

Dr Halina Portalska
Instytut Inżynierii Zarządzania
Dr inż. Marek Portalski
Instytut Sterowania i Inżynierii Systemów
Politechnika Poznańska

WIELOTONY NIEHARMONICZNE MIS TYBETAŃSKICH

Słowa kluczowe: terapia dźwiękiem, misy tybetańskie, wielotony nieharmoniczne, obwiednia, analiza widmowa

Streszczenie: w Tybecie już od kilku tysięcy lat są stosowane w celach terapeutycznych dźwięki i mikrodrżania wytwarzane przez specjalne metalowe misy miejscowej produkcji. W artykule przedstawiono wyniki analiz dźwięku takich mis. W badaniach posłużono się nowatorskimi metodami analizy widma obwiedni sygnału. Wykazano korelacje między niektórymi częstotliwościami rezonansowymi organizmu ludzkiego oraz prądami czynnościowymi mózgu, a składowymi widma obwiedni dźwięku mis tybetańskich. Przedstawione wyniki uzasadniają przydatność terapeutyczną mis, dając jednocześnie podstawy do elektronicznej syntezy podobnych dźwięków dla terapii.

1. WPROWADZENIE

Ludzkość od najdawniejszych czasów wykorzystywała dla celów terapeutycznych różne dźwięki, wibracje, dotyk. Masaż jest prawdopodobnie jedną z najstarszych form terapii [12,17]. Od ponad 3000 lat w Tybecie znana jest terapia z wykorzystywaniem dźwięków i drgań specjalnych mis oraz gongów. Technika ta stosowana jest tam do dnia dzisiejszego, a obecnie stosuje się ją również w krajach europejskich pod nazwą „masaż dźwiękiem” [7,8].

Sam masaż z wykorzystaniem mis polega na ułożeniu odpowiedniej misy lub mis na ciele pacjenta w ściśle określonych miejscach i delikatne pobudzanie ich do drgań. Stosuje się też ułożenie mis w pewnej odległości od ciała oraz ruch drgającej misy ponad ciałem.

Jak wiadomo [4,9,11], fala akustyczna oddziałuje nie tylko na narząd słuchu, lecz również pobudza do drgań tkanki całego ciała. Położenie drgającej misy na ciele powoduje natomiast bezpośredni odbiór wibracji.

Również różne techniki współcześnie stosowanego masażu wykorzystują także wibracje wywoływane ruchem ręki terapeuty lub specjalnym wibratorem o napędzie elektrycznym bądź hydraulicznym [12,17].

Zgodnie z prawem Arndta – Schultza słabe bodźce pobudzają aktywność fizjologiczną, umiarkowane sprzyjają tej aktywności, a bardzo silne mogą ją hamować. Zbyt silny bodziec ma działanie niszczące [5]. Ta zasada tłumaczy, dlaczego odpowiednio dawkowane mikrodrżania działają korzystnie na organizm (stymulująco), a silne i długotrwałe drżania powodują chorobę wibracyjną.

Niniejszy artykuł ma na celu pokazanie możliwych mechanizmów oddziaływania dźwięku i drgań mis tybetańskich na organizm, a także uzasadnienie celowości ich terapeutycznych zastosowań.

2. CHARAKTERYSTYCZNE CZĘSTOTLIWOŚCI ORGANIZMU

2.1. Rezonanse mechaniczne ciała

Ciało człowieka dla niskich częstotliwości do około 100 Hz możemy traktować jako zbiór elementów drgających o stałych skupionych [6]. Poszczególne części ciała, a także narządy wewnętrzne mają swoje charakterystyczne częstotliwości rezonansowe leżące na ogół poniżej pasma akustycznego. Wartość większości z nich zależy od osi, wzdłuż której wzbudzamy drgania, a także zajmowanej przez człowieka pozycji (np. siedząca, leżąca).

Wartości wybranych częstotliwości rezonansowych cytowanych za [6,21] przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane częstotliwości rezonansów mechanicznych ciała.

