

BADANIE WPLYWU EKSPOZYCJI NISKOCZĘSTOTLIWOŚCIOWEGO POLA MAGNETYCZNEGO ($f=7$ Hz, $B=330$ nT) NA CZYNNOŚĆ BIOELEKTRYCZNĄ SERCA

Zbigniew DAMIJAN

Katedra Mechaniki i Wibroakustyki

Laboratorium Akustyki Strukturalnej i Inżynierii Biomedycznej

30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30, fax: (012) 423-31-63, email: damijan@imir.agh.edu.pl

Streszczenie

W badaniach wykonanych w 2003 roku nt. wpływu infradźwięków na organizm człowieka, prowadzonych w kabinie ciśnieniowej wyposażonej w siatkę Faradaya, do ekspozycji bodźca stosowano głośniki elektrodynamiczne. Czynnikiem zakłócającym w eksperymencie pozostawało niskoczęstotliwościowe pole magnetyczne (PM).

Autor postawił pytanie, czy ekspozycja PM ($f=7$ Hz, $B=330$ nT) może wpływać na czynność bioelektryczną serca. Na estymatę wpływu zaproponowano częstość występowania załamek QRS w sygnale EKG.

Każdy 35 minutowy, eksperyment składał się z trzech etapów. Etap I - 5 minutowy - bez ekspozycji bodźca. Etap II - z 20 minutową ekspozycją na uczestników - pola magnetycznego niskiej częstotliwości. Trzeci etap - 10 minutowy - bez ekspozycji bodźca. W każdym eksperymencie w sposób ciągły rejestrowano sygnał EKG.

Otrzymane wyniki i przeprowadzone analizy wskazują, że ekspozycja „bardzo słabego” PM nie wpływa na czynność bioelektryczną serca. Zastosowany podział psychologiczny różnicujący uczestników ze względu na cechy charakteru wskazał jednak, że na ekspozycję są wrażliwe osoby mające niską wartość wskaźnika Z - potrzeb sensorycznych.

Słowa kluczowe: niskoczęstotliwościowe pole magnetyczne, czynność bioelektryczna serca.

THE EFFECTS OF LOW-FREQUENCY MAGNETIC FIELD EXPOSURE ($f=7$ Hz, $B=330$ nT) ON THE LEVEL OF BIOELECTRIC ACTIVITY OF HUMAN HEART

Summary

A research program was undertaken in 2003 to investigate the effects of infrasound exposure on humans. Experiments were conducted in the pressure cabin equipped with a Faraday cage. The applied excitations were generated by electrodynamic speakers. Low-frequency magnetic field (MF) remained as a disturbing agent.

The author put forward the hypothesis that MF exposure ($f=7$ Hz, $B=330$ nT) might affect the bioelectric activity of heart. These impacts are estimated on the basis of frequency of QRS waves in ECG.

Each experiment lasted 35 minutes and involved three stages. In the first stage (1-5 min) there was no MF exposure. During the second stage participants were exposed to low-frequency magnetic field for 20 min. In the third stage (10 min) no MF exposure was applied. In each experiments the ECG records were monitored on the permanent basis.

Research data show that exposure to “very weak” magnetic field does not affect bioelectric activity of heart. Participants were divided into groups depending on their psychological profiles. Participants displaying low value of Z factor (expressing sensation-seeking needs) appear to be more sensitive to MF exposure.

Keywords: low-frequency magnetic field, bioelectric activity heart.

1. WSTĘP

Naturalne pola magnetyczne towarzyszyły powstawaniu pierwszych związków organicznych, uczestniczyły w kształtowaniu procesu ewolucji. Bez nich byłoby niemożliwe powstanie życia w obecnej formie [4, 5, 9].

Laureat nagrody Nobla, niemiecki fizyk, prof. Heisenberg stwierdził: „energia elektromagnetyczna jest podstawową energią, od której zależy życie organizmu”. Siły elektromagnetyczne występują w większości procesów metabolicznych zachodzących w żywym organizmie. Zachowują one homeostazę z naturalnym polem magnetycznym Ziemi.

