



# Diatermia chirurgiczna – pierwotne źródło narażenia pracowników ochrony zdrowia na pole elektromagnetyczne

## Surgical diathermy – primary source of health care workers' exposure to electromagnetic fields

Jolanta Karpowicz, Patryk Zradziński, Krzysztof Gryz

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB), ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa, tel. +48 22 623 46 50,  
e-mail: jokar@ciop.pl

### Streszczenie

### Abstract

Charakterystyka elektromagnetycznych zagrożeń dotyczących pracowników ochrony zdrowia podczas zabiegów z użyciem diatermii chirurgicznych (DCH) jest uzależniona od wyposażenia technicznego i konfiguracji przestrzennej sali operacyjnej (lub zabiegowej) oraz organizacji pracy zespołu zabiegowego – determinowanych stanem zdrowia pacjenta, ale również wiedzą i umiejętnościami pracowników organizujących lub przeprowadzających zabiegi. W artykule przeanalizowano wybrane aspekty tego problemu w kontekście wymagań prawa pracy dotyczących oceny pola elektromagnetycznego (pola-EM) w otoczeniu DCH i jego oddziaływania na pracowników. Wykorzystano wyniki badań laboratoryjnych oraz *in situ* w placówkach ochrony zdrowia, które wykazały możliwość bardzo silnego narażenia pracowników przebywających w pobliżu kabli i elektrod zabiegowych DCH. Zaobserwowano również znaczące różnicowanie poziomu pola-EM emitowanego przez DCH użytkowane w różnych trybach pracy, a także znaczące różnicowanie trybów pracy urządzeń wykorzystywanych w poszczególnych placówkach podczas podobnych zabiegów. Sugeruje to możliwość wykorzystania do poszczególnych rodzajów zabiegów DCH o zróżnicowanych parametrach pracy, optymalizowanych celem obniżenia poziomu narażenia na pole-EM zarówno chirurgów, jak i pozostałych członków zespołów zabiegowych. Dotychczas taką optymalizację uwzględniano w niewielkim stopniu w programach stosowania środków ochronnych (ochrony zbiorowej) przed zagrożeniami elektromagnetycznymi.

**Słowa kluczowe:** diatermie chirurgiczne, pole elektromagnetyczne, ekspozycja, bezpieczeństwo i higiena pracy, inżynieria środowiska, inżynieria biomedyczna

The characteristics of electromagnetic hazards concerning health care workers during procedures with the use of surgical diathermy (DCH) depends on the technical equipment and spatial configuration of the surgical chamber (or treatment room) and the organization of the work of the treatment team – determined by the patient's health condition, as well as the knowledge and skills of the staff organizing or carrying out treatments. The article analyzes selected aspects of this problem in the context of labor law requirements regarding the assessment of the electromagnetic field (EMF) near DCH and its impact on workers. The results of studies in laboratory and *in situ* in health care centers were used, which showed the possibility of very strong exposure of workers present in the vicinity of DCH treatment cables and electrodes. There was also a significant variation in the EMF level emitted by DCHs used in different operating modes, as well as a significant variation in the operating modes of devices used in particular medical centers during similar treatments. This suggests possible use in each type of treatment DCH operating at various settings optimized to reduce the EMF exposure of both surgeons and other treatment team members. So far, such optimization to a small extent was taken into account within the programs of applying protective measures (collective protection) against electromagnetic hazards.

**Key words:** surgical diathermy, electromagnetic field, exposure, occupational health and safety, environmental engineering, biomedical engineering

otrzymano / received:

05.06.2021

poprawiono / corrected:

14.06.2021

zaakceptowano / accepted:

21.06.2021

## Wprowadzenie

Cięcie i koagulacja tkanek, z wykorzystaniem termicznych skutków oddziaływania prądów pojemnościowych przepływających między elektrodami zasilanymi wysokim napięciem wielkiej częstotliwości, należą do rutynowych technik wykorzystywanych podczas zabiegów chirurgicznych (Ryc. 1). Zasilanie elektrod diatermii chirurgicznych (DCH) wysokim napięciem, koniecznym do powstania przy elektrodzie czynnej plazmy ułatwiającej przepływ prądu w obwodzie wyjściowym generatora DCH, jest również przyczyną emisji silnego pola elektromagnetycznego (pola-EM) podczas aktywowania urządzenia [1-8].



