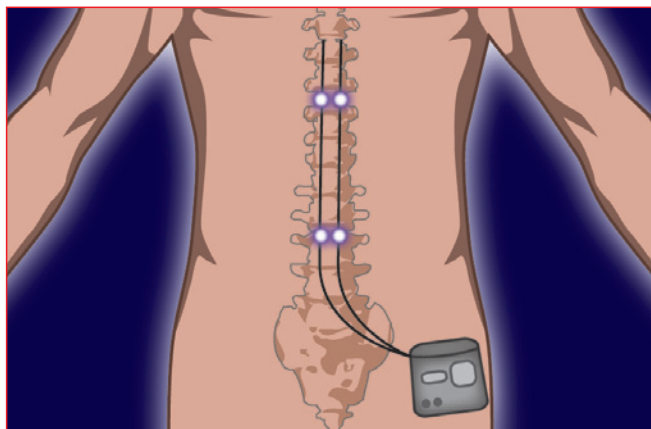
Polja, ki so prisotna med MR slikanjem, različno vplivajo na polževe vsadke. Zaradi tokov v bližini prevodnih delov vsadka lahko pride do poškodb tkiv ob elektrodah, pojavijo se sile in navori na feromagnetne dele naprave, magnet v notranjem delu (ki skrbi za to, da je zunanji oddajnik nameščen na ustrezno mesto) se lahko trajno poškoduje, lahko pa inducirano električno polje poškoduje tudi elektrode in zunanji del polževega vsadka. Zato je MR slikanje dovoljeno samo pri tistih polževih vsadkih, ki so načrtovani tako, da je to mogoče. To običajno dosežemo na dva načina: bodisi da je že sam polžev vsadek načrtovan tako, da brez težav vzdrži MR slikanje ali pa je pred MR slikanjem potrebno kirurško odstraniti trajni magnet v notranjem delu.

Statična elektrika lahko povzroči izbris nastavitvev polževega vsadka in ga lahko trajno poškoduje. Zato proizvajalci priporočajo, da se bolniki izogibajo vseh tistih situacij, kjer se pojavlja statična elektrika. Take situacije nastopijo takrat, ko se slačimo, izstopamo iz avtomobila ali se drgnemo po plastičnih objektih (npr. otroci na toboganu). Takim aktivnostim se je najbolje izogniti (z uporabo oblačil iz bombaža ali lana, z neuporabo plastičnih toboganov...), če pa se statična elektrika pojavlja, se moramo pred dotikom vsadka dotakniti kakega kovinskega ozemljenega predmeta.

Med uporabo mobilnega telefona lahko pride do različnih motenj delovanja. Pogoste so pri uporabnikih, ki imajo zunanjo enoto polževega vsadka nameščeno za pasom, redkeje še pa pri tistih, ki jo imajo nameščeno za ušesom. Danes so bolj razširjeni polževi vsadki z zunanjo enoto za ušesom. Da bi tudi uporabniki polževih vsadkov lahko uporabljali mobilne telefone, razvijajo neposredno povezavo med polževim vsadkom in mobilnim telefonom. Namesto da bi prenos zvoka potekal prek zvočnika v mobilnem telefonu in mikrofona v polževem vsadku, se zvok iz mobilnega telefona v obliki elektronskega signala prenaša prek žične ali brezžične, navadno bluetooth povezave, neposredno v polžev vsadek. S tem se zagotavlja odsotnost motenj in ustrezna kakovost zvoka.

STIMULATORJI HRBTENJAČE, NEVROSTIMULATORJI IN FUNKCIONALNI STIMULATORJI

Stimulatorji hrbtenjače lajšajo kronične bolečine. Po načinu delovanja so podobni srčnim spodbujevalnikom, le da so lahko preprostejši, saj samo dovajajo električne pulze in ne vsebujejo dela za merjenje električnih signalov v telesu. Dovajajo šibke električne pulze v neposredno bližino hrbtenjače in vzdražijo del živčnih povezav v hrbtenjači. Bolnik to zaznava kot drobne dražljaje ali masažo, kar prepreči ali zmanjša prevajanje bolečine. Stimulator bolečine ne odpravlja, ampak samo zmanjša prevajanje bolečinskega signala po živcih in hrbtenjači v možgane. Zaradi učinkovitosti in majhnih stranskih učinkov uporaba stimulatorjev hrbtenjače v svetu narašča.



