

WPŁYW INFRADŹWIĘKÓW NA ZDROWIE CIĘŻARNEJ. AKTUALNY STAN WIEDZY I PRZEPISY PRAWA

INFRA SOUND IMPACT ON THE HEALTH OF THE PREGNANT WOMEN. CURRENT STATUS OF KNOWLEDGE AND LAWS

Magdalena Muszyńska¹, Paweł Rzymyński¹, Bartosz Bilski², Maciej Wilczak¹

¹ Katedra i Klinika Zdrowia Matki i Dziecka, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

² Pracownia Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, Katedra Profilaktyki Zdrowotnej, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

DOI: <https://doi.org/10.20883/ppnoz.2017.28>

STRESZCZENIE

W 2010 roku w prawie polskim jednoznacznie uporządkowano termin infradźwięków, wprowadzając do normy PN-86/N-01338:1986 nowelizację PN-Z-01338:2010; terminem tym określono widmo hałasu infradźwiękowego w przedziale od 1 Hz do 20 Hz i o niskich częstotliwościach słyszalnych. Mimo twierdzeń, że infradźwięki mogą powodować różne nieprzyjemne objawy, skutki oddziaływania infradźwięków na ludzi nie zostały wystarczająco zbadane. Badania sugerują, że infradźwięki mogą wpływać na narząd przedsionkowo-słimakowy, układ sercowo-naczyniowy, stan behawioralny i neurofizjologiczny oraz wzbudzają wibracje ciała. Infradźwięki znalazły w położnictwie swoje zastosowanie pod postacią testu wibroakustycznego (VAS). Test VAS polega na stymulacji płodu za pomocą sondy i wspomaga właściwą ocenę dobrostanu płodu. Reakcja zdrowego płodu na ten bodziec objawia się zmianami zachowania i akceleracjami czynności serca, a ich brak może świadczyć o niedotlenieniu ośrodkowego układu nerwowego lub o obecności zaburzeń słuchu u płodu. Obecnie jedyną obowiązującą wytyczną regulującą wpływ infradźwięków na kobietę ciężarną jest *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 1996 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych kobietom*. Pomimo istnienia norm w prawie pracy brakuje rzetelnych badań źródłowych, które stały się podstawą ich utworzenia. Wytyczne powinny ściśle regulować unikanie wysokich poziomów infradźwięków w procedurach medycznych. Nie opublikowano informacji na temat konkretnych zagrożeń wynikających z ekspozycji na mniejsze poziomy, zwłaszcza w odniesieniu do diagnostyki prenatalnej, ale dysponujemy zbyt małą ilością badań, by wysnuć wniosek o braku tych zagrożeń, zwłaszcza jeżeli chodzi o skutki długoterminowe. Autorzy rekomendują zatem kobietom ciężarnym pracującym na stanowiskach szczególnie narażonych na ekspozycję infradźwiękami czasową zmianę pracy lub jej zaprzestanie (orzeczenie o czasowej niezdolności do pracy, ZUS ZLA). Pożądane są dalsze, wszechstronne, randomizowane badania, które pozwolą nakreślić wytyczne.

Słowa kluczowe: ekspozycja na infradźwięki, kobiety w ciąży, wibroakustyczna stymulacja (VAS), prawo polskie.

ABSTRACT

In 2010, Polish law explicitly tidied term infrasound introducing the PN-86/N-01338:1986 amendment to the PN-Z-01338: 2010 which establishes infrasound noise spectrum ranging from 1 Hz to 20 Hz and low frequency audible. Despite claims that infrasound can cause a variety of unpleasant symptoms, effects of infrasound on humans have not been sufficiently studied. Research suggest that infrasound can affect organ vestibulocochlear, cardiovascular, behavioral and neurophysiological and excite vibrations of the body. Infrasound found their use in obstetrics in the form of vibroacoustic stimulation (VAS). VAS test involves stimulation of the fetus with a probe and promotes proper assessment of fetal health. The reaction of a healthy stimulated fetus manifested by behavioral changes and acceleration of cardiac function, their absence may indicate hypoxia of central nervous system or the presence of hearing disorders in the fetus. Currently, the only valid guideline regulating the impact of infrasound on a pregnant woman is the Regulation of the Minister on the list of works prohibited to the women. Despite the existence of standards in labor law there is no reliable research source, which became the basis for their creation. The guidelines should be strictly regulated to avoid high levels of infrasound in medical procedures. For smaller levels of exposure, especially with regard to prenatal diagnosis, exist lack of published specific threats but we have not enough research to reach a conclusion about their absence, especially when it comes to long-term effects. The authors therefore recommend that pregnant women in the workplace vulnerable to exposure to infrasound a temporary change of workplace or closure (certificate of temporary incapacity for work, ZUS ZLA). Desirable further, comprehensive randomized study that will outline guidelines.

