

Marek Zmysłony
Paweł Mamrot
Piotr Politański

EKSPOZYCJA PIELĘGNIAREK NA POLA ELEKTROMAGNETYCZNE*

EXPOSURE OF NURSES TO ELECTROMAGNETIC FIELDS

Z Pracowni Zagrożeń Elektromagnetycznych
Zakładu Zagrożeń Fizycznych
Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

STRESZCZENIE

Wstęp. Urządzenia wytwarzające pola elektromagnetyczne (PEM) z zakresu 0–300 GHz są szeroko wykorzystywane w medycynie, zarówno zabiegowej jak i w diagnostyce. W związku z tym znaczna liczba lekarzy i średniego personelu medycznego może być ekspozycja na takie pola. O ile w przypadku pacjentów ekspozycja, niekiedy bardzo wysoka, jest nieunikniona (a nawet wskazana), o tyle dla pracowników medycznych powinna być ograniczana. **Materiał i metody.** Ocena ekspozycji pielęgniarek na PEM przeprowadzono w oparciu o analizę wielkości PEM w otoczeniu aparatów do obrazowania metodą rezonansu magnetycznego oraz aparatów do elektrochirurgii, które są jednymi z najsilniejszych źródeł PEM, jakie występują w służbie zdrowia. Dokonywano jej w oparciu o analizę wyników pomiarów PEM, wykonanych wg obowiązujących w Polsce PN, wykorzystując przepisy higieniczne. Do analizy wykorzystano wyniki pomiarów, wykonywanych przez Instytut Medycyny Pracy w Łodzi oraz zebrane w Centralnej Bazie Danych o Źródłach PEM, prowadzonej na zlecenie Głównego Inspektora Sanitarnego przez Instytut Medycyny Pracy. **Wyniki.** Stwierdzono, że ekspozycja pielęgniarek na PEM emitowane przez urządzenia MRI i aparaty do elektrochirurgii jest zgodnie z polskimi przepisami higienicznymi pomijalna lub dopuszczalna. **Wnioski.** Stwierdzono, że pracę pielęgniarek w warunkach ekspozycji na PEM emitowane przez urządzenia MRI, jak również pracę pielęgniarek asystujących przy zabiegach z użyciem aparatu do elektrochirurgii, można uznać za bezpieczną, tj. nie powinna stanowić ona zagrożenia dla ich zdrowia. Med. Pr. 2004; 55 (2): 183–187

SŁOWA KLUCZOWE: urządzenia MRI, aparaty do elektrochirurgii, ekspozycja zawodowa

ABSTRACT

Background: Devices that produce electromagnetic fields (EMF) within the range of 0–300 GHz are widely used in surgical and diagnostic procedures. As a result a large number of physicians and other groups of medical personnel may be exposed to EMF. Even if patients' exposure, sometimes quite high, is inevitable or even recommended, medical personnel should be substantially protected against EMF exposure. **Materials and Methods:** Evaluation of nurses' exposure to EMF was based on an analysis of EMF magnitudes in the surrounding of magnetic resonance imaging (MRI) and electrosurgical units. These two kinds of apparatus are the strongest EMF sources in health service facilities. The measurements were performed according to the norms and hygiene regulations binding in Poland. Measurements performed by the Nofer Institute of Medicine in Łódź, and data collected by the Central Database on EMF Sources were used in the analysis. The Central Database is run by the Nofer Institute of Medicine at the behest of the Chief Sanitary Inspector. **Results:** The study showed that nurses' exposure to EMF emitted by MRI and electrosurgical units complies with Polish norms and hygiene regulations and can be classified as negligible or allowable. **Conclusions:** It was found that work of nurses in exposure to EMF emitted by MRI and electrosurgical units can be regarded as safe, which means that their health should not be endangered by the performed job. Med Pr 2004; 55 (2): 183–187

KEY WORDS: MRI apparatus, electrosurgical apparatus, occupational exposure

Adres autorów: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail: zmyslmar@imp.lodz.pl

