

Możliwości zastosowania terapii infradźwiękowej w leczeniu zaburzeń snu

Possibility of application of infrasound therapy in treatment of sleep disorders

Cezary Kasprzak

Katedra Mechaniki i Wibroakustyki, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel. +48 (0) 12 675 36 85, e-mail: cekasp@agh.edu.pl

Streszczenie

W pracy przedstawiono rozważania nad możliwością zastosowania infradźwięków, w celu poprawy jakości snu. Przesłanką do sformułowania i podjęcia wstępnych hipotez są wyniki uzyskane z badań nad wpływem fal akustycznych niskich częstotliwości na zmiany w morfologii sygnału EEG.

Słowa kluczowe: sen, infradźwięki, EEG

Abstract

In this paper, the possibility of application of infrasounds in sleep disorders, is discussed. The reason to perform such study is based on the results of examinations on the influence of low frequency acoustic waves on alterations of EEG signals morphology.

Key words: sleep, infrasound, EEG

Wstęp

Dotychczasowe badania wpływu infradźwięków (fal akustycznych o częstotliwościach poniżej 16 Hz) na człowieka potwierdzają przede wszystkim ich oddziaływanie na układ nerwowy, oddechowy, pokarmowy oraz krążenia. Wyniki badań są jednak niejednoznaczne, często nieścisłe, a niekiedy sprzeczne, ponadto nie uwzględniają niskoenergetycznych fal mogących mieć pozytywny wpływ na organizmy żywe [1-4]. Mało badań dotyczy wpływu fali akustycznej niskoczęstotliwościowej na biopotencjały człowieka. W nielicznych badaniach, przeprowadzono analizy ilościowe i jakościowe zmian sygnałów bioelektrycznych mózgu oraz analizy poziomu aktywacji organizmu, wywołanych bodźcem akustycznym [5, 6].

Bezsenność oznacza problemy związane z niewystarczającą ilością lub jakością snu, kłopoty z zaśnięciem lub/i zbyt płytkim snem. Towarzyszą jej subiektywne poczucie zmęczenia oraz senność, które niekorzystnie wpływają na funkcjonowanie w ciągu dnia, samopoczucie oraz zdrowie.

Do najważniejszych następstw bezsenności należą: zmniejszona odporność na stres, pogorszenie nastroju, zaburzenia koncentracji i pamięci, obniżenie odporności organizmu. Szacuje się, że bezsenność dotyka ok. 30% dorosłych Polaków i aż 90% ludzi powyżej 60. roku życia. Choć w większości przypadków leczenie daje dobre rezultaty, wielu chorych nie podejmuje go, przez co zaburzenie staje się przewlekłe.

Sen jest zjawiskiem fizjologicznym, polegającym na obniżeniu aktywności ośrodkowego układu nerwowego oraz całego organizmu.

W trakcie snu bardzo charakterystyczna jest aktywność elektryczna kory mózgowej. Można wyróżnić cztery fazy snu. W pierwszej z nich w zapisie EEG można zauważyć zanik fal alfa oraz dominację rytmu theta. Faza druga to dalsze spowolnienie rytmów kory mózgowej. Faza trzecia to pojawiające się coraz częściej wolne fale delta. Faza czwarta to dominacja (przynajmniej 50%) fal delta.

Przesłanką, uzasadniającą postawienie hipotezy o zastosowaniu stymulacji infradźwiękowej do poprawy jakości snu, są doniesienia literaturowe oraz badania własne wpływu ekspozycji fali akustycznej niskiej częstotliwości na parametry psychofizyczne oraz zmiany w morfologii sygnałów EEG. Stwierdzono, że ekspozycja na infradźwięki powoduje istotny statystycznie wzrost amplitudy rytmów wolnych w zapisie EEG [7-10]. Obserwowane jest zwiększenie udziału fal wolnych w zapisie sygnału EEG w trakcie stymulacji infradźwiękowej oraz obniżenie poziomu aktywacji. Powyższe przesłanki pozwalają na postawienie tezy o celowym zastosowaniu fal akustycznych, o częstotliwości z zakresu infradźwiękowego, do poprawy jakości snu.