Stimulator hrbtenjače in elektrode za lajšanje bolečine.

Neurostimulatorje uporabljamo za globoko stimulacijo možganov in vzdraženje vagusnega živca. S tem podobno kot z vzdraženjem hrbtenjače dosežemo nadzor nad bolečino, nadzorujemo Parkinsonovo bolezen, tremor (tresavica) in distonijo (trajno mišično skrčenje). Neurostimulator je sestavljen iz osrednje enote z baterijo in elektronskim vezjem ter elektrode. Osrednjo enoto skupaj z elektrodami vsadimo v telo, elektrode pa dovedemo do zelenega področja možganov ali vagusnega živca. Z ustreznimi električnimi pulzi stimulator prepreči ali omili neželeno zdravstveno stanje oziroma ublaži njihove posledice. Delovanje stimulatorjev hrbtenjače in nevrostimulatorjev nastavljamo z zunanjo programirno enoto. Paziti moramo, da ne pride do nenamernega spreminjanja njenih nastavitvev (igra otrok...) ali do poškodb.

Funkcionalni stimulatorji so stimulatorji za želeno mišično krčenje. Uporabljamo jih za preprečevanje inkontinence ali za funkcionalno stimulacijo okončin pri para- in tetraplegikih. Neposredno lahko stimuliramo mišice ali živce, ki oživčujejo določeno mišico ali mišičje. Funkcionalna stimulacija ima v Sloveniji dolgo in uspešno zgodovino (več na <http://lbk.fe.uni-lj.si/laborat.si.html>).



Funkcionalna električna stimulacija se uspešno uporablja tudi v Sloveniji.

Vir: Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča

Viri močnih EMS (npr kardioverter-defibrilatorji, diatermija, elektrokirurgija, MR slikanje, visokofrekvenčna ablacija) lahko vplivajo na delovanje stimulatorjev, kar lahko v najslabšem primeru privede do resnih poškodb bolnika ali celo smrti. Tako stimulatorji hrbtenjače kot nevrostimulatorji so z elektrodami neposredno priključeni na centralni živčni sistem, zato so posledice lahko resne kljub temu, da nedelovanje teh stimulatorjev ne predstavlja posebnega tveganja za bolnike. Problem pa predstavlja nepravilna stimulacija, do katere lahko pride zaradi vplivov EMS. Za bolnike s stimulatorji hrbtenjače, nevrostimulatorji in s funkcionalnimi stimulatorji velja:

- Njihova uporaba je nezdružljiva z uporabo srčnih spodbujevalnikov ali kardioverter-defibrilatorjev, saj bi se lahko med seboj obe vrsti vsadkov motili; primere, kjer je potreben več kot le en vsadek, moramo obravnavati individualno in dovolj natančno, da odpravimo neželene medsebojne vplive.
- Prepovedana je uporaba tako kratkovalovne kot tudi mikrovalovne diatermije, saj lahko privedeta do prekomernega segrevanja tkiv ob elektrodah.
- MR slikanje je prepovedano. Polja, ki se pojavljajo pri MR slikanju, bi lahko poškodovala elektrode, elektroniko stimulatorjev, obenem pa bi lahko zaradi inducirane napetosti na elektrodah povzročila neželene stimulacije in prekomerno segrevanje.
- Naprave za preprečevanje kraje in detektorji kovin lahko vplivajo na delovanje stimulatorjev. Znani so primeri, ko so bolniki v takih poljih čutili bolečino in neprijetne stimulacije, običajno pa na srečo ni prišlo do hujših posledic. Zato velja pravilo, da se je v bližini teh naprav potrebno zadrževati čimmanj časa, smiselno pa je v tem času stimulator tudi izključiti – seveda v primerih, ko je to mogoče.

- Pred medicinskimi pregledi in posegi je medicinsko osebje potrebno obvestiti o vsajenem stimulatorju. Preverili bodo, ali poseg lahko opravijo kljub vsadku.
- Potrebna je previdnost pri uporabi številnih naprav. Varjenje (obločno in uporovno), indukcijsko segrevanje v industriji, komunikacijska oprema in visokonapetostni daljnovodi lahko v neposredni bližini vplivajo na delovanje stimulatorjev. V primeru kakršnihkoli neprijetnih in neobičajnih zaznav moramo izključiti stimulator, če pa to ni mogoče, se je od virov EMS potrebno odmakniti.
- Zaradi različnih stimulatorjev, načinov vsaditve in nastavitve je vpliv mobilnih telefonov slabo raziskan. Zato odsvetujemo nošnje in uporabo mobilnega telefona v neposredni bližini stimulatorja in elektrod.