Warunkują między innymi: przepływ krwi w naczyniach krwionośnych, przemieszczanie jonów w płynach zewnątrz i wewnątrzkomórkowych oraz prawidłowy proces przemiany materii. Procesy komunikacji międzykomórkowej, przepływ związków chemicznych (dyfuzja, osmoza, transport bierny i aktywny) odbywa się przy pomocy własnego pola elektromagnetycznego organizmu [1, 2, 3, 6, 7].

Wrażliwość człowieka na niskoczęstotliwościowe pola elektromagnetyczne oraz rozwój nowych technik pomiarowych zapoczątkował wzrost zainteresowania oddziaływaniem niskoczęstotliwościowych pól magnetycznych na organizm człowieka [8, 10, 11, 12].

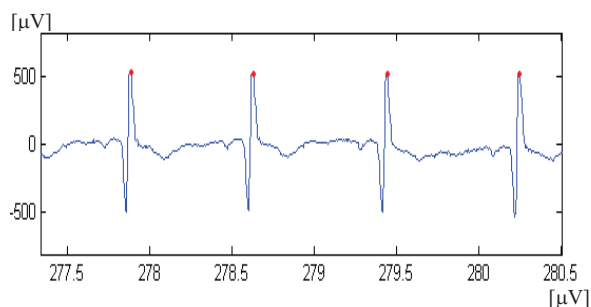
W badaniach przeprowadzonych w Laboratorium Akustyki Strukturalnej i Inżynierii Biomedycznej nt. „Badania wpływu dźwięków niskoczęstotliwościowych na organizm człowieka”, do generacji dźwięków stosowano głośniki elektrodynamiczne. Wraz z polem akustycznym na organizm człowieka w czasie eksperymentów oddziaływało pole elektromagnetyczne. Pole elektryczne było eliminowane przez zastosowanie siatki Faradaya. W czasie eksperymentu czynnikiem zakłócającym pozostawało zmienne pole magnetyczne.

W związku z powyższym podjęto badania wpływu ekspozycji niskoczęstotliwościowego pola magnetycznego na czynność bioelektryczną serca (EKG). Otrzymane wyniki różnicowano za pomocą narzędzi psychometrii.

2. METODYKA BADAŃ

Celem pracy były analizy zmian wartości częstości występowania załamków QRS sygnału EKG pod wpływem ekspozycji niskoczęstotliwościowego pola magnetycznego ($f=7$ Hz, $B = 330$ nT) na organizm człowieka. W pracy postawiono pytanie, czy osoby o różnych cechach osobowości - wyznaczanych testami Eysencka oraz Zuckermana – mogą różnie reagować na ekspozycję bodźca?

Do badań wpływu ekspozycji pola magnetycznego niskiej częstotliwości zakwalifikowano próbę 28 osób. Każdy 35 minutowy, eksperyment składał się z trzech etapów (sytuacji badawczych). Etap I - 5 minutowy - bez ekspozycji bodźca. Etap II - 20 minutowa ekspozycja na uczestników - pola magnetycznego niskiej częstotliwości. Trzeci etap - 10 minutowy - bez ekspozycji bodźca. Analizy zmian sygnału EKG polegały na wyznaczeniu średniej odległości czasowej pomiędzy załamkami QRS w poszczególnych etapach eksperymentu. Do detekcji załamków QRS opracowano skrypt wyznaczający maksymalne wartości sygnału EKG oraz obliczający odległości czasowe pomiędzy sąsiednimi załamkami R. Przykład realizacji sygnału EKG przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Przykładowa realizacja sygnału EKG z zaznaczonymi załamkami R