Pozycja ciała	Oś	Część ciała	Częstotliwość [Hz]
LEŻĄCA	X (lewy bok – prawy bok)	stopa	16 ÷ 31
		kolano	4 ÷ 8
		brzuch	4 ÷ 8
		klatka piersiowa	6 ÷ 12
		kości głowy	50 ÷ 70
	Y (przód – tył)	stopa	0,8 ÷ 3
		brzuch	0,8 ÷ 4
		głowa	0,6 ÷ 4
		Z (wzdłuż ciała)	stopa
	brzuch		1,5 ÷ 6
	całe ciało		3 ÷ 3,5
	STOJĄCA	X	kolano
ramię			1 ÷ 2
głowa			1 ÷ 3
Z		jelita	3 ÷ 3,5
		brzuch	5 ÷ 6
		głowa	20 ÷ 30
		całe ciało	4 ÷ 7
SIEDZĄCA	Z	jelita	3 ÷ 3,5
		brzuch	5 ÷ 6
		tułów	3 ÷ 6
		klatka piersiowa	4 ÷ 6
		kręgosłup	3 ÷ 5
		ramię	2 ÷ 6
		żołądek	4 ÷ 7

Dla wyższych częstotliwości, powyżej 100 Hz ciało ludzkie przedstawia układ o stałych rozłożonych. Można tu wymienić pasma rezonansowe w przedziale 100 Hz do 200 Hz (szczeka) oraz 300 Hz do 400 Hz i 600 Hz do 900 Hz (głowa) [6].

Jak widać w tabeli 1 większość częstotliwości rezonansowych leży poniżej pasma akustycznego w zakresie infradźwięków. W tym zakresie częstotliwości możliwe jest pobudzenie rezonansowe przez drgania przenoszone bezpośrednio na ciało lub infradźwięki.

Istnieje jednak jeszcze inny mechanizm wymagający uwzględnienia nieliniowego charakteru mechanicznych własności tkanki. Nieliniowość ta oraz dolnoprzepustowy charakter filtracji drgań przez tkankę [6] umożliwia teoretycznie dla zmodulowanego w amplitudzie sygnału akustycznego zachodzenie procesów detekcyjnych przypominających demodulację sygnału AM.

Umożliwia to pobudzenie mechaniczne na częstotliwościach modulacyjnych mogących leżeć w paśmie infradźwiękowym. W przypadku rytmicznie podawanych impulsów dźwięku poza efektami nieliniowymi o pobudzeniu do drgań decydujący może się okazać proces „pompowania” energii do układu rezonansowego [6].

W zależności od typu nieliniowości pobudzenie może nastąpić na jednej z częstotliwości widma obwiedni sygnału lub jej harmonicznej.

Dla wyższych częstotliwości, np. z zakresu stałych rozłożonych pobudzenie następuje bezpośrednio falą o częstotliwości akustycznej (nośną).

2.2. Częstotliwości fal mózgowych i wybranych biorytmów

Częstotliwości prądów czynnościowych mózgu określają ich przyporządkowanie do określonych grup. Najczęściej mówimy o falach alfa, beta, theta i gamma. Każdej z tych fal towarzyszy określony stan świadomości [10,13,18]. W tabeli 2 podano ich zestawienie.

Tabela 2. Podstawowe rytmy prądów czynnościowych mózgu.

Nazwa rytmu	Zakres częstotliwości [Hz]	Stan organizmu
Beta	14 ÷ 30	Czuwanie
Alfa	13 ÷ 8	Relaksacja
Theta	7 ÷ 4	marzenia senne, stany medytacyjne
Gamma	3 ÷ 1	głęboki sen

Inne rytmy biologiczne krótkookresowe są znacznie wolniejsze. Wybrane na podstawie [3] podano w tabeli 3.

Tabela 3. Wybrane rytmy biologiczne.