Vpliv zunanjih kardioverter-defibrilatorjev je slabo raziskan, vendar so v primeru potrebe po zunanji defibrilaciji nujni za preprečevanja smrti in odtehtajo mogoča tveganja.

PASIVNI VSADKI

Pasivne vsadke v medicini uporabljamo predvsem kot različne osteosintetske materiale za fiksacijo kosti po zlomih. To so lahko vijaki, ploščice, žice ali žebli. Nekateri od teh vsadkov, npr. intramedularni žebli, so lahko zelo veliki (do 50 cm). Drugi precej pogost tip kovinskih vsadkov je stent, to je žična opornica, ki jo vstavimo v zoženo žilo ali izvodilo, da jo razširi.

Ker se kovinski vsadki razlikujejo od človeških tkiv (električna prevodnost, dielektričnost), povzročijo spremembo porazdelitve električnega polja in gostote toka znotraj človeškega telesa. Pri izpostavljenosti virom nizkih frekvenc tako lahko pride do lokalnega povečanja gostote toka in neželenega vzdraženja živčnih vlaken. Pri izpostavljenosti virom visokih frekvenc lahko pride do čezmernega segrevanja tkiv ob vsadkih. Zaradi tega so glede EMS najbolj zanimivi kovinski ali prevodni vsadki.

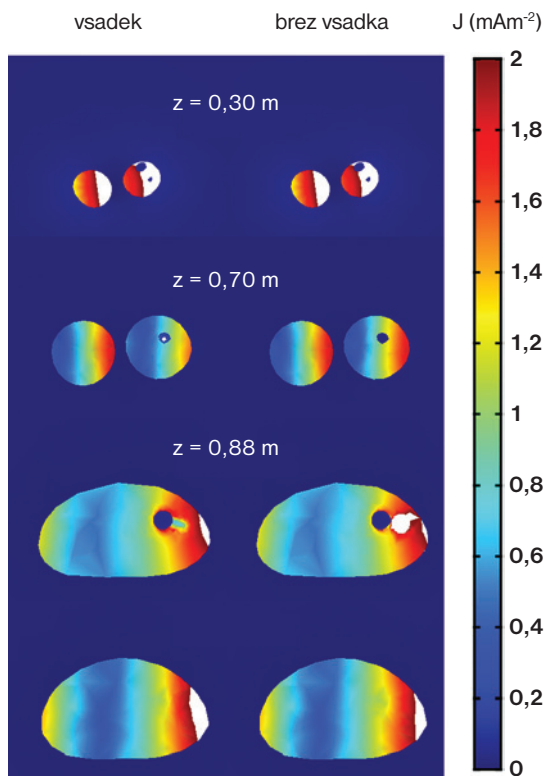
Enotnega pravila o tem, kaj je varno, ni. Podrobnejša analiza vpliva kovinskih vsadkov na porazdelitev polja in s tem povezanih tveganj (čezmerno segrevanje ter povečana gostota toka) je povezana z zahtevnimi študijami in znanjem. Zaradi velike razlike med vsadki glede na njihovo velikost, obliko, lokacijo vsaditve in mogoče izpostavljenosti (frekvenca, smer, jakost...) je bolj splošne zaključke in priporočila težko podati. Dejavniki, ki vplivajo na porazdelitev polja so:

- velikost in oblika kovinskega vsadka, pomembni so detajli, kot so na primer luknje in reže v vsadku,
- lokacija kovinskega vsadka v telesu,
- dielektrične lastnosti tkiv v okolici kovinskega vsadka,
- ali kovinski vsadek sega v več različnih tkiv,

- orientacija kovinskega vsadka glede na EMS, ki nastane znotraj človeškega telesa ob izpostavljenosti EMS in
- porazdelitve EMS v bližini kovinskega vsadka, kar je zlasti pomembno pri večjih kovinskih vsadkih.