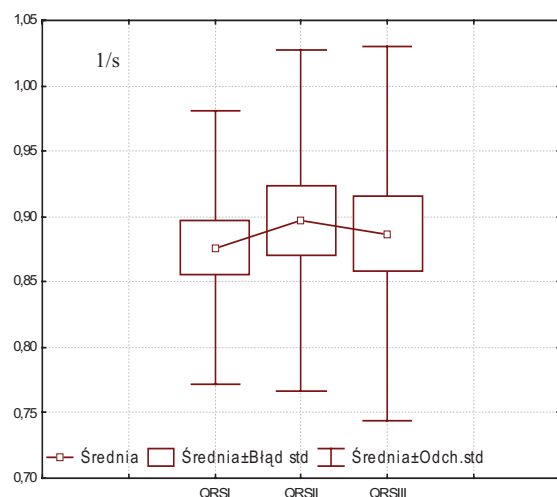
W analizach wyników badań, na poziomie istotności $p = 0,05$, przyjęto następującą hipotezę zerową H_0 : ekspozycja niskoczęstotliwościowego pola magnetycznego na organizm człowieka nie powoduje zmian sygnału EKG tzn. częstości występowania załamków QRS w kolejnych etapach eksperymentu.

Przeprowadzone badania rodzaju rozkładu za pomocą testów Kołmogorowa z poprawką Lillieforsa oraz W. Shapiro-Wilka wskazują, że analizowane zmienne posiadają rozkład normalny.

Analizy zmian wartości średnich częstości występowania załamków QRS pomiędzy poszczególnymi etapami eksperymentu (I, II, oraz III) przeprowadzone za pomocą testu t wskazują, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o równości średnich. Ekspozycja niskoczęstotliwościowego pola magnetycznego na organizm człowieka nie powoduje zmian częstości załamków R-R w kolejnych etapach eksperymentu. Wyniki analizy statystycznej przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Test t różnic średnich częstości w kolejnych etapach eksperymentu

Test t dla prób zależnych					
Zmienna	Średnia [1/s]	Odch. std	Różnica	Odch. std różnica	p
QRS I	0,876	0,104	-0,021	0,071	0,1548
QRS II	0,897	0,131			
QRS I	0,876	0,104	-0,011	0,085	0,5297
QRS III	0,887	0,143			
QRS II	0,897	0,131	-0,010	0,085	0,6527
QRS III	0,887	0,143			



Rys. 2. Analizy zmian wartości częstości załamek R w kolejnych etapach eksperymentu

Na podstawie analizy (tabela 1) nie stwierdzono wpływu niskoczęstotliwościowego pola magnetycznego na czynność bioelektryczną serca.

W oparciu o wyniki testów psychologicznych dokonano podziału badanych (różnicowania) ze względu na rezultaty osiągnięte w kwestionariuszu EPQ-R dla trzech czynników struktury temperamentu (E – ekstrawersja, N – neurotyczność, P – psychotyczność) oraz w kwestionariuszu poszukiwania doznań Zuckermana (Z – potrzeba sensoryczna). Osoby osiągające niższe oceny w testach (poniżej mediany) oznaczono jako typ 0, natomiast osoby, które osiągnęły wyższe oceny (powyżej mediany) oznaczono jako typ 1.

W celu określenia wpływu bodźca na reakcję (tu, częstości występowania załamek QRS) osób o różnych cechach osobowości (E, N, P oraz Z, typ 0 lub 1) wyznaczano częstotliwość występowania załamek QRS w poszczególnych etapach eksperymentu. Dla każdej cechy psychologicznej – osoby podzielono na dwie grupy, z wyższym lub niższym poziomem danej cechy.

Przystępując do wnioskowania statystycznego przyjęto na poziomie istotności $p = 0,05$ hipotezę zerową H_0 : że, ekspozycja niskoczęstotliwościowego pola magnetycznego na organizm człowieka nie powoduje zmian częstości występowania załamek QRS u badanych o różnych cechach osobowości, w kolejnych etapach eksperymentu.