Keywords: exposure to infrasound, pregnant women, vibroacoustic stimulation (VAS), polish low.

Wstęp

Opinia publiczna w ciągu ostatnich lat infradźwiękom i dźwiękom o niskich częstotliwościach przypisuje negatywny wpływ na zdrowie. Ma to źródło głównie w zniekształceniu obrazu przez media i nie jest poparte analizą rzetelnych doniesień naukowych, w tym w szczególności w odniesieniu do kobiet ciężarnych.

Definicja infradźwięków i hałasu infradźwiękowego

Definicji infradźwięków i dźwięków o niskiej częstotliwości jest kilka, a rozmyta granica między nimi – szeroko opisywana. Według fizycznej definicji infradźwięki są falami mechanicznymi propagowanymi przez oscylacyjny ruch medium. Najpopularniejsza definicja

określa infradźwięki jako dźwięki o częstotliwości poniżej progu słyszalności, na ogół o częstotliwości około 20 Hz (inne źródła za górną granicę normy infradźwięków przyjmują częstotliwość 16 Hz) [1]. Koncepcja dotycząca dźwięku poniżej 20 Hz jest nie do końca słuszna, gdyż dźwięki o częstotliwościach poniżej 20 Hz są przez narząd przedsionkowo-ślimakowy odczuwane w postaci innych subiektywnych objawów niż tony słyszalne, a próg słuchu został zmierzony i wynosi do 1,5 Hz.

W 2010 roku w prawie polskim jednoznacznie uporządkowano ten termin, wprowadzając do normy PN-86/N-01338:1986 nowelizację PN-Z-01338:2010; terminem tym określono widmo hałasu infradźwiękowego w przedziale od 1 Hz do 20 Hz i o niskich częstotliwościach słyszalnych [2]. Widmo częstotliwości w takim samym zakresie podają również normy ISO 7196:1995 i ISO 9612:1997 [3, 4]. W piśmiennictwie coraz częściej pojawiają się w odniesieniu do antropogenicznego pochodzenia dźwięku zagrożenia hałasu infradźwiękowego oraz hałasu niskoczęstotliwościowego. Przedział od 10 do 100–250 Hz można traktować jako hałas niskoczęstotliwościowy [1]. Infradźwięki wstępują powszechnie we współczesnym świecie. Wytwarzanie infradźwięków zachodzi, gdy powierzchnia porusza się ruchem okresowym, który zawiera składowe częstotliwości poniżej 20 Hz. Źródła infradźwięków dzielimy na naturalne (trzęsienia ziemi, burze, morskie fale) i antropogeniczne (eksplozje, turbiny wiatrowe, samochody, pociągi i wiele urządzeń) [5].

Badania eksperymentalne i randomizowane przeprowadzone na ludziach

Mimo twierdzeń, że infradźwięki mogą powodować różne nieprzyjemne objawy, skutki oddziaływania infradźwięków na ludzi nie zostały wystarczająco zbadane. Większość badań na ochotnikach analizowała tylko natychmiastowe skutki intensywnej ekspozycji na infradźwięki o poziomach powyżej 100 dB, trwającej często tylko kilka minut. Dostrzegano w tym przypadku wpływ na narząd przedsionkowo-ślimakowy lub układ sercowo-naczyniowy, pomijając pozostałe aspekty. Większość dotychczasowych badań realizowana była w ramach amerykańskich i rosyjskich programów kosmicznych. Często dostępne są tylko streszczenia, bez całkowitych publikacji, a badania przeprowadzono na niewielkich, kilkusobowych grupach. Ze zrozumiałych względów badania laboratoryjne skutków ekspozycji na infradźwięki były i są prowadzone powszechnie na zwierzętach. Infradźwięki o bardzo dużym natężeniu mogą doprowadzić do poważnego uszkodzenia struktur ucha [6].

