

dr hab. ALICJA BORTKIEWICZ, prof. IMP
 dr ELŻBIETA GADZICKA
 Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi
 dr hab. WIESŁAW SZYMCZAK, prof. Uł
 Uniwersytet Łódzki
 dr hab. MAREK ZMYŚLONY, prof. IMP
 Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi
 Kontakt: alab@imp.lodz.pl

Ekspozycja na pola elektromagnetyczne a funkcjonowanie układu krążenia – badania własne

Fot. Karelín Dmitriy/Bigstockphoto



Celem badań była ocena wpływu pól elektromagnetycznych na układ krążenia oraz sprawdzenie, czy i w jakim stopniu częstotliwość pola elektromagnetycznego i poziom ekspozycji wpływa na rodzaj występujących zaburzeń układu sercowo-naczyniowego i regulacji neurovegetatywnej. Badaniami objęto 5 grup pracowników: stacji elektroenergetycznych (50 Hz), średniofalowych obiektów nadawczych (738 – 1503 KHz), radioserwisów (150 – 170 MHz), wieloprogramowych obiektów nadawczych (VHF 30-300 MHz i UHF 0.3-3 GHz), Stacji Linii Radiowych (brak ekspozycji na pola elektromagnetyczne, charakter i system pracy taki sam, jak w obiektach nią objętych). Pracownicy SLR stanowili grupę kontrolną. Badaniami objęto łącznie 287 mężczyzn w wieku 21-69 lat.

U wszystkich przeprowadzono badania lekarskie: EKG spoczynkowe z analizą zmienności rytmu serca (HRV), 24-h EKG metodą Holtera oraz 24-h monitorowanie ciśnienia tętniczego krwi metodą ABPM. Analiza wykazała, że poziom ekspozycji nie przekraczał wartości dopuszczalnych przez polskie przepisy higieniczne. Jednakże zaobserwowano zmiany w układzie krążenia, które były skorelowane z parametrami charakteryzującymi ekspozycję i zostały wykryte dzięki zastosowaniu badań długookresowych, które nie są uwzględnione w badaniach profilaktycznych.

Słowa kluczowe: radioserwisy, wieloprogramowe obiekty nadawcze, średniofalowe obiekty nadawcze, stacje linii radiowych, długookresowe monitorowanie ciśnienia tętniczego, 24-godz. EKG metodą Holtera, analiza zmienności rytmu serca

Exposition towards electromagnetic fields and its impact on cardiovascular system – original research

The aim of the study was to evaluate the effect of occupational exposure to electromagnetic fields (EMF) on the cardiovascular system. The main problem was to find out to what extent the EMF frequency and exposure level have influence on the type of abnormality recorded. The examinations covered all 5 workers groups (287 men aged 21-69 years) employed at selected power substations (50 Hz), radio service stations (150 - 170 MHz), radio and TV multichannel broadcasting stations (VHF 30-300 MHz and UHF 0.3-3 GHz), AM Broadcast Stations (738 -1503 kHz) and Radio Link Stations (no EMF exposure but characteristic of employment similar to exposed groups). The workers had the following performed: general medical examination, an interview including cardiological and family history, 24-h ECG monitoring, ambulatory blood pressure (ABP) monitoring, and heart rate variability (HRV) analysis. In all cases, the exposure levels were considerably lower than hygienic standards for EMF in Poland. Significant cardiac abnormalities, correlated with the parameters characterizing the exposition were discovered, thanks to the long-term research which would not take the prevention data into account.

