

A. Buczyński, M. Dziedziczak-Buczyńska, W. Jankowski, R. Olszański, J. Buczyński,
K. Pacholski, G. Henrykowska

**METABOLIZM TLENOWY KRWINEK PŁYTKOWYCH
EKSPONOWANYCH NA PROMIENIOWANIE
ELEKTROMAGNETYCZNE GENEROWANE PRZEZ TELEFONIE
KOMÓRKOWĄ – BADANIA IN VITRO**

Celem pracy była ocena wpływu promieniowania elektromagnetycznego wysokiej częstotliwości, emitowanego przez telefon komórkowy, na metabolizm tlenowy i zmiany wolnorodnikowe w krwinkach płytkowych. Zawiesinę ludzkich płytek krwi poddawano działaniu pola EM o częstotliwości 900 i 1800 MHz przez 1, 3 i 5 minut. W porównaniu do wartości kontrolnych aktywność dysmutazy ponadtlenkowej zmalała po 1 i 5, a po 3 minucie wzrosła (EM 900 MHz). Promieniowanie o częstotliwości 1800 MHz powodowało stały spadek SOD-1 w stosunku do długości czasu ekspozycji. Stężenie dialdehydu malonowego wzrosło po 1 i 5 min ekspozycji, natomiast po 3 minutach odnotowano istotne jego obniżenie (EM 900 MHz). Promieniowanie o częstotliwości 1800 MHz powodowało wzrost stężenia MDA w stosunku do długości czasu ekspozycji. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że przyczyną niekorzystnych zmian w czynności enzymów antyoksydacyjnych i stężeniu dialdehydu malonowego może być stres oksydacyjny powstający przy narażeniu krwinek płytkowych na mikrofałę, a wraz z nim tworzenie się nadmiernej ilości wolnych rodników tlenowych.

słowa kluczowe: peroksydacja lipidów, krwinki płytkowe, stres oksydacyjny, promieniowanie elektromagnetyczne, telefon komórkowy

**AN OXYGEN METABOLISM OF HUMAN BLOOD PLATELETES
DISPLIED ON ELECTROMAGNETIC FIELD GENERATING BY
MOBILE PHONES – IN VITRO RESEARCHES**

The aim of the study was to assess the influence of electromagnetic field produced by mobile phones on oxygen metabolism in human blood platelets. The suspension of blood platelets was exposed to the electromagnetic field with frequency of 900 and 1800 MHz after 1, 3 and 5 min. Our studies demonstrated that microwaves produced by mobile phones (900 MHz) significantly depleted SOD-1 activity after 1, 5 min of exposure and increased after 3 min in comparison with the control test. Microwaves 1800 MHz significantly depleted SOD-1 activity after 1, 3 and 5 min in comparison with the control test. There was a significant increase in concentration of MDA after 1, 5 min and decrease after 3 min of exposure as compared with the control test (900 MHz). Electromagnetic field with frequency of 1800 MHz significantly increased in concentration of MDA after 1, 3 and 5 min. On the grounds of our results we conclude that oxidative stress after exposure to microwaves may be the reason for many adverse changes in cells and may cause a number of systemic disturbances in the human body.

key words: lipid peroxidation, oxidative stress, blood platelets, electromagnetic fields, mobile phone

WSTĘP

W środowisku ziemskim, od początku istnienia życia, obecne są naturalne pola elektromagnetyczne, natomiast wytwarzane sztucznie pojawiły się zaledwie przed ok. 100 laty. Jest to zbyt krótki okres na powstanie zmian adaptacyjnych organizmów żywych.