Nadesłano: 22.01.2004

Zatwierdzono: 4.03.2004

© 2004, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

WSTĘP

Urządzenia wytwarzające pola elektryczne i magnetyczne (elektromagnetyczne) z zakresu 0–300 GHz są szeroko wykorzystywane w medycynie, zarówno zabiegowej (np. aparaty do elektrochirurgii), jak i diagnostyce (np. aparaty do obrazowania rezonansem magnetycznym) czy fizykoterapii (aparaty do nagrzewania pojemnościowego, indukcyjnego, diatermie mikrofalowej, aparaty do leczenia stałym i modulowanym polem magnetycznym). W związku z tym znaczna liczba lekarzy i średniego personelu medycznego może być ekspozycja na takie pola. O ile w przypadku pacjentów ekspozycja, niekiedy bardzo wysoka, jest nieunikniona (a nawet wskazana), o tyle dla pracowników medycznych powinna być ograniczana.

Polskie przepisy higieniczne, dotyczące pracy w polach elektromagnetycznych (PEM), nakazują przy każdym urządzeniu je wytwarzającym wykonywać pomiary kontrolne przynajmniej raz na 3 lata (1) w celu wyznaczenia zasięgu stref ochronnych i oceny ekspozycji personelu. Przepisy wyróżniają trzy strefy ochronne, w których obowiązują różne zasady przebywania (2):

- strefę niebezpieczną (zakaz przebywania bez środków ochrony osobistej);
- strefę zagrożenia (czas limitowany w zależności od wartości PEM);
- strefę pośrednią (przebywanie dopuszczalne przez całą zmianę roboczą).

W strefach ochronnych mogą przebywać przeszkoleni pracownicy, u których w wyniku przeprowadzonych wstępnych i okresowych badań lekarskich wykluczono przeciwwskazania do pracy w PEM. Obowiązek wykonywania pomiarów PEM, badań lekarskich ekspozowanych pracow-

* Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 8.8 pt. „Ocena warunków ekspozycji pacjentów i personelu medycznego na pola elektromagnetyczne w diagnostyce i terapii w odniesieniu do przepisów krajowych, UE oraz wytycznych WHO”. Kierownik tematu: dr H. Aniołczyk.



ników oraz ich szkolenia spoczywa na pracodawcy. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów pracodawca powinien opracować instrukcję bhp, precyzującą zasady przebywania personelu przy konkretnych urządzeniach. Należy również pamiętać, że w zasięgu stref ochronnych nie wolno pracować kobietom w ciąży (3).

Wiele z urządzeń stosowanych w medycynie emituje PEM, osiągające w miejscach przebywania personelu medycznego wartości odpowiadające strefom ochronnym. Do najczęściej spotykanych i emitujących najsilniejsze PEM należą aparaty do elektrochirurgii oraz aparaty do obrazowania rezonansem magnetycznym.

MATERIAŁ I METODY

Ocenę ekspozycji pielęgniarek na PEM przeprowadzono w oparciu o analizę wielkości PEM w otoczeniu aparatów do obrazowania metodą rezonansu magnetycznego oraz aparatów do elektrochirurgii.

Obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego (MRI) jest nowoczesną i bardzo dokładną pomocą dla lekarza, przedstawiając obraz przekrojów narządów wewnętrznych. Ten „obraz magnetyczny” dostarcza bardzo dużo dokładnych informacji dotyczących rozmieszczenia, wielkości i składu badanych tkanek ciała. W silnym polu magnetycznym, wytwarzanym przez urządzenie, jądra atomów tworzących ludzkie tkanki wysyłają sygnały elektryczne. Takie sygnały odbiera okrągła antena umieszczona wokół pacjenta. Intensywność sygnałów jest różna w zależności od typu tkanki. Komputer przyporządkowuje sygnały odpowiednim punktom w badanych rejonach ciała i przetwarza je na obraz widoczny na ekranie. W trakcie badania wraz ze stałym polem magnetycznym urządzenie emituje również impuls PEM z zakresu wielkich częstotliwości (w.cz.), którego częstotliwość decyduje o wyborze obrazowanego przekroju. Jednoczesna ekspozycja na stałe pole magnetyczne i pole w.cz. dotyczy w zasadzie jedynie pacjentów, jako że pole w.cz. włączane jest jedynie podczas badania, a wówczas personel znajduje się w dużej odległości od urządzenia (aparat instalowany jest w osobnym pomieszczeniu).