Keywords: radio services, multiprogramming transmitting objects, medium frequency transmitting objects, radio waves stations, long-term blood pressure monitoring, Holter based electrocardiogram, heart rate change analysis

Wstęp

Teoretycznie, ekspozycja na pola elektromagnetyczne może zakłócać pracę układu krążenia i układu nerwowego. Mimo badań prowadzonych w wielu krajach od początku lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku dotychczas brak rozstrzygających danych na temat mechanizmów działania pól elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach i jego skutków zdrowotnych [1]. Niektóre dane wskazują, że przewlekła ekspozycja na pole elektromagnetyczne o częstotliwościach przemysłowych (50/60 Hz) lub z zakresu średniofalowego wywołuje zaburzenia ciśnienia tętniczego krwi (niedociśnienie lub nadciśnienie) i rytmu serca (zwolnienie – bradykardia lub przyspieszenie – tachykardia), a nawet przyczynia się istotnie do wzrostu umieralności z powodu chorób układu krążenia; inne nie potwierdzają tych obserwacji [2,3]. W dotychczasowych badaniach najczęściej stosowano badania elektrokardiograficzne (EKG) spoczynkowe i standardowy pomiar ciśnienia tętniczego krwi, które nie pozwalają wykryć wielu istotnych zaburzeń funkcjonowania układu krążenia [4].

Od wielu lat w Instytucie Medycyny Pracy w Łodzi prowadzone są badania układu krążenia i jego regulacji neurovegetatywnej z wykorzystaniem nowoczesnych metod diagnostycznych u osób zawodowo ekspozowanych na pole elektromagnetyczne o różnych częstotliwościach [5,6,7,8,9]. Celem tych badań jest ocena zależności między ekspozycją na pola elektromagnetyczne a funkcjonowaniem układu krążenia oraz sprawdzenie, czy i w jakim stopniu częstotliwość pola i rodzaj ekspozycji (jej poziom i czas trwania) ma związek z rodzajem występujących zaburzeń układu krążenia i regulacji neurovegetatywnej.

Metody badań

W badaniach układu krążenia u osób ekspozowanych na pola elektromagnetyczne stosowano następujące metody:

- EKG spoczynkowe
- analiza zmienności rytmu serca (ang. *heart rate variability* – HRV)
- 24-godz. badanie EKG metodą Holtera (24 h EKG)

• długookresową (24-godz.) rejestrację ciśnienia tętniczego krwi (ang. *Ambulatory Blood Pressure Monitoring – ABPM*).

Metody te są nieważne, możliwe do wykorzystania u ludzi prowadzących normalną aktywność zawodową i pozazawodową i pozwalają wykryć nie tylko jawne zmiany patologiczne, ale także wczesne objawy dysfunkcji układu krążenia i autonomicznego układu nerwowego. Ukierunkowane są przede wszystkim na ocenę regulacji neurovegetatywnej układu krążenia.

Przed badaniami elektrokardiologicznymi wszystkie osoby objęte były badaniem lekarskim z uwzględnieniem szczegółowego wywiadu dotyczącego stwierdzonych chorób, czynników ryzyka oraz dolegliwości ze strony układu krążenia, stylu życia, nawyków żywieniowych, aktywności fizycznej i przyjmowanych używek. Wszystkie osoby badane były informowane o celu badania i wyraziły na nie zgodę.

Grupy badane:

Badaniami objęto 5 grup zawodowych:

- pracowników stacji elektroenergetycznych (SE) – ekspozycja na pole elektromagnetyczne o częstotliwości 50 Hz
- pracowników średniofalowych obiektów nadawczych (RON) – ekspozycja na pole elektromagnetyczne o częstotliwości około 1 MHz
- pracowników radioserwisów (R-S) – ekspozycja na pole elektromagnetyczne o częstotliwości około 160 MHz
- pracowników wieloprogramowych obiektów nadawczych (RTCN) – ekspozycja na pole elektromagnetyczne stacji telewizyjnych, zakresu VHF (30-300MHz) i UHF (0,3-3GHz)
- pracowników stacji linii radiowych (SLR) – brak ekspozycji zawodowej na pola elektromagnetyczne (występuje tam ekspozycja na pola elektromagnetyczne związana z dużym okablowaniem, ale wartość pola magnetycznego 50 Hz nie przekracza $1 \mu T$), charakter i system pracy taki sam jak w obiektach z ekspozycją zawodową na pola elektromagnetyczne¹.

