

PRACE POGLĄDOWE

Halina Sińczuk-Walczak¹

Alicja Bortkiewicz²

Marek Zmysłony³

WYBRANE ZAGADNIENIA WPŁYWU PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH EMITOWANYCH PRZEZ TELEFONY KOMÓRKOWE NA UKŁAD NERWOWY*

SOME ASPECTS OF THE EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS GENERATED BY MOBILE PHONES ON THE NERVOUS SYSTEM

¹ Z Przychodni Chorób Zawodowych

² Z Zakładu Fizjologii Pracy i Ergonomii

³ Z Zakładu Zagrożeń Fizycznych

Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

STRESZCZENIE Autorzy przedstawiają dane literaturowe, dotyczące wpływu pól elektromagnetycznych (PEM), emitowanych przez telefony komórkowe na funkcje układu nerwowego. Główną uwagę poświęcono przydatności badań neurofizjologicznych, takich jak elektroencefalografia (EEG), mózgo-we potencjały wywołane oraz tzw. sytuacyjne potencjały wywołane (ERP) w ocenie czynności bioelektrycznej mózgu. Większość cytowanych autorów podkreśla trudności w ocenie szkodliwego wpływu PEM, emitowanych przez telefony komórkowe, co może wynikać z ich niespecyficznego wpływu na strukturę biologiczną. Med. Pr. 2004; 55 (5): 435–438

SŁOWA KLUCZOWE: telefony komórkowe, układ nerwowy, badania neurofizjologiczne

ABSTRACT The authors present some data on the effects of electromagnetic fields (EMF) generated by mobile phones on the nervous system. The main attention was paid to the usefulness of some neurophysiological methods, such as electroencephalography (EEG), multimodality evoked potentials (MEP), and event related potentials (ERP) in the evaluation of the bioelectrical activity of the brain. The majority of the cited articles underline the difficulties in the evaluation of adverse effects of EMF generated by mobile phones, which can result from their nonspecific influence on biological structures. Med Pr 2004; 55 (5): 435–438

KEY WORDS: mobile phones, nervous system, neurophysiological findings

Adres autorów: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail: alab@sunlib.p.lodz.pl

Nadesłano: 15.06.2004

Zatwierdzono: 3 września 2004 r.

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

WSTĘP

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie wpływem pól elektromagnetycznych (PEM) emitowanych przez telefony komórkowe na człowieka. Poszukiwania potencjalnego związku między różnymi chorobami, w tym i guzami mózgu, a użytkowaniem telefonów komórkowych trwają stosunkowo krótko, chociaż badania skutków biologicznych działania PEM o częstotliwościach radiowych (które emitowane są przez telefony komórkowe) prowadzone są od lat sześćdziesiątych (1,2). Wcześniejsze badania dotyczyły jednak innego rodzaju ekspozycji, która obejmowała całe ciało, a nie, jak w przypadku telefonów komórkowych, tylko okolice głowy. W literaturze pojawia się coraz więcej doniesień opartych zarówno na badaniach eksperymentalnych na zwierzętach, badaniach doświadczalnych na ludziach jak i na badaniach epidemiologicznych i klinicznych. Wyniki są często sprzeczne

i ich omawianie zwykle kończy się sugestią kontynuowania obserwacji w celu potwierdzenia lub wykluczenia związku między działaniem PEM emitowanych przez telefony komórkowe a efektami biologicznymi.

Ze względu na stosunkowo niewielkie gęstości mocy promieniowania emitowanego przez telefony komórkowe, szczególne zainteresowanie budzi możliwość ich działania nietermicznego. Mimo prowadzenia badań w wielu ośrodkach takie działanie nie zostało w pełni potwierdzone zarówno w odniesieniu do zmian czynnościowych, jak i trwałego organicznego uszkodzenia poszczególnych narządów i układów. Obowiązujące normatywy higieniczne nie zabezpieczają przed takim działaniem, gdyż są opracowane na podstawie przewidywanego efektu termicznego (3).