Przeprowadzone badania rodzaju rozkładu wskazują, że analizowane zmienne mają rozkład normalny. Poziom istotności statystycznej różnic pomiędzy średnimi częstościami R-R w poszczególnych sytuacjach badawczych wyznaczano testem t dla grup zależnych.

Wyniki analiz istotności zmian przedstawiono w tabelach od 2 do 9.

Tabela 2. Test t różnic średnich wartości częstości QRS w kolejnych etapach eksperymentu u ekstrawertyków należących do grupy typ 1

Test t dla prób zależnych					
Zmienna	Średnia [1/s]	Odch. std	Różnica	Odch. std różnica	p
QRS I	0,884	0,130	-0,036	0,076	0,1015
QRS II	0,920	0,151			
QRS I	0,884	0,130	-0,022	0,080	0,3277
QRS III	0,906	0,163			
QRS II	0,920	0,151	-0,014	0,076	0,5064
QRS III	0,906	0,163			

Tabela 3. Test t różnic średnich wartości częstości QRS w kolejnych etapach eksperymentu u ekstrawertyków należących do grupy typ 0

Test t dla prób zależnych					
Zmienna	Średnia [1/s]	Odch. std	Różnica	Odch. std różnica	p
QRS I	0,866	0,061	-0,018	0,062	0,9259
QRS II	0,867	0,099			
QRS I	0,866	0,061	-0,032	0,092	0,9104
QRS III	0,863	0,115			
QRS II	0,867	0,099	-0,005	0,099	0,8709
QRS III	0,863	0,115			

Tabela 4. Test t różnic średnich wartości częstości QRS w kolejnych etapach eksperymentu u neurotyków należących do grupy typ 1

Test t dla prób zależnych					
Zmienna	Średnia [1/s]	Odch. std	Różnica	Odch. std różnica	P
QRS I	0,875	0,107	-0,024	0,051	0,1250
QRS II	0,899	0,107			
QRS I	0,875	0,107	-0,005	0,079	0,8160
QRS III	0,870	0,110			
QRS II	0,899	0,107	-0,029	0,085	0,2267
QRS III	0,870	0,110			

Tabela 5. Test t różnic średnich wartości częstości QRS w kolejnych etapach eksperymentu u neurotyków należących do grupy typ 0

Test t dla prób zależnych					
Zmienna	Średnia [1/s]	Odch. std	Różnica	Odch. std różnica	p
QRS I	0,877	0,106	-0,017	0,090	0,5457
QRS II	0,895	0,162			
QRS I	0,877	0,106	-0,031	0,091	0,2846
QRS III	0,908	0,180			
QRS II	0,895	0,162	-0,014	0,083	0,5942
QRS III	0,908	0,180			

Tabela 6. Test t różnic średnich wartości częstości QRS w kolejnych etapach eksperymentu u psychotyków należących do grupy typ 1

Test t dla prób zależnych					
Zmiana	Średnia [1/s]	Odch. std	Różnica	Odch. std różnica	p
QRS I	0,882	0,113	-0,007	0,040	0,5660
QRS II	0,889	0,116			
QRS I	0,882	0,113	-0,003	0,068	0,8640
QRS III	0,885	0,137			
QRS II	0,889	0,116	-0,003	0,085	0,8910
QRS III	0,885	0,137			

Tabela 7. Test t różnic średnich wartości częstości QRS w kolejnych etapach eksperymentu u psychotyków należących do grupy typ 0

Test t dla prób zależnych					
Zmienna	Średnia [1/s]	Odch. std	Różnica	Odch. std różnica	p
QRS I	0,870	0,099	-0,036	0,093	0,2052
QRS II	0,906	0,150			
QRS I	0,870	0,099	-0,019	0,102	0,5343
QRS III	0,889	0,155			
QRS II	0,906	0,150	-0,017	0,088	0,5132
QRS III	0,889	0,155			

Tabela 8. Test t - studenta różnic średnich wartości częstości QRS w kolejnych etapach eksperymentu dla osób, które osiągnęły wyższe (typ 1) wyniki w kwestionariuszu Zuckermana