Pomiary zostały wykonane w otoczeniu aparatów produkcji firmy Philips typu Gyroscan INTERIA 0,5 T, Gyroscan INTERIA 1,5 T oraz Gyroscan NT 5.

Aparaty do elektrochirurgii (niekiedy zwane w Polsce od nazwy najpopularniejszej serii tych urządzeń lancetronami) stanowią dotychczas niezastąpione narzędzie do wykonywania zabiegów cięcia, cięcia z hemostazą, koagulacji oraz bikoagulacji tkanek miękkich. W zależności od mocy (od 20 W nawet do 400 W) stosowane są na salach operacyjnych, ale również w małej chirurgii – chirurgii stomatologicznej, ginekologii, w dermatologii, w kosmetyce itp. W swoim działaniu wykorzystują one PEM o różnych częstotliwościach (najczęściej 330 kHz, 440 kHz, 1,76 MHz). Schemat blokowy wszystkich urządzeń jest podobny – składają się one z generatora mocy, przewodu do przesyłania mocy i wymiennych

elektrod. Źródłem PEM, na które może być ekspozowany personel uczestniczący w wykonywaniu zabiegu, są wszystkie te elementy, przy czym z punktu widzenia osób przy nim asystujących największe znaczenie mają nieekranowane przewody do przesyłania mocy, gdyż generator emituje pola słabe, krótkozasięgowe – rzędu do kilkunastu centymetrów od urządzenia (4) – a z kolei silne promieniowanie elektrody działa jedynie na pacjenta i dłoń operatora.

Ocenę ekspozycji wykonywano w oparciu o analizę wyników pomiarów PEM, wykonanych wg obowiązujących w Polsce PN (5), wykorzystując przepisy higieniczne (2). Do analizy wykorzystano wyniki pomiarów wykonywanych przez Instytut Medycyny Pracy w Łodzi oraz zebrane w Centralnej Bazie Danych o Źródłach PEM, prowadzonej na zlecenie Głównego Inspektora Sanitarnego przez Instytut Medycyny Pracy. Analizą objęto 3 aparaty do obramowań rezonansem magnetycznym oraz 2289 aparatów do elektrochirurgii różnych typów i różnej mocy (głównie BK-15, Elektrotom 400 i 500, ERB ICC 300, Excalibur Plus, G-8, G-120, G-500, GT-50, GT-55, GT-300, GT-400, GT-500, GTF-400).