Izpostavljenost nizkofrekvenčnim EMS

Zelo malo raziskav preučuje izpostavljenost nizkofrekvenčnim EMS, v splošnem pa velja, da so vplivi pasivnih vsadkov lahko veliki in v omejenih območjih povzročijo tudi do 10-krat povečane vrednosti električnih veličin. Vplivi so največji takrat, ko so vsadki orientirani v isti smeri kot je prisotno električno polje in pravokotni na magnetno polje. Z oddaljevanjem od te orientacije vpliv vsadkov upada. Vpliv vsadka se večja z dolžino - čim daljši je vsadek, tem večji je njegov vpliv. Pomembno je tudi, kje se vsadek nahaja. Mejne vrednosti in neželeni učinki (vzdraženje živčnih vlaken) so omejeni na centralni živčni sistem, ki ga sestavljajo možgani in hrbtenjača. Zato so pomembnejši tisti vsadki, ki se nahajajo v bližini centralnega živčnega sistema.



Primer numeričnega izračuna porazdelitve gostote toka v človeškem modelu z intramedularnim žebeljem (levo) in brez (desno). Prikazan je vodoravni prerez na višinah 0,3 m, 0,7 m, 0,88 m (5 mm nad intramedularnim žebeljem) in 0,92 m (45 mm nad stegenico) nad tlemi. Izračun je opravljen za izpostavljenost najslabši kombinaciji električnega in magnetnega polja 50 Hz, ko je električno polje (5000 Vm^{-1}) usmerjeno navpično navzgor, magnetno polje ($100 \mu\text{T}$) pa v smeri od zadaj naprej. Barvna skala v mA/m^2 zavzame vrednosti od 0 do 2 mA/m^2 , kolikor znašajo mejne vrednosti glede na priporočila ICNIRP. Na mestih, kjer so mejne vrednosti presežene, je uporabljena bela barva. To so mehka tkiva spodnjega dela nog (prva vrstica), sam vsadek (druga vrstica na levi) in tkivo nad vsadkom (tretja vrstica levo), in v manjšem obsegu predel tik pod površino telesa (tretja in četrta vrstica). Temno modra krožna območja predstavljajo kosti, kjer je gostota toka zelo nizka.

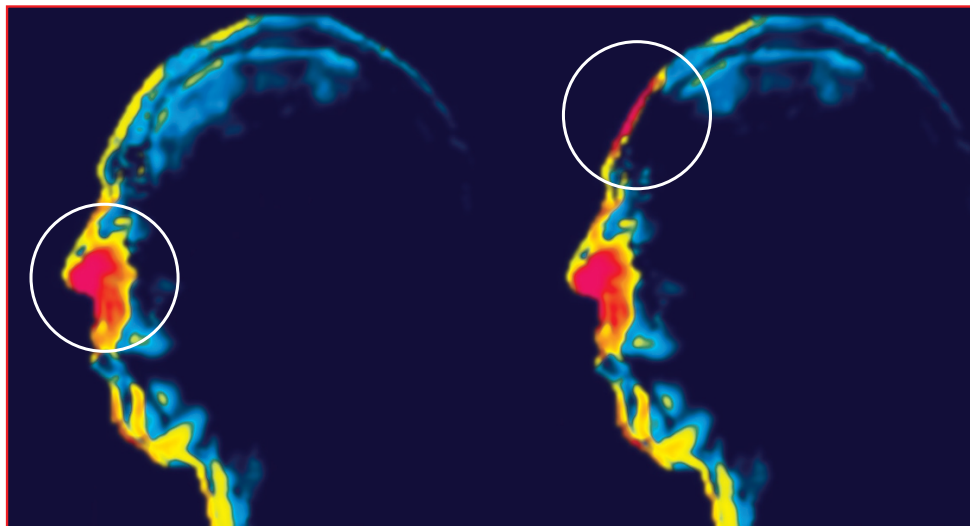
Z uporabo numeričnega modela so določili vpliv intramedularnega žeblja v stegenici na porazdelitev gostote toka v človeškem telesu. Ugotovili so, da:

- se mesto z najvišjo vrednostjo gostote toka nahaja neposredno nad vsadkom;
- je v modelu z vsadkom največja gostota toka $9,5 \text{ mA/m}^2$;
- je v modelu brez vsadka največja gostota toka $0,9 \text{ mA/m}^2$;
- vsadek poveča gostoto toka v bližini vsadka za do 10-krat;
- so za faktor 5 presežene priporočene mejne vrednosti.

Izpostavljenost visokofrekvenčnim EMS

Ohmsko segrevanje snovi je odvisno od električne poljske jakosti v snovi in od prevodnosti snovi. Ker je vsadek zelo dobro prevoden, so vrednosti električnega polja v njem zelo majhne, povečane pa so v okoliških tkivih. Posledično se sam vsadek le malo segreva, poveča pa se segrevanje okoliških tkiv.

