

Stanisław Szmigielski
Elżbieta Sobiczewska

RYZIKO CHORÓB NOWOTWOROWYCH W WARUNKACH NARAŻENIA NA POLA SIECIOWE — BADANIA EPIDEMIOLOGICZNE

RISK OF NEOPLASTIC DISEASES IN CONDITIONS OF EXPOSURE
TO POWER MAGNETIC FIELDS — EPIDEMIOLOGIC INVESTIGATIONS

Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii, Warszawa
Zakład Ochrony Mikrofalowej

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono aktualne poglądy na temat ryzyka zachorowania na nowotwory u osób narażonych na działanie pól magnetycznych 50 Hz w środowisku lub na stanowiskach pracy. Ryzyko nowotworowe pól magnetycznych 50 Hz jest niewielkie i niepewne, ale istnieją wiarygodne badania epidemiologiczne, że u dzieci zamieszkałych w domach, w których natężenie pól magnetycznych przekracza 0,3–0,4 μT (0,24–0,32 A/m) może dochodzić do zwiększonego ryzyka zachorowania na niektóre rodzaje białaczek. W takich warunkach narażenia na pola magnetyczne żyje poniżej 1% dzieci. Zachorowalność na nowotwory pracowników narażonych na pola magnetyczne nie jest jednoznacznie podwyższona. Na podstawie posiadanych wyników badań epidemiologicznych pola magnetyczne 50 Hz już 10 lat temu uznano jako przypuszczalny czynnika nowotworowy (2B wg klasyfikacji IARC), co jest dowodem braku przekonania i pewności o ryzyku nowotworowym. W pracy omówiono również obowiązujące przepisy ochrony pracowników i ludności przed polami magnetycznymi 50 Hz i stwierdzono, że najwyższe dopuszczalne natężenia są niezgodne z warunkami narażenia, aktualnym stanem wiedzy i zagrożeniami zdrowia. Med. Pr. 2009;60(3):223–233

Słowa kluczowe: pola sieciowe, nowotwory, epidemiologia

ABSTRACT

The review paper presents current views on risks of incidence of neoplasms in persons exposed to power magnetic fields (PMFs) 50 Hz in the environment or at working posts. Cancer risks of power magnetic fields are small and doubtful, but there exist confirmed epidemiologic investigations that in children living in homes where PMF intensity exceeds 0.3–0.4 μT (0.24–0.32 A/m) an increased risk of certain types of leukemias can be observed. About one percent of children live under conditions of PMF exposure. Cancer morbidity in workers exposed to power magnetic fields is not unequivocally increased. Ten years ago, on the basis of available epidemiologic data, PMFs 50 Hz were listed as a possible carcinogenic agent (group 2B according to the IARC classification), which means lack of convincing evidence that PMFs pose cancer risks. The authors also discuss the binding regulations on the protection of the general population and workers against power magnetic fields and they conclude that existing permissible exposure levels are incompatible with exposure conditions, the present state of knowledge and health threats. Med Pr 2009;60(3):223–233

Key words: power fields, neoplasms, epidemiology

Adres autorów: Zakład Ochrony Mikrofalowej, Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii,
ul. Kozielska 4, 01-163 Warszawa, e-mail: szmigielski@wihe.waw.pl
Nadesłano: 16 marca 2009
Zatwierdzono: 6 kwietnia 2009

WPROWADZENIE

Ryzyko zachorowania na nowotwory złośliwe budzi zarówno duże emocje społeczne, jak i zainteresowanie specjalistów. Szacuje się, że około 30% wszystkich chorób nowotworowych ma bardziej lub mniej pośredni związek z narażeniem na różne czynniki środowiska życia i pracy (około 20% jest uwarunkowanych genetycznie, a około 50% jest związanych z czynnikami dietetycznymi, nawykami, nałogami, trybem życia itp.). Nie dziwi więc, że od dawna sugerowano możliwość istnienia jakiegoś związku między energią elektryczną a zachorowaniem na nowotwory.

Wprowadzeniu do powszechnego użytku prądu elektrycznego przed około 120 laty od początku towarzyszyły obawy o oddziaływanie tego nowego rodzaju energii na stan zdrowia użytkowników. Początkowo szczególnej krytyce poddawano oświetlenie elektryczne, które uznawano za szkodliwe dla wzroku, nerwicorodne, a nawet powodujące zaburzenia czynności układu nerwowego. Obawy przed negatywnymi skutkami zdrowotnymi używania energii elektrycznej przetrwały w zmienionej formie i od lat 50. XX wieku skierowały się przeciw składowej magnetycznej prądu przemiennego 50/60 Hz.

W roku 1979 pojawiła się praca epidemiologiczna Wertheimer i Leepera (1), w której autorzy stwierdzili

zwiększone ryzyko zachorowań na białaczkę u dzieci amerykańskich mieszkających w domach o wyższej od przeciętnej intensywności pól magnetycznych (PM). Praca ta zyskała zarówno duży rozgłos społeczny, jak i wzbudziła zainteresowanie specjalistów, otwierając 30-letni okres intensywnych badań epidemiologicznych i doświadczalnych, których koszt ocenić można na kilkaset milionów USD.

W latach 1980–2007 pojawiło się prawie 250 oryginalnych badań epidemiologicznych poświęconych ryzyku zachorowania na nowotwory u osób narażonych na PM 50/60 Hz (2), w tym ponad 70 badań u ludności i ponad 110 u pracowników elektroenergetyki. Wyniki tych badań nie są jednoznaczne — w prawie 40% analiz stwierdzono lepiej czy gorzej udokumentowane zwiększone ryzyko zachorowań na nowotwory, ale

w innych badaniach takiego zjawiska nie potwierdzano. Dochodzi do tego jeszcze kilkadziesiąt badań doświadczalnych, w których zwierzęta (zwykle myszy lub szczury) poddawano ekspozycji w kontrolowanych PM o intensywności 0,1–10 000 μT i poszukiwano u nich samoistnych nowotworów, albo podawano im czynnik rakotwórczy (karcynogen chemiczny), a potem ekspozowano w kontrolowanych PM, obserwując ewentualne zmiany w szybkości rozwoju i wzroście zaindukowanych guzów nowotworowych (2). I tu wyniki badań były rozbieżne — niektóre doświadczenia wskazywały na zwiększone ryzyko nowotworowe, inne nie.

