

statystyczną jako kolejną metodę strukturalnej korekcji. Jest ona najrzadziej stosowana, ponieważ błędy przypadkowe nie mają decydującego wpływu na dokładność kalibratora [5].

LITERATURA

- [1] Calmet Sp. z o.o.: *Kalibrator napięć i prądów stałych i przemiennych typu C-101*. Instrukcja obsługi, Zielona Góra, 1995
- [2] Bromberg E. M., Kulikowski K. L.: *Testowanie metody powysienienia toczności izmierienij*. Energia, Moskwa, 1978.
- [3] Taranow S. G.: *Samonastrajajuszcziesja izmeritielnyje pribory*. Naukowa Dumka, Kijów, 1981.

- [4] Alijew T. M., Seidel Ł. P.: *Awtomaticzieskaja korekcja pogresznostiej cifrowych izmeritielnych priborow*. Energia, Moskwa, 1975..
- [5] Szmytkiewicz J.: *Metody podnoszenia dokladności kalibratorow*. Wzorce i metody wzorcowania wielkości elektrycznych. Prace Naukowe Instytutu Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej No29, Seria Konferencje No13, Wrocław, 1987
- [6] Bolikowski J.: *Niektóre właściwości mikroprocesorowych przyrządów pomiarowych*. Przegląd Elektrotechniczny 10/1987.
- [7] 5700A Calibrator. Service Manual. Fluke PN791996, 1996

Artykuł recenzowany



Anna PŁAWIAK-MOWNA*

Wpływ pola elektromagnetycznego generowanego przez aparaturę medyczną na funkcjonowanie wszczepialnych kardiowerterów-defibrylatorów

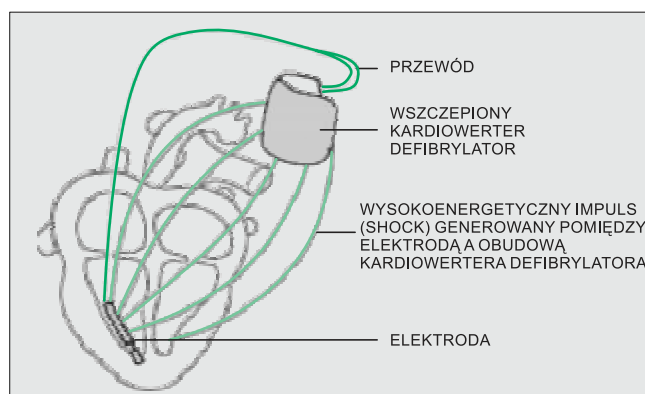
Problem zakłócania pracy kardiologicznych implantów elektromedycznych przez diagnostyczną i rehabilitacyjną aparaturę medyczną wzbudza kontrowersje. Na wyniki badań i eksperymentów naukowych, związanych z interferencjami elektromagnetycznymi, oczekują zarówno specjaliści zajmujący się problemem kompatybilności elektromagnetycznej, lekarze elektrofizjodzy, jak i pacjenci zabezpieczeni wszczepialnym defibrylatorem serca. Pacjenci, „nosiciele” kardiointymantów, nie są w stanie kontrolować natężenia pola i jego częstotliwości, jednak mogą oni na przykład wpływać na swoją odległość od źródła zakłóceń i czas ekspozycji na pole elektromagnetyczne. Ochronę ludzi przed promieniowaniem niejonizującym regulują w Polsce podstawowe akty prawne: Rozporządzenie Ministra Środowiska (w ochronie środowiska), Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej (ekspozycja zawodowa) oraz Polska Norma. Obowiązujące przepisy normalizacyjne IEC podają ograniczenia dla sprzętu medycznego w aspekcie ich odporności na działanie pola elektromagnetycznego. Stanowią one, że urządzenie powinno być odporne na działanie tego pola (w zakresie częstotliwości 80 MHz – 2,5 GHz) o następujących wartościach natężenia składowej elektrycznej: do 3 V/m dla urządzeń niepodtrzymujących życia oraz do 10 V/m dla urządzeń podtrzymujących życie.