Badania sugerują, że infradźwięki mogą spowodować czasowe przesunięcie progu słuchu (ang. *temporary threshold shift* – TTS) u niektórych pacjentów, ale powrót do wartości wyjściowych progów słuchu jest zazwyczaj szybki i kompletny. Jerger i wsp. donoszą, że powtarzające się przez 3 minuty ekspozycje na hałas infradźwiękowy w zakresie częstotliwości 2–12 Hz przy poziomach 119–144 dB indukowały TTS o 10–22 dB przy 3–8 kHz. Po kilku godzinach TTS całkowicie ustąpiło u 11 z 19 przetestowanych pacjentów [7]. Podobne reakcje są zgłaszane przy wyższych częstotliwościach [8].

Hensel i wsp. poprzez pomiar emisji produktów zniekształceń nieliniowych (DPOAEs) badali wpływ infradźwięków (przy częstotliwości 6 Hz i poziomie ekspozycji 130 dB) na funkcje ślimaka. Infradźwięki indukowały zmiany w przetwarzaniu dźwięku przez ślimak, ale nie powodowały uszkodzenia komórek słuchowych zewnętrznych (w ocenie nieobecności chwilowej zmiany poziomu DPOAE) [9].

Badania, które objęły ewentualny wpływ infradźwięków na układ sercowo-naczyniowy, nie dały jednak jednoznacznych wyników. Część badań donosi o braku spójnych zmian ciśnienia krwi, tętna, EKG oraz innych parametrów fizjologicznych u ochotników narażonych na hałas o częstotliwościach 10 lub 15 Hz i poziomach dźwięku od 105 do 130 dB [10]. O przeciwnych efektach donoszą wczesne badania Karpovej i wsp. Zgłaszane zmiany w układzie sercowo-naczyniowym to zwiększona częstość akcji serca i zmniejszenie siły skurczu mięśnia sercowego. Ponadto zaobserwowano zmiany behawioralne i neurofizjologiczne, a badani po ekspozycji na infradźwięki zgłaszali zmęczenie, apatię i depresję [11]. Wszelkie badania na temat wpływu infradźwięków i hałasu o niskiej częstotliwości na powodowanie stanu irytacji zostały zweryfikowane przez Leventhalla i wsp. Ogólnie stwierdzono, że istnieje duża zmienność między pacjentami, jeśli chodzi o reakcję na dźwięki, które powodują rozdrażnienie, a użycie w pomiarach filtra o charakterystyce A zaniża postrzeganie problemu dla częstotliwości poniżej około 200 Hz [12]. Harris i Johnson badali wpływ infradźwięków i hałasu słyszalnego na wykonanie dwóch zadań poznawczych. Nie stwierdzono statystycznie znaczących efektów. Ponadto nie było żadnych doniesień o zawrotach głowy czy dezorientacji podczas ekspozycji [13]. Również Landström i wsp. nie wykazali istotnych różnic [14]. Persson Wayne i wsp. zbadali 32 ochotników, w szczególności oceniając nastrój, dokuczliwość i zmiany w zdolności do pracy. Porównując rezultaty uzyskane w grupie poddanej hałasowi średnich częstotliwości z wynikami otrzymanymi w badanych eksponowanych na hałas o niskiej częstotliwości, stwierdzono, iż u tych ostatnich były zauważalne

zarówno opóźnienie czasu reakcji podczas odpowiedzi werbalnej, jak i upośledzenie czytania ze zrozumieniem. Ponadto zgłoszono podwyższony poziom irytacji i zmniejszoną zdolność do pracy [15].

Odnotowano pojedyncze doniesienia, że ekspozycja na infradźwięki może powodować senność. Możliwość ta została zbadana w szeregu badań laboratoryjnych przez Landströma i wsp. Podsumowując, badania te wskazują, że krótkotrwałe wystawienie na działanie infradźwięków w warunkach laboratoryjnych może zmniejszyć czujność. Mechanizm ten wydaje się być oparty na percepcji słuchowej, a zmiany zachodzą tylko z ekspozycji powyżej progu słyszenia [16].