Trzecia grupa prac, najliczniejsza, to badania oddziaływania PM na czynność i metabolizm izolowanych komórek *in vitro* (poza organizmem). W tych badaniach izolowane komórki poddawano ekspozycji w kontrolo-

Tabela 1. Ewolucja poglądów na temat ryzyka nowotworowego pól magnetycznych o wartości 50/60 Hz w latach 1980–2007
Table 1. Evolution of opinions on cancer risks posed by magnetic fields 50/60 Hz, 1980–2007

Okres	Źródło	Opinia
1980–1990	oryginalne prace epidemiologiczne na grupach ludności i pracowników elektroenergetyki	nieznaczne (RR = 1,5–2) ryzyko zachorowań na niektóre postacie nowotworów złośliwych, przy zastrzeżeniach odnośnie do wiarygodności oceny wielkości ekspozycji
1991–2000	oryginalne prace epidemiologiczne na grupach ludności i pracowników elektroenergetyki z ulepszonymi metodami oceny wielkości ekspozycji	nieznacznie (RR = \approx 2) zwiększone ryzyko zachorowania na białaczkę u dzieci, rozbieżne wyniki badań w przypadku innych rodzajów nowotworów i innych grup osób (dorośli, pracownicy elektroenergetyki)
1996	US National Research Council Report	pole magnetyczne nie stanowią zagrożenia dla zdrowia, pole magnetyczne nie są przyczyną raka
1999	EMF-RAPID (Final Report)	badania przeprowadzone w ramach programu EMF-RAPID nie dostarczyły dowodów na potwierdzenie związku między polami magnetycznymi a ryzykiem zachorowań na raka, zaleca się zaprzestanie finansowania badań nad oddziaływaniem biologicznym i ryzykiem zdrowotnym pól magnetycznych
1998–1999	US National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) Report	pole magnetyczne 50/60 Hz zostały uznane za przypuszczalny czynnik rakotwórczy dla ludzi (klasa 2B wg IARC) na podstawie „ograniczonych” dowodów epidemiologicznych i „niepełnych” dowodów doświadczalnych
2001	UK National Radiation Protection Board (NRPB)	badania doświadczalne i epidemiologiczne nie dostarczyły dowodów, że pola magnetyczne mogą być przyczyną nowotworów, istnieją ograniczone dowody, że ciągła ekspozycja na pola magnetyczne > 0,4 μT może zwiększać ryzyko zachorowań na białaczkę u dzieci, ale dowody te nie są jednoznaczne, a liczba osób ekspozowanych na takie pola niewielka
2002	California Department of Health Services (DHS) „EMF Program”	ekspozycja na pola magnetyczne zwiększa ryzyko zachorowań na białaczkę u dzieci, pole magnetyczne nie są bezpośrednim czynnikiem rakotwórczym u ludzi
2002	International Agency for Research on Cancer (IARC)	pole magnetyczne 50/60 Hz są przypuszczalnym czynnikiem rakotwórczym dla ludzi (klasa 2B), niemożliwa jest klasyfikacja pól elektrycznych 50/60 Hz (klasa 3) jako czynnik rakotwórczy dla człowieka
2007	World Health Organization (WHO) — Environmental Health Criteria Nr 238 „Extremely Low Frequency Fields”	potwierdzenie możliwości związku przyczynowego ekspozycji na pola magnetyczne z ryzykiem białaczki u dzieci, brak dowodów na ryzyko innych nowotworów u dzieci oraz wszelkich nowotworów u osób dorosłych, w tym u pracowników narażonych na PEM 50/60 Hz

wanych PM i badano różne parametry czynnościowe i metaboliczne, w tym przebieg procesu transformacji nowotworowej. Na podstawie uzyskanych wyników istnieje zgodność w środowisku naukowym, że PM nie mają zdolności bezpośredniego uszkodzenia aparatu genetycznego komórki (DNA) i nie są czynnikiem początkującym (inicjującym) proces transformacji nowotworowej (3). Możliwość oddziaływania PM na dalsze etapy transformacji nowotworowej komórek *in vitro* jest nadal przedmiotem kontrowersji, właściwości takie stwierdzano dopiero po ekspozycji w PM znacznie silniejszych od tych, które występują w środowisku czy na stanowiskach pracy (10–100 mT).

W tabeli 1. przedstawiono ewolucję poglądów na temat ryzyka nowotworowego PM na przestrzeni czasu i podstawowe wnioski, jakie wyciągnięto z przeglądu literatury w poszczególnych raportach i monografiach. Warto zwrócić uwagę na to, że na podstawie tego samego zestawu danych literatury naukowej poszczególne grupy specjalistów wyciągnęły różne wnioski na temat ryzyka nowotworowego PM. W dwu przypadkach (National Institute of Environmental Health Science — NIEHS, International Agency for Research on Cancer — IARC) PM klasyfikowane są jako przypuszczalny czynnik nowotworowy dla człowieka, podczas gdy w innych (Electromagnetic Fields Research and Public Information Dissemination — EMF-RAPID, National Radiological Protection Board — NRPB) ryzyko nowotworowe PM uważane jest za mało istotne lub nieistniejące. W monografii Międzynarodowego Programu „Pola Elektromagnetyczne” Światowej Organizacji Zdrowia (EMF-WHO) (2) PM o wartości 50/60 Hz uznawane są za przypuszczalny czynnik nowotworowy, ale podkreśla się ograniczony i niepełny charakter dowodów epidemiologicznych oraz słabe oparcie w wynikach badań doświadczalnych.

ROZWÓJ CHOROBY NOWOTWOROWEJ I MOŻLIWOŚĆ JEGO ZAKŁÓCENIA PRZEZ POLA MAGNETYCZNE

Wielostopniowy proces karcynogenezy (multistage carcinogenesis process) rozpoczyna się od różnych uszkodzeń w aparacie genetycznym komórki (cząsteczki kwasu dezoksyrybonukleinowego — DNA) (4,5). Uszkodzenia cząsteczki DNA, powodowane przez różne czynniki zewnętrzne (np. karcynogeny chemiczne, promieniowanie jonizujące) lub produkty metabolizmu komórek (np. wolne rodniki tlenowe), prowadzą do mutacji, czyli zmiany struktury

DNA. Czynniki, które mają zdolność bezpośredniego uszkodzenia cząsteczki DNA i wywoływania mutacji nazywamy czynnikami genotoksycznymi. Mutacje DNA w komórkach występują bardzo często, ale bardzo sprawnie są usuwane przez wyspecjalizowane molekularne mechanizmy naprawcze (5). Problem zaczyna się, kiedy liczba mutacji w komórkach jest zbyt wielka w stosunku do wydolności tych mechanizmów naprawczych albo też mechanizmy naprawcze mają obniżoną sprawność. Znane są czynniki, które nie uszkodzają bezpośrednio cząsteczki DNA (nie są genotoksyczne), ale mają zdolność hamowania mechanizmów naprawczych komórki, a tym samym potęgują działanie czynników genotoksycznych i ułatwiają rozwój procesu transformacji nowotworowej komórek. Są to tzw. czynniki epigenetyczne, które mogą oddziaływać wspomagająco na różnych etapach procesu wielostopniowej karcynogenezy (4,6).

Na pytanie, czy PM mogą wpływać na przebieg wielostopniowego procesu transformacji nowotworowej i rozwój choroby nowotworowej można odpowiedzieć tylko w warunkach badań doświadczalnych. Istnieje kilka uznanych modeli badań doświadczalnych w zakresie karcynogenezy, w tym testy krótko- i długoterminowe, ale ogólnie można je podzielić na dwie podstawowe grupy — śledzenie procesu transformacji nowotworowej komórek *in vitro* oraz śledzenie rozwoju choroby nowotworowej u zwierząt *in vivo*.

Badania nad oddziaływaniem PM na proces transformacji nowotworowej komórek pozwoliły na uzyskanie zgodności w środowiskach naukowych, że pola te nie są czynnikiem genotoksycznym. Przy intensywnościach spotykanych w środowisku czy na stanowiskach pracy (do kilku mT) nie mogą one bezpośrednio uszkadzać cząsteczki DNA i wywoływać zmian mutagennych (2). Może się tak dzieć dopiero w przypadku bardzo silnych pól i to w specyficznych warunkach ekspozycji (ekspozycja przerywana). Istnieją natomiast dane doświadczalne wskazujące, że PM w określonych warunkach mogą hamować mechanizmy naprawcze uszkodzeń DNA w komórkach. Dowody na działanie epigenetyczne PM w modelach *in vitro* są jednak nieliczne i słabo udokumentowane.