W artykule zawarto przegląd literatury, ukazujący wyniki badań oddziaływania wybranych (reprezentatywnych) urządzeń medycznych wykorzystywanych w diagnostyce, leczeniu i rehabilitacji. Odpowiedzi na pytanie o możliwość takiej interferencji i jej ocenę są istotne dla dużej grupy ludzi. Szacuje się, że w Polsce żyje około 300 000 osób zabezpieczanych urządzeniami podtrzymującymi rytm pracy serca [10]. Obserwuje się tendencję wzrostową liczby implantacji kardiowerterów-defibrylatorów ICD w Polsce (2003 r. 1012, a w 2005 r. 1503 implantacje).

WSZCZEPIALNY KARDIOWERTER-DEFIBRYLATOR

Kardiointymanty są obecnie rozpowszechnionymi medycznymi urządzeniami elektronicznymi, wszczepianymi w organizm ludz-

ki dla zachowania właściwej czynności elektrycznej serca. Pełnią one rolę detekcyjną (wykrywanie zaburzeń) i terapeutyczną. Wszczepialny kardiowerter-defibrylator został wynaleziony ponad ćwierć wieku temu (1980 r.) przez lekarza polskiego pochodzenia Mieczysława Mirowskiego. Pierwszy zabieg wszczepienia tego implantu w kraju przeprowadzono 20 lat temu w I Klinice Kardiologii Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach. Wszczepialny kardiowerter-defibrylator jest precyzyjnym medycznym urządzeniem elektronicznym. Nowoczesne implanty to urządzenia ważące nie więcej niż 90 gramów o wymiarach 6 cm x 5 cm x 1,5 cm. Implant zawiera mikrokomputer oraz długotrwale źródła energii zamknięte w tytanowej obudowie. Przez przewody/elektrody urządzenie to monitoruje rytm pracy serca i dostarcza energię wykorzystywaną do stymulacji, kardiowersji i/lub defibrylacji.



■ Rys. 1. Wszczepialny kardiowerter-defibrylator (ICD) wykrywa nieprawidłowość rytmu serca zagrażającą życiu oraz reaguje na nią generując sygnały elektryczne [3]

Wszczepialny kardiowerter-defibrylator (rys. 1) jest elementem systemu defibrylacji. Dwie części tego systemu (defibrylator, elektrody) umieszcza się w organizmie człowieka. Trzecia część, urządzenie programujące implant, z wykorzystaniem pola elektromagnetycznego umożliwia komunikację z urządzeniem i jego przeprogramowywanie. Do funkcji wszczepialnego kardiowertera-defibrylatora należą:

- rozpoznanie przedsionkowego i komorowego sygnału elektrokardiograficznego,

* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Informatyki i Elektroniki, e-mail: A.Mowna@iie.uz.zgora.pl

- wykrycie i klasyfikacja rozpoznanego sygnału zgodnie z zaprogramowanym rytmem serca,
- działanie terapeutyczne w celu przerwania częstoskurczu komorowego lub migotania komór,
- elektrostymulacja przy bradykardii i/lub resynchronizacja.

W przypadku wykrycia nieprawidłowości w rytmie serca zostaje zainicjowana jedna z dwóch rodzajów terapii do przerwania tej niemiaryowości. Wysokoenergetyczny impuls (*shock*) jest przesyłany pomiędzy zwojami elektrody w prawej komorze a obudową wszczepialnego kardiowertera-defibrylatora i/lub inną elektrodą. Implant z jednej strony spełnia funkcję stymulatora serca, czyli przywraca sercu prawidłowy rytm, a z drugiej wygasza częstoskurcz komorowy (migotanie komór), który może prowadzić do nagłego zgonu.

Producenci sprzętu elektromedycznego projektują urządzenia medyczne tak, aby były one odporne na działanie pola magnetycznego o składowej elektrycznej do 10 V/m (w przypadku urządzeń medycznych podtrzymujących życie) – jak przedstawiają międzynarodowe standardy [9]. Zachowanie tych standardów umożliwi zredukowanie ryzyka potencjalnych interferencji elektromagnetycznych. Szczegółowe standardy kompatybilności elektromagnetycznej dla wszczepialnych kardiowerterów-defibrylatorów są aktualnie opracowywane przez organizację standaryzującą (ISO).