Materiał i metodyka badań

W eksperymentach uczestniczyły 33 zdrowe osoby (9 kobiet i 24 mężczyzn) w wieku 20-30 lat. Do badań zakwalifikowano osoby, które w wywiadzie nie podawały wcześniejszego narażenia na hałas, nie przebyły chorób narządu słuchu oraz nie zgłaszały żadnych przewlekłych schorzeń ogólnych.

Uczestnicy zostali poddani 20-minutowej ekspozycji na falę akustyczną o następujących parametrach ($f = 7$ Hz i $L_p = 120$ dB). Grupę kontrolną poddano oddziaływaniu fali z zakresu słyszalnego ($f = 40$ Hz i $L_p = 110$ dB).

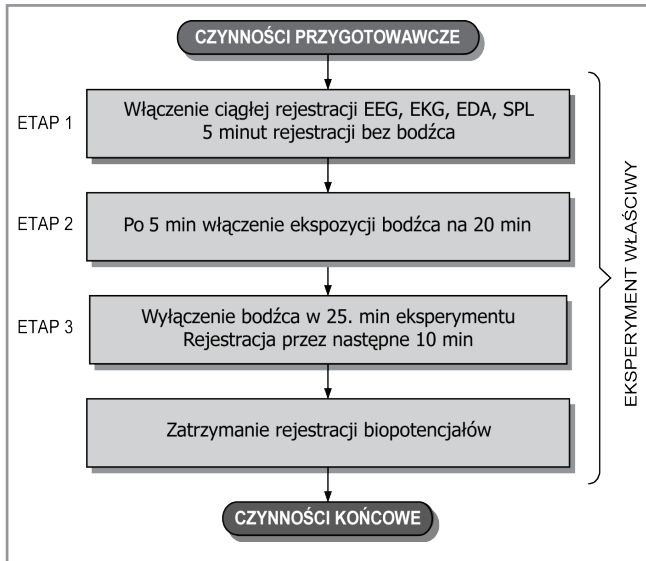
Badanie główne, w trakcie którego rejestrowano sygnał EEG przeprowadzono w stanie czuwania, przy zamkniętych oczach. Trwało ono 35 minut i składało się z trzech etapów czasowych (rys. 1):

Etap 1. Włączenie ciągłej rejestracji biopotencjałów: EEG.

Etap 2. Po 5 minutach włączenie ekspozycji bodźca. Poziom ciśnienia akustycznego L_p narastał płynnie do wartości, przy której było przeprowadzane badanie w ciągu pięciu sekund. Czas ekspozycji wynosił 20 minut.

Etap 3. Wyłączenie bodźca i 10 minut rejestracji.

Badanych poddano ekspozycji na bodźce o parametrach: ($f = 7$ Hz i $L_p = 120$ dB) lub ($f = 40$ Hz i $L_p = 110$ dB), których kolejność została dla każdego badanego ustalona w sposób losowy. Czas badania głównego dobrano tak, aby nie powodować dyskomfortu psychicznego i fizycznego osoby badanej (zamknięte oczy, założone elektrody). Okres pomiędzy kolejnymi badaniami tej samej osoby wynosił 24 godziny.



Rys. 1 Algorytm metodyki badań

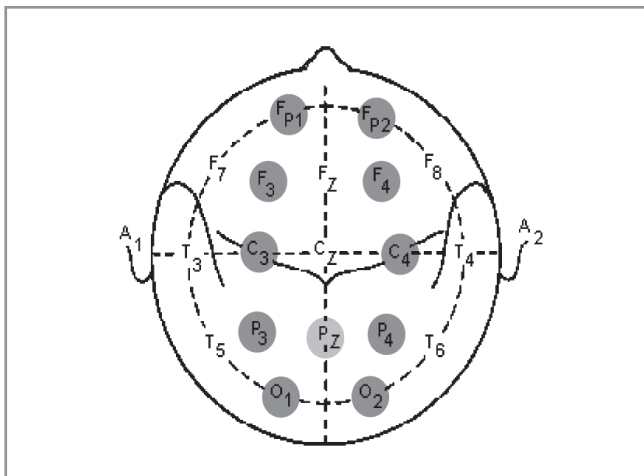
W fazie projektowej postawiono dodatkowe wymagania, dotyczące bezpieczeństwa stanowiska składającego się z:

- toru generowania sygnałów akustycznych,
- toru pomiaru warunków akustycznych,
- kabiny typu ciśnieniowego,
- toru rejestracji EEG.