**Ryc. 1.** Przykładowe wykorzystanie DCH podczas zabiegu chirurgicznego – na zdjęciu wyróżniono uchwyt elektrody zabiegowej (czynnej) w ręku lekarza i kabel łączący ją z generatorem DCH  
Źródło: Zdjęcie ilustracyjne, Andrzej Wrzesiński, East News.

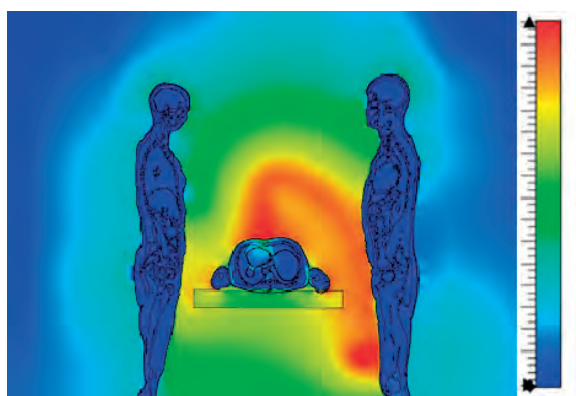
Prawo pracy określa zróżnicowane źródła pola-EM jako [9]:

- a) pierwotne źródło pola-EM rozumiane jako obiekt techniczny zasilany energią elektryczną, naelektryzowany lub magnes trwały emitujący pole-EM w trakcie użytkowania,
- b) wtórne źródło pola-EM rozumiane jako obiekt metalowy podlegający oddziaływaniom zewnętrznego pola-EM emitowanego z innego źródła.

Wprawdzie generatorów DCH najczęściej nie rozpatruje się jako źródeł pola-EM w środowisku pracy (ponieważ metalowa obudowa stanowi skuteczny ekran elektromagnetyczny, kiedy jest uziemiona i „szczelna elektromagnetycznie”), jednak podczas użytkowania tych urządzeń pierwotnymi źródłami pola-EM są (Ryc. 2) [6-7]:

- elektroda zabiegowa (czynna – monopolarna lub bipolarna) przyłączona do wysokiego potencjału elektrycznego wytwarzanego przez generator,
- przewody (kable) łączące generator z elektrodami (czynną i bierną).

Natomiast wtórnymi źródłami pola-EM są metalowe obiekty znajdujące się blisko kabli i generatora, takie jak: stół operacyjny i stoliki narzędziowe, a także ciało człowieka (pacjenta i pracowników). Wskutek sprzężeń pojemnościowych obiekty te stają się wtórnymi źródłami pola-EM głównie, kiedy kable są ułożone bezpośrednio przy nich i mogą w istotny sposób oddziaływać na



**Ryc. 2.** Przykładowa wizualizacja rozkładu przestrzennego natężenia pola elektromagnetycznego powstającego w otoczeniu elektrody zabiegowej i kabla łączącego ją z generatorem DCH w modelu komputerowym scenariusza ekspozycyjnego o geometrii zbliżonej do sytuacji pokazanej na Ryc. 1  
Źródło: Opracowanie własne.

zespół zabiegowy, jednak w każdym przypadku parametry narażenia od źródeł wtórnych są determinowane również poziomem emisji pola-EM ze źródeł pierwotnych.

Zgodnie z wymaganiami prawa pracy poziom narażenia na pole-EM zespołu zabiegowego powinien być okresowo oceniany, a warunki prowadzenia zabiegów (tj. okoliczności techniczne i organizacyjne oraz parametry techniczne użytkowanych urządzeń) tak przygotowane, aby obniżyć poziom narażenia pracowników [9-11]. Ochrona pracowników przed nadmiernym oddziaływaniem pola-EM wymagana jest ze względu na konieczność ograniczania zagrożeń bezpieczeństwa i zdrowia, jakie mogą wynikać z biofizycznych skutków bezpośredniego oddziaływania pola-EM na organizm człowieka (takich jak skutki termiczne i elektrostymulacja w układzie nerwowym) oraz skutków pośredniego oddziaływania na obiekty materialne w środowisku pracy (takich jak prądy kontaktowe i zakłócenia w funkcjonowaniu implantów medycznych) [9-11].