BADANIE IMPLANTÓW KARDIOLOGICZNYCH W POLU ELEKTROMAGNETYCZNYM

Od dziesięciu lat jest poddawane badaniom potencjalne oddziaływanie źródeł pola elektromagnetycznego na wszczepialne kardiowertery-defibrylatory. Wykazano, że interferencje elektromagnetyczne powodują znaczące zaburzenia u pacjentów zabezpieczonych wszczepialnymi kardiowerterami-defibrylatorami. Przegląd strony jednego z producentów ICD – firmy Medtronic [13] – umożliwia uzyskanie z grubsza opinii, które ze źródeł pola elektromagnetycznego mogą zaburzać pracę implantów. Wszczepialne kardiowertery-defibrylatory są wrażliwe na pole elektromagnetyczne generowane przez urządzenia do użytku osobistego (telefony komórkowe), sprzęt przemysłowy (zgrzewarki dielektryczne, linie przesyłowe), aparaturę medyczną (tomograf rezonansu magnetycznego (MR)). Producenci implantów kardiologicznych wskazują grupy tych urządzeń jako bezpieczne, możliwe do wykorzystania przy zachowaniu środków ostrożności oraz takie, z którymi „nosiciele” wszczepialnych kardiowerterów-defibrylatorów powinni unikać kontaktu.

Należy pamiętać, że pole elektromagnetyczne może również generować potencjały elektryczne na elektrodach odbierających sygnały, wówczas interferencje elektromagnetyczne powodują niewłaściwe funkcjonowanie implantu.

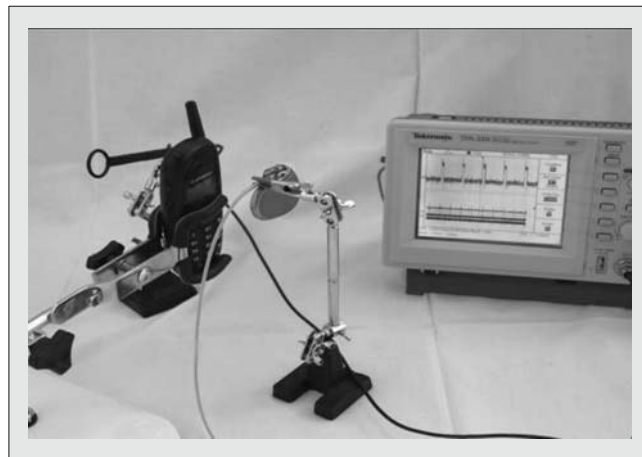
Poniżej wymieniono możliwe zaburzenia w pracy wszczepialnych kardiowerterów-defibrylatorów generowane przez zewnętrzne interferencje:

- (czasowe) zatrzymanie generowania impulsów przez urządzenie,
- nieprawidłowości przy realizacji funkcji terapeutycznych – zaburzenia detekcji częstoskurczu komorowego i migotania komór,
- zaburzenia stymulacji (nieskuteczna stymulacja).

Badanie implantów eksponowanych na pole elektromagnetyczne wykonuje się na cztery sposoby. Eksperymenty poza organizmem z wykorzystaniem fantomu (*in vitro* w fantomie) są wykonywane w środowisku modelującym organizm ludzki – testowany implant jest zanurzany w cieczy, której skład w pewnym przybliżeniu odpowiada składowi tkanki biologicznej, natomiast źródło pola elektromagnetycznego umieszcza się w bezpośrednim otoczeniu implantu. Badania tego rodzaju umożliwiają testowanie interakcji pomiędzy implantem a wieloma rodzajami źródeł pola elektromagnetycznego. Wielokrotne powtarzanie testów dla róż-

nych wariantów wzajemnego położenia urządzeń (implantu i urządzenia zakłócającego) oraz aranżacja ich wzajemnego oddziaływania, wartości natężenia pola elektromagnetycznego, trybu pracy implantu zapewniają określenie częstotliwości i warunków występowania zaburzeń w pracy implantu.

Badanie implantu poza organizmem (*in vitro*) jest wykonywane w sposób analogiczny do opisanego powyżej. Jednak w tym przypadku testowane urządzenie nie jest zanurzone w cieczy. Badania prowadzą do wyznaczenia progu normalnej pracy kardiostymulatora i odległości od źródła zakłóceń. Przykładowe stanowisko badawcze przedstawiono na rys. 2.