Łącznie badaniami objęto 287 mężczyzn. W obrębie zarówno grup eksponowanych, jak i kontrolnej, badanie miało charakter badania wyczerpującego, tzn. objęci nim byli wszyscy pracownicy (mężczyźni) z danego obiektu. Taki charakter badania umożliwił porównanie częstości występowania chorób i dolegliwości ze strony układu krążenia w grupach eksponowanych i nieeksponowanej, a także w grupach eksponowanych na pola o różnych częstotliwościach. Badania przeprowadzono wyłącznie wśród mężczyzn, gdyż stanowią oni większość pracowników zatrudnionych w badanych obiektach, a ze względu na zależność od płci zmienność niektórych analizowanych parametrów nie można było włączyć do badań kobiet.

Charakterystykę grup badanych przedstawiono w załączniku.

Badania były skoordynowane z systemem pracy w wybranych obiektach, odbywały się w dniu pracy na rannej zmianie po normalnym nocnym wypoczynku. We wszystkich obiektach przeprowadzono ocenę ekspozycji, uwzględniając również jej złożony charakter w RTCN. Metody oceny ekspozycji opisano w innych publikacjach [5, 6, 7].

Omówienie wyników badań

Mimo że poziom ekspozycji badanych pracowników nie przekraczał wartości dopuszczalnych przez polskie przepisy higieniczne (ekspozycja co najwyżej w strefie zagrożenia pola elektromagnetycznego, przy wskaźniku ekspozycji nigdy nieprzekraczającym wartości 1), w badanych grupach stwierdzono zwiększone ryzyko zaburzeń funkcjonowania układu krążenia i regulacji neurovegetatywnej [8-15].

U osób eksponowanych na pola elektromagnetyczne o częstotliwości 50 Hz zaburzenia czynności elektrycznej serca wyrażone zmianami w spoczynkowym lub 24 h EKG występowały częściej niż w grupie kontrolnej. Ryzyko tych zmian było jednak nieistotnie wyższe i wynosiło $OR=1,4$ (*odds ratio*²). W obrazie zmian elektrokardiograficznych nie stwierdzono dominacji jednego rodzaju zaburzeń. Natomiast u osób eksponowanych w porównaniu z kontrolną grupą stwierdzono istotne zaburzenia w zakresie ciśnienia tętniczego:

- ciśnienie skurczowe w okresie doby, w dzień i w nocy istotnie statystycznie wyższe
- ciśnienie rozkurczowe w ciągu całej doby i w nocy również istotnie wyższe
- odsetek osób z podwyższonym ciśnieniem w badaniu ABP (podwyższone ciśnienie skurczowe lub rozkurczowe przynajmniej w jednym okresie badania) istotnie wyższy – odpowiednio 38% i 23%.
- odsetek osób z podwyższonym ciśnieniem w nocy, zarówno skurczowym jak i rozkurczowym istotnie wyższy (odpowiednio 33% vs 4%, 15% vs 0%)
- odsetek osób bez nocnego spadku ciśnienia skurczowego i/lub rozkurczowego istotnie statystycznie wyższy (48% i 23%)
- statystycznie istotny wzrost ryzyka ($OR=12,5$) podwyższonego ciśnienia skurczowego w nocy.

Badania wskazują na istotną zależność zaburzeń regulacji ciśnienia od parametrów ekspozycji na pola elektromagnetyczne:

- od stażu pracy w narażeniu istotnie zależało ciśnienie rozkurczowe z okresu całej doby z okresu dnia i nocy
- od maksymalnego natężenia pola elektrycznego (E_{max}) istotnie zależało ciśnienie skurczowe i rozkurczowe w nocy
- od wartości maksymalnej indukcji magnetycznej (B_{max}) istotnie zależało ciśnienie skurczowe i rozkurczowe w nocy
- od E_{max} i B_{max} jednocześnie zależało ciśnienie skurczowe w nocy
- od stażu pracy w narażeniu oraz E_{max} i B_{max} jednocześnie zależało ciśnienie rozkurczowe z okresu całej doby, nocy i dnia.