Test t dla prób zależnych					
Zmienna	Średnia [1/s]	Odch. std	Różnica	Odch. std różnica	p
QRS I	0,881	0,118	-0,005	0,053	0,7269
QRS II	0,886	0,138			
QRS I	0,881	0,118	-0,034	0,068	0,0873
QRS III	0,915	0,157			
QRS II	0,886	0,138	-0,029	0,079	0,1971
QRS III	0,915	0,157			

Tabela 9. Test t różnic średnich wartości częstości QRS w kolejnych etapach eksperymentu dla osób, które osiągnęły niższe (typ 0) wyniki w kwestionariuszu Zuckermana

Test t dla prób zależnych					
Zmiana	Średnia [1/s]	Odch. std	Różnica	Odch. std różnica	p
QRS I	0,870	0,089	-0,041	0,087	0,1515
QRS II	0,911	0,126			
QRS I	0,870	0,089	-0,018	0,097	0,5419
QRS III	0,852	0,122			
QRS II	0,911	0,126	-0,059	0,067	0,0151
QRS III	0,852	0,122			

W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej. Ekspozycja niskoczęstotliwościowego pola magnetycznego na organizm człowieka nie powoduje zmian częstości występowania załamków QRS u badanych o różnych cechach osobowości, w kolejnych etapach eksperymentu (poza przypadkiem dla osób, które osiągnęły niższe (typ 0) wyniki w kwestionariuszu Zuckermana pomiędzy etapami II i III eksperymentu).

3. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań i wykonanych analiz wpływu niskoczęstotliwościowego pola magnetycznego na sygnał EKG wynika:

- niskoczęstotliwościowe pole magnetyczne nie wpływa na częstość występowania załamków QRS w sygnale EKG w kolejnych etapach eksperymentu (tabela 1),
- obserwuje się, nieistotny statystycznie, trend zwiększenia częstości QRS w etapie II oraz zmniejszenia po wyłączeniu ekspozycji bodźca (rys. 2).

Na podstawie analizy zmian wartości częstości występowania załamków QRS w sygnale EKG z podziałem badanych na „typ 0” lub „typ 1” czynnika E, N, P oraz wskaźnika Z można stwierdzić:

- u badanych zakwalifikowanych do grupy „typ 0” lub „typ 1” w kwestionariuszu Eysencka ekspozycja pola magnetycznego niskiej częstości nie powoduje istotnych statystycznie zmian w częstości występowania załamków QRS w kolejnych etapach eksperymentu,
- nie wykazano statystycznie istotnych zmian częstości występowania załamków QRS, pomiędzy I i II oraz I i III etapem eksperymentu, u osób „typ 0” wskaźnika Z,
- ekspozycja PM powoduje wzrost częstości występowania załamków QRS u badanych z niskim wskaźnikiem poziomu potrzeby sensorycznej, istotna statystycznie jest różnica między etapem II i III. (z prawdopodobieństwem testowym $p=0,0151$, tabela 9).

Badania wykonano w ramach Projektu Badawczego nr 3 T11E 006 26 oraz były częściowo sponsorowane przez Fundację Kościuszkowską, Amerykańskie Centrum na rzecz Kultury Polskiej, z funduszu zapewnianego przez Fundację Alfreda Jurzykowskiego.

Autor składa serdeczne podziękowanie za konsultacje medyczne Doktorowi n. med. Mariuszowi Grochala z 5 Wojskowego Szpitala Klinicznego w Krakowie.