Kovinski vsadek lahko poleg povečanega segrevanja povzroči tudi spremembo mesta, kjer prihaja do največjega segrevanja. To nam kaže tudi raziskava preučevanja vpliva titanove plošče premera 50 mm, ki se uporablja za sanacijo poškodb glave na segrevanje tkiv. Pri bolnikih brez vsadka se je mesto največjega segrevanja tkiva nahajalo v predelu nosu. Če je imel bolnik na površini lobanje nameščeno titanovo ploščo, se je mesto največjega segrevanja premaknilo v bližino plošče.



Vsadek povzroči povečano segrevanje okoliških tkiv, poleg tega se mesto največjega segrevanja premakne. Na levi sliki, kjer oseba nima vsadka, je največje segrevanje pri nosu, medtem ko je na desni sliki, kjer ima oseba velik kovinski vsadek na lobanji, mesto z največjim segrevanjem tik ob vsadku.

Z namestitvijo titanove plošče se je povečalo segrevanje, vrednost SAR je bila za približno 50 % večja (brez plošče 4,87 W/kg, s ploščo 6,68 W/kg). Za druge kovinske podkožne vsadke (obroček, palica) so raziskovalci ugotovili do 3-kratno povečanje vrednosti SAR po vsaditvi.

Velja, da

- kovinski vsadki, manjši od 20 mm, ne predstavljajo tveganja;
- dolgi kovinski vsadki lahko povzročijo znatna povečanja ob koncih vsadkov;
- je vpliv dolgih vsadkov največji, če so orientirani v smeri polja. Z odklanjanjem od te smeri njihov vpliv znatno upade;
- široki kovinski vsadki v obliki različnih plošč, nameščeni tik pod kožo, lahko v območju mikroalov povečajo vrednosti SAR v koži zaradi interferenc;
- vsadki v obliki zank lahko povzročijo povečanje vrednosti SAR.

POKLICNA IZPOSTAVLJENOST

Zakon o varnosti in zdravju pri delu določa, da je naloga delodajalca zagotavljati varne in zdrave delovne razmere. Med dejavniki, ki jih mora pri tem upoštevati, so tudi EMS. Vendar zakon o varnosti in zdravju pri delu ne nalaga mejnih vrednosti za posamezne dejavnike tveganja. Mejne vrednosti so bile predlagane v Smernicah ICNIRP iz leta 1998, pravni okvir pa je mejnim vrednostim postavila Direktiva 2004/40/ES, ki bo v državah članicah EU postala zavezujoča v letu 2012.

Zagotavljanje varnosti in zdravja se izvaja s pomočjo ocenjevanja tveganja. Naloga delodajalca je, da analizira tveganja, katerim je delavec na delovnem mestu izpostavljen in oceni resnost poškodb ter verjetnost, da do njih pride. Pri delavcu, ki ima vsadek, je pri ocenjevanju tveganja potrebno tehtanje med željo in pravico do opravljanja želenega dela ter možnimi tveganji. Gotovo bi bilo vse osebe z vsadki z njihovih trenutnih delovnih mest najbolje premakniti na tista, kjer ne bi bile izpostavljene EMS, vendar je to povezano z različnimi negativnimi posledicami, kot so potreba po prekvalifikaciji delavca, dodatnimi stroški, zmanjšanjem motivacije delavca, spremembami v organizacijski strukturi podjetja in podobno.

Za ocenjevanje tveganja je bil pripravljen standard oSIST prEN 50527-1:2009 »Ocena izpostavljenosti oseb z aktivnimi medicinskimi implantati (AIMD) na delovnih mestih z električnim in magnetnim poljem ter elektromagnetnim sevanjem frekvenc od 0 Hz do 300 GHz - 1. del: Splošno«, v pripravi pa je standard prEN 50527-2-1 »Assessment, measurement and calculations of human exposure at the workplace bearing active implantable medical devices in electric, magnetic and electromagnetic fields with frequencies from 0 to 300 GHz - Part 2-1 Cardiac Pacemakers«. Ta v času priprave te brošure še ni bil potrjen.