Z przeglądu dostępnego piśmiennictwa wynika, że ze względu na swoje właściwości bioelektryczne, na PEM jest szczególnie wrażliwa tkanka nerwowa (4). Poza tym telefony komórkowe, które działają bezpośrednio w okolicy głowy, mogą teoretycznie wpływać na funkcjonowanie mózgu.

* Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 20.1 „Wpływ pól elektromagnetycznych emitowanych przez telefony komórkowe na stan zdrowia pracowników sieci GSM”. Kierownik zadania: dr hab. A. Bortkiewicz

Ważnym uzupełniającym elementem oceny czynności układu nerwowego są badania neurofizjologiczne, zwłaszcza badania elektroencefalograficzne (EEG), multimodalne potencjały wywołane oraz tzw. potencjały wywołane sytuacyjne („event-related” potentials-ERP), których występowanie jest uzależnione od charakteru zadania rozwiązywanego przez badanych.

W badaniach doświadczalnych na zwierzętach oceniano wpływ ekspozycji na PEM na czynność bioelektryczną mózgu. Pierwsze spostrzeżenia pochodzą z lat 70., kiedy zmiany EEG zarejestrował Bawin i wsp. u eksponowanych kotów (PEM 147 MHz modulowane amplitudowo z częstotliwością 1–25 Hz, o gęstości mocy padającej 10 W/m², SAR – Specific Absorption Rate = 0,015 W/kg), oraz Shandala i wsp. eksponując szczury i króliki (PEM o częstotliwości 2375 MHz i gęstości mocy padającej 1–50 W/m²) siedem godzin dziennie przez 30 dni (5,6). Należy podkreślić, że zmiany te występowały jedynie w przypadku ekspozycji na PEM modulowane.

Zmiany widma EEG u szczurów eksponowanych na PEM o częstotliwości 2450 MHz przy wartościach SAR wynoszących 8,4 W/kg i więcej opisał Thuroczy i wsp. (7).

W innych opisanych w piśmiennictwie badaniach doświadczalnych na zwierzętach eksponowanych na PEM radiofaloze zmian EEG nie stwierdzono (8,9).

Ocena wyników jest trudna, ponieważ badania są nieliczne i w każdym z tych eksperymentów ekspozycji poddawano zwierzęta różnych gatunków (koty, króliki, szczury). Większość efektów stwierdzono w warunkach wysokiej ekspozycji (1). Autorzy podkreślają, że wyniki badań doświadczalnych na zwierzętach nie zawsze mogą być przeniesione na populację ludzką. Dlatego też równoległe podejmowane są badania doświadczalne ochotników eksponowanych na PEM emitowane przez telefony komórkowe. Zainteresowanie badaczy budzi stan funkcji poznawczych, takich jak pamięć, uwaga, koncentracja. W szczególności badania ukierunkowano na ocenę pamięci krótkotrwałej, funkcje zapamiętywania, wybiórczość uwagi, szybkość podejmowania decyzji (10,11). Specjaliści uważają, że elektrofizjologicznym markerem dysfunkcji centralnego układu nerwowego w przypadku narażenia na PEM emitowane przez telefony komórkowe może być metoda badania wzrokowych potencjałów wywołanych (WPW) (12,13).

Hładký i wsp. badaniami objęli 20 zdrowych ochotników, w tym 10 mężczyzn i 10 kobiet w wieku od 20 do 71 lat, średnio 42,7 lat, SD 15,8 (12). Oceniano czynność bioelektryczną mózgu metodą WPW oraz funkcje pamięci i uwagi na podstawie testów psychologicznych. Do badań zastosowano telefon komórkowy typu Motorola GSM 8700 pracujący w zakresie 900 MHz, którego moc wyjściowa zmieniała się od 0,02–2 W. Monitorowano latencję fali N1 wzrokowego potencjału wywołanego w przebiegu 5-minutowego głośnego czytania. Stwierdzono istotne wydłużenie latencji wymienionego komponentu po zakończeniu ekspozycji ($p < 0,01$). Natomiast 6-minutowa ekspozycja na PEM w opisanym eks-

perymentcie nie ujawniła zmian w testach psychologicznych, badających funkcje pamięci i uwagi.