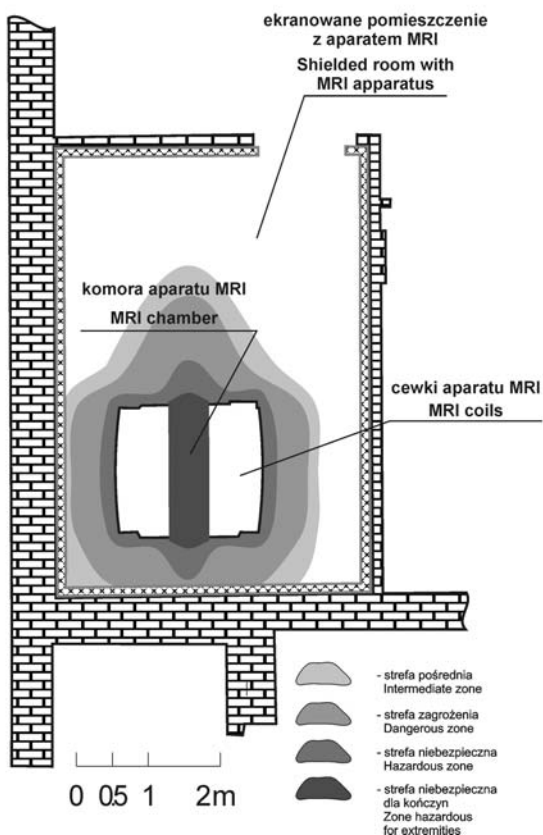
WYNIKI

W Instytucie Medycyny Pracy w Łodzi wykonano pomiary w pobliżu manipulatorów aparatów MRI, pracujących z indukcją magnetyczną 0,5 T i 1,5 T. Wykazały one, że w miejscu przebywania pielęgniarki stałe pole magnetyczne ma wartość od około 7 mT (dla aparatów 0,5 T) do 83 mT przy urządzeniu wykorzystującym indukcję 1,5 T. Takie wartości pola odpowiadają strefie pośredniej i zagrożenia. Wartości indukcji magnetycznej są znacznie wyższe wewnątrz komory rezonansu magnetycznego. Pomiary wykazały, że dla urządzeń typu 0,5 T pole w miejscach dostępnych dla rąk pielęgniarki osiąga wartości indukcji magnetycznej około 70 mT, a dla urządzeń typu 1,5 T nawet 180 mT (jest to wartość ze strefy niebezpiecznej). Na ryc. 1 zaznaczono zasięgi stref ochronnych w otoczeniu urządzenia MRI pracującego z wykorzystaniem pola magnetycznego 1,5 mT (6).

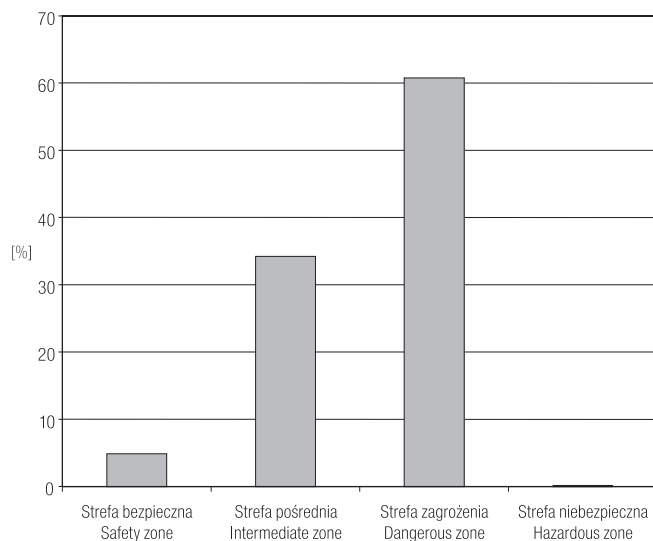
Wyniki pomiarów wykonanych wokół 2289 aparatów do elektrochirurgii różnych typów i różnej mocy zebranych w Centralnej Bazie Danych o Źródłach PEM przedstawiono na ryc. 2. Wynika z niej, że przewody prawie 95% urządzeń są źródłem PEM o wartościach odpowiadających strefom ochronnym, przy czym około 35% przewodów jest źródłem PEM, odpowiadających strefie pośredniej a 60% strefie zagrożenia.

Na ryc. 3 przedstawiono liczbę urządzeń, których przewody emitują PEM o wartościach odpowiadających strefom ochronnym, w zależności od stosowanej podczas zabiegu mocy. Z ryc. 3a wynika, że w otoczeniu przewodów około 23% urządzeń o mocy do 50 W nie występują strefy ochronne, strefa pośrednia występuje przy 46%, a zagrożenia przy 31% urządzeń. Dla urządzeń wytwarzających podczas zabiegu moc ponad 300 W, tylko 2% emituje PEM o wartościach ze strefy bezpiecznej, a ponad 63% ze strefy zagrożenia (ryc. 3b).

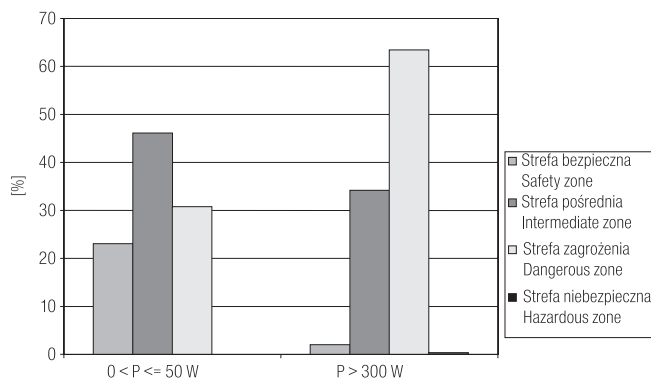




Ryc. 1. Rozkład stref ochronnych w otoczeniu aparatu do obrazowania rezonansem magnetycznym (MRI) pracującym z wykorzystaniem pola magnetycznego 1,5 mT (5).
Fig. 1. Distribution of protection zones surrounding magnetic resonance imaging (MRI) apparatus involving the use of magnetic field of 1.5 mT (5).