Wykazano również, że duże natężenie hałasu o niskiej częstotliwości wzbudza wibracje ciała. Niskie progi percepcji częstotliwości potwierdziły się u ochotników zarówno z prawidłowym słuchem, jak i u tych, którzy byli całkowicie głusi [1, 17].

Badania na wolontariuszach zgłębiające potencjalny wpływ infradźwięków są stosunkowo ograniczone. Jakość wielu wcześniejszych badań jest wątpliwa i dostarczają one często sprzecznych wyników. Wydaje się, że bardzo niewiele badań zostało opublikowanych w ostatnich latach. Istnieje mało dowodów na to, że ostre narażenie na infradźwięki na poziomach powszechnie doświadczanych w środowisku wpływa na działania fizjologiczne lub behawioralne, chociaż istnieje ogólny niedostatek wysokiej jakości randomizowanych badań w tej dziedzinie.

Efekty biologiczne działania infradźwięków

Efekty biologiczne działania infradźwięków nie były szeroko badane. W piśmiennictwie bardzo mało doniesień na temat wpływu infradźwięków *in vitro*. Yount i wsp. wykazali, że poddane działaniu infradźwięków kolonie ludzkich komórek glejaka nie utraciły zdolności do tworzenia nowych kolonii [18]. Natomiast Wang i wsp. donoszą, że powierzchnia komórek L929 (mysie fibroblasty C3H/An) stała się gładka po ekspozycji falami o częstotliwości 16 Hz przy 130 dB przez 2 godziny dziennie w ciągu 3 dni [19]. Zanotowano w wielu tkankach, głównie w dużych naczyniach krwionośnych i limfatycznych (zwłaszcza w układzie oddechowym), powiązany z ekspozycją na infradźwięki nienormalny zewnątrzkomórkowy wzrost elastyny i kolagenu [20, 21]. Ekspozycja na infradźwięki wywoływała także zmiany zwyrodnieniowe i funkcjonalne w nabłonku żołądka oraz śliniankach przyusznych [22, 23]. Ekspozycja pourodzeniowa i wewnątrzmaciczna na ultradźwięki u szczurów skutkowała zmianami w komórkach rzęskowych nabłonka tchawicy [24]. Wysunięto teorię, że niskoczęstotliwościowe dźwięki generują sygnał mechaniczny,

który szczególnie dotyka cytoszkieletu. Skutkuje to zmianami w szlakach sygnalizacji komórkowej i tak wytwarzane są zaobserwowane zmiany morfologiczne i funkcjonalne, co prowadzi do zwiększenia integralności strukturalnej narażonej tkanki [25]. Brakuje dowodów empirycznych dla tych sugestii. Molekularne zmiany nie ominęły również komórek serca [26].

Na postawie badań doświadczalnych przeprowadzonych na myszach można stwierdzić, że hałas infradźwiękowy może wpływać na układ dokrewny. Po narażeniu na działanie infradźwięków obniża się u zwierząt doświadczalnych stężenie noradrenaliny i dopaminy, wzrasta poziom dehydrogenazy 3 β -hydroksysteroidowej w komórkach kory nadnerczy, zmianie uległa także poziom hormonu adrenokortykotropowego osocza (ACTH) i kortykosteronu [27–29]. Może to nie pozostawać bez znaczenia dla ciąży, gdyż w świetle badań Eriksona i wsp. jednym z głównych hormonów regulujących długość czasu trwania ciąży jest kortykoliberyna (ang. *corticotropin releasing hormone* – CRH) [30]. Stwierdzono również rozproszone zmiany w miększu wątroby, zarówno w pojedynczych hepatocytach, jak i w całej grupie komórek [31]. Kilka badań sugeruje, że gwałtowne narażenie na wysokie natężenia infradźwięków może wpływać na neurochemię mózgu. Ekspozycja na infradźwięki spowodowała znaczny wzrost stężenia glutaminianu w mózgu szczura oraz spowodowała niewielkie, lecz znaczące zmniejszenie stężenia noradrenaliny [32, 33]. Nie bez znaczenia pozostają doniesienia o pozytywnej korelacji pomiędzy ekspozycją na infradźwięki a wzrostem stężenia Ca²⁺ w neuronach hipokampa. Ponadto poprzednie badania wykazały znacznie podwyższony poziom p 53 mRNA w hipokampie myszy [34]. Wyniki te wskazują, że infradźwięki wpływają na apoptozę komórki poprzez różnorodne mechanizmy. Apoptozę komórek pod wpływem infradźwięków i wzrostu stężenia Ca²⁺ wykazano również w myocardium [35].

