

Wpływ kwasu askorbinowego na generację wolnych rodników podczas ekspozycji na promieniowanie elektromagnetyczne eksponowane przez monitory LCD

Streszczenie. Wpływ oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego na organizm człowieka jest przedmiotem wielu doniesień naukowych. W artykule przedstawiono wyniki badań *in vitro* mających na celu określenie antyoksydacyjnej roli kwasu askorbinowego podczas ekspozycji krwinek płytkowych na promieniowanie elektromagnetyczne generowane przez monitory LCD.

Abstract. Electromagnetic radiation may influence living organisms in a negative as well as positive way. It has been shown that LCD screens cause negative changes in the antioxidative system of human blood platelets. Therefore, the purpose of the work was to determine the antioxidative role of ascorbic acid during the exposure of blood platelets to electromagnetic radiation generated by LCD screens in *in vitro* research. **(Influence of ascorbic acid on the generation of free radicals during exposure to electromagnetic radiation emitted by LCD screens)**

Słowa kluczowe: promieniowanie elektromagnetyczne, kwas askorbinowy, generacja wolnych rodników, monitory LCD

Keywords: electromagnetic radiation, ascorbic acid, generation of free radicals, monitors LCD

doi:10.12915/pe.2014.05.48

1. Wstęp

W XXI wieku komputery stały się dla człowieka nieodzownym narzędziem pracy. Dążenie do coraz mniejszych rozmiarów, przystępna cena, a przede wszystkim szerokie możliwości wykorzystania spowodowały, że znalazły one zastosowanie m.in. w administracji, przemyśle, szkolnictwie, komunikacji i zabawie. Praca na nich nieodzownie związana jest z monitorem ekranowym. Dawniejsze monitory z lampą kineskopową CRT (Cathode Ray Tube) zastąpione zostały monitorami z ekranami ciekłokrystalicznymi LCD (Liquid Crystal Display) czy też LED. Mogą być podłączone do stacjonarnego komputera lub stanowić integralną część komputerów przenośnych. Szerokie spektrum wykorzystania nasuwa pytanie, czy praca z ich wykorzystaniem jest szkodliwa? Wiadomym jest, że promieniowanie elektromagnetyczne emitowane przez urządzenia elektryczne może w różny (pozytywny jak i negatywny) sposób oddziaływać na organizm ludzki. Jednym z negatywnych skutków jest występujący w komórkach stres oksydacyjny, czyli zachwianie równowagi biologicznej, która istnieje pomiędzy powstawaniem wolnych rodników a ich unieszkodliwianiem. Leży on u podstawy wielu chorób, np. układu krążenia, nowotworowych czy też neurodegeneracyjnych oraz starzenia się.

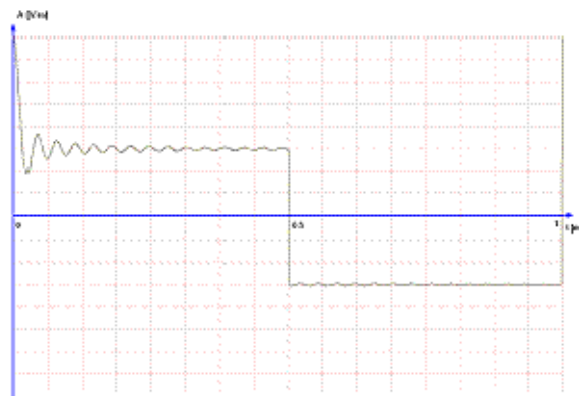
Jednym z najczęściej stosowanych doustnych antyoksydantów jest witamina C. W osoczu obserwuje się jej najwyższe stężenia. Bierze tam udział w inaktywacji reaktywnych form tlenu i produktów peroksydacji lipidów, m.in. redukując Fe^{3+} do Fe^{2+} w reakcji Fentona [1]. Ponadto odbudowuje ona pulę zredukowanego glutationu i witaminy E [2], ale w dużych stężeniach może działać prooksydacyjnie [3]. Wraz z zakłóceniem równowagi prooksydacyjno-antyoksydacyjnej, dochodzi do niekontrolowanego wzrostu ilości wolnych rodników tlenowych oraz zmniejszenia aktywności enzymatycznej białek obrony antyoksydacyjnej. Czy zatem podczas pracy z komputerem zastosowanie antyoksydantów, takich jak kwas askorbinowy, który stanowi główny składnik witaminy C jest odpowiednim działaniem profilaktycznym?