Pola elektromagnetyczne we wszystkich przedziałach częstotliwości działają na ogólnoustrojowe układy regulacyjne i integrujące, tj. układ nerwowy, hormonalny i łącznotkankowy [1] Fizjologiczne funkcjonowanie tych układów powiązane jest z naturalnymi polami elektromagnetycznymi. Jeżeli nawet układy te mają określone granice tolerancji to długotrwałe narażenie na sztuczne promieniowanie elektromagnetyczne doprowadza do ujawnienia się zaburzeń funkcji organizmu [2], co wyraża się zarówno subiektywnymi jak i obiektywnymi zmianami czynnościowymi. Udowodniono, że egzogenne pole elektromagnetyczne środowiskowe może wywoływać negatywne skutki destabilizując układy biologiczne, np. zaburzając wydzielanie melatoniny czy też zakłócając czynność tkanek pobudliwych [3].

Postęp cywilizacyjny i technologiczny spowodował, że powszechnym i niezbędnym stało się korzystanie z urządzeń przesyłających drogą fal radiowych różne rodzaje informacji. Niezbędnym, we współczesnym świecie, stał się telefon komórkowy.

Pole elektromagnetyczne wysokich częstotliwości działa na organizm ludzki na drodze termogennej i pozatermicznej [4]. Efekt termiczny to nagrzewanie się napromieniowanych obiektów oraz zmiany patologiczne i reakcje fizjologiczne, uwarunkowane podwyższeniem temperatury. Efekt pozatermiczny to zjawiska zachodzące niezależnie od zmian temperatury, które powstają na bazie zjawiska polaryzacji oraz zmiany struktury i poziomu energetycznego molekuł.

Według obecnie obowiązujących norm pole elektromagnetyczne (EM) wysokich częstotliwości, emitowane przez telefon komórkowy mieści się w granicach uznanych za nieszkodliwe. Opracowane normy dotyczą tylko efektu termicznego, jaki powstaje w tkankach w czasie działania pola elektromagnetycznego. Niestety, nie uwzględniono efektu pozatermicznego.

Prowadzone są badania [5,6] (również epidemiologiczne) mające jednoznacznie wyjaśnić pozatermiczny charakter oddziaływania pól elektromagnetycznych emitowanych przez telefony komórkowe, jak i stacje bazowe telefonii komórkowej [7,8].

Krwinki płytkowe są najmniejszymi elementami morfotycznymi krwi. Pełnią istotną funkcję w inicjowaniu złożonego procesu krzepnięcia krwi. Dlatego też w sposób bezpośredni lub pośredni uczestniczą w wielu procesach fizjologicznych i patologicznych organizmu. W licznych badaniach udowodniono, że zaburzenia funkcji płytek krwi mogą prowadzić do ostrych lub przewlekłych schorzeń zagrażających zdrowiu i życiu człowieka [2]. Na aktywność metaboliczną krwinek płytkowych może mieć wpływ wiele czynników zarówno zewnętrznych jak i wewnętrznych, chemicznych oraz fizycznych, a wśród tych ostatnich pole elektromagnetyczne. Prowadzi ono często do zachwiania swoistej równowagi biologicznej w komórce. Zaobserwowano, że pole elektromagnetyczne o określonych parametrach może prowadzić do zwiększenia generacji wolnych rodników tlenowych [9].

Na podstawie doniesień literaturowych [3,5] stwierdzono, że pole elektromagnetyczne w zakresie wysokich częstotliwości (300 - 300 000 MHz) powoduje stres oksydacyjny, który wpływa na metabolizm komórkowy. W krwinkach płytkowych zmiana procesów metabolicznych związana jest, między innymi, z peroksydacją błon komórkowych. Może to powodować adhezję i agregację tych elementów morfotycznych, prowadząc do mikrozakrzepów, mikrozatorów, a także do obkurczania naczyń krwionośnych z uszkodzeniem ich śródbłonka.

CEL

Celem badań była ocena wpływu promieniowania elektromagnetycznego o częstotliwości 900 i 1800 MHz występującego w telefonach komórkowych na metabolizm tlenowy w krwinkach płytkowych.