■ Rys. 2. Badanie kompatybilności (antena telefonu komórkowego, implant kardiologiczny) – stanowisko badawcze *in vitro* [11]

Badania implantu pracującego w organizmie ludzkim jest wykonywane z udziałem pacjentów wolontariuszy eksponowanych na sztucznie generowane źródła pola elektromagnetycznego. W przypadku udziału zwierząt badania określa się mianem *in vivo*. Wykrycie nieprawidłowości w pracy implantu jest związane z analizą przebiegu sygnału elektrokardiograficznego zarejestrowanego w czasie ekspozycji pacjentów na działanie pola elektromagnetycznego. Wychwycenie nieprawidłowości i powiązanie ich z oddziaływaniem pola elektromagnetycznego (odległością od źródła, mocą emitowaną przez urządzenia zakłócające) umożliwia wiarygodną ocenę zagrożenia.

Symulacje komputerowe umożliwiają prognozowanie potencjalnych nieprawidłowości podczas testowania kardiointerferencji z udziałem pacjentów wolontariuszy. Metoda ta określa zależność pomiędzy zewnętrznym polem elektromagnetycznym a poziomem napięcia indukowanego na wejściowym porcie stymulatora.

APARATURA MEDYCZNA STOSOWANA W DIAGNOSTYCE, LECZENIU I REHABILITACJI

W placówkach służby zdrowia (szpitale, gabinety fizykoterapii) powszechnie są stosowane elektroniczne urządzenia medyczne. Do reprezentatywnych, stosowanych w diagnostyce i rehabilitacji, należą: tomograf jądrowego rezonansu magnetycznego, urządzenia do magnetoterapii i elektroterapii oraz diatermie fizykoterapeutyczne.

Tomograf jądrowego rezonansu magnetycznego jest wykorzystywany w celach diagnostycznych. Badaną część ciała pacjenta umieszcza się w stałym i wolnozmiennym polu magnetycznym (najczęściej rzędu 0,15÷2,0 T w obszarze wykorzystywanym do diagnostyki pacjenta).

Urządzenia do magnetoterapii (rys. 3) wykorzystują pole magnetyczne w procesach leczniczych. W zależności od konstruk-



■ Rys. 3. Urządzenie do magnetoterapii [20]

cji urządzenia i wybranego rodzaju zabiegu cewki są zasilane prądem o regulowanej częstotliwości (zazwyczaj od 1 Hz do 50 Hz) i różnych przebiegach: sinusoidalnym, prostokątnym i trójkątnym pełnym lub z prostowaniem jednopółprzewodowym. Niektóre urządzenia umożliwiają również zasilanie aplikatorów prądem modulowanym amplitudowo lub częstotliwościowo. Maksymalne poziomy indukcji mogą dochodzić do 20 mT [6].

Diatermie fizykoterapeutyczne są wykorzystywane do zabiegów leczniczych przy wykorzystaniu pola elektromagnetycznego wielkiej częstotliwości. Przegrzewanie tkanek organizmu jest wykonywane z wykorzystaniem diatermii: krótkofalowej 2,45 – 27,12 MHz chirurgicznej około 0,5 MHz, mikrofalowej (np. 2450 MHz).

Urządzenia do elektroterapii są stosowane m. in. w rehabilitacji mięśni i nerwów oraz terapii bólu. Przekrójna elektryczna stymulacja nerwów **TENS** (*Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*) to jedna z metod fizykoterapii. Jest odmianą elektrostymulacji, wykorzystującą prądy impulsowe o niskiej częstotliwości (przedział 1–150 Hz), zbliżonej do częstotliwości prądów fizjologicznych.