2. Cel badań

Celem opracowania było sprawdzenie czy stosowanie profilaktycznych dawek kwasu askorbinowego podczas pracy z monitorami LCD może chronić przed negatywnym działaniem PEM przejawiającym się zwiększoną generacją wolnych rodników tlenowych w krwinkach płytkowych.

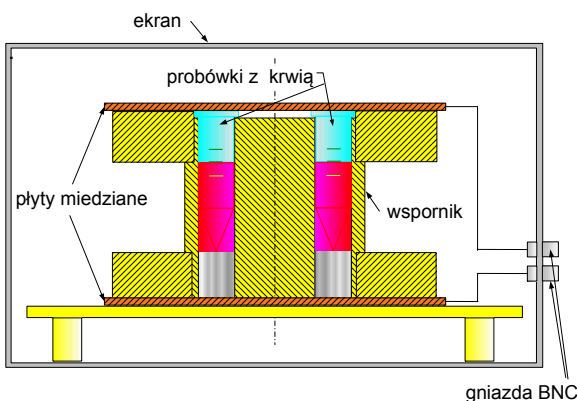
3. Materiał i metoda badań

Materiał do badań stanowiła zawiesina ludzkich krwinek płytkowych o stężeniu 1×10^9 na cm^3 otrzymana na drodze manualnej aferezy z pełnej krwi. Preparat uzyskiwano z Wojewódzkiego Centrum Krwiodawstwa i Krwiolecznictwa w Łodzi, od honorowych, zdrowych dawców krwi. Niesinusoidalne promieniowanie elektromagnetyczne emitowane przez monitory LCD, o częstotliwości 1 kHz, w którym dominuje składowa elektryczna, odwzorowano w warunkach laboratoryjnych. Do wyznaczenia tego przebiegu wykorzystano oscyloskop cyfrowy typu TDS 210 firmy Tektronix wyposażony w antenę ramową umieszczoną przed centralnym punktem ekranu monitora. Pomiarów dokonano zgodnie z zaleceniami procedury TCO (Szwedzka Konferencja Pracowników) [4,5] oraz procedury MPR (Szwedzka Rada Miernictwa i Testów) [6]. Przebieg składowej elektrycznej w/w PEM emitowanego przez monitor LCD do strony ekranu przedstawia rysunek 1.

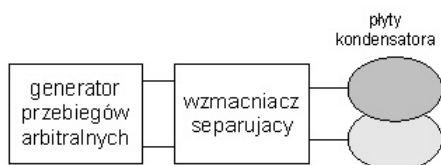


Rys.1.Przebieg składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego emitowanego przez monitor LCD

W stanowisku laboratoryjnym źródłem pola elektromagnetycznego był kondensator płaski utworzony przez dwie koliste płyty miedziane umieszczone nad i pod wspornikiem z tworzywa sztucznego, w którym znajdowały się otwory przelotowe do umieszczenia 8 polietylenowych próbek z materiałem badawczym w każdej z nich [9]. Symetryczne rozmieszczenie próbek na obwodzie okręgu, o średnicy mniejszej niż płyty kondensatora, zapewniało jednorodny charakter składowej elektrycznej. Celem eliminacji wpływu środowiska zewnętrznego stanowisko pomiarowe zostało umieszczone w odpowiednim ekranie, co przedstawia rysunek 2. Płyty kondensatora pomiędzy, którymi umieszczono próbki z materiałem badanym zasilano za pośrednictwem wzmacniacza separującego do wejścia, którego dołączono generator sygnałów arbitralnych typu 8010 firmy HAMEG wytwarzający sygnał napięciowy o przebiegu zgodnym z przebiegiem składowej elektrycznej pola (rys. 1) emitowanego przez monitor LCD (rys. 3)[7]. Pomiaru natężenia składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego występującego pomiędzy płytami tworzącymi kondensator w stanowisku badawczym dokonywano elektrometrem typu EF100 firmy TRACER



Rys. 2. Stanowisko laboratoryjne [7]



Rys. 3. Schemat blokowy elektrycznego Układu stanowiska pomiarowego [7]

Przy zachowaniu stałych warunków otoczenia materiał badawczy poddawany był działaniu pola elektromagnetycznego o natężeniu składowej elektrycznej 220 V/m i 150 V/m (co odpowiada odległości 15 i 30 cm od ekranu monitora) przez 60 minut.