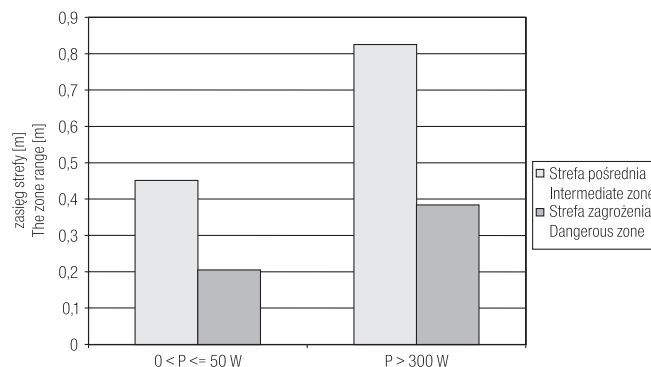


Ryc. 2. Analiza częstości występowania stref ochronnych w otoczeniu przewodów do przesyłu mocy 2289 aparatów do elektrochirurgii (odsetek urządzeń, przy których występują poszczególne strefy) dokonana na podstawie Centralnej Bazy Danych o Źródłach PEM (Instytut Medycyny Pracy w Łodzi).
Fig. 2. An analysis of frequencies of protective zones surrounding power conductors of 2289 electrosurgical units (percent of devices with individual surrounding zones) based on the data collected by the Central Database on EMF Sources, Nofer Institute of Occupational Medicine.



Ryc. 3. Analiza częstości występowania stref ochronnych w otoczeniu przewodów do przesyłu mocy aparatów do elektrochirurgii (odsetek urządzeń, przy których występują poszczególne strefy): a) o mocy do 50 W (liczba urządzeń 325), b) o mocy powyżej 300 W (liczba urządzeń 550) (na podstawie Centralnej Bazy Danych o Źródłach PEM Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi).

Fig. 3. An analysis of frequencies of protective zones surrounding power conductors of electrosurgical unit (percent of devices with surrounding individual zones): (a) power up to 50 W (325 units); (b) power over 300 W (550 units) (Based on the Central Database on EMF Sources, Nofer Institute of Occupational Medicine).



Ryc. 4. Średnie zasięgi stref ochronnych pośredniej i zagrożenia – wg przepisów sprzed 2001 r. (7) – występujące w otoczeniu przewodów do przesyłu mocy aparatów do elektrochirurgii (odsetek urządzeń, przy których występują poszczególne strefy)” a) o mocy do 50 W (liczba urządzeń 318), b) o mocy powyżej 300 W (liczba urządzeń 502).

Fig. 4. Mean ranges of intermediary and hazardous zones (according to regulations in force before 2001) (6) in the surrounding of power conductors of electrosurgical unit (percent of devices with surrounding individual zones): (a) power up to 50 W (318 units) and (b) power over 300 W (502 units).

Na ryc. 4 przedstawiono średnie zasięgi stref pośredniej i zagrożenia* w otoczeniu przewodów 318 aparatów do elektrochirurgii, pracujących z mocą mniejszą bądź równą 50 W i 502 urządzeń o mocy większej od 300 W. Wynika z niego, że średni zasięg strefy pośredniej wynosił 45 cm dla urządzeń pracujących z mocą do 50 W (ryc. 4a), a w przypadku urządzeń pracujących z mocą większą od 300 W analogiczny zasięg wynosił 82 cm (ryc. 4b). Podobnie sytuacja przedstawia się dla strefy zagrożenia.