Systematyczna analiza warunków prowadzenia zabiegów chirurgicznych, w kontekście omawianych zjawisk elektromagnetycznych towarzyszących użytkowaniu DCH, wykazała, że narażenie zespołu zabiegowego na pole-EM jest uzależnione od zróżnicowanych okoliczności, odnoszących się głównie do [6-7]:

- składu i miejsca przebywania zespołu zabiegowego,
- rodzaju wykorzystywanych elektrod czynnych (monopolarna, bipolarna, endoskopowa, itd.),
- geometrii rozmieszczenia elektrod i kabli łączących elektrody z generatorem (w szczególności w pobliżu ciała pacjenta i osób znajdujących się w jego pobliżu),
- miejsca ustawienia generatora i znajdujących się w pobliżu materialnych elementów wyposażenia sali operacyjnej,
- trybu pracy diatermii określonego przez częstotliwość i rodzaj modulacji oraz napięcie i natężenie prądu elektrycznego zasilającego elektrody, czyli moc wyjściową generatora.

Lekarz operator jest narażony na pole-EM w każdym przypadku użycia DCH, ponieważ znajduje się bezpośrednio przy pierwotnym źródle pola-EM [1-8]. Inne osoby narażone są na



pole-EM w stopniu zależnym od wspomnianych warunków prowadzenia zabiegu determinowanych konfiguracją pierwotnych i wtórnych źródeł pola-EM. Wobec tego, wszystkich osób przebywających w sali operacyjnej / zabiegowej dotyczą omawiane zagrożenia elektromagnetyczne, a narażenie operatora determinowane jest głównie przez parametry pracy źródła pola-EM.

## Metody badań

Wobec dominującej roli parametrów pierwotnego źródła pola-EM przeanalizowano zróżnicowanie poziomu pola-EM emitowanego przez typowe DCH przy różnych nastawach parametrów pracy generatorów. Relacjonowane badania doświadczalne obejmują pomiary pola elektrycznego (E, w voltach na metr, V/m) i pola magnetycznego (H, w amperach na metr, A/m) wykonane w warunkach laboratoryjnych oraz *in situ* w placówkach ochrony zdrowia. Rozpoznanie warunków użytkowania DCH obejmowało także pomiary oscyloskopowe zależności parametrów emitowanego przez nie pola-EM od nastaw trybów pracy urządzeń.

Warunki użytkowania DCH w różnorodnych procedurach medycznych były systematycznie analizowane również na podstawie konsultacji i badań kwestionariuszowych z pracownikami placówek medycznych.

Zakres pomiarów pola-EM dostosowano do wymagań, dotyczących zakresu oceny narażenia pracujących, określonych w Rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 czerwca 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pole-EM [DzU 2018, poz. 331] oraz wymagań, dotyczących miar narażenia na pole-EM, określonych w Rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [DzU 2018, poz. 1286] [9-10]. Zgodnie z tymi wymaganiami badania doświadczalne obejmowały pomiary rozkładu przestrzennego wartości równoważnej natężenia niezaburzonego pola elektrycznego (E) i pola magnetycznego (H), tj. pola, którego rozkład przestrzenny nie został zmieniony obecnością osób i obiektów materialnych, które nie są statycznymi elementami wyposażenia przestrzeni pracy.

Pomiary prowadzono z wykorzystaniem szerokopasmowego miernika wartości skutecznej natężenia pola E (o zakresie pomiarowym 0,8-1300 V/m, w paśmie 0,1-3000 MHz) i pola H (o zakresie pomiarowym 0,02-16 A/m, w paśmie 0,3-30 MHz) wzorcowanego w akredytowanym laboratorium CLOP-PIB (certyfikat Polskiego Centrum Akredytacji nr AP 061). Wykonanie miarodajnych badań niezaburzonego pola-EM podczas rzeczywistego zabiegu chirurgicznego jest niemożliwe ze względu na wymagania higieniczno-sanitarne i wymagania techniczne dotyczące oceny pola-EM. Relacjonowane badania wykonano podczas użytkowania DCH z fantomem rezystancyjnym zapewniającym stabilną pracę urządzeń.