Kwas askorbinowy, odpowiadający dawce 200 mg przyjmowanej doustnie (w przeliczeniu na 70 kg masy ciała), dodawany był do preparatu krwinkowego przed ekspozycją na PEM.

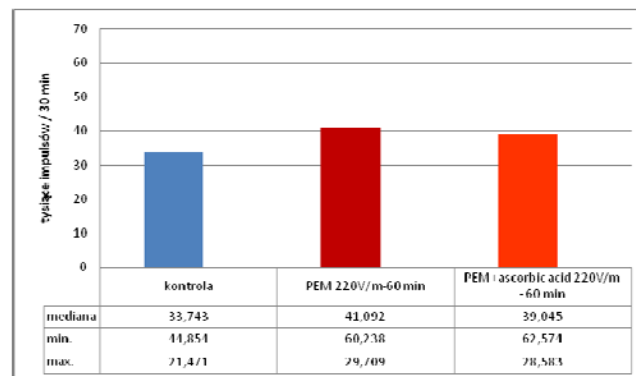
Przed i po ekspozycji na zadane pole elektromagnetyczne dokonywano pomiaru generacji wolnych rodników metodą chemiluminescencji. Wykorzystano luminometr typu Lumicomb firmy HAMILTON współpracujący z komputerem IBM PC. Pomiaru dokonywano jednocześnie dla 6 próbek

przez 30 minut. Uzyskane wartości porównywano z grupą kontrolną. Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej. Ponieważ rozkład cech nie był zgodny z rozkładem normalnym zastosowano testy nieparametryczne. Zastosowano test U. Manna – Whitney oraz Anova rang Kruskala – Wallisa. Za istotne statystycznie przyjęto zmiany na poziomie $p < 0,05$.

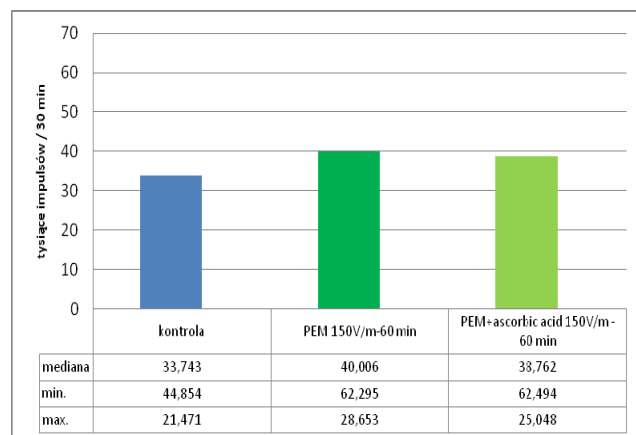
4. Wyniki badań

W badaniu in vitro zaobserwowano wzrost generacji wolnych rodników w krwinkach płytkowych, po ekspozycji na promieniowanie elektromagnetyczne wytwarzane przez monitory ekranowe. Wartości te wzrastały istotnie w stosunku do grupy kontrolnej. Przy natężeniu 220 V/m odnotowano wzrost generacji wolnych rodników z $m_e = 33,743$ na $m_e = 41,092$ (rys.4). Natomiast po ekspozycji na PEM o natężeniu 150 V/m z $m_e = 33,743$ na $m_e = 40,006$ (rys. 4).

Zastosowanie kwasu askorbinowego spowodowało obniżenie poziomu generacji wolnych rodników w krwinkach płytkowych ekspozowanych na PEM. Przy natężeniu pola 220V/m wartość generacji wolnych rodników wynosiła $m_e = 39,045$, a przy natężeniu 150 V/m $m_e = 38,762$ (rys. 5). Jednak w obu przypadkach nie były to wartości znamienne statystycznie w porównaniu do grup tylko ekspozowanych na promieniowanie elektromagnetyczne.