Zaburzeniom regulacji ciśnienia tętniczego krwi towarzyszyły zaburzenia regulacji neurovegetatywnej. Odsetek osób z obniżoną zmiennością rytmu serca i przewagą układu współczulnego był w tej

grupie istotnie wyższy niż w grupie kontrolnej [14]. Zaburzenia wyrażone były:

- przyspieszeniem spoczynkowej częstości skurczów serca (skrócenie średniego czasu trwania cyklu zatokowego)
- obniżeniem zmienności rytmu serca
- wzrostem mocy widma bardzo niskiej częstotliwości związanej z aktywnością układu renina-angiotensyna
- przewagą aktywności układu współczulnego nad przywspółczulnym
- wyższym odsetkiem osób, u których stwierdzono istotną przewagę układu współczulnego w regulacji neurovegetatywnej układu krążenia (65% w grupie eksponowanej niż w grupie kontrolnej (51%)).

Wydaje się, że obserwowane u osób eksponowanych na pola elektromagnetyczne o częstotliwości przemysłowej zaburzenia w funkcjonowaniu układu krążenia nie mają podłoża zmian organicznych (np. uszkodzenie mięśnia sercowego), są to raczej zmiany czynnościowe (m.in. poprzez regulację neurovegetatywną). Czynnościowy charakter zaburzeń stwarza możliwość wdrożenia odpowiedniego postępowania profilaktycznego np. treningu fizycznego i psychologicznego, który pozwala skutecznie wpływać na regulację neurovegetatywną układu krążenia [16]. Takie postępowanie może zapobiec powstawaniu i nasilaniu się niekorzystnych skutków zdrowotnych wynikających z ekspozycji.

U osób eksponowanych na pola elektromagnetyczne o częstotliwości z zakresu średniofalowego stwierdzono istotnie większy niż w grupie kontrolnej odsetek osób ze zmianami elektrokardiograficznymi, głównie komorowymi zaburzeniami rytmu serca, przy niższej częstości skurczów serca ($OR=6,5$), [8]. W grupie eksponowanej nie stwierdzono większej niż w grupie kontrolnej częstości występowania podwyższonego ciśnienia tętniczego, zaobserwowano natomiast zaburzenia rytmu dobowego ciśnienia [9]. W tej grupie stwierdzono również zależne od poziomu ekspozycji zaburzenia regulacji neurovegetatywnej, ocenianej z zastosowaniem analizy zmienności rytmu serca (HRV), [11]. Ze względu na to, że w Polsce nie ma już obiektów średniofalowych, nie omawiamy szczegółowo tych wyników.

W grupie eksponowanej na pola elektromagnetyczne o częstotliwości ok. 160 MHz stwierdzono wzrost częstości zaburzeń repolaryzacji wykrywanych 24-h EKG ($OR=2,0$), ale nie był on statystycznie istotny. Natomiast istotnie więcej było osób z podwyższonym ciśnieniem tętniczym stwierdzonym w badaniu ABPM [9]. Analiza HRV wykazała, że w tej grupie mechanizm obserwowanych zaburzeń ciśnienia tętniczego był związany z nadmierną aktywacją współczulnej części autonomicznego układu nerwowego oraz układu renina-angiotensyna [11]. W grupie pracowników radioserwisów nie analizowano zależności między ekspozycją na pola elektromagnetyczne a zmianami w układzie krążenia, ze względu na specyfikę narażenia (okresowe ekspozycje).