Rytm	Okres [s]	Odpowiadająca częstotliwość [Hz]
Migotania nabłonkowe	0,1 do 1	1 do 10
Tętno	około 1	około 1
Oddech	1 do 3	0,33 do 1
Perystaltyka jelit	5 do 30	0,033 do 0,2
Krwiobieg	10 do 60	0,0167 do 0,1

Również i w tym przypadku istnieje możliwość zachodzenia procesów detekcji składowych niskoczęstotliwościowych widma obwiedni sygnału akustycznego. Potwierdzeniem istnienia niezbędnych w tym celu nieliniowości w pracy centralnego układu nerwowego jest efekt częstotliwościowej odpowiedzi wywołanej (FFR), na której bazuje metoda Hemi-Sync® [14], a także częściowo zjawisko synchronizacji rytmu alfa impulsami dźwięku [4].

Na uwagę zasługuje też specyficzny zbiór częstotliwości Nogiera, Kroya i Bahra znajdujących zastosowanie w elektro- i laseropunkturze. Są to optymalne częstotliwości pobudzania określonych punktów akupunkturowych w różnych miejscach ciała [5,19]. Ich wartości podano w tabeli 4.

Ponadto zalecenia akupunktury przewidują określone częstotliwości impulsów w terapii poszczególnych organów [5]. Ich zbiór podano w tabeli 5.

Tabela 4. Częstotliwości Nogiera

Oznaczenie	Częstotliwość podstawowa [Hz]	Częstotliwość powiększona [Hz]
A	2,28	292
B	4,56	584
C	9,125	1168
D	18,25	2336
E	36,5	4672
F	73	9344
G	146	146
U	1,14	1,14

Tabela 5. Częstotliwości terapii poszczególnych organów

Organ	Częstotliwość [Hz]
płuca	2,5 do 4
nerki i układ chłonny	5 do 7
śledziona	6 do 7
serce	6 do 7,5
układ nerwowy	7
trzustka	7,5 do 8
wątroba	8 do 9,5
żołądek i jelita	7,5 do 10

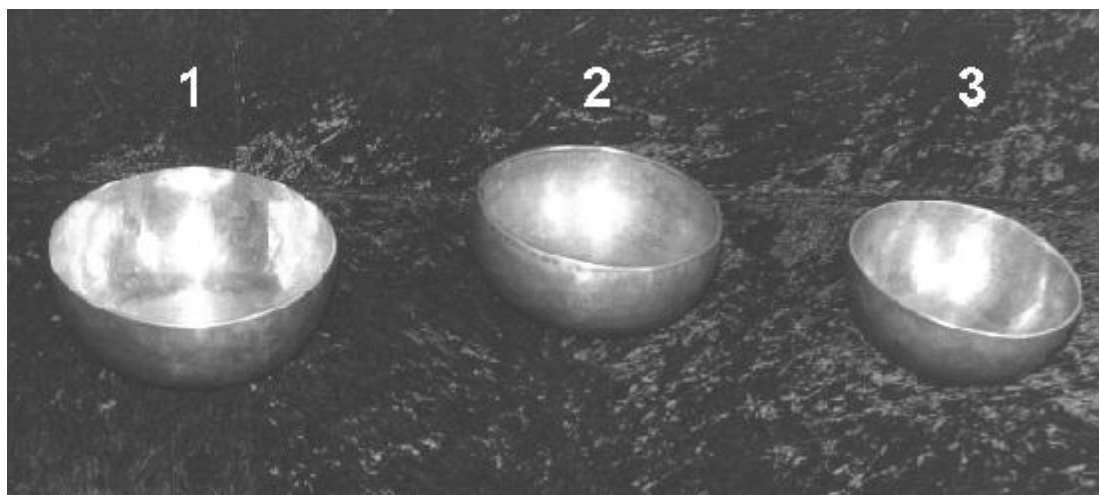
3. DŹWIĘKI MIS TYBETAŃSKICH

3.1. Misy

Do badań wybrano typowy zestaw terapeutyczny złożony z trzech mis wydających różne dźwięki. W tabeli 6 przedstawiono podstawowe dane badanych mis, a na fotografii fot. 1 pokazano ich wygląd.