WSZCZEPIALNE KARDIOWERTERY-DEFIBRYLATORY W POLU ELEKTROMAGNETYCZNYM APARATURY MEDYCZNEJ

Problem zaburzeń w działaniu wszczepialnych kardiowerterów-defibrylatorów ekspozowanych na pole elektromagnetyczne zostanie przedstawiony dla wybranych urządzeń medycznych (diagnostycznych, leczniczych i rehabilitacyjnych). Jako grupę reprezentującą źródła pola elektromagnetycznego wybrano aparaturę medyczną: skaner rezonansu magnetycznego (diagnostyka), urządzenie do magnetoterapii (leczenie), urządzenia do elektroterapii (leczenie, rehabilitacja) – przekrójna elektryczna stymulacja nerwów (TENS) oraz diatermie fizykoterapeutyczne.

Na potrzeby pracy przeszukano zasoby serwisu Narodowej Biblioteki Medycznej (*The National Library of Medicine*) oraz Narodowego Instytutu Zdrowia (*The National Institute of Health*) [21], które oferują m. in. dostęp do bazy danych doniesień literaturowych PubMed.

Stosowanie diagnostyki MRI u pacjentów zabezpieczonych kardiointerplantami budzi wiele kontrowersji. Zalecenia dotyczące procedur postępowania przy diagnostyce MRI pacjentów z kardiointerplantami można znaleźć na stronach internetowych światowych towarzystw naukowych i lekarskich [1,2,8,19]). Badacze z USA (Roguin *et al.* [18]) przeprowadzili testy *in vitro* oraz *in vivo*. Naukowcy obserwowali m. in. poprawność pracy 38 interplantów ekspozowanych na pole 1.5 T. Interplanty ekspozowano na pole EM skanera MRI. W testach nie zaobserwowano żadnych nieprawidłowości w funkcjonowaniu interplantów wyprodukowanych po 2000 roku. Natomiast funkcjonowanie aż 85% urządzeń wyprodukowanych przed 2000 r. uległo zakłóceniu. Autorzy raportu zaobserwowali: (1) niewłaściwą pracę źródła zasilania (konieczność wymiany/tymczasowe zaburzenia – wskazanie na wyładowanie – powrót do właściwej pracy po maksymalnie 2 tygodniach od czasu ekspozycji na pole elektromagnetyczne), (2) zmiany parametrów pracy interplantu, (3) zmiany w pamięci urządzenia, (4) problemy w komunikacji z interplantem. Na

podstawie wyników testów badacze sformułowali wniosek, że nowoczesne wszczepialne kardiowertery-defibrylatory nie są wrażliwe na pole elektromagnetyczne tomografu magnetycznego. Naukowcy z Zurychu (Luechinger *et al.* [12]) przetestowali 13 ICD oraz 31 stymulatorów serca w fantomie, eksponując je na działanie skanera MRI (1,5 T). Szwajcarzy sformułowali wniosek, że nowoczesne stymulatory mogą być ekspozowane na pole magnetyczne, jednak w przypadku wszczepialnych kardiowerterów-defibrylatorów nadal problem stanowi silne pole magnetyczne. Lekarze z USA (Nazarian *et al.* [15]) poddali działaniu pola magnetycznego skanera MRI (1,5 T) – 55 pacjentów mających wszczepiony kardiointerplant (24 z nich było zabezpieczonych kardiowerterem-defibrylatorem). Nie zaobserwowano zaburzeń w pracy urządzeń, zarówno w trakcie badania, jak i po nim (średnio 99 dni po badaniu MRI). Autorzy badań sformułowali wniosek, że – przy zachowaniu środków ostrożności – badanie MRI może być przeprowadzone u pacjentów z wybranymi wszczepialnymi interplantami kardiologicznymi. Podobne wnioski publikują badacze z USA (Gimbel *et al.* [5]). Z kolei niemieccy lekarze zaobserwowali (Fiek *et al.* [4]), że po ekspozycji pacjenta (zabezpieczonego kardiowerterem-defibrylatorem) na działanie skanera MRI (badanie przeważnie) zaprogramowanie interplantu zewnętrznym programatorem okazało się niewykonalne. Badacze w doniesieniu formułują wniosek, że nawet wszczepialne kardiowertery-defibrylatory nowszej generacji są podatne na interferencje magnetyczne, co skutkuje nawet utratą możliwości programowania interplantu.