W grupie eksponowanej na pola elektromagnetyczne z zakresu UHF i VHF stwierdzono istotny wzrost ryzyka zaburzeń ciśnienia tętniczego ($OR=8,6$) i jego regulacji ($OR=9,5$). Odsetek osób z podwyższonym ciśnieniem w badaniu ABPM w grupie eksponowanej był istotnie wyższy niż w grupie kontrolnej (70% i 23%), natomiast odsetek

¹Według polskich przepisów higienicznych w otoczeniu urządzenia wytwarzającego pole elektromagnetyczne wyznacza się trzy strefy ochronne (niebezpieczną, zagrożenia i pośrednią). Pracownicy mogą przebywać w strefach zagrożenia i pośredniej pod warunkiem, że tzw. współczynnik ekspozycji (stosunek dozy rzeczywistej dla pracownika do dozy dopuszczalnej) nie przekracza 1. Jest to ekspozycja zawodowa.

²OR-ryzyko wystąpienia określonego zaburzenia w grupie eksponowanej w odniesieniu do grupy kontrolnej.

osób z podwyższonym ciśnieniem tętniczym w jednorazowym pomiarze ($\geq 140/90$ mm Hg) wynosił odpowiednio 34% i 19% [12].

W obrazie zmian elektrokardiograficznych dominowały zaburzenia repolaryzacji. Zmiany te zostały wykryte w badaniu 24 h EKG metodą Holtera, ale nie ujawniały się w EKG spoczynkowym. Stwierdzono dużą zgodność (78%) między dolegliwościami ze strony układu krążenia, zgłaszanymi w wywiadzie a wynikami monitorowania holterowskiego. Wydaje się więc, że u osób ekspozowanych na pola elektromagnetyczne z zakresu UHF i VHF zgłaszających dolegliwości w wywiadzie należało by wykonać 24 h badanie EKG. Ryzyko zaburzeń w spoczynkowym i/lub 24 h EKG w grupie o wyższej ekspozycji było wyższe w porównaniu z grupą kontrolną (OR=4,5), ale nie było istotne statystycznie. Zaburzenia regulacji neurovegetatywnej w grupie ekspozowanej w porównaniu z kontrolną wyrażone były istotnym obniżeniem zmienności rytmu serca (STD R-R<27 ms), wzrostem mocy widma bardzo niskiej częstotliwości i niskiej częstotliwości, przewagą aktywności układu współczulnego nad przywspółczulnym.

Zaburzenia w układzie krążenia zależały od parametrów ekspozycji na pola elektromagnetyczne. Ryzyko zaburzeń ciśnienia tętniczego istotnie wzrastało wraz ze wzrostem dozy życiowej (OR=2,3-2,6), a także wraz ze wzrostem E_{50} (OR=2,3-2,5) [15]. Ryzyko zaburzeń regulacji ciśnienia krwi (brak nocnego spadku ciśnienia) istotnie wzrastało wraz ze wzrostem dozy życiowej w zakresie UHF (OR=2,6), a także wraz ze wzrostem E_{50} w zakresie VHF (OR=2,1). Ryzyko zaburzeń w EKG (spoczynkowym i/lub 24 h) istotnie wzrastało wraz ze wzrostem dozy życiowej we wszystkich zakresach częstotliwości [15].

Doza życiowa E (E_{doza}) i wartość średnia E ($E_{\bar{}}$) wydają się istotnie determinować zmiany w funkcjonowaniu układu krążenia i dlatego powinny być uwzględniane w ocenie higienicznej ekspozycji pracowników.

Całokształt zmian w układzie krążenia u pracowników wieloprogramowych obiektów nadawczych ekspozowanych na pola elektromagnetyczne z zakresu 30 MHz – 3 GHz jest zbliżony do obserwowanego u pracowników radioserwisów ekspozowanych na pola elektromagnetyczne o częstotliwości 150-160 MHz – uprawnia to do wysunięcia wniosku, że obserwowane zmiany zależą od częstotliwości pola elektromagnetycznego a nie jego źródła.