Badania doświadczalne na zwierzętach również nie potwierdzają możliwości działania genotoksycznego (inicjującego proces nowotworowy) PM. W żadnym z doświadczeń, w którym ekspozycji na PM o intensywności aż do 100 mT poddawano zdrowe zwierzęta nie zanotowano wzrostu liczby samoistnych nowotworów.

W układach doświadczalnych ukierunkowanych na udokumentowanie tego działania zwierzętom podaje się znany czynnik genotoksyczny (zwykle karcynogen chemiczny lub promieniowanie jonizujące), a następnie ekspozuje w PM o różnej intensywności. W kilku takich modelach stwierdzono przyspieszony wzrost i/lub większą liczbę nowotworów u zwierząt dodatkowo ekspozowanych na PM. Najbardziej znane są badania niemieckiej grupy Loeschera i Mevissens z lat 1993–1999 (7,8), w której stwierdzono nieznacznie zwiększoną (około 1,5-krotnie) liczbę nowotworów piersi u szczurów otrzymujących rakotwórczy DMBA (di-methyl-benzo-antracen) i poddanych ekspozycji na PM równe 0,1 mT. Pierwsze próby powtórzenia tych doświadczeń w USA nie dały pozytywnych wyników, ale w roku 2000, po ujednoczeniu metodyki badania, i tam udało się potwierdzić zjawisko zwiększonego ryzyka nowotworowego (2).

Podsumowanie wyników badań doświadczalnych *in vitro* i *in vivo* prowadzi do wniosku, że w środowisku specjalistów istnieje przekonanie, iż PM o intensywnościach spotykanych w środowisku życia i pracy nie mają działania genotoksycznego i nie mogą indukować transformacji nowotworowej komórek, są natomiast ograniczone dowody na możliwość działania epigenetycznego tych pól (2). Mechanizm takiego działania epigenetycznego pozostaje na razie nieznanym, jedną z możliwości jest hamowanie procesów naprawczych aparatu genetycznego (mutacji DNA) komórki.

BADANIA EPIDEMIOLOGICZNE RYZYKA NOWOTWOROWEGO U LUDZI NARAŻONYCH NA DZIAŁANIE PÓL MAGNETYCZNYCH 50/60 Hz

Badania epidemiologiczne i wynikające z nich korelacje nie pozwalają na bezpośrednie udowodnienie związku przyczynowego między interesującymi nas zjawiskami (np. zachorowania i narażenie na PM), ale mogą taki związek uczynić bardziej lub mniej prawdopodobnym. Już w roku 1965 angielski epidemiolog Austin Bradford Hill opracował ogólnie zaakceptowane kryteria pozwalające na wiarygodne wnioski o prawdopodobieństwie związku przyczynowego na podstawie badań epidemiologicznych (cyt. wg 9). Pięć podstawowych kryteriów oceny wyników badań epidemiologicznych według Hilla obejmuje:

1. Siłę korelacji — tzn. wielkość zależności między ekspozycją a ryzykiem (wielkość względnego ryzyka, relative risk — RR), określanego stosunkiem liczby przypadków obserwowanych (O) do oczekiwanych (E).
2. Kontyngencję — zgodność tendencji i zależności statystycznych między ekspozycją i ryzykiem w poszczególnych badaniach epidemiologicznych.
3. Zależność dawka–efekt w badaniach epidemiologicznych i doświadczalnych.
4. Istnienie dowodów z badań doświadczalnych potwierdzających wyniki analiz epidemiologicznych.
5. Mechanizmy biologiczne wyjaśniające zależności między ekspozycją a ryzykiem.

Tabela 2. Ocena związku ryzyka nowotworowego z narażeniem na pola magnetyczne 50/60 Hz według klasycznych kryteriów Hilla na podstawie wyników badań epidemiologicznych i doświadczalnych z lat 1980–2002

Table 2. Assessment of relationship between cancer risks and exposure to 50/60 Hz magnetic fields according to Hill's criteria on the basis of the results of epidemiological and experimental studies in 1980–2002

Kryterium wg Hilla (0–5)	Warunki zaakceptowania związku przyczynowego	Ocena wyników analizy dostępnego materiału na temat oddziaływania pól magnetycznych	Ostateczna ocena do ustalenia związku ryzyka nowotworowego z narażeniem na pola magnetyczne*
Siła korelacji	RR co najmniej 3, wskazane > 5	RR = 1,5–2 (60% badań); brak korelacji (40% badań)	1
Kontyngencja	zgodność wyników i trendów we wszystkich badaniach	bardzo słaba zależność w 60% badań	0,5
Zależność dawka–efekt	zależność określona, choć niekoniecznie liniowa	zależność tylko w pojedynczych badaniach	0,5
Wyniki badań doświadczalnych	potwierdzają istnienie związku w różnych modelach	ograniczone dowody z badań doświadczalnych	0,5
Mechanizmy biofizyczne	znane, przynajmniej ogólnie	nieznane	0
W sumie			2,5

* Skala arbitralna 0–5.

Ocena dostępnego dotychczas materiału z badań doświadczalnych i epidemiologicznych na temat ryzyka nowotworowego PM 50/60 Hz według klasycznych kryteriów Hilla prowadzi do wniosku, że zależność między tymi czynnikami jest bardzo słaba lub w ogóle nie istnieje. Przy zastosowaniu arbitralnej 5-stopniowej skali oceny spełnienia każdego z 5 klasycznych kryteriów Hilla aktualnie dostępne dane naukowe na temat związku między PM a ryzykiem nowotworowym pozwalają na zebranie zaledwie 2,5 na 25 możliwych punktów (tab. 2).

Należy jednak pamiętać, że kryteria Hilla zostały opracowane przede wszystkim dla substancji chemicznych podejrzanych o działanie rakotwórcze, kiedy zależność dawka–efekt i wyniki badań doświadczalnych na zwierzętach są często przesłanką do podjęcia badań epidemiologicznych. W przypadku pól elektromagnetycznych, w tym i PM, sytuacja była dokładnie odwrotna. Ponadto, kryteria Hilla oceniają całość dostępnego materiału zbiorczo i przykładają jednakową wagę do każdego z 5 kryteriów. W przypadku PM materiał z badań epidemiologicznych jest znacznie obszerniejszy niż z badań doświadczalnych, i co więcej, jest to materiał niejednorodny. Z tego powodu materiał ten wymaga nieco innego sposobu analizy.