LITERATURA

- [1] S. Ghione, C. Del Seppia, L. Mezzasalma, M. Emdin, P. Luschi, „*Human head exposure to a 37 Hz electromagnetic field: effects on blood pressure, somatosensory perception, and related parameters.*”, *Bioelectromagnetics* 25:167-175, 2004.
- [2] J. H. Jeong, J. S. Kim, B. C. Lee, Y. S. Min, D. S. Kim, J. S. Ryu, K. S. Soh, K. M. Seo, U. D. Sohn, „*Influence of exposure to electromagnetic field on the cardiovascular system*”, *Autonomic & Autacoid Pharmacology*. Vol. 25, Page 17, January 2005.
- [3] M. Kosei, S. Hiroyuki, T. Kenji, N. Yoshiyuki, Y. Kuniaki, „*Extremely low frequency magnetic fields originating from equipment used for assisted reproduction, umbilical cord and peripheral blood stem cell transplantation, transfusion, and hemodialysis*”, *Bioelectromagnetics* 26, 69-73, 2005.
- [4] A. Kułak „*Pola elektromagnetyczne infraniskiej częstotliwości a żywa przyroda*”, Kraków, UJ, 1992.
- [5] A. Kułak, S. Michalec, K. Zięba, K. Maślanka, J. Kubisz, „*Czy pola elektromagnetyczne ELF mają wpływ na ludzi?*”, Kraków, UJ, 2000.
- [6] E. Lindstrom, P. Lindstrom, A. Berglund, E. Lundgren, K. H. Mild, „*Intracellular calcium oscillations in a T – cell line after exposure to extremely low frequency magnetic fields with variable frequencies and flux densities*”, *Bioelectromagnetics*, 1995.
- [7] M. Lupke, J. Rollwitz, M. Simko, „*Cell Activating Capacity of 50 Hz Magnetic Fields to Release Reactive Oxygen Intermediates in Human Umbilical Cord Blood-derived Monocytes and in Mono Mac 6 Cells*”, *Free Radical Research*, Vol. 38, September 2004.
- [8] V. Manni, A. Lisi, S. Rieti, A. Serafino, M. Ledda, L. Giuliani, D. Sacco, E. D'Emilia, S. Grimaldi, „*Low electromagnetic field (50 Hz) induces differentiation on primary human oral keratinocytes (HOK)*”, *Bioelectromagnetics* 25:118-126, 2004.
- [9] D. Micek, Z. Nieckarz, „*Wpływ pola elektromagnetycznego bardzo niskiej częstotliwości na serce*”, IX Krajowe Sympozjum Nauk Radiowych URSI: 1999.
- [10] M. T. Santini, A. Ferrante, G. Rainaldi, P. Indovina, P. L. Indovina, „*Extremely low frequency (ELF) magnetic fields and apoptosis: a review*”, *International Journal of Radiation Biology*, Volume 81, Number 1, January 2005.
- [11] Sieroń, G. Cieślak, A. Kawczyk-Krupka, T. Biniszkiwicz, A. Bilaska-Urban, M. Adamek, „*Zastosowanie pól magnetycznych w medycynie*”, Bielsko-Biała: α-Medica Press, 2000.
- [12] M. Sosa, J. Bernal-Alvarado, M. Jimenez-Moreno, J. C. Hernandez, G. Gutierrez-Juarez, M. Vargas-Luna, R. Huerta, J. C. Villagomez-Castro, P. Palomares, „*Magnetic field influence on electrical properties of human blood measured by impedance spectroscopy*”, *Bioelectromagnetics*, 564-70, Oct. 26(7), 2005.
- [13] PN-T-06580-1:2002, PN-T-06580-3:2002 *Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym o częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz. Część 1: Terminologia i część 3: Metody pomiaru i oceny pola na stanowisku pracy.*



Dr inż. **Zbigniew DAMIJAN**,
ur. 9.06.1957r. W 1982 ukończył WAT, Wydział Cybernetyki. Od 2000 - adiunkt WIMiR, AGH. Wykształcenie: mechanik, cybernetyk, elektronik, specjalność automatyzacja systemów kierowania i zarządzania. Zainteresowania naukowe: diagnostyka biomedyczna, cyfrowe przetwarzanie sygnałów, bionika, cybernetyka, psychoakustyka, biometria. Inne zainteresowania: modelarstwo, turystyka, sport.