Podsumowanie

Wyniki badań wskazują, że ekspozycja pracowników powoduje zmiany w układzie krążenia, różne przy oddziaływaniu pól elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach. Opisane zaburzenia w układzie krążenia były możliwe do wykrycia jedynie poprzez zastosowanie długookresowej (24-godz.) rejestracji ciśnienia krwi i zapisu EKG. Stąd też postuluje się zastosowanie tych metod w badaniach profilaktycznych osób zawodowo ekspozowanych na pola elektromagnetyczne. Proponujemy również zastosowanie w tych badaniach analizy zmienności rytmu serca, ze względu na to, że aktywność autonomicznego układu nerwowego może być modyfikowana poprzez różne rodzaje treningów (fizyczny i psychologiczny) – wczesne wykrycie

Propozycja zakresu kardiologicznych badań w ramach profilaktycznej opieki medycznej pracowników narażonych na pola elektromagnetyczne

Wyniki badań prowadzonych w Instytucie Medycyny Pracy w Łodzi wskazują, że ekspozycja na pola elektromagnetyczne, nawet w zakresie zgodnym z wymaganiami prawa pracy w Polsce, jest przyczyną zaburzeń regulacji neurovegetatywnej i nieprawidłowości funkcjonowania układu krążenia, których rodzaj różni się w zależności od częstotliwości pola elektromagnetycznego oddziałującego na pracownika. Z naszych badań wynika, że u osób zawodowo ekspozowanych na pola elektromagnetyczne stref ochronnych, dotychczasowy zakres badań profilaktycznych jest niewystarczający. Należałoby go rozszerzyć o 24 h EKG metodą Holtera oraz o długookresową (24 h) rejestrację ciśnienia tętniczego krwi (ABPM), w zakresie omówionym poniżej.

Badania profilaktyczne pracowników narażonych na pola elektromagnetyczne powinny obejmować:

- **analizę zmienności rytmu serca** u wszystkich pracowników ekspozowanych na pola elektromagnetyczne
- **24 h EKG metodą Holtera** u pracowników ekspozowanych na pola elektromagnetyczne o częstotliwościach radiofalowych i mikrofalowych zgłaszających dolegliwości ze strony układu krążenia
- **długookresową rejestrację ciśnienia tętniczego krwi metodą ABPM** u wszystkich pracowników ekspozowanych na pola elektromagnetyczne.

W przypadku badań wstępnych i okresowych proponowane badania pomocnicze powinny mieć charakter obligatoryjny, natomiast w przypadku badania końcowego ich przeprowadzenie powinno być uzależnione od wskazań lekarskich.

nieprawidłowości dzięki tym badaniom stwarza szansę skutecznej profilaktyki wielu chorób układu krążenia, a także zapobiegania skutkom zdrowotnym pracy w szkodliwych warunkach.