Stanowisko to umożliwia ekspozycję w warunkach laboratoryjnych na niskoczęstotliwościowe tony o ustalonych parametrach oraz pomiar i analizę ich wpływu na wybrane parametry funkcjonalne człowieka. Tor rejestracji sygnałów EEG i EKG stanowił standardowy 25-kanałowy przedwzmacniacz SAM25 firmy MICROMED oraz oprogramowanie do rejestracji sygnałów bioelektrycznych.

W badaniach EEG wykorzystywano dziesięć kanałów. Elektrody do rejestracji fal mózgowych umieszczano na głowie według systemu „10-20”, równoległe wzdłuż linii strzałkowej (Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2), po 5 elektrod na każdej stronie głowy (rys. 2).

Elektroda odniesienia została umiejscowiona w punkcie Pz. Stosowano elektrody kontaktowe typu Ag/AgCl o średnicy 6 mm. Skonfigurowany tor pomiarowy umożliwiał ciągłą akwizycję biosygnałów (35 minut podczas badania głównego) oraz zapis w postaci cyfrowej.



Rys. 2 Rozmieszczenie elektrod EEG

Wyniki badań

W celu określenia ilościowego wpływu stymulacji infradźwiękową falą akustyczną dokonano analizy zmian mocy sygnału EEG w poszczególnych przedziałach częstotliwościowych. Zastosowano podział widma sygnału bioelektrycznego mózgu przyjęty w elektroencefalografii. Dla każdego zakresu częstotliwości obliczono energię bezwzględną (jako pole pod krzywą funkcji gęstości widmowej mocy). Wyodrębniono następujące przedziały częstotliwościowe:

- delta: 0,5-3,9 Hz,
- theta: 4,0-7,9 Hz,
- alfa: 8,0-11,9 Hz.

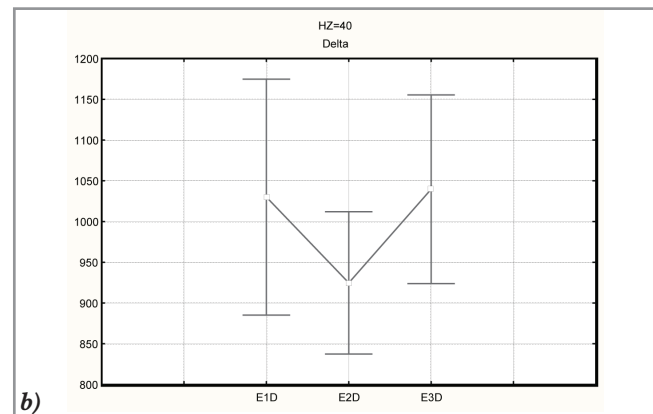
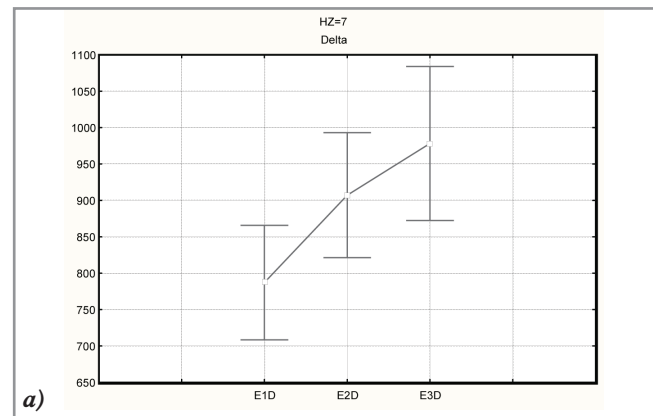
Zbiórce wyników badań przedstawiono na wykresach (rys. 3-5). Zaprezentowano porównanie zmian w morfologii sygnału EEG w trakcie ekspozycji infradźwiękowej oraz w grupie kontrolnej. Na osiach pionowych oznaczono amplitudę danego rytmu, na osi poziomej zaznaczono trzy kolejne etapy badań. Przedstawiono wartości średnie oraz 95-proc. przedziały ufności.

Działanie fali infradźwiękowej powoduje istotne statystycznie zwiększenie średniej amplitudy rytmu delta, w przeciwieństwie do grupy kontrolnej.