Zastosowanie niskoczęstotliwościowych dźwięków jako test wibroakustyczny w położnictwie

Do metod oceny dobrostanu płodu zaliczamy pomiar tętna i ilość ruchów płodu oraz badanie ultrasonograficzne z profilem biofizycznym. Jednym z badań nieczęsto wykonywanym jest test wibroakustyczny (VAS). Badania pokazały, że okres snu płodu może prowadzić do fałszywie niereaktywnego testu, co skutkować może zleceniem wielu niepotrzebnych badań dodatkowych i wzrostem niepokoju pacjentki [36]. Zaproponowano dużo rozwiązań celem wybudzenia płodu z cyklu snu w cykl reaktywny: zmiana pozycji matki czy spożycie przez nią glukozy, stymulacja

dźwiękiem, manualna manipulacja płodu. Dźwięki nieco wyższe niż infradźwięki również znalazły swoje zastosowanie jako test wibroakustyczny. Test VAS polega na stymulacji płodu za pomocą sondy, która przekazuje poprzez ścianę brzucha matki do płodu drgania o częstotliwości około 100 Hz i natężeniu około 90 dB. Reakcja zdrowego płodu na ten bodziec objawia się zmianami zachowania i akceleracjami czynności serca, a ich brak może świadczyć o niedotlenieniu ośrodkowego układu nerwowego lub o obecności zaburzeń słuchu u płodu [37]. Porównując 12 randomizowanych badań opisujących zastosowanie testu wibroakustycznego w celu ułatwienia oceny dobrostanu płodu z całkowitą liczbą badanych wynoszącą 6822, zauważono, że zastosowanie tej metody podczas badania kardiograficznego pomaga znacząco w szybszej i dokładniejszej ocenie stanu ogólnego płodu. Dzieje się tak dzięki zmniejszeniu liczby fałszywie niereaktywnych kardiografii wtórnych do stanu snu płodów, co obniża niepokój zarówno matki, jak i lekarzy. Danych dotyczących zagrożenia płodu i zgonu okołoporodowego było zbyt mało, aby wyciągać jakiegokolwiek wnioski na temat bezpieczeństwa [38]. Musimy jednak pamiętać, że wibroakustyczna stymulacja płodu jest czynnikiem stresogennym dla płodu. Narażenie dziecka na stymulację wibroakustyczną jest powszechnie uważane za bezpieczne, jednakże biorąc pod uwagę obecny stan wiedzy, nie możemy wyciągać takich wniosków. Nie przeprowadzono randomizowanych badań odnoszących się do istotnych efektów VAS, takich jak wady słuchu u płodu, neurologiczne zaburzenia rozwoju czy niepokój matki. Potrzebne są dalsze badania w celu nie tylko określenia optymalnej intensywności, częstotliwości czy czasu trwania stymulacji wibroakustycznej, ale też oceny bezpieczeństwa stosowania testu VAS z pozostałymi narzędziami oceny dobrostanu płodu. Należy rozważyć korzyści wynikające z zastosowania VAS, tym bardziej iż obecnie obserwujemy dynamiczny rozwój ultrasonograficznych metod oceny wewnątrzmacicznego stanu płodu. Poważne zagrożenia, jak np. uszkodzenie ślimaka, musiałyby znaleźć potwierdzenie w badaniach randomizowanych, zanim zostaną wydane zalecenia do rutynowego stosowania.

Zalecenia dla kobiet ciężarnych odnośnie ekspozycji na infradźwięki

Obecnie jedyną obowiązującą wytyczną regulującą wpływ infradźwięków na kobietę ciężarną jest *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 1996 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych kobietom*. Dla kobiety ciężarnej w Polsce limity pracy w odniesieniu do 8-godzinnego dobowego wymiaru pracy lub przeciętnego tygodniowego