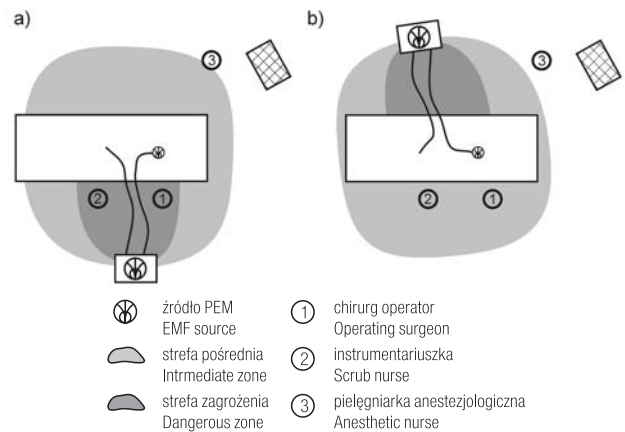
* Według przepisów obowiązujących do 2001 r. (7). W związku z liberalizacją przepisów dla PEM o częstotliwościach z zakresu, w którym pracują aparaty do elektrochirurgii, jaka nastąpiła po 2001 r. (2), należy spodziewać się, że średni zasięg stref ochronnych ulegnie pewnemu skróceniu, co nie ma jednak zasadniczego wpływu na ocenę ekspozycji pielęgniarek.

OMÓWIENIE

Jak wynika z analizy czynności pielęgniarek pracujących przy badaniach MRI, ich ekspozycja na PEM ogranicza się do ekspozycji na stałe pole magnetyczne. Wynika to z faktu, że jednoczesna ekspozycja na stałe pole magnetyczne i pole w.cz. dotyczy w zasadzie jedynie pacjentów, jako że pole w.cz. włączane jest jedynie podczas badania, a wówczas personel znajduje się w dużej odległości od urządzenia (aparat instalowany jest w osobnym pomieszczeniu)*. W przeciwieństwie do pola w.cz. stałe pole magnetyczne praktycznie nigdy nie jest wyłączane, w związku z czym ekspozycja na nie dotyczy nie tylko pacjentów, ale i personelu – zwłaszcza pielęgniarek, których zadaniem jest ułożenie pacjenta w komorze aparatu. W miejscu, w którym przebywają one podczas związanych z tym czynności wartości indukcji magnetycznej wahają się od kilku do kilkudziesięciu mT w zależności od typu urządzenia (wielkości pola magnetycznego używanego do badania). Biorąc pod uwagę liczbę wykonywanych w ciągu zmiany roboczej badań, ekspozycję pielęgniarek przygotowujących pacjenta do badania w komorze urządzenia MRI można uznać za pomijalną lub co najwyżej dopuszczalną (5), gdyż w stałym polu magnetycznym o indukcji 83 mT (jaka występuje przy aparatach MRI 1,5 T) wolno przebywać pracownikowi ponad 7,7 godziny i ten czas nigdy nie zostanie przez pielęgniarki przekroczony. Zwrócić należy jednak uwagę na fakt, że ich ekspozycja może znacznie wzrosnąć, jeżeli podczas wykonywanych czynności wkładają ręce do komory urządzenia MRI. Może osiągnąć wartości przewidziane dla ekspozycji nadmiernej a nawet niebezpiecznej, które przez polskie normy są uznawane za ekspozycję niedopuszczalną (5). Aby tego uniknąć, w przypadku urządzeń wykorzystujących silne stałe pola magnetyczne (powyżej 1 T), pielęgniarki unikać powinny wkładania rąk do komory urządzenia.

Z badań przeprowadzonych przez Instytut Medycyny Pracy wynika, że personel medyczny uczestniczący w zabiegach z użyciem aparatów do elektrochirurgii nieomal zawsze jest ekspozowany na PEM o wartościach ze stref ochronnych (takie pola są emitowane przez około 95% urządzeń). Oczywiście liczba aparatów, wokół których występują strefy ochronne, zależy od mocy urządzenia. Jak wynika z ryc. 3 strefy ochronne występują dla 77% urządzeń małej mocy (50 W) i 98% urządzeń dużej mocy (ponad 300 W). Również zasięgi stref ochronnych sięgają w zależności od mocy urządzenia od kilku do kilkudziesięciu centymetrów od przewodu (ryc. 4).