Tabela 6. Podstawowe dane badanych mis tybetańskich.

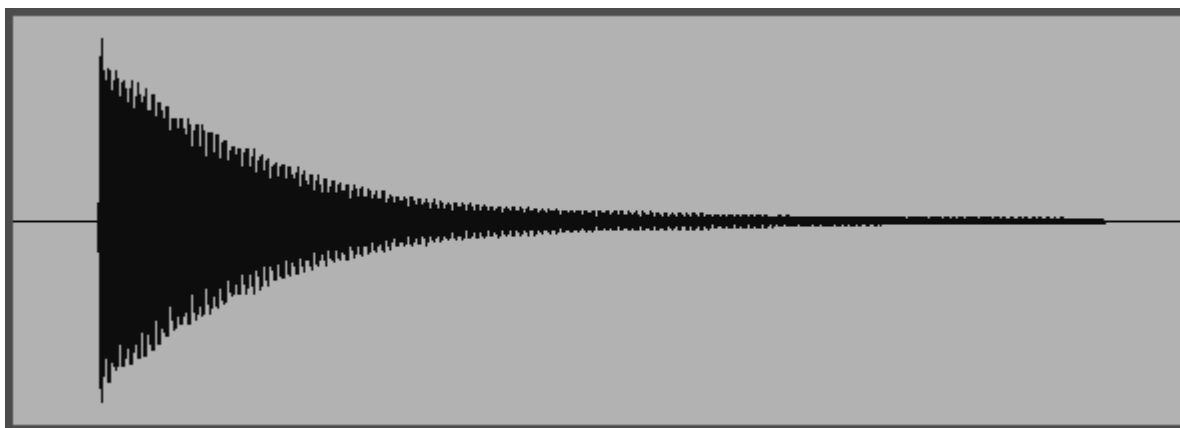
Nr misy	Średnica [cm]	Wysokość [cm]	Częstotliwość głównego prążka widma [Hz]	Wysokość tonu w skali muzycznej
1	23,7	10,5	114,7	Ais – 27 ct, okt. wielka
2	23,5	10,5	168,6	E + 39 ct, okt. mała
3	22	9,5	99,5 280	G + 26 ct, okt. wielka Cis + 17 ct, okt. razkreślona



Fot. 1. Widok mis tybetańskich.

3.2. Zastosowane metody analizy dźwięku

Nagrany dźwięk mis został zapisany na dysku w postaci plików *.wav. Ocena postaci czasowej sygnału oraz analiza jego widma została wykonana programem CoolEdit 96 [18]. Przykładowy wygląd postaci czasowej dźwięku misy przedstawia rys.1.



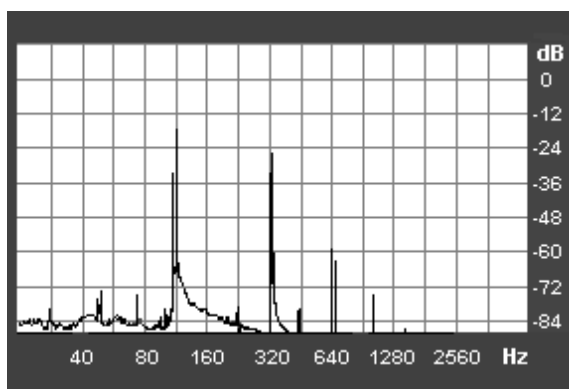
Rys. 1. Przykładowy wygląd postaci czasowej sygnału dźwięku misy tybetańskiej

Wygląd postaci czasowej dźwięków innych mis był zbliżony do przedstawionego na rys. 1. Dlatego też znacznie lepiej w ocenie parametrów tych dźwięków sprawdziły się analizy widmowe. Poza zwykłą analizą widmową metodą FFT o rozmiarze 65 536 próbek zastosowano również wydzielenie obwiedni sygnału i oddzielną analizę jej widma.