wynoszą do 86 dB lub gdy szczytowy nieskorygowany poziom ciśnienia akustycznego przekracza wartość 135 dB [39]. Pomimo istnienia norm w prawie pracy brakuje rzetelnych badań źródłowych, które stały się podstawą ich utworzenia. Warto zastanowić się nad rekomendacją zwrócenia uwagi na środowisko pracy ciężarnej. Może to mieć szczególne znaczenie w przypadku pracy w fabrykach, na stanowisku w otoczeniu urządzeń mechanicznych, tokarek, dużej liczby robotów montujących oraz w przypadku pracy ze środkami komunikacji. Na przykład sprężarka tłokowa wytwarza u swojego wlotu falę o częstotliwości 10 Hz i 90–100 dB. Duże, wolno obracające się przemysłowe wentylatory przy złym dopasowaniu wytwarzają dźwięki w zakresie 10–20 Hz [5]. Szczególne zagrożenie dla kobiet ciężarnych stanowi praca w rolnictwie. Ochrona przed infradźwiękami jest trudna ze względu na to, że są słabo tłumione i rozprzestrzeniają się od źródła na duże odległości, podlegają także zjawisku rezonansu. Tradycyjne metody tłumienia są bardzo nieskuteczne w przypadku infradźwięków. Nie ma sensu korzystanie z osobistej ochrony słuchu [5]. Wszystkie wymienione urządzenia stanowią niepodważalne źródła infradźwięków, a z uwagi na brak badań nad infradźwiękami w tych środowiskach pracy należałoby rozważyć profilaktyczne przesunięcie pracownicy lub wydanie przez położnika orzeczenia o niezdolności do pracy w tym środowisku.

Odrębnym problemem jest wytyczenie jakichkolwiek zaleceń regulujących narażenie środowiskowe czy przy procedurach medycznych. Jednakże inne kraje oraz dyrektywa europejska w sprawie ochrony przed hałasem omijają specyficzne wytyczne poziomu ochrony przed infradźwiękami [40]. Każda jednostka, a więc i kobieta ciężarna, jest zewsząd otoczona infradźwiękami. W nowoczesnym modelu społeczeństwa na co dzień obcujemy z urządzeniami, które ułatwiają nam codzienne funkcjonowanie, jednak stanowią źródło infradźwięków. Infradźwięki mogą być tworzone w środowisku przez samochody, ruch kolejowy, zwłaszcza gdy pociągi poruszają się z dużą prędkością przez tunele. Turbiny wiatrowe emitują fale akustyczne w zakresie częstotliwości infradźwięków rozchodzące się na znaczne odległości. Również ruch wysokich budynków, drgania mostów podczas wietrznych warunków mogą być ważnym źródłem miejskich infradźwięków. Nawet takie przedmioty codziennego użytku, jak głośniki, urządzenia chłodzące i ogrzewające powietrze (klimatyzatory i lodówki), generują infradźwięki [41].

Podsumowując, ekspozycja na wysoki poziom infradźwięków wywołuje sprecyzowane ostre skutki niepożądane. Wytyczne powinny ściśle regulować unikanie wysokich poziomów infradźwięków w procedurach medycz-

nych. Nie opublikowano informacji na temat konkretnych zagrożeń wynikających z ekspozycji na mniejsze poziomy, zwłaszcza w odniesieniu do diagnostyki prenatalnej, ale dysponujemy zbyt małą ilością badań, by wysnuć wniosek o braku tych zagrożeń, zwłaszcza jeżeli chodzi o skutki długoterminowe. Obecny stan wiedzy na temat potencjału wpływu infradźwięków na zdrowie nie pozwala na wytyczenie wartości granicznych szkodliwości i wydanie zaleceń regulujących narażenie ludzi, a szczególnie kobiet ciężarnych, na infradźwięki. Autorzy rekomendują zatem kobietom ciężarnym pracującym na stanowiskach szczególnie narażonych na ekspozycję infradźwiękami czasową zmianę pracy lub jej zaprzestanie (orzeczenie o czasowej niezdolności do pracy, ZUS ZLA). Pożądane są dalsze, wszechstronne, randomizowane badania, które pozwolą nakreślić wytyczne.

Oświadczenia

Oświadczenie dotyczące konfliktu interesów

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

Źródła finansowania

Autorzy deklarują brak źródeł finansowania.