W przypadku pola-EM sinusoidalnie zmiennego w czasie – tj. np. podczas pracy w trybie cięcie – wartości równoważne natężenia pola-E i pola-M ocenia się bezpośrednio na podstawie wyników pomiarów wartości skutecznej, a w przypadku emisji modulowanego pola-EM – tj. np. podczas pracy w trybie koagulacja – z wykorzystaniem współczynników korekcyjnych ustalonych na podstawie oscyloskopowej analizy zmienności w czasie mierzonego pola oraz właściwości metrologicznych użytych mierników. Rozpoznanie zmienności w czasie pola-EM prowadzono metodą oscyloskopową uzupełnioną o analizę jego widma częstotliwości metodą szybkiej transformaty Fouriera (FFT).

## Wyniki badań i dyskusja

Dotychczasowe badania wykazały jednoznacznie, że podczas użytkowania DCH zespół zabiegowy podlega narażeniu na pole-EM o poziomie znacznie zróżnicowanym przestrzennie i w dziedzinie czasu. Przeprowadzone rozpoznanie wykazało, że do typowych zabiegów stosowane są moce wyjściowe generatora DCH zasilającego elektrody, dostosowane do specyfiki przeprowadzanej procedury medycznej, w zakresie od pojedynczych watów, wykorzystywanych np. do zabiegów okulistycznych i dermatologicznych, poprzez zakres ok. 5-50 W podczas zabiegów elektrodą bipolarną, do zakresu ok. 30-200 W podczas zabiegów elektrodą monopolarną (tabela 1).

**Tabela 1.** Typowe nastawy DCH stosowane przy różnych zabiegach oraz towarzyszący im poziom pola-EM przy kablach zasilających elektrody zabiegowe

Zabiegi	Cięcie		Koagulacja	
	Moc wyjściowa P, W	Natężenie pola elektrycznego E, V/m	Moc wyjściowa P, W	Natężenie pola elektrycznego E, V/m
Chirurgiczne	80-150	400-700	65-100	580-1000
Kardiologiczne	25-35	90-120	60-200	630-1200
Ginekologiczne	65-70	230-350	80-100	380-1100
Dermatologiczne	20-30	150-300	60-75	130-800
Okulistyczne	---	---	10-20 (bi-koagulacja)	20-30

Natężenie pola elektrycznego zmierzone w odległości 10 cm od kabli zasilających elektrody zabiegowe.

Źródło: Opracowanie własne.

W tabeli 2 zestawiono przykładowo typowe zasięgi niezaburzonego pola-EM w otoczeniu kabli zasilających elektrody DCH zmierzone przy nastawach generatorów wskazanych przez pracowników różnych placówek medycznych jako typowe podczas zróżnicowanych zabiegów chirurgicznych. Jeśli nie przeprowadzono dokładnej oceny poziomu oddziaływania pola-EM na operatora i zespół zabiegowy, to na podstawie pomiarów pola-EM, wykonanych w różnych placówkach podczas użytkowania DCH ze średnią lub dużą mocą wyjściową, osoby przebywające w odległości do ok. 100 cm od kabli zasilających elektrody monopolarne należy traktować jako podlegające oddziaływaniu pola-EM stref ochronnych (tj. narażeniu kontrolowanemu), a w odległości do ok. 20 cm – oddziaływaniu pola-EM strefy niebezpiecznej (tj. narażeniu niebezpiecznemu). W takich warunkach w odległości

**Tabela 2.** Zasięgi niezaburzonego pola-EM przy kablach zasilających elektrody przy typowych nastawach DCH

Nastawa generatora DCH	Zasięg pola-EM, cm		
	PPSN	PPSP	> IPNob
Koagulacja swift, moc 6/10 (200 W)	< 20	100	40
Koagulacja fulgurate, moc 80 W	< 20	115	40
Koagulacja spray, moc 100 W, efekt 1	< 20	115	40
Koagulacja forced, moc 50 W, efekt 1	< 20	95	40
Koagulacja forced, moc 100 W	< 20	95	40
Koagulacja swift, moc 70 W, efekt 4	< 10	90	30
Koagulacja endo spray, efekt 8/9 (moc 180 W)	< 20	100	40
Koagulacja endo coag, efekt 2/9 (moc 45 W)	< 10	90	30
Koagulacja endo spray, efekt 9/9 (moc 200 W)	< 20	115	40
Koagulacja forced, moc 80 W, efekt 2	< 20	95	40
Koagulacja forced, moc 25 W	< 10	75	20

PPSN – zasięg przestrzeni pola-EM strefy niebezpiecznej, w której w razie narażenia pracowników obowiązują wymagania prawa pracy dotyczące narażenia niebezpiecznego [7, 9, 11].