Družina standardov SIST EN 50527, ki so povezanih z oceno izpostavljenosti oseb z medicinskimi vsadki, se bo tudi v prihodnje širila s specifičnimi standardi za posamezne vsadke ter za specifična delovna mesta, ki predstavljajo posebno tveganje in je pri njih ocenjevanje izpostavljenosti zahtevnejše. S tem bo dosegla tudi osnovni namen - delodajalcu omogočiti čim bolj preprosto ocenjevanje izpostavljenosti. V splošnem je namreč to lahko zelo zahteven postopek, ki presega znanje tako delodajalca kot oseb, odgovornih za varnost in zdravje. A veliko primerov je, kjer je mogoče ocenjevanje izpostavljenosti izvesti sorazmerno preprosto. Zato standard predlaga, kako naj ocenjevanje poteka, obenem pa v posebni tabeli navaja vse tiste naprave, ki ne predstavljajo posebnega tveganja. Če delodajalec ugotovi, da se na delovnem mestu delavca nahajajo samo takšne naprave in delavec zaradi vsadka nima posebnih omejitev, je proces ocenjevanja končan, delodajalec pa mora le dokumentirati obstoječe stanje. V ostalih primerih pa je potreben bolj natančen postopek ocenjevanja tveganja, ki vključuje različne strokovnjake, kot so zdravnik, klinični inženir in strokovnjak s področja EMS.

KJE POISKATI NADALJNJE INFORMACIJE

Veliko koristnih informacij o vsadkih in tveganjih je na voljo na straneh proizvajalcev različnih vsadkov ali na straneh različnih mednarodnih institucij:

■ American College of Cardiology	www.cardiosource.com
■ American Heart Association	www.americanheart.org
■ Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency	www.arpansa.gov.au
■ AUVA	www.auva.at
■ Diavant	www.diavant.com
■ Guidant	www.guidant.com
■ Insulet Corporation	www.myomnipod.com
■ Medtronic	www.medtronic.com
■ St. Jude Medical	www.sjm.com
■ The Patient Education Institute	www.nlm.nih.gov

■ O BROŠURI

V brošuri smo želeli predstaviti tveganja, katerim so zaradi EMS izpostavljeni bolniki z vsadki in odgovoriti na nekatera vprašanja o tem, kako ravnati ob izpostavljenosti EMS. Podatke o vsadkih smo pridobili iz dokumentacije proizvajalcev vsadkov in različnih združenj ter iz strokovne literature. Vključili smo najpogostejše in najpomembnejše vsadke, kot so srčni spodbujevalnik, kardioverter-defibrilator, insulinska črpalka in podobni. Vendar se je potrebno zavedati, da se stanja na tem področju ne da predstaviti v celoti, saj se vsadki stalno in hitro razvijajo. Stari vsadki, kot je npr. srčni spodbujevalnik, postajajo zmogljivejši, manjši in bolj varni, razvijajo pa tudi nove, kot je na primer bionsko umetno oko. Gre za nov vsadek, s katerim je slepim in slabovidnim mogoče delno povrniti zaznavanje svetlobe. Razvijati so ga začeli pred dobrim desetletjem. Danes slepim omogoča zaznavanja svetlobe in obrisov velikih predmetov, kar bistveno vpliva na kakovost življenja bolnikov. Prav dviganje te kakovosti pa je glavni cilj te brošure, saj želimo, da bi na podlagi informacij, ki jih bolniki dobijo v njej, lahko z vsadkom živeli podobno ali celo bolj kvalitetno življenje kot pred njim.

■ O PROJEKTU FORUM EMS

Forum EMS je projekt, ki skrbi za objektivno, nepristransko in strokovno podprto komuniciranje o problematiki elektromagnetnih sevanj (EMS). Opira se izključno na znanstvene temelje in sledi izhodiščem vodilnih mednarodnih institucij s področja varovanja zdravja in okolja pred EMS. Namenjen je vsem, ki iščejo odgovore na pereče probleme s področja EMS. To so predvsem vladne in nevladne organizacije, lokalne skupnosti, gospodarske družbe, mediji, strokovnjaki različnih področij in seveda najširša javnost

■ DODATNE INFORMACIJE

Vse dodatne informacije lahko najdete na domači strani projekta: www.forum-ems.si, si, ali pa jih prejmete po elektronski pošti, če nam pišete na naslov info@forum-ems.si. Obrnete se lahko tudi na svetovalno pisarno projekta Forum EMS na telefon (01) 5682733, oziroma svoja vprašanja pošljete na naslov: Projekt Forum EMS, Pohorskega bataljona 215, 1000 Ljubljana.