Przeprowadzona wcześniej przez Urbana i wsp. analiza obrazu wzrokowych potencjałów wywołanych, rejestrowanych za pomocą elektrody odbiorczej z okolicy potylicy Oz – Fz, w grupie 20 zdrowych ochotników, eksponowanych na podobne PEM przez 5 minut, nie wykazała istotnych zmian latencji i amplitudy badanych komponentów WPW (13).

Autorzy doniesień podkreślają, że prowadzone badania dotyczyły jednorazowej, krótkiej ekspozycji na PEM emitowane przez telefon komórkowy i sugerują potrzebę dalszych badań w warunkach wielokrotnej, powtarzanej ekspozycji (12,13).

Metodykę słuchowych potencjałów wywołanych z pnia mózgu (SPWPM) zastosował Bąk i wsp. do oceny wpływu PEM emitowanego przez telefony komórkowe, podczas i po ekspozycji, w grupie 45 zdrowych ochotników. Nie stwierdzono istotnych zmian latencji i interlatencji badanych komponentów SPWPM (14).

Niektórzy badacze podkreślają, że bardziej przydatną metodą oceny efektów biologicznych PEM emitowanych przez telefony komórkowe jest badanie czynności bioelektrycznej mózgu metodą elektroencefalografii. Szczególnie wartościowe w ocenie zaburzeń mózgowych jest badanie w stanie snu. Wyniki EEG mogą wahać się od prawidłowych do nieprawidłowych pod postacią zmian patologicznych spotykanych w padaczce.

Badania doświadczalne, oceniające efekty wpływu telefonów komórkowych na czynność spontaniczną EEG w stanie czuwania eksponowanych osób nie dały jednoznacznych rezultatów. Reiser i wsp. stwierdzili, że ekspozycja na sygnał GSM powoduje wzrost (po około 15 minut) częstotliwości rytmów EEG o około 10 Hz i powyżej (1). W innych badaniach Roschke i Mann nie wykryli żadnych zmian w widmie EEG związanych z ekspozycją na sygnały GSM. Podobnie, nie stwierdzono zmian w EEG podczas snu (15).

Natomiast w pracy Borbely i wsp. ekspozycja na „sygnał pseudo-GSM” (15 minutowe cykle włączenie/wyłączenie, 900 MHz, SAR = 1 W/kg przy czym PEM działające przez 87,5% czasu a nie 12,5% jak jest w warunkach rzeczywistych) była związana ze stanem obniżonego czuwania po śnie i zmianami widma EEG w pierwszej fazie snu NREM (1).

Krause i wsp. badali efekty sygnałów GSM na tzw. „potencjały sytuacyjne” rejestrowane podczas wykonywania zadania zwanego skanowaniem pamięci (16). Uznano, że zarejestrowane wyniki mogą wskazywać na zaburzenia behawioralne opisane przez Koivisto i wsp. (11).

Badacze fińscy (Hietanen i wsp.) przeprowadzili ocenę EEG z zastosowaniem analizy ilościowej w grupie 19 ochotników (10 mężczyzn w wieku 28–48 lat i 9 kobiet w wieku 32–57 lat) (17). Źródłem ekspozycji było pięć różnych telefonów komórkowych (analogowych i cyfrowych) pracujących z częstotliwością 900 MHz albo 1800 MHz. EEG rejestrowano w stanie czuwania z zamkniętymi oczami. U każdego badanego przeprowadzono sześć 30-minuto-

wych eksperymentów, w tym jeden pozorowany. Ekspozycja na jeden z telefonów spowodowała statystycznie istotną zmianę w bezwzględnej mocy, w zakresie pasma typu delta rejestrowanego EEG.