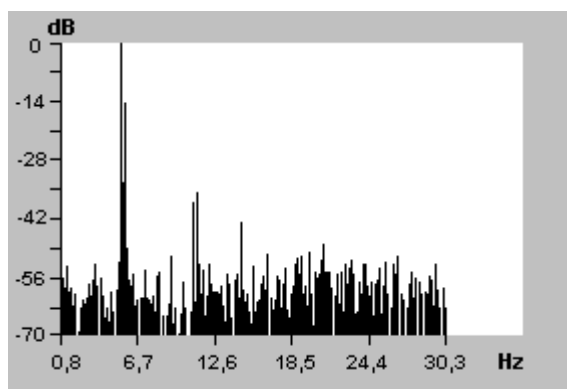
Proces wydzielenia obwiedni sygnału jest złożony obliczeniowo i możliwy do realizacji różnymi algorytmami, między innymi z wykorzystaniem przekształcenia Hilberta [20,22]. Do badania dźwięku mis autorzy posłużyli się algorytmem uproszczonym omówionym dokładnie w [2], gdzie podano również ocenę innych metod wydzielenia sygnału obwiedni.

Algorytm ten w skrócie można przedstawić jako cztery kolejne etapy: podniesienie sygnału do kwadratu, filtrację dolnoprzepustową, pierwiastkowanie i ponowną filtrację dolnoprzepustową. O jakości odtworzenia obwiedni decyduje właściwy dobór szybkości próbkowania i charakterystyk filtrów. Do analizy widma tak otrzymanego sygnału obwiedni zastosowano algorytm Goertzela [1] dający wysoką rozdzielczość analizy.

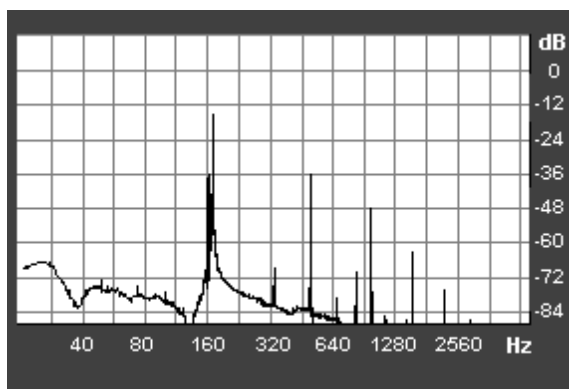
Uzyskane wyniki przedstawiono na rys. 2 do 7.



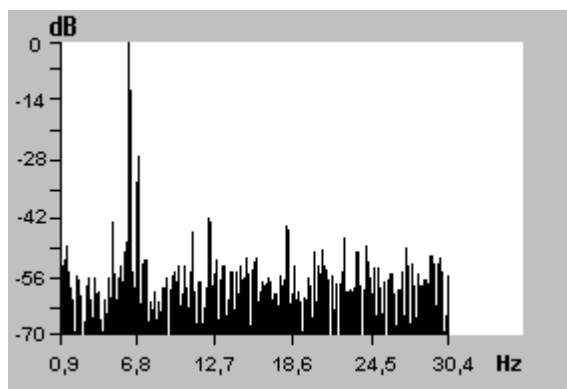
Rys. 2. Widmo dźwięku misy nr 1



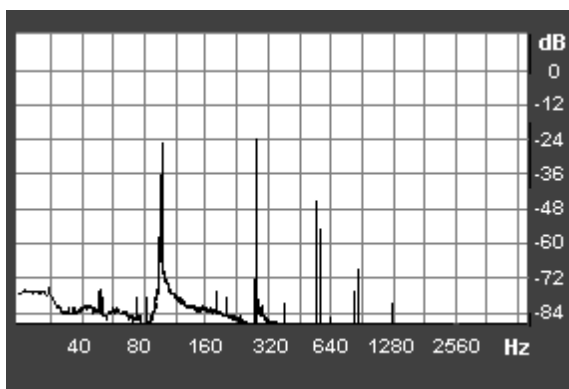
Rys. 3. Widmo obwiedni dźwięku misy nr 1