PPSP – zasięg przestrzeni pola-EM stref ochronnych (to jest zasięg pola-EM strefy pośredniej), w której w razie narażenia pracowników obowiązują wymagania prawa pracy dotyczące narażenia kontrolowanego [7, 9, 11].

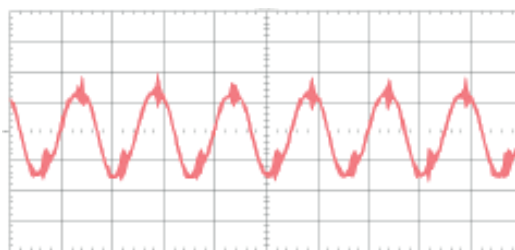
IPNob – poziom narażenia na pole-EM, przy którym wymagana jest ocena bezpośrednich skutków oddziaływania pola-EM w odniesieniu do limitów GPO [7, 9, 11].

Źródło: Opracowanie własne.

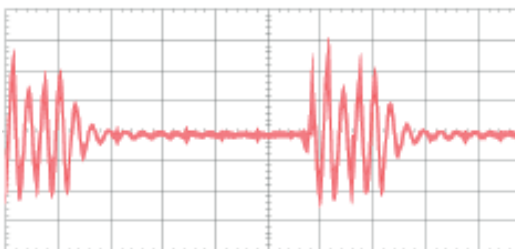
do ok. 50 cm od kabli zasilających monopolarną elektrodę zabiegową poziom narażenia pracowników wymaga również oceny odnoszącej się do miar skutków bezpośredniego oddziaływania pola-EM na operatora i zespół zabiegowy (tj. oceny z wykorzystaniem wyników modelowania komputerowego parametrów pola-EM indukowanego w organizmie) [7, 9].

Poziom pola-EM (niezaburzonego) w pobliżu kabli zasilających elektrody jest uzależniony od napięcia wyjściowego generatora, a więc zależy od jego bieżących nastaw. Urządzenia użytkowane w Polsce są z reguły wyposażone w układy elektroniczne i oprogramowanie, które umożliwiają nie tylko manualne regulowanie trybu pracy DCH w czasie rzeczywistym podczas zabiegu, ale również wcześniejsze zaprogramowanie parametrów pracy diatermii w wielu konfiguracjach parametrów określających przebieg zmienności w czasie napięcia wyjściowego generatora i jego mocy wyjściowej, wybieranych później manualnie z listy programów podczas zabiegu. W wielu urządzeniach konfiguracja pracy DCH w poszczególnych programach definiowana jest przez 3 parametry: (i) jeden z predefiniowanych przez producenta trybów cięcia lub koagulacji, (ii) tzw. efekt i (iii) moc wyjściowa generatora. Zakres nastaw, dotyczący głównie wyboru programów cięcia lub koagulacji i zakresu dostępnej dla nich mocy wyjściowej, determinowany jest przez typ urządzenia. Programowanie różnych konfiguracji parametrów pracy DCH wykonują zarówno pracownicy inżynierijno-techniczni (np. podczas przeglądów technicznych lub napraw urządzeń), jak i pracownicy medyczni (pielęgniarki i lekarze) dostosowujący je do warunków prowadzenia poszczególnych procedur medycznych. Uzupełniająco parametry pracy DCH mogą być regulowane również podczas zabiegów. Przykładowe wyniki systematycznej oceny zależności przebiegów zmienności w czasie pola-EM,

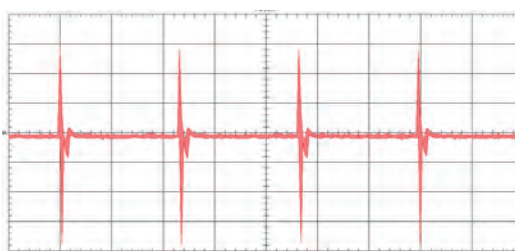
a) Cięcie – rozdzielczość: 0,2 V/dz



b) Koagulacja forced – rozdzielczość: 0,2 V/dz



c) Koagulacja spray – rozdzielczość: 1 V/dz



**Ryc. 3.** Przykładowe przebiegi zmienności w czasie pola-EM emitowanego podczas użytkowania typowych DCH w różnych trybach pracy

Źródło: Opracowanie własne.