Wszczepialne kardiowertery-defibrylatory są wrażliwe na pole elektromagnetyczne, ponieważ konstrukcja interplantu i wykorzystanie magnesu umożliwiają programowanie i wymianę danych z kardiointerplantem. Podczas programowania tego elektromedycznego urządzenia zewnętrznym programatorem nad miejsce implantacji jest przystawiana głowica (wyposażona w magnes). Oddziaływanie pola magnetycznego powoduje przejście kardiointerplantu w tryb programowania (zamknięcie wewnętrznego obwodu, zawieszenie funkcji terapeutycznej) i umożliwia wymianę (pobranie) danych z interplantu.

Urządzenia do przekrójnej elektrycznej stymulacji nerwów **TENS** są stosowane powszechnie w fizykoterapii. Producenci kardiointerplantów [3,13] zaliczają to urządzenie do grupy takich, które można wykorzystywać w terapii pacjentów, zabezpieczonych wszczepialnymi kardiowerterami-defibrylatorami, pod warunkiem, że nie znajdują się one bezpośrednio nad miejscem, w którym wszczepiono interplant.

Badacze ze szpitala uniwersyteckiego w Goeteborgu (Holmgren *et al.* [7]) przeprowadzili testy z udziałem 31 pacjentów zabezpieczonych ICD. Wolontariuszy poddano terapii TENS. Wpływ jej na pracę wszczepialnych kardiowerterów-defibrylatorów analizowano na podstawie przebiegu sygnału elektrokardiograficznego (przechowywanego w pamięci interplantu). Interferencje zaobserwowano u 16 pacjentów. U ośmiu (27%) wystąpiły zaburzenia funkcji rozpoznawania sygnału elektrokardiograficznego. Reasumując, szwedzcy naukowcy podali, że u każdego z wolontariuszy wystąpił co najmniej jeden rodzaj interferencji. Przy tym zakłócenia w pracy interplantu mogą objawiać się niewłaściwym działaniem terapeutycznym: wysłaniem nadmiarowego impulsu wysokoenergetycznego, bądź wstrzymaniem jego wysłania w sytuacji, kiedy pacjent wymaga jego aplikacji. Badacze zalecają, aby nie stosować terapii TENS u pacjentów zabezpieczonych ICD. Podobne zalecenia podają badacze ze Stanów Zjednoczonych (Philbin *et al.* [16]) i Niemiec (Nägele *et al.* [14]). Naukowcy z Wielkiej Brytanii (Pyatt *et al.* [17]) przedstawiają raport, opisując przypadek pacjenta zabezpieczonego dwujamowym wszczepialnym kardiowerterem-defibrylatorem poddawanego regularnie terapii TENS. Kardiointerplant był poddawany testom bezpośrednio po zabiegach i nie zaobserwowano zakłóceń w jego pracy. Pół roku później zanotowano jednak zaburzenia w pracy. Brytyjscy badacze we wnioskach piszą, że nawet jeśli wstępne testy nie wykazały nieprawidłowości w pracy kardiointerplantu, należy wykazać ostrożność w stosowaniu terapii TENS u pacjentów z dwujamowymi ICD, szczególnie, jeśli są to pacjenci zależni od interplantu. Problem interakcji skanera rezonansu magnetycznego, urządzenia do terapii TENS – kardiointer-

plantę jest szeroko dyskutowany w literaturze. Niewiele badań poświęcono oddziaływaniu urządzeń wykorzystywanych w magnetoterapii na wszczepialne kardiowertery-defibrylatory. Reakcja ICD, na pole elektromagnetyczne generowane przez urządzenia stosowane w magnetoterapii to wyłączenie (dezaktywacja) kardiointerplantu. Jest to sytuacja niepożądana, prowadząca nawet do utraty życia. Podkładki (magnetyczne) stosowane pod materace terapeutyczne [22] zostały uznane jako urządzenia, które generują zagrożenie dla pacjentów zabezpieczonych wszczepialnymi kardiowerterami-defibrylatorami. Producenci kardiointerplantów zaliczają poduszki i materace stosowane w terapii bólu (magnetoterapia) do grupy urządzeń, z którymi „nosiciele” kardiointerplantów powinni unikać kontaktu. W tym przypadku (podobnie jak w przypadku korzystania z telefonów komórkowych), obowiązuje „zasada 15 cm” (6-inch rule), której przestrzeganie gwarantuje niezakłóconą pracę interplantu. W bazie doniesień PubMed, zawierającej ponad 16 milionów cytowań z medycznej bazy danych MEDLINE oraz innych czasopism biomedycznych i nauk biologicznych, nie znaleziono doniesień związanych z oddziaływaniem pola elektromagnetycznego, generowanego przez urządzenia do diatermii na pracę ICD. Na stronie producentów kardiointerplantów [13] zamieszczono informację, że istnieje ryzyko wystąpienia interferencji w przypadku wykorzystania diatermii u pacjentów „nosicieli” kardiowerterów-defibrylatorów.