Badania epidemiologiczne ludności zamieszkałej w pobliżu linii przesyłowych prądu i w miejscach o wyższej od przeciętnej intensywności pól magnetycznych

Od opublikowania w roku 1979 wyników pierwszej pracy epidemiologicznej przez Wertheimer i Leepera (1) — w której autorzy stwierdzili zwiększone ryzyko zachorowania na białaczkę u dzieci zamieszkałych w domach zlokalizowanych blisko dużej liczby przewodów przesyłowych prądu — w latach 1980–2007 ukazało się ponad 70 publikacji wyników badań epidemiologicznych zachorowania na różne nowotwory u ludności zamieszkałej w miejscach o intensywności PM wyższej od przeciętnej (10,11). Niektóre z tych badań wskazywały na wzrost liczby zachorowań (na ogół RR wynosiło 1,5–2,0), inne nie. Niestety, sposób oceny wielkości narażenia na PM przyjęty w poszczególnych pracach był bardzo różny — pośredni (np. odległość od linii przesyłowej prądu czy stacji rozdzielczych, zagęszczenie przewodów) lub bezpośredni (pomiar jednorazowe lub wielokrotne z próbą odtworzenia ekspozycji w przeszłości) (11). Uniemożliwiło to rzetelne syntetyczne zestawienie wyników wszystkich opublikowanych prac. Niemniej jednak, podsumowanie do-

stępnego materiału przez ekspertów Amerykańskiego Narodowego Instytutu Nauk Zdrowia Środowiskowego (US National Institute of Environmental Health Science) w roku 1998 pozwoliło na stwierdzenie, że istnieje ograniczony dowód na to, że ekspozycja mieszkańców na PM jest karcynogenna dla ludzi na podstawie wyników badań zachorowania dzieci na białaczkę (12). Za takim stwierdzeniem głosowało 20 spośród 26 specjalistów, którzy uznali tym samym, że PM 50/60 Hz są przypuszczalnym czynnikiem rakotwórczym dla człowieka (tab. 1).

W roku 2000 pojawiły się dwie istotne metaanalizy wcześniejszych badań epidemiologicznych autorstwa Ahlboma i wsp. (13) oraz Greenlanda i wsp. (14). W pierwszej z nich, w której poddano analizie połączone wyniki 9 analiz epidemiologicznych (wszystkie z długoterminowymi pomiarami natężenia PM), stwierdzono statystycznie znamiennej zależność (RR = 2,0) zachorowania na białaczkę u dzieci z przeciętną ekspozycją na PM, przekraczającą 0,4 μT (4 mG). W drugiej pracy poddano analizie połączone wyniki 15 analiz epidemiologicznych, w których mierzone natężenie PM. Statystycznie znamiennej zależność (RR = 1,7) znaleziono dla zachorowań na białaczkę u dzieci zamieszkałych w miejscach o natężeniu PM przekraczającym 0,3 μT (3 mG).

W obu przypadkach jest to stosunkowo niewielki, choć znamiennej, wzrost ryzyka zachorowań na nowotwory. Szacuje się, że w USA w około 0,8% budynków mieszkalnych natężenie PM przekracza 0,4 μT . W krajach Unii Europejskiej, według danych Biura Programu EMF-WHO jest to 0,4–0,8% domów (11). Jeśli założenia wynikające z powyższych metaanaliz przyjmie się za prawdziwe, to w takich domach zachorowalność dzieci na białaczkę wzrasta 2-krotnie (RR = 2,0), a więc zamiast 0,4–0,8% ogólnej liczby zachorowań w całej populacji powinno tam wystąpić też 2-krotnie więcej, czyli 0,8–1,6% (przyrost o około 1%) zachorowań. Z kolei znając ogólną liczbę zachorowań dzieci na białaczkę w kraju (w USA wynosi ona około 650), można obliczyć, że ewentualny przyrost zachorowań związany z narażeniem na PM wynosi w tym kraju 6–8 przypadków rocznie.

Dla Polski trudniej przeprowadzić analogiczne obliczenia, przede wszystkim z powodu braku informacji o liczbie mieszkań, w których PM przekraczają 0,4 μT , i liczbie mieszkających w nich dzieci. Ponadto rejestr zachorowań na nowotwory jest w naszym kraju niepełny. Niemniej jednak, przyjmując średnie standardy europejskie (liczba zachorowań na białaczkę u dzie-

ci 1:20 000 rocznie), można założyć, że w Polsce przyrost zachorowań na białaczkę u dzieci z powodu narażenia na PM ogranicza się do 1–2 przypadków rocznie.

Te liczby przedstawiają skalę zagadnienia i ewentualną cenę, jaką przychodzi płacić społeczeństwu za możliwość powszechnego korzystania z energii elektrycznej.

Metaanalizy oraz całość dostępnego materiału epidemiologicznego i doświadczalnego pozwoliły na potwierdzenie zaklasyfikowania PM jako prawdopodobnego czynnika rakotwórczego (2B w 4-stopniowej skali) przez grupę ekspertów wyspecjalizowanej agencji WHO — IARC. W wydanej w roku 2002 monografii (15) podkreślono, że klasyfikacja PM wynika z ograniczonych dowodów epidemiologicznych i niepełnych dowodów doświadczalnych, jest więc daleka od pełnego potwierdzenia. Krytyczny przegląd dostępnej literatury naukowej dostarcza argumentów zarówno za istnieniem związków między PM a ryzykiem nowotworowym, jak i przeciwko takiej koncepcji (tab. 3).

Międzynarodowa grupa ekspertów, która przygotowała wspomnianą wcześniej monografię WHO

z roku 2007, stwierdziła, że przegląd badań epidemiologicznych opublikowanych w latach 2002–2007 nie zmienił w istotny sposób poglądów na temat prawdopodobnego działania onkogenego PM 50/60 Hz (2). Badania epidemiologiczne zachorowania na białaczkę u dzieci potwierdziły niewielkie (około 2-krotne) ryzyko zachorowania w przypadku zamieszkiwania w domach o natężeniu PM ponad 0,3–0,5 μT , natomiast nadal nie ma dowodów na wzrost ryzyka zachorowania na inne rodzaje nowotworów u dzieci oraz na jakiegokolwiek nowotwory u osób dorosłych (w tym na raka piersi u kobiet i mężczyzn oraz na guzy mózgu) (16–18).

Badania epidemiologiczne pracowników elektroenergetyki.

Wiele publikacji epidemiologicznych z lat 1985–1994 sugerowało, że praca w niektórych zawodach związanych z ekspozycją na przemienne pola elektryczne i magnetyczne powoduje większą od oczekiwanej zachorowalność na niektóre rodzaje nowotworów (19). Początkowo badania dotyczyły tylko białaczek, potem

Tabela 3. Najważniejsze argumenty naukowe dotyczące zależności między narażeniem na pola magnetyczne 50/60 Hz a ryzykiem rozwoju nowotworów

Table 3. Most important scientific arguments for and against the association between magnetic fields 50/60 Hz exposure and cancer risks development