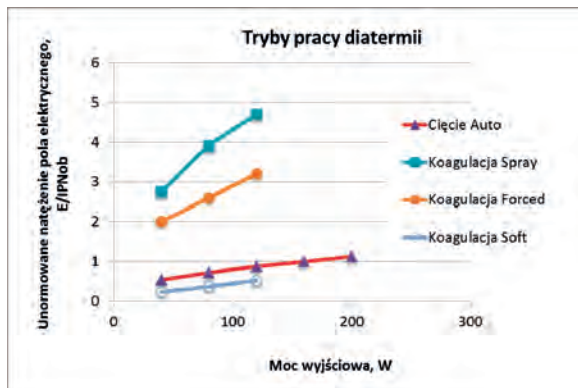
emitowanego podczas użytkowania typowych DCH w różnych trybach pracy, zaprezentowano na Ryc. 3.

Ze względu na wspomniane zróżnicowanie zmienności w czasie napięcia wyjściowego generatora DCH poziom natężenia pola elektrycznego w otoczeniu elementów DCH (będących pierwotnymi źródłami pola-EM) i narażenia członków zespołu zabiegowego zależy nie tylko od mocy wyjściowej DCH, ale w znacznym stopniu również od jej trybu pracy (Ryc. 4). Szczególnej uwagi wymaga w tym kontekście, że nie zaobserwowano liniowej zależności poziomu emitowanego pola-EM od mocy wyjściowej DCH – zależnie od trybu pracy i konstrukcji generatora (to jest typu i producenta urządzenia) relacje te przybierają zróżnicowane zależności funkcyjne (Ryc. 5). Rozpoznanie tego zagadnienia metodami pozapomiarowymi jest utrudnione, ponieważ nazewnictwo trybów pracy urządzeń różnego typu nie zostało dotychczas zunifikowane. Przykładowo, w różnych typach DCH stosowane są nazwy trybów pracy cięcia: Cięcie, Cięcie pure, Cięcie auto, Cięcie dry, Cięcie blend, Cięcie endo, Cięcie polipo, Cięcie uro, natomiast nazwy trybów pracy koagulacji: Koagulacja, Koagulacja dry, Koagulacja uro, Koagulacja forced, Koagulacja spray, Koagulacja fulgurate, Koagulacja swift i Koagulacja soft.



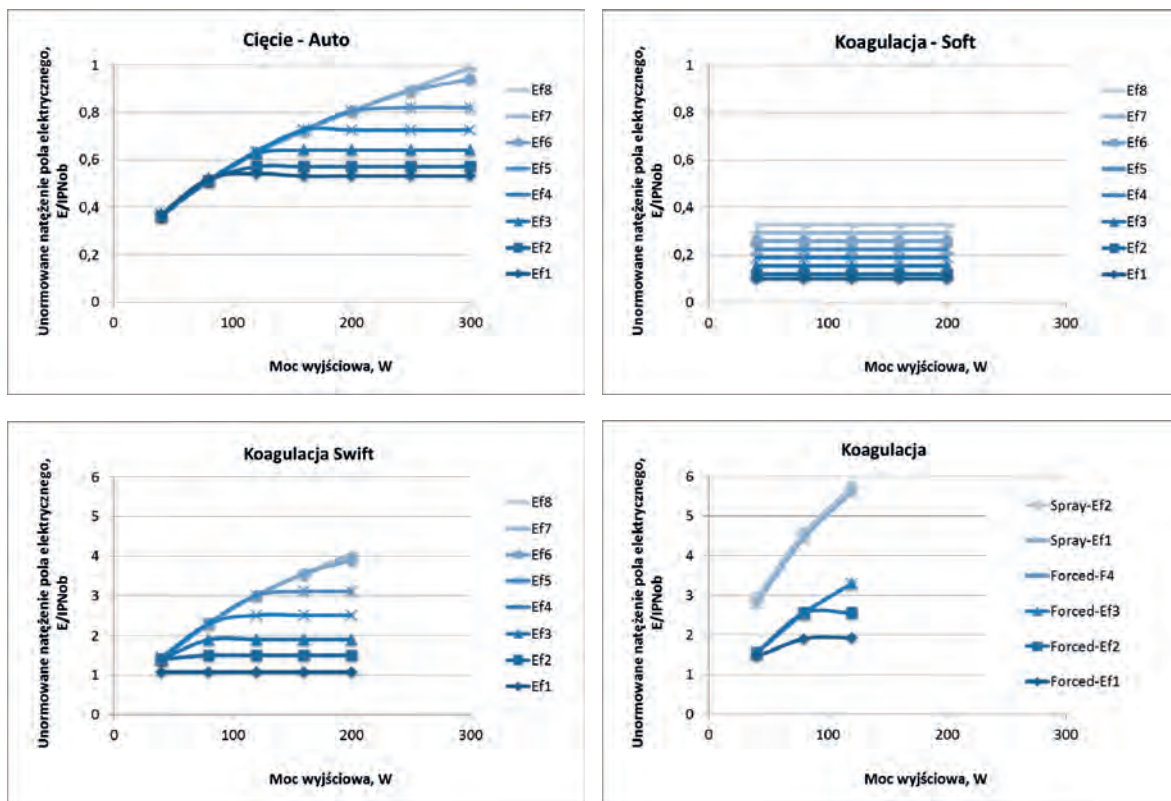
Podczas badań zaobserwowano również, że zmienność w czasie pola-EM bywa znacząco różna w trybach pracy DCH o określonej nazwie, ale emitowanego przez urządzenia różnego typu.