Przegląd literatury fachowej umożliwia rozpoznanie problemu potencjalnych zaburzeń w pracy wszczepialnych kardiowerterów-defibrylatorów będących odpowiedzią na zewnętrzne interferencje od diagnostycznej, leczniczej i rehabilitacyjnej aparatury elektromedycznej. Wyniki badań nie wyczerpują odpowiedzi na pytania o zaburzenia funkcjonowania wszczepialnych kardiowerterów-defibrylatorów eksponowanych na pole elektromagnetyczne generowane przez tę aparaturę. W życiu codziennym pacjentów zabezpieczonych tego rodzaju interplantami istotnym problemem jest wrażliwość na oddziaływanie pola elektromagnetycznego aparatury medycznej stosowanej powszechnie w diagnostyce, leczeniu i rehabilitacji.

Rozeznanie literaturowe umożliwiło sformułowanie wstępnych założeń badania zakłóceń elektromagnetycznych w kardiowerterach-defibrylatorach, wywołanych przez urządzenia do magnetoterapii oraz przez diatermie mikrofalowe. Wyniki badań przedstawionych w specjalistycznej literaturze światowej precyzują skutki oddziaływań interferencji elektromagnetycznych na wszczepialne kardiowertery-defibrylatory; pojedyncze raporty zawierają również próby wyszczególnienia kardiointerplantów mniej odpornych na działanie pól elektromagnetycznych różnych typów i rodzajów. Stosunkowo niewiele doniesień opisuje problem interakcji ICD i urządzeń do magnetoterapii. Brakuje doniesień związanych z oddziaływaniem diatermii. Według autorki, istotna jest próba oceny niepożądanego wpływu tej aparatury medycznej na pracę wszczepialnych kardiowerterów-defibrylatorów oraz bliższe poznanie natury tego zjawiska.

■ **Tabela 1. Plany badawcze interferencji elektromagnetycznych (ICD urządzenia do magnetoterapii, ICD diatermie mikrofalowe)**

	Magnetoterapia (Kraków)	Diatermie mikrofalowe (Warszawa)
Symulacje komputerowe		X–XII 2008
Badania <i>in vitro</i>	VI–XII 2008	
Badania <i>in vitro</i> w fantomie	VI–XII 2008	
Badania z udziałem pacjentów wolontariuszy		I–XII 2009

W tabeli 1 przedstawiono plany badawcze, rodzaje testów, które zostaną wykonane w ramach badania interferencji elektromagnetycznych od urządzeń elektromedycznych stosowanych w magnetoterapii oraz diatermii mikrofalowej. Badania zostaną wykonane przy współpracy ośrodków medycznych w Krakowie (Collegium Medicum

UJ, Kraków) oraz w Warszawie (Szpital Kliniczny AM, ul. Banacha, Warszawa).