Zależność między narażeniem na pola magnetyczne 50/60 Hz a ryzykiem rozwoju nowotworów	
argumenty za	argumenty przeciw
— Wyniki 4 dużych badań epidemiologicznych (1997–1999) wykazujące korelację między liczbą zachorowań na białaczkę u dzieci a odległością zamieszkania od linii przesyłowej prądu; pozytywna korelacja w metaanalizie powyższych badań	— Zależności epidemiologiczne są niewielkie (RR = 1,5–2), niestałe i na ogół nie wykazują zależności dawka–efekt
— Wyniki 2 metaanaliz badań epidemiologicznych (9 i 15 badań) z pozytywnymi korelacjami częstości zachorowań na białaczkę w każdej z nich	— Dostępne wyniki badań epidemiologicznych i doświadczalnych nie spełniają klasycznych kryteriów (tzw. kryteria Hilla), przyjętych dla uznania związku przyczynowego
— Sugestia istnienia zależności dawka–efekt w niektórych badaniach zachorowań na białaczkę u dzieci	— Długotrwała ekspozycja zwierząt nawet w silnych polach magnetycznych nie powoduje rozwoju nowotworów
— Wyniki około 10 badań epidemiologicznych u pracowników elektroenergetyki, u których wykazano zwiększone ryzyko zachorowań na niektóre nowotwory, w tym białaczkę (6 badań) i guzy mózgu (4 badania)	— Badania genotoksyczności pól magnetycznych dały wynik negatywny (poza jednym nie potwierdzonym przypadkiem)
— Badania laboratoryjne, w których wykazano, że pola magnetyczne o intensywności < 0,1 mT mogą powodować efekty biologiczne	— Większość badań efektu epigenetycznego pól magnetycznych dała wynik negatywny, a pojedyncze wyniki pozytywne uzyskano po ekspozycji w bardzo silnych polach
— Pojedyncze badanie, w którym stwierdzono uszkodzenia dna (test „kometowy”) w komórkach mózgu zwierząt poddanych ekspozycji w polach magnetycznych 50/60 Hz	— Brak zależności między zachorowalnością na białaczkę w całej populacji i ogólnym zużyciem prądu i wzrostem narażenia na pola magnetyczne (około 5-krotnym) w latach 1949–1989
— Badania doświadczalne, w których stwierdzono szybszy wzrost nowotworów indukowanych chemicznie u zwierząt eksponowanych w polach magnetycznych	— Brak biofizycznego mechanizmu tłumaczącego oddziaływanie słabych (< 0,1 mT) pól magnetycznych na komórki
— Badania doświadczalne wskazujące, że silne pola magnetyczne (> 10 mT) mogą przyspieszać podziały komórek nowotworowych, wzrost guzów nowotworowych i transformację komórek	

zwrócono uwagę również na guzy mózgu, mięsaki limfatyczne, raka sutka i inne nowotwory. Podobnie jak w przypadku badań ludności również u pracowników opisywane zależności były słabe (RR = 1,5–3), a prawie połowa badań nie potwierdziła zwiększonej zachorowalności — nie znajdowano zależności dawka–efekt. Co więcej, w przypadku badań pracowników wiele analiz miało charakter retrospektywny (analiza na podstawie kart zgonu), a ewentualne narażenie na PM określano na podstawie charakteru zatrudnienia, a nawet deklarowanego zawodu wyuczonego. Taka ocena wielkości ekspozycji budziła poważne zastrzeżenia i bez wątplenia nie była wolna od poważnych nieścisłości (20,21).

W latach 1998–2008 opublikowano wyniki ponad 60 badań epidemiologicznych poświęconych zachorowaniu na różne rodzaje nowotworów u pracowników elektroenergetyki (tab. 4). W porównaniu z wcześniejszymi pracami ocena ekspozycji na PM była znacznie lepsza, ponieważ opierano się nie tylko na opisie charakteru pracy i zawodu, ale wielokrotnie dokonywano pomiarów na stanowiskach pracy. W żadnym z dotychczasowych badań nie stosowano ciągłego monitorowania stanowisk pracy i indywidualnej oceny dozymetrycznej pracowników (21). W około 40% wykonanych analiz stwierdzono nieznaczny (RR = 1,2–1,8), ale statystycznie znamieny wzrost zachorowalności na białaczkę lub guzy mózgu, jednak w ponad 60% badań nie obserwowano żadnego wzrostu (tab. 4).

W metaanalizie badań epidemiologicznych zachorowań na nowotwory u pracowników elektroenerge-

tyki podkreśla się, że posiadany dotychczas materiał jest mniej spójny niż w przypadku zachorowalności na białaczkę u dzieci i pomimo wyraźnej tendencji nie pozwala na jednoznaczne wnioskowanie o zwiększonym ryzyku zachorowalności u pracowników (2,22,23). Wynika to przede wszystkim z różnego charakteru i wielkości ekspozycji na poszczególnych stanowiskach pracy, zastrzeżeń do metodyki oceny ekspozycji pracowników i możliwego wpływu różnych parametrów ekspozycji na zachorowalność (tab. 5). Wielkość narażenia na stanowiskach pracy jest bardzo różna i nie ma

Tabela 5. Parametry ekspozycji pracowników w polach magnetycznych 50/60 Hz, które mogą mieć istotne znaczenie w oddziaływaniu na stan zdrowia

Table 5. Parameters of workers' exposure to 50/60 Hz magnetic fields, which may be important in the health status assessment

Parametry oceny ekspozycji	Znaczenie dla oceny oddziaływania na stan zdrowia
Wartości uśrednione w czasie zmiany roboczej	++
Wartości maksymalne natężenia pola w czasie zmiany roboczej	+
Szybkość i częstość zmian natężenia pola	+
Krótkotrwałe silne ekspozycje (transient exposures)	++
Doza dobową ekspozycji [(V/m) ² ×h]	+++
Doza życiową ekspozycji [(V/m) ² ×h]	+++

+ małe znaczenie, ++ średnie znaczenie, +++ duże znaczenie.

Tabela 4. Wyniki badań epidemiologicznych z lat 1998–2008 nad ryzykiem nowotworowym u pracowników elektroenergetyki
Table 4. Results of epidemiological studies (1998–2008) on cancer risks in workers employed in electroenergetic plants

Rodzaj nowotworu	Badania epidemiologiczne (1995–2002)			RR w badaniach pozytywnych
	łącznie	pozytywne	negatywne	
Białaczka	15	6	9	1,2–1,8
Mięsak limfatyczny	9	1	8	1,5
Guz mózgu	16	6	10	1,2–1,6
Rak płuc	3	0	3	—
Rak piersi u kobiet*	11	0	11	—
Wszystkie nowotwory	7	2	5	1,1–1,4
Razem	61	15	46	—
z wyłączeniem raka piersi i płuc	47	15 (32%)	32 (68%)	1,1–1,8
tylko białaczki i guzy mózgu	31	12 (39%)	19 (61%)	1,2–1,8

* Ponadto 15 doniesień kazuistycznych o zwiększonej zachorowalności na raka gruczołu piersiowego (pojedyncze przypadki) u mężczyzn zatrudnionych w elektroenergetyce.

jego jednolitej miary. W czasie zmiany roboczej, trwającej zwykle 8–12 godzin, wielkość narażenia na pola magnetyczne wykazuje znaczącą zmienność z krótkotrwałymi (kilku-, kilkunastominutowymi) okresami przebywania w polach silnych i znacznie dłuższymi okresami przebywania w polach słabych. W tej sytuacji miarą stopnia narażenia nie może być ani maksymalne natężenie w czasie zmiany roboczej, ani średnie czy medialne natężenie, ale należałoby określić dozę dobową, roczną i życiową pracownika i dopiero wtedy analizować ryzyko zachorowania na nowotwory (tab. 5). W dostępnej literaturze nie znaleźliśmy prac epidemiologicznych, w których analizowano zależność między dozą narażenia na PM a ryzykiem zachorowania na nowotwory. Większość badań ma charakter retrospektywny i opiera się albo na szacowaniu wielkości narażenia według zawodu, albo na bardzo ogólnych i niepełnych danych retrospektywnych.