Z omawianych badań wynika, że podczas wielu rodzajów zabiegów narażenie pracowników na pole-EM, emitowane przed DCH, może osiągać poziom na tyle wysoki, że prawo pracy wymaga jego rozpoznania i okresowej oceny, a także ograniczania bezpośrednich i pośrednich zagrożeń elektromagnetycznych w środowisku pracy poprzez stosowanie odpowiednich środków ochronnych.



Ryc. 4. Przykładowe zależności poziomu natężenia pola elektrycznego, zmierzonego przy kablu zasilającym elektrodę czynną DCH, od jej mocy wyjściowej oraz trybu pracy  
Źródło: Opracowanie własne.

Planowane są dalsze, szersze badania modelowe i środowiskowe zagrożeń elektromagnetycznych, podczas użytkowania DCH, ukierunkowane na opracowanie metody oceny takich zagrożeń w zróżnicowanych warunkach użytkowania urządzeń w bloku operacyjnym oraz możliwości ich ograniczania. Dokładniejsze rozpoznanie zależności parametrów omawianych zagrożeń od złożonych parametrów pracy DCH powinno ułatwić taką organizację pracy zespołów zabiegowych, aby przy optymalnych parametrach pracy urządzenia były skutecznie użytkowane podczas różnych procedur medycznych, a równocześnie jak naj-słabiej oddziaływały elektromagnetycznie na uczestniczących w nich pracowników. Przy wdrażaniu efektywnej ochrony przed zagrożeniami elektromagnetycznymi konieczna jest również dobra współpraca personelu medycznego (użytkującego DCH) i inżynierjno-technicznego (zabezpieczającego sprawność techniczną i właściwe funkcjonowanie urządzeń, w tym uczestniczącego w programowaniu parametrów DCH do poszczególnych rodzajów procedur medycznych) poparta właściwym postrzeganiem natury zjawisk elektromagnetycznych towarzyszących nieodłącznie użytkowaniu DCH, ale również zrozumieniem konieczności ograniczania narażenia pracowników, na ile można ją pogodzić z wymaganiami technicznymi prowadzonych zabiegów medycznych.



Ryc. 5. Zmienność natężenia pola elektrycznego w zależności od mocy wyjściowej DCH i ich trybów pracy (Ef1... Ef8 – nastawy funkcji „efekt” generatora DCH)  
Źródło: Opracowanie własne.

## Podsumowanie

Charakterystyka elektromagnetycznych zagrożeń, dotyczących pracowników ochrony zdrowia podczas zabiegów z użyciem DCH, jest uzależniona w znacznym stopniu od wiedzy i umiejętności pracowników organizujących warunki funkcjonowania sal operacyjnych lub przeprowadzających zabiegi.