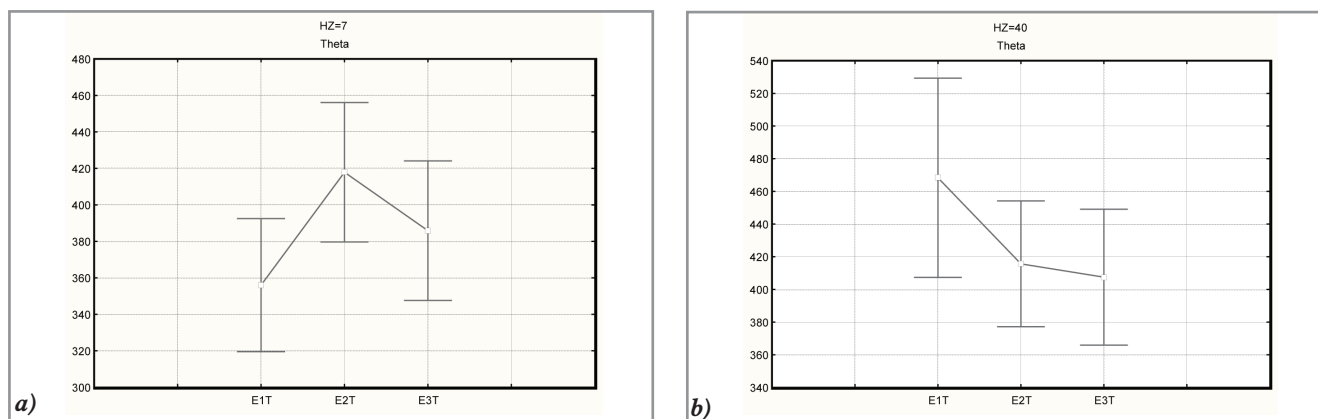
Podobne zmiany można zaobserwować w rytmie theta – wzrost amplitudy rytmu w trakcie ekspozycji infradźwiękowej, oraz spadek jej wartości w grupie kontrolnej.

Działanie infradźwięków oraz fali akustycznej z zakresu słyszalnego powoduje zmniejszenie wartości rytmu alfa, jednakże po zakończeniu stymulacji infradźwiękowej rytm alfa powraca do wartości początkowej.

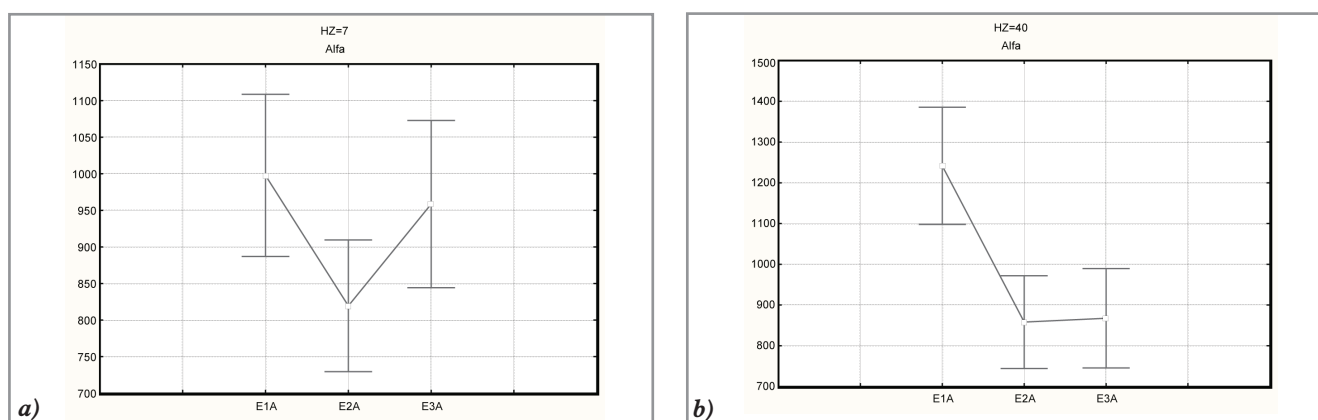
Przeprowadzona analiza wpływu 20-minutowego oddziaływania infradźwięków o częstotliwości $f = 7$ Hz i poziomie ciśnienia akustycznego



Rys. 3 Analizy porównawcze rytmów delta: a) grupa infradźwiękowa, b) kontrolna



Rys. 4 Analizy porównawcze rytmów theta: a) grupa infradźwiękowa, b) kontrolna



Rys. 5 Analizy porównawcze rytmów alfa: a) grupa infradźwiękowa, b) kontrolna

SPL = 120 dB na organizm wykazała istotny statystycznie spadek mocy rytmu alfa oraz wzrost średniej amplitudy funkcji gęstości widmowej mocy rytmów delta, theta, co wyraźnie koreluje ze zmianami obserwowanymi w trakcie snu.