PROBLEMY OCHRONY PRACOWNIKÓW I LUDNOŚCI PRZED DZIAŁANIEM PÓL MAGNETYCZNYCH 50 Hz W ŚWIETLE RYZYKA NOWOTWOROWEGO

Mimo 30-letnich badań doświadczalnych i epidemiologicznych zagadnienie związku PM z zachorowaniem na nowotwory pozostaje nadal otwarte. Zależności między ekspozycją na PM a rozwojem choroby nowotworowej, którą udało się ustalić w licznych badaniach epidemiologicznych i niektórych doświadczalnych, jest na tyle silna, że nie można jej uznać za przypadkową i lekceważyć, ale i na tyle słaba, że nie pozwala na zaakceptowanie istnienia związku przyczynowego.

Na obecnym etapie zaawansowania badań istnieje zgodność, że u dzieci zamieszkałych w warunkach, gdzie natężenie PM przekracza $0,4 \mu\text{T}$ (4 mG) ryzyko zachorowania na białaczkę wzrasta 2-krotnie, ale nie ma pewności, czy właśnie te pola są jego czynnikiem przyczynowym. W przypadku osób dorosłych zamieszkałych w takich samych warunkach ryzyko zachorowań na nowotwory nie jest już jednoznacznie podwyższone, podobnie jak u pracowników elektroenergetyki, którzy są narażeni na silniejsze PM (kilka, kilkanaście μT), u których wzrasta ono nieznacznie ($\text{RR} = 1,2\text{--}1,8$) lub nie zmienia się w ogóle.

Badania doświadczalne dostarczyły ograniczonych dowodów na działanie epigenetyczne (nasilenie skutków innych czynników rakotwórczych) PM, ale dość jednoznacznie wykluczyły możliwość działania genotoksycznego (uszkodzenie aparatu genetycznego

komórki i zapoczątkowanie procesu transformacji nowotworowej). W tej sytuacji PM 50 Hz już ponad 10 lat temu zaliczono do przypuszczalnych czynników karcynogennych dla człowieka (grupa 2B wg klasyfikacji IARC), co oznacza, że nie ma pewności, czy pola te są przyczyną nowotworów, ale sprawy nie można lekceważyć.

W związku z powyższym pojawia się problem ochrony ludności i pracowników przed ewentualnym karcynogennym działaniem PM. Od wielu lat istnieją zarówno krajowe przepisy w zakresie ochrony przed polami elektromagnetycznymi (24,25), jak i rekomendacje lub dyrektywy Unii Europejskiej (26,27). Przepisy te ustalają najwyższe dopuszczalne natężenie pól elektrycznych i magnetycznych o różnej częstotliwości, w tym PM 50 Hz, i określają warunki przestrzegania tych zaleceń. Niestety, dla PM 50 Hz te dopuszczalne natężenia są dalekie od współczesnych wymagań i aktualnego stanu wiedzy, dlatego wymagają istotnych korekt.

Najwyższe natężenia dopuszczalne dla ogółu ludności i dla pracowników zatrudnionych w zasięgu pól EM powinny być wyważonym kompromisem między:

- warunkami ekspozycji (przeciętne i najwyższe narażenia występujące w życiu codziennym i na stanowiskach pracy),
- udowodnionym i przypuszczalnym zagrożeniem stanu zdrowia,
- wielkością ryzyka zdrowotnego w różnych warunkach narażenia,
- wielkością akceptowanego ryzyka dla utrzymania zdobyczy cywilizacyjnej, jaką jest posiadanie i korzystanie z energii elektrycznej.

Obowiązujące w Polsce i Unii Europejskiej najwyższe dopuszczalne natężenia PM 50 Hz (24–27) są zupełnie niedostosowane do warunków ekspozycji środowiskowej i zawodowej. Przeciętne i najwyższe narażenia występujące w życiu codziennym i na stanowiskach pracy były od wielu lat przedmiotem licznych badań i zostały syntetycznie przedstawione w wydanej niedawno monografii WHO (2). Między innymi Zaffanella i wsp. (28,29) wykonali pomiary PM 50 Hz w 1000 domów amerykańskich i stwierdzili, że natężenie tych pól nigdzie nie przekracza $1 \mu\text{T}$ ($10 \text{ mG} = 0,8 \text{ A/m}$), a ponad 80% domów ma natężenie PM $< 0,1 \mu\text{T}$ (1 mG). Według zestawień zbiorczych z kilkunastu pomiarów w różnych krajach (2) w 60–95% budynków mieszkalnych natężenia PM są mniejsze niż $0,1 \mu\text{T}$, w 6–30% wynoszą $0,1\text{--}0,2 \mu\text{T}$, w 1–8% — $0,2\text{--}0,3 \mu\text{T}$ i tylko w 0,5–3,0% — ponad $0,3 \mu\text{T}$. Średnia geometryczna

natężenia PM 50 Hz wynosi dla lokali mieszkalnych w Europie 0,02–0,07 μT , a w USA — 0,05–0,11 μT (2).

Z powyższego wynika, że liczba dzieci przebywających w domach o natężeniu PM 50 Hz przekraczających 0,3 μT (3 mG) jest stosunkowo niewielka i według posiadanych danych (2) tylko 1–4% dzieci mieszka w domach o natężeniu PM ponad 0,3 μT , a 0,5–2,0% w warunkach przy PM większym niż 0,4 μT .

Linie przesyłowe wysokich napięć powodują wyższe natężenia PM głównie wtedy, gdy rozpatrywana jest cała przestrzeń życiowa w domu i analizowana jest 24-godzinna ekspozycja. Stwierdzono, że w Wielkiej Brytanii PM pochodzące od linii przesyłowych przewyższają 0,1 μT w 17%, wartość 0,25 μT w 10% i 0,5 μT w 0,3% budynków zlokalizowanych w odległości do 400 m od badanej linii (29). Z danych tych wynika, że natężenie PM 50 Hz, z którymi mogą się zetknąć ludzie (w tym dzieci) w życiu codziennym i środowisku w żadnym przypadku nie przekraczają 1–2 μT (10–20 mG, 0,8–1,6 A/m). Większość populacji przebywa w warunkach, gdzie natężenia PM nie przekraczają 0,1 μT (1 mG, 0,08 A/m), a więc poniżej wartości granicznych sugerowanych jako warunki ryzyka białaczkowego dla dzieci (0,3–0,4 μT).

Z tego powodu musi dziwić wartość 60 A/m (75 μT , 750 mG) jako najwyższe dopuszczalne natężenie PM w przepisach polskich (24) i aż 80 A/m (100 μT , 1000 mG) w rekomendacji Unii Europejskiej (27). Te wartości znacznie przekraczają zarówno realne warunki ekspozycji ludności (o 2–3 rzędy wielkości), jak i graniczne wartości zagrożenia nowotworowego u dzieci, wprawdzie niepewnego, ale powtarzalnego (o 2 rzędy wielkości). Zdaniem autorów niniejszej pracy, jak i sygnatariuszy rezolucji z Benevento (30) czy autorów raportu BioInitiative (31) tak duża rozbieżność dopuszczalnych natężeń nie ma żadnego uzasadnienia i nie jest zgodna z aktualnym stanem wiedzy. Niezbędne jest znaczące obniżenie limitu 60–80 A/m (75–100 μT), choć otwarty pozostaje poziom, na jakim należałoby taki limit ustalić.