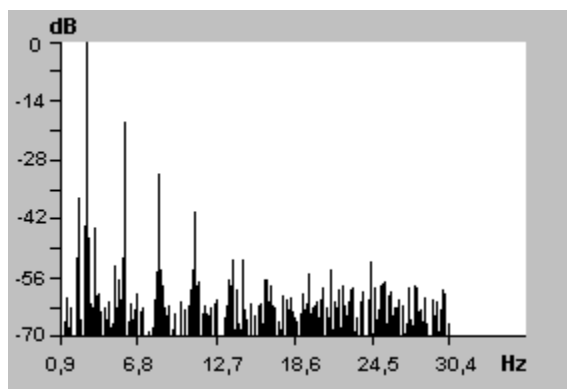
Rys. 4. Widmo dźwięku misy nr 2



Rys. 5. Widmo obwiedni dźwięku misy nr 2



Rys. 6. Widmo dźwięku misy nr 3



Rys. 7. Widmo obwiedni dźwięku misy nr 3

3.3. Interpretacja

Z przedstawionych rysunków widać złożony charakter dźwięków mis, w widmie obwiedni znajdują się silne składowe o częstotliwościach subakustycznych wynikające z dudnień składowych wielotonu. O synchronizujących organizm właściwościach takich dźwięków autorzy pisali już wcześniej, np.[15,16].

W widmie obwiedni misy nr 1 nazywanej przez terapeutów podstawową lub brzuską dominują składowe o częstotliwościach 5,4; 5,7; 10,8; 11,1; 14,6 Hz. Zgadza się to z podanymi w tabeli 1 częstotliwościami rezonansu dla brzucha, również klatki piersiowej i na stojąco całego ciała. Najsilniejszy prążek 5,4 Hz to prawie optymalna częstotliwość dla akupunkturowej terapii nerek (tabela 5).

Jednocześnie częstotliwości tych prążków leżą w zakresie fal alfa i theta mózgu, co tłumaczy obserwowaną przez autorów łatwość osiągnięcia stanu głębokiego relaksu u osób poddanych działaniu dźwięku i drgań tej misy.

Zbliżone widmo obwiedni ma misa nr 2 o zagiętej krawędzi nazywana sercową. Główne prążki mają tu częstotliwości 4,9; 6,1 (max); 6,7; 11; 12,1; 18,2 Hz.

Podobnie jak dla misy nr 1 i tu występuje zgodność z falami alfa i theta, a co za tym idzie relaksacyjne działanie. Ponadto mamy tu lepszą zgodność z rezonansem klatki piersiowej w pozycji leżącej (tabela 1) i bardzo dobre dopasowanie do częstotliwości serca z tabeli 5.

Odmienne widmo obwiedni ma misa nr 3 zwana stawową od typowego zastosowania w terapii kończyn i ich stawów. Tu widmo skupia się przy niższych częstotliwościach: 2,2; 2,8 (max); 3,2; 5,6; 8,4; 11,2; 14; 14,7 i 24,7 Hz. Wartości te dobrze korespondują z rezonansami mechanicznymi fragmentów kończyn wg tabeli 1. Występuje tu również zgodność częstotliwości dominującego prążka z częstotliwością dla terapii płuc z tabeli 5.

4. WNIOSKI

- Przeprowadzone pomiary potwierdziły zgodność częstotliwości widma obwiedni dźwięku badanych mis tybetańskich z wieloma charakterystycznymi częstotliwościami organizmu ludzkiego.
- Potwierdzona została możliwość stymulującego działania dźwięku i drgań mis na wiele narządów i organów.
- Rezonansowy charakter oddziaływań dźwięku i drgań mis tybetańskich zmusza do ostrożności i kompetencji w posługiwaniu się nimi w terapii.
- Przeprowadzone wyniki analiz dają podstawy do elektronicznej syntezy podobnych wielotonów. Pozwoliłoby to na lepsze dopasowanie się do wymogów organizmu i potrzeb terapii. W grę wchodzi tu synteza addytywna lub techniki nieliniowe – modulacja AM złożonym sygnałem modulującym lub wielokrotna modulacja FM.