Piśmiennictwo

- Leventhall G. What is infrasound? *Prog Biophys Mol Bio.* 2007;93:130–137.
- Pawlaczyk-Łuszczynska M, Augustyńska D, Kaczmarek-Kozłowska A, Śliwińska-Kowalska M, Kameduła M. Nowelizacja wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN) hałasu infradźwiękowego w środowisku pracy. *Med Pracy.* 2001;51,1,15–23:119–123.
- ISO 7196:1995. Acoustics. Frequency Weighting Characteristics for Infrasound Measurements.
- ISO 9612:1997. Acoustics. Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment.
- Hanson, Mark A. Health effects of exposure to ultrasound and infrasound: report of the independent advisory group on non-ionising radiation. London: Health Protection Agency; 2010. 1–180.
- Pawlas K. Wpływ infradźwięków i hałasu o niskich częstotliwościach na człowieka: przegląd piśmiennictwa. *PiMOŚP.* 2009;2,50:27–64.
- Jerger J, Alford B, Coats A. Effects of very low frequency tones on auditory thresholds. *J Speech Hear Res.* 1996;9(1):150–60.
- Mills JH, Osguthorpe JD, Burdick CK, Patterson JH, Mozo B. Temporary threshold shifts produced by exposure to low frequency noises. *J Acoust Soc Am.* 1983;73(3):918–923.
- Hensel J, Scholz G, Hurrting U, Mrowinski D, Janssen T. Impact of infrasound on the human cochlea. *Hear Res.* 2007;233(1–2):67–76.
- Okamoto K, Yoshida A, Inoue J, Takyu H. The influence of infrasound upon human body. *J UOEH.* 1986;20(Supplement 8):135–49.
- Karpova NI, Alekseev SV, Erokhin VN, Kadyskina EN, Reutov OV. Early response of the organism to low frequency acoustic oscillations. *Noise Vib Bull.* 1970;11(65):100–103.
- Leventhall G, Palmear P and Benton S. A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects. A Report for the Department for Environment, Food and Rural Affairs 2003, www.defra.gov.uk.
- Harris CS, Johnson DL. Effects of infrasound on cognitive performance. *Aviat Space Environ Med.* 1978;49(4):582–586.
- Landström U, Kjellberg A, Söderberg L, Norström B. The effects of broadband, tonal and masked ventilation noise on performance, wakefulness and annoyance. *J Low Freq Noise Vib.* 1991;10(4):112–122.
- Persson Wayne K, Bengtsson J, Kjellberg A, Benton S. Low frequency 'noise pollution' interferes with performance. *Noise Health.* 2001;4:33–49.
- Landström U. Laboratory and field studies on infrasound and its effects on humans. *J Low Freq Noise Vib.* 1987;6:29–33.
- Yamada S, Ikuji M, Fujikata S, Watanabe T, Kosaka T. Body sensations of low frequency noise of ordinary persons and profoundly deaf persons. *J Low Freq Noise Vib.* 1983;2:32–36.
- Yount G, Taft R, West J, Moore D. Possible influence of infrasound on glioma cell response to chemotherapy: a pilot study. *J Altern Complement Med.* 2004;10(2):247–250.
- Wang BS, Chen JZ, Liu B, Li L, Yi N, Liu J, Zhang S. Observation of the L929 cell membrane after infrasound exposure with atomic force microscope. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi.* 2005;23(6):428–430.
- Martins dos Santos J, Grande NR, Castelo Branco NA, Zagalo C, Oliveira P. Vascular lesions and vibroacoustic disease. *Eur J Anat.* 2002;6(1):17–21.
- De Sousa Pereira A, Aguas AP, Grande NR, Mirones J, Monteiro E, Castelo Branco NA. The effect of chronic exposure to low frequency noise on rat tracheal epithelia. *Aviat Space Environ Med.* 1999;70(3 Part 2):A86–A90.
- da Fonseca J, Martins dos Santos J, Castelo Branco N, Alves-Pereira M, Grande N, Oliveira P, Martins AP. Noise-induced gastric lesions: a light and scanning electron microscopy study of the alterations of the rat gastric mucosa induced by low frequency noise. *Cent Eur J Public Health.* 2006;14(1):35–38.
- Oliveira PMA, Pereira da Mata ADS, Martins dos Santos JAM, da Silva Marques DN, Branco NC, Silveira JML, Correia da Fonseca JCD. Low-frequency noise effects on the parotid gland of the Wistar rat. *Oral Dis.* 2007;13(5):468–473.
- Oliveira MJR, Pereira AS, Castelo Branco NAA, Grande NR, Aguas AP. In utero and postnatal exposure of Wistar rats to low frequency/high intensity noise depletes the tracheal epithelium of ciliated cells. *Lung.* 2002;179(4):225–232.
- Castelo Branco NAA, Monteiro E, Costa e Silva A, Reis Ferreira JM, Alves-Pereira M. Respiratory epithelia in Wistar rats born in low frequency noise plus varying amounts of additional exposure. *Rev Port Pneumol.* 2003b;9(6):481–492.
- Pei Z, Sang H, Li R, Xiao P, He J, Zhuang Z, Zhu M, Chen J, Ma H. Infrasound-induced hemodynamics, ultrastructure, and molecular changes in the rat myocardium. *Environ Toxicol.* 2007;22(2):169–175.
- Spyraki C, Papadopoulou Z, Zis B, Varonos D. Effects of diazepam-infrasounds combination on locomotor activity and avoidance behaviour of rats. *Pharmacol Biochem Behav.* 1980;12:767–771.
- Dang WM, Wang S, Tian SX, Chen B, Sun F, Li W, Jiao Y, He LH. Effects of infrasound on activities of 3beta hydroxysteroid dehydrogenase and acid phosphatase of polygonal cells in adrenal cortex zona fasciculata in mice. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi.* 2007;25(2):91–95.
- Nishimura K. The effects of infrasound on pituitary adrenocortical response and gastric microcirculation in rats. *J Low Freq Noise Vib.* 1988;7(1):20–33.
- Erickson K, Thorsen P, Chrousos G, Grigoriadis DE, Khongsaly O, McGregor J, Schulkin J. Preterm Birth: Associated Neuroendocrine, Medical, and Behavioral Risk Factors. *J Clin Endocrinol Metab.* 1986;(6):2544–2552.
- Nekhoroshev AS, Glinchikov VV. Reaction of hepatocytes to infrasound exposure. *Gig Sanit.* 1991;(2):45–47.
- Guo-You F, Jing-Zao C, Ke-Yong J. Changes of glutamate in brain of rats exposed to infrasound. *J Fourth Mil Med Univ.* 1999;20(4):288–290.