Mało realna i nieuzasadniona jest propozycja autorów raportu BioInitiative (31), aby najwyższe dopuszczalne natężenie PM 50 Hz ustalić na poziomie 0,1 μT (0,08 A/m), ponieważ taka wartość uniemożliwiłaby mieszkanie w około 15–30% domów, a ponadto znacznie by utrudniła i ograniczyła korzystanie z urządzeń gospodarstwa domowego zasilanych prądem przemianym. Wydaje się, że kompromisem między uduchowionym a przypuszczalnym zagrożeniem stanu zdrowia, wielkością ryzyka zdrowotnego w różnych

warunkach narażenia oraz wielkością akceptowanego ryzyka dla utrzymania zdobyczy cywilizacyjnej, jaką jest posiadanie i korzystanie z energii elektrycznej, byłoby ustalenie najwyższego dopuszczalnego natężenia PM 50 Hz na poziomie 1–4 A/m (1,25–6 μT).

Niezależnie od powyższych rozważań o wielkości dopuszczalnych narażeń na PM w każdym przypadku zalecane jest stosowanie zasady świadomego unikania (prudent avoidance) i ograniczania narażenia na pola EM w mieszkaniu, pracy i środowisku. Można to łatwo osiągnąć przez ograniczanie przebywania w pobliżu przewodów elektrycznych, włączonych urządzeń elektrycznych użytku domowego, urządzeń biurowych, telewizorów czy komputerów, a szczególnie przez nieumieszczanie tych urządzeń w pobliżu miejsc wypoczynku i snu.

Narażenie na PM 50 Hz na stanowiskach pracy jest, z nielicznymi wyjątkami, też stosunkowo niewielkie, ale bardzo zróżnicowane. Dla zawodów klasyfikowanych jako elektrycy, elektrotechnicy i elektronicy przeciętne narażenia na stanowiskach pracy wynoszą 0,2–2,0 μT (28,29). Nieco wyższe występują u maszynistów pociągów elektrycznych (do 4 μT) (2), a znacznie wyższe u operatorów pieców łukowych i indukcyjnych, nagrzewnic indukcyjnych i zgrzewarek oporowych, u których narażenia te mogą dochodzić do 30–50 μT (24–40 A/m) (33). Takie wartości mogą już być niebezpieczne dla zdrowia, chociaż w dostępnej literaturze nie ma wiarygodnych badań oceniających stan zdrowia pracowników narażonych na te najwyższe natężenia PM po wielu latach pracy. Są to stosunkowo niewielkie liczebnie grupy pracowników (szczególnie w aspekcie badań epidemiologicznych czy oceny zapadalności na nowotwory) i dlatego wykonanie takich badań jest bardzo trudne.

W większości przypadków w literaturze znajdują się pojedyncze, kazuistyczne opisy stanu zdrowia grup pracowników narażonych na silne PM. Niemniej jednak dopuszczalne natężenia PM dla pracowników są dalekie od realnych i uzasadnionych aktualnym stanem wiedzy. Niewiele, a praktycznie nic nie wiadomo o odległych skutkach wieloletnich ekspozycji w PM o natężeniu kilkudziesięciu A/m, jakie występują na nielicznych stanowiskach roboczych. Ponadto istnieją dane, że u pracowników narażonych na PM o natężeniu kilku A/m (np. u maszynistów pociągów elektrycznych) może dochodzić do zwiększonej zachorowalności na niektóre nowotwory (2). Tymczasem dyrektywa UE (26) dopuszcza ekspozycje pracowników w PM o natężeniu aż 400 A/m (500 μT) przez całą 8-godzinną

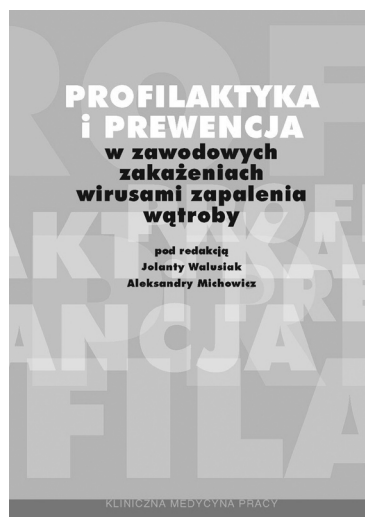
zmianę, a obowiązujące przepisy polskie (25) ustalają dla niej wartość 200 A/m (250 μ T) z dopuszczeniem krótkotrwałych (kilkuminutowych) narażeń na pola do 2000 A/m (2500 μ T) (!), co oznaczałoby wystąpienie zagrożenia nie tylko dla zdrowia, ale i dla życia.

Ostatnio pojawiła się propozycja znowelizowania polskich zasad ochrony pracowników przed polami elektromagnetycznymi (34), ale i w niej proponuje się dopuszczalną ekspozycję dla 8-godzinnej zmiany do 100 A/m (125 μ T) z możliwością krótkotrwałych narażeń na pola do 1000 A/m (1250 μ T). Ta ostatnia wartość jest znacznie wyższa od określonej w dyrektywie UE (26), co sprawia, że nie spełnia ona warunku harmonizacji z tym aktem prawnym. Wydaje się, że należy w skali międzynarodowej podjąć dyskusję o ustaleniu jednolitej normy dopuszczalnej ekspozycji w PM 50 Hz zarówno dla ludności, jak i pracowników, oraz ustalić najwyższe dopuszczalne natężenia na poziomie zgodnym z przedstawionymi wcześniej założeniami kompromisu. Przyjęta ostatnio w głosowaniu przez Parlament Europejski rezolucja na temat obaw zdrowotnych związanych z polami EM (35) również zwraca uwagę na konieczność modyfikacji najwyższych dopuszczalnych poziomów ekspozycji ludności i pracowników, zgodnie z aktualnym stanem wiedzy w tym zakresie.