W wyniku analizy wybranych aspektów tego problemu w kontekście wymagań prawa pracy, dotyczących oceny parametrów pola-EM w środowisku pracy i jego oddziaływania na pracowników, w oparciu o wyniki badań pola-EM, wykonanych w warunkach laboratoryjnych oraz *in situ* w placówkach ochrony zdrowia, wykazano możliwość bardzo silnego narażenia pracowników przebywających w pobliżu kabli i elektrod zabiegowych DCH. Zaobserwowano znaczące zróżnicowanie poziomu pola-EM emitowanego przez DCH użytkowane w różnych trybach pracy, a także znaczące zróżnicowanie trybów pracy urządzeń wykorzystywanych w różnych placówkach podczas podobnych zabiegów.

Sugeruje to możliwość wykorzystania w poszczególnych rodzajach zabiegów DCH o parametrach pracy optymalizowanych celem obniżenia poziomu narażenia na pole-EM zarówno chirurgów, jak i pozostałych członków zespołów zabiegowych.

Dotychczas taką optymalizację uwzględniano w niewielkim stopniu w programach stosowania środków ochronnych (ochrony zbiorowej) przed zagrożeniami elektromagnetycznymi, formalnie wymaganych przez przepisy transponujące wymagania dyrektywy europejskiej 2013/35/UE do systemu prawa pracy w Polsce.

## Podziękowania

Autorzy dziękują lekarzom, pielęgniarkom i pracownikom inżynierjno-technicznym za udział w konsultacjach dotyczących warunków użytkowania DCH, prowadzonych w ramach relacjonowanych badań.

Publikacja opracowana na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” finansowanego w latach 2020-2022 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum

Badań i Rozwoju (projekt II.PB.17). Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

## Piśmiennictwo

1. J. Karpowicz: *Environmental and Safety Aspects of the use of EMF in Medical Environment*, [in:] M. Markov (red.): *Electromagnetic Fields in Biology and Medicine*, CRC Pres-Taylor & Francis Group, Rozdział 21, 2015, 341-362.
2. M. De Marco, S. Magi: *Evaluation of Stray Radiofrequency Radiation Emitted by Electrosurgical Devices*, *Phys. Med. Biol.*, 51, 2006, 3347-3358.
3. K. Gryz, J. Karpowicz: *Zagrożenia elektromagnetyczne przy elektrochirurgii – ocena ekspozycji pracowników na pole elektromagnetyczne i prądy indukowane w organizmie*, *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 57(2), 2006, 165-175.
4. K. Gryz, J. Karpowicz, P. Zradziński: *Pole elektromagnetyczne przy urządzeniach elektrochirurgicznych – ocena ryzyka zawodowego*, *Bezpieczeństwo Pracy: Nauka i Praktyka*, 5, 2008, 16-21.
5. J. Karpowicz, K. Gryz, W. Leszko, P. Zradziński: *Zobiektywizowana ocena narażenia chirurgów na radiofale pole elektromagnetyczne – w kontekście czasu narażenia oraz polskich i znowelizowanych międzynarodowych wymagań dotyczących ochrony pracowników*, *Medycyna Pracy*, 64(4), 2013, 487-501, doi.org/10.13075/mp.5893.2013.0044.
6. J. Karpowicz, K. Gryz, W. Leszko, P. Zradziński: *Profilaktyka zagrożeń elektromagnetycznych podczas korzystania z diatermii chirurgicznych*, *Inżynier i Fizyk Medyczny*, 2(5), 2013, 269-274.
7. J. Karpowicz, P. Zradziński, K. Gryz: *Elektromagnetyczne aspekty użytkowania diatermii chirurgicznych – pilotowe badania modelowe ekspozycji pracowników*, *Inżynier i Fizyk Medyczny*, 6(9), 2020, 445-455.
8. M. Radczuk, J. Kasprzak, R. Nowak: *Badania nad narażeniem na pole elektromagnetyczne pochodzące od diatermii chirurgicznych pracujących na blokach operacyjnych*, *Hygeia Public Health*, 48(4), 2013, 545-552.
9. *Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 czerwca 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pola elektromagnetyczne*, DzU 2016, poz. 331.
10. *Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Załącznik 2. Część E: Pole elektromagnetyczne*, DzU 2018, poz. 1286.
11. J. Karpowicz, K. Gryz: *Pole elektromagnetyczne*, [w:] M. Pośniak, J. Skowroń (red.): *Czynniki szkodliwe w środowisku pracy – wartości dopuszczalne*, Warszawa, CIOP-PIB, 2020, 213-237.