MATERIAŁY I METODY

Materiał do badań stanowiła zawiesina ludzkich płytek krwi o stężeniu $2 \times 10^9/\text{cm}^3$ uzyskana ze stacji krwiodawstwa od honorowych dawców krwi. Były nimi osoby w wieku 20 – 30 lat, u których wykonano badanie internistyczne, wykluczono przeciwwskazania oraz wykonano badania laboratoryjne krwi typowe dla dawców krwi. Probówkę polietylenową z 1cm^3 zawiesiny płytek krwi umieszczano w łaźni wodnej ze stałą temperaturą 35°C . Następnie poddawano działaniu pola elektromagnetycznego generowanego przez telefon komórkowy o częstotliwości 900 i 1800 MHz i natężeniu $0,2 \text{ W/m}^2$ przez okres 1, 3, 5 minut, emiter w odległości 4 cm. Wahania chwilowe natężenia pola EM występujące w pierwszych sekundach pracy aparatu związane z logowaniem się do sieci GSM nie przekraczały 2 W/m^2 . Pomiar natężenia pola elektromagnetycznego dokonano urządzeniem Wavecorder, Emdex, Entertech.

Za każdym razem po upływie 1, 3 i 5 minut oznaczano:

- ◆ aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (SOD-1) na spektrofotometrze UV VIS firmy VARIAN przy użyciu testów enzymatycznych firmy RANDOX
- ◆ stężenie dialdehydu malonowego metodą Placera [10]

W badaniu kontrolnym dokonano takich samych oznaczeń, ale krwinki płytkowe nie zostały poddane działaniu pola elektromagnetycznego.

Wyniki badań poddano analizie statystycznej testem Studenta dla dwóch średnich. Dla oceny przyjęto poziom ufności $p \leq 0,05$.

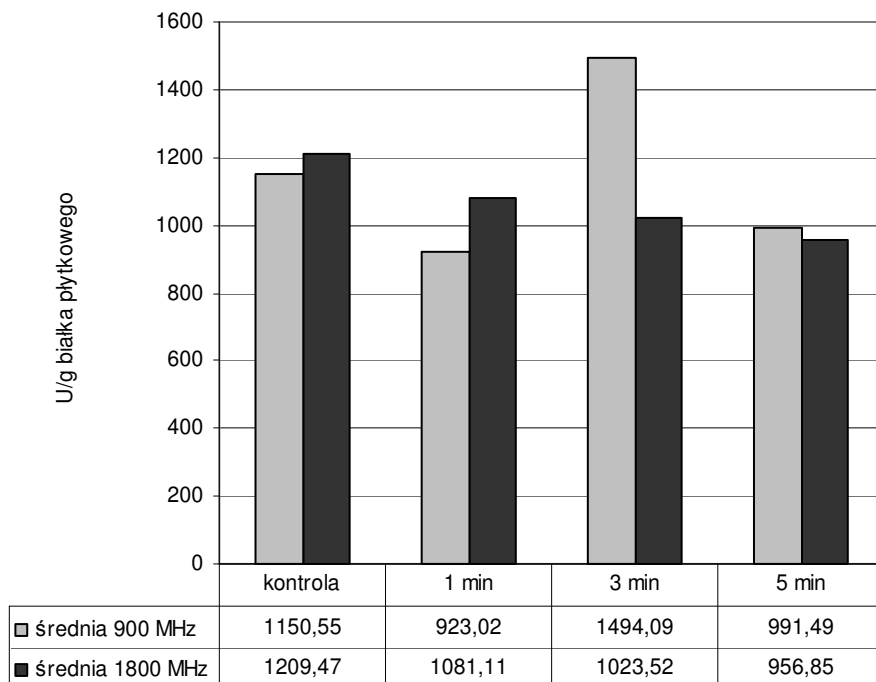
WYNIKI

Po ekspozycji krwinek płytkowych na promieniowanie mikrofalowe o częstotliwości 900 MHz zaobserwowano, że aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (w porównaniu do próby kontrolnej), zmalała po 1 minucie o 18,9 %. Po 3 minutach wzrosła prawie o 30 %, a po 5 minucie zmalała o 13,82 % (Rys.1).