W innych badaniach opisano bóle głowy i zaburzenia neuropsychologiczne, występujące podczas użytkowania telefonów komórkowych (18–20). Bóle głowy, w tym migrenowy i klasterowy, często opisywano u użytkowników telefonów zarówno analogowych jak i cyfrowych, częściej przy stosowaniu analogowych (21). Z badań australijskich wynika, że występowały podczas rozmowy lub po jej zakończeniu i niekiedy utrzymywały się przez dłuższy okres. Zlokalizowane były głównie – jak podaje Hocking (21) w okolicy skroniowej, potylicznej lub usznej, towarzyszyły im zawroty, nudności, doznania wzrokowe. Autor sugeruje mechanizm neurogeny tych objawów, ale nie wyklucza naczyniowego (21). Z uwagi na znany wieloprzyczynowy charakter bólów głowy, związek z PEM jest trudny do udowodnienia (4,22).

Interesujące wyniki przedstawiono w pracy Jecha i wsp., dotyczące EEG i ERP u chorych z rozpoznaniem narkolepsji, schorzenia o podłożu genetycznym (23). Badano wpływ PEM, emitowanych przez telefony komórkowe o częstotliwości 900 MHz (SAR 0,06 W/kg) na sen chorych dotkniętych narkolepsją, przejawiającą się napadami snu i objawami katapleksji. Wykazano, że 45-minutowa ekspozycja na PEM może spłycić, a nawet powstrzymać, nadmierną senność oraz udoskonalić wykonywanie jednostajnych zadań, wymagających długotrwałej uwagi i czuwania, a służących do oceny funkcji poznawczych. Działanie biologiczne PEM jest przedmiotem licznych badań i kontrowersji również w aspekcie właściwości kancerogennych. Dotyczy to w szczególności nowotworów mózgu (2). Związek tych schorzeń z użyciem telefonów komórkowych powoduje niekorzystne napięcia społeczne. Problem pojawił się po raz pierwszy w Stanach Zjednoczonych w latach 90. Przegląd wielu prac epidemiologicznych nie dostarcza danych sugerujących prawdopodobieństwo częstszego występowania guzów mózgu u użytkowników telefonów komórkowych (24). Ich autorzy podkreślają, że badania epidemiologiczne i eksperymenty na zwierzętach co prawda nie potwierdzają istnienie związku pomiędzy użytkowaniem telefonów komórkowych a nowotworami mózgu, ale nie stanowi to dowodu na „bezpieczeństwo” tych urządzeń.