Podziękowania: Badania wykonano w ramach prac statutowych nr 10.10.130.631, prac własnych nr 11.11.130.119 oraz dzięki sponsorowaniu przez Fundację Kościuszkowską, Amerykańskie Centrum na rzecz Kultury Polskiej, z funduszu zapewnionego przez Fundację Alfreda Jurzykowskiego.

Dyskusja i wnioski

Analiza wyników pozwala stwierdzić, że niskoczęstotliwościowa fala akustyczna o częstotliwości 7 Hz i poziomie ciśnienia akustycznego 120 dB wpływa na zmniejszenie mocy rytmu alfa oraz wzrost średniej amplitudy funkcji gęstości widmowej mocy rytmów wolnych (delta i theta).

W pierwszej fazie snu, w zapisie EEG można zauważyć zanik fal alfa oraz dominację rytmu theta. Faza druga to dalsze spowolnienie rytmów kory mózgowej. Faza trzecia to pojawiające się coraz częściej wolne fale delta. Faza czwarta to dominacja (przynajmniej 50%) fal delta. Dwie ostatnie fazy tworzą tzw. sen głęboki, podczas którego następuje regeneracja fizyczna organizmu.

Stwierdzony w badaniach wzrost mocy rytmów delta i theta oraz jednoczesny wzrost mocy rytmu beta, podczas stymulacji bodźcem infradźwiękowym, może być związany z początkiem relaksacji i senności, co jest charakterystyczne dla drugiego stadium snu. Zjawiska te, co należy podkreślić, nie występują natomiast przy oddziaływaniu fal z zakresu słyszalnego.

Przeprowadzone badania pozwalają na postawienie hipotezy o możliwości wykorzystania infradźwięków w czasie snu do zwiększenia udziału rytmów wolnych. ■

Literatura

1. J. Feldmann, F.A. Pitten: *Effects of low frequency noise on man – a case study*, Noise and Health, vol. 7(25), 2004, s. 23-28.
2. J. Jakobsen: *Danish guidelines on environmental low frequency noise, infrasound and vibration*, Noise Notes, vol. 2(2), 2003, s. 10-18.
3. A. Petounisa, C. Spyrakisa, D. Varonos: *Effects of infrasound on activity levels of rats*, Physiology & Behavior, vol. 18(1), 1977, s. 153-155.
4. W.K. Persson: *Effects of low frequency noise on sleep*, Noise and Health, vol. 6(23), 2004, s. 87-91.
5. Z. Damijan: *Assessment of infrasound annoyance at work*, Polish Journal of Environmental Studies, vol. 13(3), 2004, s. 288-291.
6. C. Kasprzak: *The effects of low frequency sound on the levels of activation*, Archives of Acoustics, vol. 32(4), 2007, s. 123-128.
7. C. Kasprzak: *Effects of infrasound exposure on the theta rhythm of EEG signal*, Polish Journal of Environmental Studies, vol. 16(3B), 2007, s. 217-219.
8. C. Kasprzak: *Badanie możliwości stosowania niskoczęstotliwościowej fali akustycznej do wywołania zjawiska wodzenia*, Inżynieria Biomedyczna – Acta Bio-Optica et Informatica Medica, vol. 13(4), 2007, s. 298-299.
9. A. Kawano, H. Yamaguchi, S. Funasaka: *Effects of infrasound on humans: A questionnaire survey of 145 drivers of long distance transport trucks*, Pract Otol Kyoto, vol. 84, 1991, s. 1324-1324.
10. R. Panuszka, Z. Damijan, C. Kasprzak: *Fractal EEG analysis with Higuchi's algorithm of low-frequency noise exposition on humans*, The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 115(5), 2004, s. 2388-2389.

otrzymano / received: 02.04.2009 r.
zaakceptowano / accepted: 05.05.2009 r.