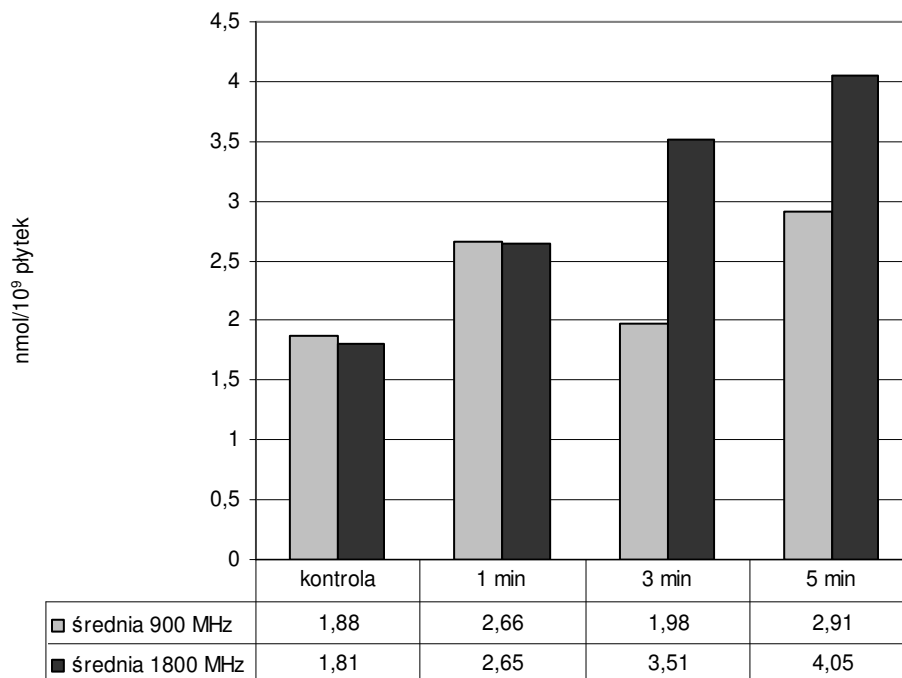
Po ekspozycji krwinek płytkowych na promieniowanie o częstotliwości 1800 MHz aktywność dysmutazy ponadtlenkowej w sposób ciągły malała w porównaniu do wartości próby kontrolnej (Rys.2).

Stężenie dialdehydu malonowego (w porównaniu do próby kontrolnej) wzrosło o 41,5% po 1 minucie ekspozycji na pole elektromagnetyczne o częstotliwości 900 MHz i o 54,2% po 5 minutach. Natomiast w 3 minucie stężenie MDA przekraczało wartość kontrolną jedynie o 5,3 % (różnica nieistotna statystycznie).

Pole elektromagnetyczne o częstotliwości 1800 MHz powodowało wzrost stężenia dialdehydu malonowego w krwinkach płytkowych proporcjonalnie do długości czasu ekspozycji.



Rys. 1. Aktywność dysmutazy ponadtlenkowej w krwinkach płytkowych poddanych działaniu promieniowania elektromagnetycznego o częstotliwości 900 i 1800 MHz



Rys. 2. Stężenie MDA w krwinkach płytkowych poddanych działaniu pola elektromagnetycznego o częstotliwości 900 i 1800 MHz

DYSKUSJA

Krwinki płytkowe jako jedne z najmniejszych elementów morfotycznych krwi cechuje wysoki poziom przemian energetycznych, co pozwala tym komórkom na udział w wielu procesach fizjologicznych i patologicznych organizmu. Odbywa się to dzięki zdolności krwinek płytkowych do gwałtownego reagowania na liczne bodźce endo- lub egzogenne. Obserwacja oraz analiza zmian w aktywności enzymów płytkowych stała się, zatem jedną z metod oceny korzystnego lub niekorzystnego wpływu wybranych czynników - w tym również pola elektromagnetycznego na krwinki płytkowe.