PIŚMIENNICTWO

1. Stewart W.: Mobile Phones and Health. Independent Expert Group on Mobile Phones, Oxon, UK 2000.
2. Hossmann K.A., Hermann D.M.: Effects of Electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system. *Bioelectromagnetics* 2003; 24: 49–62.
3. Zmysłony M.: Telefonacja komórkowa. Problemy oceny ekspozycji na pola elektromagnetyczne. *Med. Pr.* 2000; 51 (2): 151–158.
4. Bortkiewicz A.: Badania skutków biologicznych działania PEM o częstotliwościach emitowanych przez telefony komórkowe. *Med. Pr.* 2001; 52 (2): 101–106.
5. Bawin S.M., Gavalas-Medici R.J., Adey W.R.: Effects of modulated very high frequency fields on specific brain rhythms in cats. *Brain Res.* 1973; 58: 365–370.
6. Shandala M.G., Dumanskii U.D., Ruohvev M.I. Ershova L.K., Los I.P.: Study of nonionizing microwave radiation effects upon the central nervous system and behavior reactions. *Environ. Health Perspect.* 1979; 30: 115–121.
7. Thuroczy G., Kubinyi G., Bodo M., Bakos J., Szabo L.D.: Simultaneous response of brain electrical activity (EEG) and cerebral circulation (REG) to microwave exposure in rats. *Rev. Environ. Health* 1994; 10: 135–142.
8. McRee D.I., Elder J.A., Gage M.I., Reiter L.W., Rosenstein L.S., Shore M.L. i wsp.: Effect of nonionizing radiation on the central nervous system, behavior and blood: a progress report. *Environ. Health Perspect.* 1979; 30: 123–131.
9. Mitchel C.L., McRee D.I., Peterson N.J., Tilson H.A., Shandala M.G., Rudnev W.I. i wsp.: Results of a United States and Soviet Union joint project on nervous system effects of microwave radiation. *Environ. Health Perspect.* 1989; 81: 201–206.
10. Preece A.W., Iwi G., Davies-Smith A., Wesnes K., Butler S., Lim E. i wsp.: Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. *Int. J. Radiat. Biol.* 1999; 75: 447–452.
11. Koivisto M., Krause C.M., Revonsuo A., Laine M., Hämäläinen H.: The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory *Neuroreport* 2000; 11: 1641–1643.
12. Hladký A., Musil J., Roth Z., Urban P., Blažková V.: Acute effects of using a mobile phone on CNS functions. *Centr. Eur. J. Publ. Health* 1999; 7 (4): 165–167.
13. Urban P., Lukáš E., Roth Z.: Does acute exposure to the electromagnetic field emitted by a mobile phone influence visual evoked potentials? *Centr. Eur. J. Publ. Health* 1998; 6 (4): 288–290.
14. Bąk M., Śliwińska-Kowalska M., Zmysłony M., Dudarewicz A.: No effects of acute exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on brainstem auditory potentials in young volunteers. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* 2003; 16 (3): 201–208.
15. Roschke J., Mann K.: No short-term effects of digital mobile radio telephone on the awake human electroencephalogram. *Bioelectromagnetics* 1997; 18: 172–176.
16. Krause C.M., Sillanmäki L., Koivisto M., Häggqvist A., Saarela C., Revonsuo A. i wsp.: Effects of electromagnetic field emitted by cellular phones on the EEG during a memory task. *Neuroreport* 2000; 11: 761–764.
17. Hietanen M., Kovala T., Hämäläinen A.M.: Human brain activity during exposure to radiofrequency fields emitted by cellular phones. *Scand. J. Work Environ. Health* 2000; 26 (2): 87–92.
18. Frey A.H.: Headaches from Cellular Telephones: Are They Real and What Are the Implications? *Environ. Health Perspect.* 1998; 106 (3): 101–103.
19. Weinberg Z., Richter E.D.: Cellular telephones and effects on the brain: The head as an antenna and brain tissue as a radio receiver. *Med. Hypotheses* 2002; 59 (6): 703–705.
20. Sandröm M., Wilen J., Oftedal G., Hansson Mild K.: Mobile phone use and subjective symptoms. *Occup. Med.* 2001; 51 (1): 25–35.
21. Hocking B.: Preliminary report: Symptoms associated with mobile phone use. *Occup. Med.* 1998; 48 (6): 337–360.

-
22. Prusiński A. [red.]: Bóle głowy. Alfa-Medica-Press, Bielsko Biala 1996.
23. Jech R., Šonka K., Ružička E., Nebuželsky A, Böhm J., Jukličková M. i wsp.: Electromagnetic Field of Mobile Phones Affects Visual Event Related Potential in Patients With Narcolepsy. *Bioelectromagnetics* 2001; 22: 519–528.
24. Foster K.R., Moulder J.E.: Oddziaływanie telefonów komórkowych na zdrowie człowieka. Konferencja „GSM 900/1800 a ochrona zdrowia i środowiska – przepisy, badania, fakty”, Warszawa, 27–28 kwietnia 2000.