PIŚMIENICTWO

- [1] Kryteria zdrowotne środowiska. Pola elektromagnetyczne (300 Hz-300 GHz) (tłum. z ang.), Tom 137, Instytut Medycyny Pracy im. prof. dra med. Jerzego Nofera, Łódź, 1995
- [2] Savitz D.A., Duanping Liao, Sastre A., Kieckner R.C., Knave R. *Magnetic field exposure and cardiovascular disease mortality among electric utility workers.* "American Journal of Epidemiology" 149, 135-42, 1998
- [3] Repacholi M.H. *Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: Health effects and research needs.* "Bioelectromagnetics" 19, 1-19, 1998
- [4] Sadowski Z., Grzybowski J., Szwed H., Skrabucha B., Łuczak D. *Ocena wartości standardowego badania elektrokardiograficznego i różnych okresów rejestracji metodą Holtera w diagnostyce komorowych pobudeń przedczesnych.* „Kardiologia Polska” 27, 653-658, 1984
- [5] Zmysłony M., Bortkiewicz A., Aniołczyk H. *Ocena wybranych parametrów czynności układu krążenia pracowników różnych grup zawodowych ekspozowanych na pola elektromagnetyczne wielkiej częstotliwości. cz. I: Ocena ekspozycji.* „Medycyna Pracy” 47, 1, 9-14, 1996
- [6] Bortkiewicz A., Zmysłony M., Gadzicka E. *Ekspozycja na pola elektromagnetyczne o częstotliwości 50 Hz a zmiany w układzie krążenia u pracowników stacji elektroenergetycznych.* „Medycyna Pracy” 1998, 49 (3), 261-275
- [7] Zmysłony M., Aniołczyk H., Bortkiewicz A. *Wpływ pola elektromagnetycznego zakresu VHF i UHF na układ krążenia i regulację neurovegetatywną pracowników radiowo-telewizyjnych centrów nadawczych. Cz.1. Ocena ekspozycji.* „Medycyna Pracy” 2001, 52 (5), 321-327
- [8] Bortkiewicz A., Zmysłony M., Gadzicka E., Szymczak W. *Ocena wybranych parametrów czynności układu krążenia pracowników różnych grup zawodowych ekspozowanych na pola elektromagnetyczne wielkiej częstotliwości. II. Zmiany elektrokardiograficzne.* „Medycyna Pracy” 47, 3, 241-251, 1996
- [9] Gadzicka E., Bortkiewicz A., Zmysłony M. *Ocena wybranych parametrów czynności układu krążenia pracowników różnych grup zawodowych ekspozowanych na pola elektromagnetyczne wielkiej częstotliwości. III. 24-h monitorowanie ciśnienia tętniczego krwi (ABP), „Medycyna Pracy” 48, 1, 17-24, 1997*
- [10] Bortkiewicz A., Zmysłony M., Pałczyński C., Gadzicka E., Szmigielski St. *Dysregulation of Autonomic Control of Cardiac Function in Workers at AM Broadcast Stations (0.738-1.503 MHz),* "Electro-and Magnetobiology" 14, 3, 177-191, 1995
- [11] Bortkiewicz A., Gadzicka E., Zmysłony M. *Heart rate variability in workers exposed to medium-frequency electromagnetic fields.* "Journal of the Autonomic Nervous System" 59, 90-97, 1996
- [12] Gadzicka E., Bortkiewicz A., Zmysłony M. *Ambulatory versus occasional blood pressure measurement in workers exposed to electromagnetic fields.* W: Proceedings of the International Federation for Medical & Biological Engineering IX Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing Medicon 2001. Red.: R. Magjarević, S. Tonković, V. Bilas, I. Lacković. Pula, Croatia 2001, s. 773-776
- [13] Bortkiewicz A., Gadzicka E., Zmysłony M., Szymczak W. *Neurovegetative disturbances in workers exposed to electromagnetic fields.* W: Proceedings of the International Federation for Medical & Biological Engineering IX Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing Medicon 2001. Red.: R. Magjarević, S. Tonković, V. Bilas, I. Lacković. Pula, Croatia 2001, s. 769-772
- [14] Bortkiewicz A., Gadzicka E., Zmysłony M., Szymczak W. *Neurovegetative disturbances in workers exposed to 50 Hz electromagnetic fields.* "International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health" 2006, 19(1), 53-60
- [15] Bortkiewicz A., Gadzicka E., Szymczak W., Zmysłony M. *Heart rate variability (HRV) analysis in radio and TV broadcasting stations workers.* "International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health" 2012, 25(4), 446-455
- [16] Cheema BS, Marshall PW, Chang D, Colagiuri B, Machliss B. *Effect of an office worksite-based yoga program on heart rate variability: a randomized controlled trial.* "BMC Public Health" 2011 Jul 20;11:578. doi: 10.1186/1471-2458-11-578