W wyniku zachodzących różnych przemian i reakcji biochemicznych w organizmie, powstaje pewna pula wolnych rodników ponadtlenkowych i hydroksylowych. Cechuje je szczególnie wyraźne powinowactwo do fosfolipidów błony komórkowej, czego następstwem jest jej uszkodzenie i stymulacja procesów związanych z peroksydacją lipidów [5]. Proces ten doprowadzić może do nasilenia adhezji i agregacji krwinek płytkowych.

Dysmutaza ponadtlenkowa (SOD-I) jest jednym z enzymów wewnątrzkomórkowych chroniącym przed niekorzystnym wpływem nadmiernej ilości wolnych rodników tlenu. Obserwowane zmiany w jej aktywności dowodzą, że pod wpływem pola EM generowanego przez telefon komórkowy zachodzi gwałtowny proces wytwarzania wolnych rodników tlenu. Obserwacje te są zgodne z doniesieniami innych autorów, którzy zaobserwowali uszkodzenie lub zmiany w przepuszczalności błon komórkowych w różnych tkankach i narządach pod wpływem pola EM [11]. Stąd można stwierdzić, że obserwowane niekorzystne oddziaływania pola EM generowanego przez telefony komórkowe w części mogą być wywołane nadmierną generacją wolnych rodników tlenu, które przy niedostatecznej aktywności enzymów antyoksydacyjnych lub ich wyczerpaniu prowadzić mogą do przejściowego lub trwałego uszkodzenia struktury lub funkcji komórek [12,13]. Markerem tych przemian jest wzrost stężenia dialdehydu malonowego [14].

Szkodliwość działania mechanizmu pozatermicznego promieniowania elektromagnetycznego wysokiej częstotliwości na układy biologiczne jest wciąż mało poznana [15]. Wiadomo, że jest odpowiedzialna za zmiany zwyrodnieniowe w rogówce oka, soczewce, siatkówce, uchu środkowym, za przewlekły skurcz naczyń obwodowych, zaburzenia rytmu serca, zaburzenia w spermatogenezie i oogenezie [1,2]. Istnieje możliwość, że zmiany te mogą być związane z reakcjami wolnorodnikowym [3]. Utrzymywanie najniższego możliwego poziomu generacji wolnych rodników jest istotne ze względu na niekorzystne skutki ich oddziaływania na układy biologiczne. Spowodowane przez nie uszkodzenia morfologiczne, jak i czynnościowe komórek mogą powodować niebezpieczne dla zdrowia ludzkiego konsekwencje.

WNIOSKI

1. Promieniowanie elektromagnetyczne wysokich częstotliwości wywołuje stres oksydacyjny, który może być przyczyną niekorzystnych zmian w aktywności enzymów antyoksydacyjnych.
2. Promieniowanie elektromagnetyczne emitowane przez telefon komórkowy może powodować upośledzenie lub uszkodzenie struktur lipidowych błon komórkowych krwinek płytkowych, co przejawia się wzrostem stężenia dialdehydu malonowego.
3. Pole elektromagnetyczne o częstotliwości 1800 MHz, niezależnie od czasu ekspozycji, powoduje niedostateczną aktywność enzymów antyoksydacyjnych, co

może prowadzić do przejściowego lub trwałego uszkodzenia struktury lub funkcji komórek.

4. Rozpowszechnianie wśród ludności emiterów promieniowania elektromagnetycznego wysokich częstotliwości i nieracjonalne ich wykorzystywanie może być w przyszłości poważnym problemem zdrowia publicznego.