Rys. 4. Zmiany generacji wolnych rodników w krwinkach płytkowych poddanych ekspozycji promieniowania elektromagnetycznego o wartości składowej elektrycznej 220 V/m z zastosowaniem i bez kwasu askorbinowego (n=56 w każdej grupie)



Rys. 5. Zmiany generacji wolnych rodników w krwinkach płytkowych poddanych ekspozycji promieniowania elektromagnetycznego o wartości składowej elektrycznej 150 V/m z zastosowaniem i bez kwasu askorbinowego (n=56 w każdej grupie)

Dyskusja

Badania nad wpływem promieniowania elektromagnetycznego niskich częstotliwości stały się przedmiotem zainteresowania wielu naukowców. Część z nich dowiodła szkodliwości tego czynnika środowiskowego otaczającego człowieka w życiu codziennym. Ustalono, że dopuszczalny i nie zagrażający człowiekowi poziom natężenia składowej elektrycznej elektromagnetycznego promieniowania niejonizującego o częstotliwości od 0.001 do 0.1 MHz nie powinien przekraczać wartości 100V/m [8, 9]. W badaniach własnych wykazano, że podczas pracy z monitorami ekranowymi dawki te nie są przekroczone. Jednocześnie zaobserwowano negatywny wpływ promieniowania elektromagnetycznego, emitowanego przez monitory ekranowe, na metabolizm tlenowy krwinek płytkowych [10].

Badania innych autorów oraz badania własne potwierdzają, że promieniowanie elektromagnetyczne indukuje stres oksydacyjny, generując powstawanie reaktywnych form tlenowych (RFT) [10-14]. Cząsteczki te z kolei mogą doprowadzić do peroksydacji lipidów zawartych w błonach komórkowych.

RFT są nieustannie generowane podczas tlenowego metabolizmu, ale również momentalnie unieszkodliwiane poprzez złożony system obrony antyoksydacyjnej obejmujący wiele substancji endogennych (mechanizmy enzymatyczne i nieenzymatyczne) oraz substancji pochodzących z żywności, wzajemnie na siebie oddziałujących.

Witamina C jest konieczna do prawidłowego przebiegu wielu procesów biologicznych [15,16]. Jest kofaktorem w procesie biosyntezy kolagenu, hormonów steroidowych, adrenaliny i wielu innych związków, ale także ma wpływ na wchłanianie w przewodzie pokarmowym żelaza i wapnia. Witamina C tworzy układ oksydacyjno-redukcyjny: kwas L-askorbinowy/kwas dehydro-L-askorbinowy. Jest zatem wykorzystywana w zapobieganiu i terapii chorób związanych z nadmiernym generowaniem reaktywnych form tlenu.

Biorąc pod uwagę wielokierunkowe działanie kwasu askorbinowego, witamina C stała się jednym z najbardziej popularnych i szeroko stosowanych leków. Jest rozpuszczalnym w wodzie antyoksydantem, który przyjmowany w diecie, w wielu przypadkach może skutecznie neutralizować wolne rodniki [16,17].

Piechota i Gorąca wykazali, że witamina C ponad 4-krotnie zwiększa zdolności antyoksydacyjne osocza oraz miała wysokie zdolności do odbudowy puli żelaza zredukowanego [18].

Choi i Benzie [19] opublikowali wyniki, w których pojedyncza dawka witaminy E lub C skutecznie obniżała wartość oksydacyjnych uszkodzeń DNA i zmniejszała stężenie rodnika hydroksylowego.

Benzie i wsp. [20] wykazali, że już pojedyncza dawka witaminy C (500 mg) istotnie zwiększa zdolności osocza do redukcji jonów Fe^{3+} .

Mimo swoich właściwości antyoksydacyjnych witamina C bierze udział w tworzeniu bardzo szkodliwego rodnika hydroksylowego powstającego w reakcji Fentona, katalizowanej przez jony żelaza.