33. Spyrali CH, Papadopoulou-Daifoti Z, Petounis A. Norepinephrine levels in rat brain after infrasound exposure. *Physiol Behav.* 1978;21:447–448.
34. Liu Z, Gong L, Li X, Ye L, Wang B, Liu J, Qiu J, Jiao H, Zhang W, Chen J, Wang J. Infrasound increases intracellular calcium concentration and induces apoptosis in hippocampi of adult rats. *Mol Med Rep.* 2012;5(1):73–77.
35. Pei Z, Sang H, Li R, Xiao P, He J, Zhuang Z, Zhu M, Chen J, Ma H. Infrasound-induced hemodynamics, ultrastructure, and molecular changes in the rat myocardium. *Environ Toxicol.* 2007;22(2): 169–175.
36. Malewski Z. Test wibroakustyczny w ocenie dobrostanu płodu. Dysertacja doktorska. Poznań; 1990.
37. Bręborowicz G (red.). Diagnostyka rozwoju i stanu płodu. Położnictwo i ginekologia. Warszawa: PZWL; 2015.
38. Tan KH, Smyth RMD, Wei X. Fetal vibroacoustic stimulation for facilitation of tests of fetal wellbeing. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;12, Art. No.:CD002963.
39. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 lipca 2002 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu prac wzbronionych kobietom. *Dz.U.* 2002 Nr 127, poz. 1092.
40. EC (2003). Council Directive 2003/10/EC of 15 February 2003 on minimum health and safety requirements regarding exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise). *Off J Eur Comm.*L42, 38–44, 15.02.2003.
41. Chen CH. *Signal and Processing for Remote Sensing. Signal and Image Processing for Remote Sensing.* Boca Raton: Taylor and Francis Group; 2007.

Adres do korespondencji:

Magdalena Muszyńska
 ul. Stefana Żeromskiego 4
 62-020 Swarzędz
 tel. kom.: +48 693 552 557
 e-mail: muszynska90@gmail.com