LITERATURA

1. Bortkiewicz A. „Badanie skutków biologicznych działania pola elektromagnetycznego o częstotliwościach emitowanych przez telefony komórkowe”; 52:101-106; Med.Pr.2001r.
2. Repacholi M.H.Low “Level exposure to radiofrequency electromagnetic fields.health effects and research needs”; 19:1-19; Bioelectromagnetics 1998r.
3. Wachowicz B, Olas B, Żbikowska H, Buczyński A.” Generation of reactive oxygen species in blood platelets” ;13: 175-180; Platelets 2002r.
4. Navakatikian M.A.Tomashevskaya L.A. “Biological effects of electric and magnetic fields. Sources and mechanisms. Tom 1. Academic Press, London 1994r.
5. Stopczyk D, Gnitecki W, Buczyński A, at all .” Zmiany aktywności dysmutazy ponadtlenkowej oraz stężenia dialdehydu malonowego w krwinkach płytkowych poddanych działaniu promieniowania elektromagnetycznego wysokiej częstotliwości generowanego przez telefon komórkowy – badania in vitro”; 53 (4): 311-314; Med.Pr. 2002r.
6. Repacholi M.H. ”Health risk from the use of mobile phones”; 3:31; Toxicol.Lett. 2001r.
7. Schuz J, Bohler E, Schlehofer B, Berg G, Schlaefer K, Hettinger I, i wsp.: “Radiofrequency electromagnetic fields emitted from base stations of DECT cordless phones and the risk of glioma and meningioma (Interphone Study Group, Germany)” 166(1 Pt 1): 111-116; Radiat. Res., 2006r.
8. Oberfeld G., Navarro A.E., Portoles M., Masetu C., Gomez-Perretta C.” The microwave syndrome – further aspects of a Spanish study. Proceedings of the 3rd International Workshop on Biological Effects of Ems” Kos, Grecja, s.728-735; 4-8 października 2004r.
9. Sieroń A, Sieroń-Słotny K, Mrugała-Przybyła B. „Aktualne spojrzenie na stosowanie pól magnetycznych w medycynie”;7:147-152; Acta Bio-Opt.Inf.Med.,2001r.
10. Placer Z.I.” Estimationof products of lipid peroxydation malonyl dialdehyde in biochemical system” ;16:359-364; Anal.Bioch 1966r.
11. Moustafa YM, Moustafa RM, Belacy A, Abou-Ei-Ela SH, Ali FM. ”Effects of acute exposure to the radiofrequency fields of cellular phones on plasma lipid peroxide and antioxidase activities in human erythrocytes”; 26(4):605-8; J Pharm Biomed Anal. 2001r.
12. Edelstyn N, Oldershaw A. The acute effects of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. Neuroreport. 2002;13(1):119-21.
13. Frice K, Sommer G, Schmitz B, at all. Effect of global system for mobile comunication (GSM) microwave exposure on blood-brain permeability in rat. Acta Neuropathol. 1997; 94: 465-470
14. Gil P, Farians F, Casado A, Lopez-FernandezE. Malonodialdehyde: a possiible

- marker of ageing. *Gerontology* 2002; 48 (4): 209-214
15. Lee TM, Lam PK, Yee LT, Chan CC. The effect of the duration of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport*. 2003;14(10):1361-4.

Recenzent: prof. dr hab. med. Kazimierz Dęga – Wojskowy Instytut Medyczny w Warszawie

Autorzy:

Andrzej Buczyński, Maria Dziedziczak-Buczyńska, Wojciech Jankowski, Romuald Olszański, Jacek Buczyński, Krzysztof Pacholski, Gabriela Henrykowska

Adres do korespondencji:

*Zakład Edukacji Zdrowotnej i Promocji Zdrowia Uniwersytet Medyczny w Łodzi.
90-923 Łódź ul. Żeligowskiego 7/9
tel. (42) 639 32 60; e-mail: gabi.ann@interia.pl, promzdr@achilles.wam.lodz.pl*