W organizmie powstają także duże ilości rodników azotowych (m.in. ONOO⁻) pochodzących głównie z przemian tlenu azotu wydzielanego przez komórki śródbłonna naczyń krwionośnych [18]. Niektórzy autorzy stwierdzają, że dodanie witaminy C do osocza lub krwi całkowitej zdrowych osób, nie zwiększa zdolności do niszczenia rodnika DPPH [21].

Badania własne także potwierdzają niewielki wpływ kwasu askorbinowego w zmniejszaniu generacji wolnych

rodników tlenowych w krwinkach płytkowych poddanych działaniu promieniowania elektromagnetycznego.

5. Podsumowanie

Zmiany na poziomie komórkowym zachodzące pod wpływem pola elektromagnetycznego emitowanego przez monitory ekranowe LCD świadczą o zachwianiu równowagi prooksydacyjno – antyoksydacyjnej w organizmie człowieka.

Z przeprowadzonych badań *In vitro* wynika, że stosowanie profilaktycznych dawek kwasu askorbinowego, odpowiadających ilości 200 mg, podczas pracy z monitorami LCD nie jest wystarczającą ochroną przed negatywnym działaniem PEM, które przejawia się zwiększoną generacją wolnych rodników tlenowych w krwinkach płytkowych. W związku z tym uzasadnione wydaje się prowadzenie dalszych badań w tym kierunku celem znalezienia odpowiednich działań profilaktycznych podczas pracy z omawianym rodzajem promieniowania elektromagnetycznego, jak i stworzenie jednoznacznych przepisów ograniczających ekspozycję na ten czynnik środowiskowy.

LITERATURA

- [1] Duarte T.L., Jones G.D.: Vitamin C modulation of H₂O₂-induced damage and iron homeostasis in human cells. *Free. Radic. Biol. Med.*, 2007, 43, 1165-1175. 1
- [2] Devi S.A., Vani R., Subramanyam M.V. i wsp.: Intermittent hypobaric hypoxia-induced oxidative stress in rat erythrocytes: protective effects of vitamin E, vitamin C, and carnitine. *Cell. Biochem. Funct.*, 2007, 25, 221-231.2
- [3] Park S.W., Lee S.M.: Antioxidant and prooxidant properties of ascorbic acid on hepatic dysfunction induced by cold ischemia/reperfusion. *Eur. J. Pharmacol.*, 2008, 580, 401-406.3
- [4] TCO'99 Certification – TCO The Swedish Confederation of Professional Employees. Report No. 1. Requirements and test methods for environmental labeling of displays (CRTA); Report No. 2. Requirements and test methods for environmental labeling of display (flat), Stockholm, 20.07.1998.
- [5] TCO'95 Certification – TCO The Swedish Confederation of Professional Employees. Report No. 1. Third Edition, Requirements for environmental labeling of personal computers, Stockholm, 5.03.1996; Report No. 2. Third Edition, Test methods for environmental labeling of personal computers, Stockholm, 22.05.1996
- [6] MPR National Board for Measurement and Testing, Sweden. Report MPR 1990:8, Test methods for Visual Display Units 1990.12.10, MPR 1990:10, Users Handbook for Evaluating Visual Display Units, 1990.12.31
- [7] Pacholski K., Szczęsny A., Buczyński A., Lewicka M.: Ocena wpływu pola elektromagnetycznego emitowanego przez monitory ekranowe LCD na organizm ludzki. *Przegląd Elektrotechniczny*, 10, 2010, 1221-1224.
- [8] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 2 stycznia 2001 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. *Dz. U. nr 4, poz. 36.*
- [9] Mosiński F., Wira A.: Ekologiczne problemy przesyłu i użytkowania energii elektrycznej. Wydawnictwo politechniki łódzkiej, Łódź 1999.
- [10] Buczyński A. i wsp. Zmiany generacji wolnych rodników w krwinkach płytkowych ekspozowanych na promieniowanie elektromagnetyczne emitowane przez monitory ekranowe. *Pol. Hyper. Research*. Nr 1 (30), 2010, 35-41,
- [11] Jankowski W., Henrykowska G., Śmigiełski J., Pacholski K., Dziedziczak-Buczyńska M., Kałka K., Buczyński A.: Wpływ kształtu pola elektromagnetycznego na wybrane parametry metabolizmu tlenowego krwinek płytkowych – badania *in vitro*, *Pol. Merk. Lek.*, XXIV, 144, 2008,
- [12] Canseven AG, Coskun S, Seyhan N.: Effects of various extremely low frequency magnetic fields on the free radical processes, natural antioxidant system and respiratory burst system activities in the heart and liver tissues. *Indian J Biochem Biophys*. 2008 Oct;45(5)