PIŚMIENNICTWO

1. Wertheimer N., Leeper E.: Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 1979;109:273–284
2. World Health Organization. Environmental Health Criteria. No. 238: Extremely Low Frequency Fields. WHO, Geneva 2007, ss. 255–347
3. Gobba F., Bargellini A., Scaringi M., Bravo G., Borella P.: Extremely low frequency-magnetic fields (ELF-EMF) occupational exposure and natural killer activity in peripheral blood lymphocytes. *Sci. Total Environ.* 2009;407(3):1218–1223
4. Greaves M.: Molecular genetics, natural history and the demise of childhood leukaemia. *Eur. J. Cancer* 1999;35:1941–1953
5. Greaves M.: Childhood leukaemia. *Br. Med. J.* 2002;324:283–287
6. Greaves M.: Pre-natal origins of childhood leukemia. *Rev. Clin. Exp. Hematol.* 2003;7:233–245
7. Loescher W., Mevissen M.: Linear relationship between flux density and tumor co-promoting effect of prolonged magnetic field exposure in a breast cancer model. *Cancer Lett.* 1995;96(2):175–180
8. Loescher W.: Do cocarcinogenic effect of ELF electromagnetic fields require repeated long-term interaction with carcinogens? Characteristics of positive studies using the DMBA breast cancer model in rats. *Bioelectromagnetics* 2001;22(8):603–614
9. Krajewski Siuda K., Kaczmarek K.: Promocja zdrowia oparta na dowodach. *Przegl. Epidemiol.* 2006;60:823–833
10. Draper G., Vincent T., Kroll M.E., Swanson J.: Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. *Br. Med. J.* 2005;330:1290–1294
11. Greenland S., Kheifets L.: Leukemia attributable to residential magnetic fields: results from analyses allowing for study biases. *Risk Anal.* 2006;26:471–481
12. NIEHS — National Institute of Environmental Health Sciences: Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. W: Portier C.J., Wolfe M.S. [red.]. NIEHS Working Group Report. NIH Publication No. 98-3981. Research Triangle Park 1998
13. Ahlbom A., Day N., Feychting M., Roman E., Skinner J., Dockerty J. i wsp.: A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Cancer* 2000;83:692–698
14. Greenland S., Sheppard A.R., Kaune W.T., Poole C., Kelsh M.A.: A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Childhood Leukemia — EMF Study Group Epidemiol.* 2000;11:624–634
15. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing Radiation. Cz. 1.: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Monographs of the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans No. 80. IARC, Lyon 2002
16. Mejia-Arangure J.M., Fajardo-Gutierrez A., Perez-Saldivar M.-L., Gorodezky C., Martinez-Avalos A., Romero-Guzman L. i wsp.: Magnetic fields and acute leukemia in children with Down syndrome. *Epidemiology* 2007;18:158–161
17. Mizoue T., Onoe Y., Moritake H., Okamura J., Sokejima S., Nitta H.: Residential proximity to high-voltage power lines and risk of childhood hematological malignancies. *J. Epidemiol.* 2004;14:118–123
18. Schüz J.: Implications from epidemiologic studies on magnetic fields and the risk of childhood leukemia on protection guidelines. *Health Phys.* 2007;92:642–648
19. Guanel P., Nicolau J., Imbernon E., Chevalier A., Goldberg M.: Exposure to 50 Hz electric field and incidence of leukemia, brain tumors, and other cancers among French electric utility workers. *Am. J. Epidemiol.* 1996;144(12):1107–1121

20. Klaeboe L., Blaasaas K.G., Haldorsen T., Tynes T.: Residential and occupational exposure to 50-Hz magnetic fields and brain tumours in Norway: a population-based study. *Int. J. Cancer*. 2005;115(1):137–141
21. Kheifets L., Bowman J.D., Checkoway H., Feychting M., Harrington J.M., Kavet R. i wsp.: Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields: review and recommendations. *Occup. Environ. Med.* 2009;66(2):72–80
22. Karipidis K.K., Benke G., Sim M.R., Yost M., Giles G.: Occupational exposure to low frequency magnetic fields and the risk of low grade and high grade glioma. *Cancer Causes Control* 2007;18(3):305–313
23. Schlehofer B., Hettinger I., Ryan P., Blettner M., Preston-Martin S., Little J. i wsp.: Occupational risk factors for low grade and high grade glioma: results from an international case control study of adult brain tumours. *Int. J. Cancer* 2005;113(1):116–125
24. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów. *DzU z 2003 r. nr 192, poz. 1883*
25. 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 z 2002 r. nr 217, poz. 1833*
26. Dyrektywa 2004/40/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na zagrożenia spowodowane czynnikami fizycznymi (polami elektromagnetycznymi). *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej — wydanie specjalne PL, 2004;005(05), LI 159/1:61–71*
27. Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 to 300 GHz). (1999/529/EC). *Off. J. Eur. Community* 1999;L(199):59–70
28. Zaffanella L.E., Kalton G.W.: Survey of Personal Magnetic Field Exposure Phase II: 1000-Person Survey. EMF-RAPID Program Engineering Project No. 6 Lee MA: EnerTech Consultants 1998. Adres: <http://www.emf-data.org/rapid6-report.html>
29. Zaffanella L.E.: Survey of residential magnetic field sources. Vol. 1. Goals, results, and conclusions. (Report no. TR-102759-VI). Palo Alto, CA: Electric Power Research Institute 1993
30. International Commission of Electromagnetic Safety: Benevento Resolution 2006. Adres: http://www.icems.eu/benevento_resolution.htm
31. BioInitiative: A Rationale for a Biologically-based Exposure Standard for Electromagnetic Radiation 2007. Adres: <http://www.bioinitiative.org/>
32. Carpenter D.O., Sage C.: Setting prudent public health policy for electromagnetic field exposures. *Rev. Environ. Health* 2008;23(2):91–117
33. Gryz K., Karpowicz J.: Pola elektromagnetyczne w środowisku pracy. *Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa 2000, ss. 93–97*
34. Karpowicz J., Bortkiewicz A., Gryz K., Kubacki R., Wierkiewicz R.: Pola i promieniowanie elektromagnetyczne o częstotliwości z zakresu 0 Hz–300 GHz. Dokumentacja nowelizacji harmonizującej dopuszczalny poziom ekspozycji pracowników z wymogami dyrektywy 2004/40/WE. *Podst. Met. Oceny Środow. Pr.* 2008;4(58):7–48
35. European Parliament: Health concerns associated with electromagnetic fields. 2008/2211(INI). Committee on the Environment, Public Health and Food Safety. Adres: <http://www.europarl.europa.eu/oeil/file.jsp?id=5680652>



PUBLIKACJE
INSTYTUTU MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA W ŁODZI

PROFILAKTYKA I PREWENCJA W ZAWODOWYCH ZAKAŻENIACH WIRUSAMI ZAPALENIA WĄTROBY

pod redakcją *Jolanty Walusiak, Aleksandry Michowicz*

ISBN 978-83-60818-11-4

Cena: 24,00 zł

Wirusowe zapalenie wątroby, przez wiele osób nieprawidłowo nazywane „żółtaczką zakaźną”, jest ostrą chorobą zakaźną wywołaną przez jeden z poznanych dotychczas wirusów hepatotropowych: HAV, HBV, HCV, HDV, HEV i HGV.

W Polsce problem zakażeń krwiopochodnych o etiologii zawodowej związanych z WZW można ograniczyć do zakażeń HBV i HCV ze względu na rzadkie występowanie pozostałych wirusów. Poziom wiedzy i świadomości personelu pielęgniarskiego z zakresu zapobiegania tym zakażeniom jest jednak niedostateczny, podczas gdy ich posiadanie pozwala podjąć działania zmniejszające konsekwencje przypadkowego kontaktu z krwią. Zawodowego ryzyka zakażeń wirusami HBV i HCV wśród personelu pielęgniarskiego ze względu na charakter wykonywanej pracy nie da się całkowicie wyeliminować, ale można i należy starać się zmniejszać częstość ich występowania. W książce omówiono m.in. procedurę postępowania zapobiegawczego w przypadku ekspozycji zawodowych.

Zamówienia prosimy kierować pocztą na adres: Oficyna Wydawnicza, Instytut Medycyny Pracy im. prof. dr. med. J. Nofera, ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź, lub faksem na nr: 42 631-47-19, załączając kserokopię przelewu lub odcinka potwierdzenia zapłaty.

Publikację można zamówić też drogą elektroniczną pod adresem: ow@imp.lodz.pl lub na stronie <http://www.imp.lodz.pl/ksiegarnia>.

Wpłaty należy dokonywać na konto IMP w Banku Pekao S.A. II O/Łódź, nr 23 1240 3028 1111 0000 2822 2749. Na przelewie prosimy podać tytuł zamawianego wydawnictwa oraz NIP. Publikacja może być przesłana także za zaliczeniem pocztowym.