Z analizy czynności wykonywanych przez poszczególnych członków zespołów operacyjnych wynika, że na PEM ekspozowane są pielęgniarki instrumentariuszki, natomiast pielęgniarki anestezjologiczne z reguły znajdują się poza zasięgiem stref (co najwyżej w strefie pośredniej). Dopuszczalne czasy ekspozycji na jakie mogą być ekspozowane pielęgniarki instrumentariuszki asystujące przy zabiegu mogą



Ryc. 5. Rozkład stref ochronnych w otoczeniu aparatu do elektrochirurgii w zależności od jego ustawienia podczas zabiegu.

Fig. 5. Distribution of protective zone in the surrounding of electrosurgical unit depending on its position during a surgical procedure.

się wahać od 8 godzin do kilkudziesięciu minut. Jednak ze względu na bardzo duży rozrzut mierzonych wartości PEM, ocena ekspozycji indywidualnego urządzenia i wyznaczenie dopuszczalnego czasu pracy z jego użyciem wymaga osobnych pomiarów. Przy ocenie ekspozycji należy pamiętać, że czas ekspozycji na PEM nie jest równy czasowi trwania zabiegu. Dla przykładu czas trwania zabiegu kwadrantektomii (resekcja węzłów chłonnych pachy) szacuje się na 80 min, w ciągu których PEM jest włączone przez 12 min; resekcja prostaty trwa około 120 min, z czego przez 52 minuty włączone jest PEM, a podczas resekcji guza sutka trwającej 20 minut PEM włączone jest przez około 2 min (4).

Ekspozycję pielęgniarek uczestniczących w operacji z użyciem aparatu do elektrochirurgii można znacząco zmniejszyć poprzez odpowiednie ustawienie urządzenia (jest ruchome). Na ryc. 5 przedstawiono rozkład stref ochronnych i stanowiska pracy pielęgniarek podczas operacji przy różnym ustawieniu aparatu. Przy ustawieniu aparatu tak, jak na ryc. 5b ekspozycja pielęgniarek staje się dopuszczalna (znajdują się one w strefie pośredniej).

Z przedstawionych wyżej danych wynika, że pielęgniarki asystujące przy zabiegach z użyciem aparatu do elektrochirurgii są ekspozowane na PEM, jednak ekspozycja ta, zgodnie z obecnym stanem wiedzy, który jest podstawą polskich przepisów, nie powinna być szkodliwa. Zgodnie z polskimi przepisami higienicznymi ich ekspozycję można uznać za pomijalną lub dopuszczalną (5).

WNIOSKI

Podsumowując nasze rozważania możemy stwierdzić, że skoro urządzenia do obrazowania rezonansem magnetycznym i aparaty do elektrochirurgii są jednymi z najsilniejszych źródeł PEM, jakie występują w służbie zdrowia, to ekspozycja zawodowa pielęgniarek na jakiekolwiek PEM, emitowana z urządzeń medycznych, nie powinna stanowić zagrożenia dla ich zdrowia.

* Z danych pomiarowych Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi wynika, że pole w.cz. jest stosunkowo niewielkie i odpowiada co najwyżej strefie pośredniej.



PIŚMIENNICTWO

1. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 grudnia 2002 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU 2003, nr 21, poz. 180.
2. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU 2002, nr 217, poz. 1833.
3. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 1996 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych kobietom. DzU 1996, nr 114, poz. 545 [ze zmianami dokonany przez rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 lipca 2002 r. DzU 2002, nr 127, poz. 1092].
4. Aniołczyk H., Mamrot P.: Ocena ekspozycji na pola elektromagnetyczne od urządzeń przemysłowych, medycznych i naukowych. W: Aniołczyk H. [red.]. Pola elektromagnetyczne. Źródła - oddziaływanie - ochrona. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2000, ss.191-201.
5. PN-T-06580: 2002: Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002.
6. Aniołczyk H., Politański P., Mamrot P.: Sprawozdanie z pomiarów pola elektromagnetycznego dla celów bezpieczeństwa i higieny pracy [ZZE nr 029/BHP/2003]. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2003 [materiały niepublikowane].
7. Rozporządzenie Ministrów Pracy, Płac i Spraw Socjalnych oraz Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 19 lutego 1977 r w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających pola elektromagnetyczne w zakresie 0,1 MHz do 300 MHz. DzU 1977, nr 8, poz. 33.