- [13] Balci M., Namuslu M., Devrim E., Durak I.; Effects of computer monitor-emitted radiation on oxidant/antioxidant balance in cornea and lens from rats. *Molecular Vision* 2009, 15:2521-2525,
- [14] Buczyński A., Pacholski K., Talar J., Buczyński J., Jerominko A.; Ocena stężenia dialdehydu malonowego jako markera peroksydacji lipidów błon komórkowych krwinek płytkowych poddanych działaniu pola elektromagnetycznego występującego w samochodach. *Fizjoterapia Polska*. 5, 4, 2005, 15,
- [15] Al Shamsi M., Amin A., Adeghate E.: Effect of vitamin C on liver and kidney functions in normal and diabetic rats. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 2006, 1084, 371-390.
- [16] Duarte T.L., Lunec J.: Review: when is an antioxidant not an antioxidant? A review of novel actions and reactions of vitamin C. *Free Radic. Res.*, 2005, 39(7), 671-686
- [17] Webb A.L., Villamor E.: Update: effects of antioxidant and non-antioxidant vitamin supplementation in immune function. *Nutr. Rev.*, 2007, 65(5), 181-217.
- [18] Piechota A., Gorąca A.: Porównanie zdolności antyoksydacyjnych kwasu α -liponowego, melatoniny, witaminy C i troloksu oraz ich wpływu na stopień uszkodzeń DNA i wytwarzanie wolnych rodników Pol. Merk. Lek., 2009, XXVII, 157, 19.
- [19] Choi S.W., Benzie I.F., Collins A.R. i wsp.: Vitamins C and E: acute interactive effects on biomarkers of antioxidant defence and oxidative stress. *Mutat. Res.*, 2004, 551, 109-117
- [20] Benzie I.F., Strain J.J.: The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of „antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal. Biochem.*, 1996, 239, 70-76.
- [21] Chen W.T., Lin Y.F., Yu F.C. i wsp.: Effect of ascorbic acid administration in hemodialysis patients on in vitro oxidative stress parameters: influence of serum ferritin levels. *Am. J. Kidney. Dis.* 2003, 42, 158-166.

Autorzy: dr n. med. Gabriela Henrykowska, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Zakład Epidemiologii i Zdrowia Publicznego, ul. Żeligowskiego 7/9, 90-752 Łódź, E-mail: gabriela.henrykowska@umed.lodz.pl;
 dr n. med. Małgorzata Lewicka, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Zakład Epidemiologii i Zdrowia Publicznego, ul. Żeligowskiego 7/9, 90-752 Łódź, E-mail: malgorzata.lewicka@umed.lodz.pl;
 dr n. med. Maria Dziedziczak- Buczyńska, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Zakład Epidemiologii i Zdrowia Publicznego, ul. Żeligowskiego 79, 90-752 Łódź, E-mail: maria.dziedziczak-buczynska@umed.lodz.pl;
 prof. ndzw. dr hab. inż. Krzysztof Pacholski, Politechnika Łódzka, Instytut Systemów Inżynierii Elektrycznej, ul. Stefanowskiego 18/22. 90-924 Łódź, E-mail: krzysztof.pacholski@p.lodz.pl;
 dr n. tech. Artur Szczęsny, Politechnika Łódzka, Instytut Systemów Inżynierii Elektrycznej, ul. Stefanowskiego 18/22. 90-924, artur.szczesny@p.lodz.pl;
 prof. dr hab. n. med. Andrzej Buczyński, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Zakład Epidemiologii i Zdrowia Publicznego, ul. Żeligowskiego 79, 90-752 Łódź, E-mail: andrzej.buczynski@umed.lodz.pl