LITERATURA

- [1] American College of Radiology, witryna internetowa http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/MRSafety/safe_mr07.aspx, dostęp styczeń 2008
- [2] American Heart Association, witryna internetowa <http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=3023366>, dostęp styczeń 2008
- [3] Biotronik GmbH & Co. KG, witryna internetowa producenta kardiointerplantów <http://www.biotronik.de>, dostęp styczeń 2008
- [4] Fiek M., Remp T., Reithmann C., Steinbeck G.: *Complete loss of ICD programmability after magnetic resonance imaging*, Pace and Clinical Electrophysiology, Vol. 27, No 7, July 2004
- [5] Gimbel J. R., Kanal E., Schwartz K. M., Wilkoff B. L.: *Outcome of magnetic resonance imaging (MRI) in selected patients with implantable cardioverter defibrillators (ICDs)*, Pace and Clinical Electrophysiology, Vol. 28, No 4, April 2005
- [6] Gryz K., Karpowicz J.: *Przewodnik po źródłach pola i promieniowania elektromagnetycznego w środowisku pracy i życia człowieka*, <http://www.wypadek.pl/index.php?site=polaem/info.php>, dostęp styczeń 2008
- [7] Holmgren Ch., Carlsson T., Mannheimer C., Edvardsson N.: *Risk of Interference from Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on the Sensing Function of Implantable Defibrillators*, Pace and Clinical Electrophysiology, Vol. 31 No 2, February 2008
- [8] Institute for Magnetic Resonance, Safety, Education and Research, witryna internetowa <http://www.imrser.org>, dostęp styczeń 2008
- [9] International Electrotechnical Commission: Medical Electrical Equipment, Part 1: General Requirements for Safety. IEC Standard 601-1-2, 2001
- [10] Konsultant Krajowy w dziedzinie Kardiologii, witryna internetowa <http://www.armwaw.edu.pl/kkk>, dostęp styczeń 2008
- [11] Krawczyk A., Wyszowska J. (red. i oprac.): *Pole elektromagnetyczne w biosferze*, Warszawa: Polskie Towarzystwo Zastosowań Elektromagnetyzmu, 2005
- [12] Luechinger R., Duru F., Scheidegger M. B., Boesiger P., Candinas R.: *Force and Torque Effects of a 1.5-Tesla MRI Scanner on Cardiac Pacemakers and ICDs*, Pace and Clinical Electrophysiology, Vol. 24, No 2, February 2001.
- [13] Medtronic, Inc., witryna internetowa producenta kardiointerplantów <http://www.medtronic.com>, dostęp styczeń 2008
- [14] Nägele H., Azizi M.: *Inappropriate ICD discharge induced by electrical interference from a physiotherapeutic muscle stimulation device*, Herzschrittmachertherapie & Elektrophysiologie, Vol. 17 No 3, September 2006
- [15] Nazarian S., Roguin A., Zviman M. M., Lardo A. C., Dickfeld T. L., Calkins H., Weiss R. G., Berger R. D., Bluemke D. A., Halperin H. R.: *Clinical utility and safety of a protocol for noncardiac and cardiac magnetic resonance imaging of patients with permanent pacemakers and implantable-cardioverter defibrillators at 1.5 Tesla*, Circulation, 2006, n. 114
- [16] Philbin D. M., Marieb M. A., Aithal K. H., Schoenfeld M. H.: *Inappropriate shocks delivered by an ICD as a result of sensed potentials from a transcutaneous electronic nerve stimulation unit*, Pace and Clinical Electrophysiology, Vol. 21 No 10, October 1998
- [17] Pyatt J. R., Trenbath D., Chester M., Connolly D. T.: *The simultaneous use of a biventricular implantable cardioverter defibrillator (ICD) and transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) unit: implications for device interaction*, Europace, Vol. 5 No 1, January 2003
- [18] Roguin A., Zviman M. M., Meininger G. R., Rodrigues E. R., Dickfeld T. M., Bluemke D. A., Lardo A., Berger R.D., Calkins H., Halperin H. R.: *Modern pacemaker and implantable cardioverter/defibrillator systems can be magnetic resonance imaging safe in vitro and in vivo assessment of safety and function at 1.5T*, Circulation, 2004, n. 110.
- [19] Society of Cardiovascular Magnetic Resonance, witryna internetowa <http://www.scmr.org>, dostęp styczeń 2008
- [20] Technomex sp. z o.o., witryna internetowa, producenta sprzętu rehabilitacyjnego <http://www.technomex.com.pl/cgi-bin/productlink.pl?1099092321886>, dostęp styczeń 2008
- [21] The National Library of Medicine and the National Institute of Health, witryna internetowa <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>, dostęp styczeń 2008
- [22] Van Lake P., Mattioni T.: *The effect of therapeutic magnet on implantable pacemaker and defibrillator devices*, Pace and Clinical Electrophysiology, Vol. 23, 2000

Artykuł recenzowany