5. LITERATURA

1. Dąbrowski A. i inni: Przetwarzanie sygnałów przy użyciu procesorów sygnałowych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1997
2. Dąbrowski A., Meyer A., Portalski M.: Porównanie metod uzyskiwania obwiedni sygnałów akustycznych. Materiały VII Sympozjum Naukowego „Nowości w Technice Audio”, Warszawa 2000

3. Dzierżykraj – Rogalski T.: Rytm i antyrytm biologiczne. Wiedza Powszechna, Warszawa 1980
4. Galińska E.: Z zagadnień muzykoterapii. \ w: Wybrane zagadnienia z psychologii muzyki. Praca zbiorowa pod red. M. Matuszewskiej i H. Kotarskiej, Warszawa, 1990
5. Glinkowski W., Pokora L.: Lasery w terapii. CTL, Warszawa 1993
6. Grzegorzczak L., Walaszek M.: Drgania i ich oddziaływanie na organizm ludzki. PZWL, Warszawa 1972
7. Hess P.: Klangmassage nach Peter Hess. Seminare und Informationen Aus - und Fortbildung. Uenzen, Institut für Klang - Massage - Therapie, 1999
8. Hess P.: Klangschalen für Gesundheit und innere Harmonie. Ludwig Buchverlag GmbH, München 1999
9. Jurczak M.: Wibracje w okół nas. Warszawa, Wiedza Powszechna, 1975
10. Kulmatycki L.: Stres, joga, relaksacja. Wyd. W. Bagiński i Synowie, Wrocław 1993
11. Lewandowska B., Lewandowska K., Sołowiej J.: Techniki symulacyjne i terapeutyczne dla dzieci i młodzieży. Gdańsk, Uniwersytet Gdański, 1990
12. Magiera L.: Klasyczny masaż leczniczy. Kraków, Bio - styl, 1994
13. Majkowski J.: Atlas elektroencefalografii. PZWL, Warszawa 1991
14. Monroe R. A.: Dalekie podróże. Limbus, Bydgoszcz 1995
15. Portalska H., Portalski M.: Muzykoterapia, a najnowsze zdobycze techniki. GESTALT 19 / 20, Kraków 1995
16. Portalska H., Portalski M.: Muzyka, dźwięk i mikrodrżania w terapii. Skrypt. Polskie Towarzystwo Opieki Paliatywnej - Oddział w Poznaniu, Poznań 2000
17. Prochowicz Z.: Podstawy masażu leczniczego. Warszawa, PZWL, 1990
18. Program CoolEdit96 - opis. Syntrillium Software Corporation. USA, 1996
19. Samosiuk I.Z., Łyseniuk W., Olszewska A.: Praktyczne zastosowanie laseroterapii i laseropunktury w medycynie. OAiTL, Białystok 1996
20. Szabatin J.: Podstawy teorii sygnałów. Warszawa, WKŁ 1982
21. Wasserman D. E.: Human Aspects of Occupational Vibration. Amsterdam - Oxford - New York - Tokyo, ELSEVIER , 1987
22. Wojnar A.: Teoria sygnałów. Warszawa, WNT 1980

NON – HARMONIC MULTITONES OF TIBETIAN BOWLS

Keywords: sound therapy, Tibetan bowls, non – harmonic multitones, envelope, spectrum analysis

Abstract: In Tibet, since thousand of years, the sounds and microvibrations derived from the specific home-made iron bowls are used in therapy. In the paper, the results of analysis of the bowl sounds are reported. In the studies, the new method of the signal envelope spectrum analysis has been used. A correlation between some resonant frequencies of the human body, the brain's functional currents and the components of the sound spectrum envelope of the Tibetan bowls is shown. The reported results prove the therapeutic usefulness of the bowls and form a good base to synthesise the similar sounds electronically for the therapeutic needs.