

# Wpływ zewnętrznej stymulacji akustycznej na częstość pracy serca i parametry zmienności rytmu serca u zdrowych osób

Przemysław Guzik<sup>1</sup>, Tomasz Krauze<sup>2</sup>, Adrian Gwizdała<sup>1</sup>,  
Ryszard Krzyminiewski<sup>2</sup> i Henryk Wysocki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra i Klinika Intensywnej Terapii Kardiologicznej Akademii Medycznej w Poznaniu

<sup>2</sup>Zakład Fizyki Medycznej Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

## Heart rate and heart rate variability during acoustic stimulation in healthy young adults

**Background:** *Sounds may influence the cardiovascular system via auditory centers and their connections with central and autonomic nervous systems.*

**Material and methods:** *The study evaluated the effects of acoustic stimulation on heart rate (HR) and heart rate variability (HRV) in young healthy subjects. Seventy-minutes ECG Holter monitoring (RZ 152 Rozzin Electronics, USA, digital recorders) was performed in 33 normal subjects (18 male) aged 20–26 years, under resting conditions. After 30 minutes of quiescence in supine position, patients were subjected to acoustic stimulation with impulses of different rates — 15, 30, 60 impulses/min. The sequence of sounds' rates varied in individual patients. HRV was assessed with power spectral measurements: total power (TP) and its components: very low frequency (VLF), low frequency (LF), high frequency (HF) spectrum power and the LF/HF ratio.*

**Results:** *All HRV values derived during stimulation were greater in comparison with those obtained in quiescence period. The acoustic stimulation of increasing impulsation rate was associated with a significant decrease in heart rate, and increase of TP and two of its components (LF and VLF). There were no significant changes in HF and LF/HF ratio observed during the stimulation.*

**Conclusions:** *Acoustic stimulation influences significantly heart rate and HRV. (Folia Cardiol. 2003; 10: 77–82)*

**heart rate variability, acoustic stimulation, autonomic nervous system**

## Wstęp

Zmienność rytmu serca (HRV, *heart rate variability*) definiuje się jako okresowe zmiany trwania następujących po sobie kolejnych cykli rytmu

zatokowego [1, 2]. Zmienność rytmu serca jest odzwierciedleniem wpływu autonomicznego układu nerwowego i czynników zewnętrznych na pracę serca. Dźwięk, poprzez ośrodki słuchowe oraz ich połączenia z ośrodkowym i autonomicznym układem nerwowym (m.in. przez jądro pasma samotnego oraz twór siatkowaty), może wpływać na układ sercowo-naczyniowy zarówno w sposób gwałtowny (wystrzał armatni), jak i przewlekły (wielogodzinna praca w hałasie) [3]. Liczba badań nad wpływem dźwięków na HRV jest ograniczona.

Adres do korespondencji: Dr med. Przemysław Guzik  
Klinika Intensywnej Terapii Kardiologicznej  
ul. Przybyszewskiego 49, 60–355 Poznań

Nadesłano: 10.06.2002 r.      Przyjęto do druku: 23.01.2003 r.

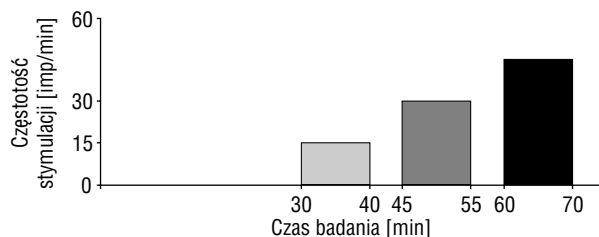
Celem pracy było określenie wpływu stymulacji akustycznej na parametry HRV i na częstość pracy serca w grupie młodych zdrowych ochotników.

## Materiał i metody

Do grupy badanych należało 33 zdrowych ochotników w wieku 20–26 lat (w tym 18 mężczyzn). Proces kwalifikacji do badania oparto na szczegółowym wywiadzie, dotyczącym obecnego stanu zdrowia (wywiad, ankieta), oraz badaniu przedmiotowym. Podczas wywiadu badanych pytano między innymi o występowanie chorób układu krążenia (zaburzenia rytmu serca i przewodzenia, nadciśnienie tętnicze, epizody omdleń), nerek, wątroby, układu oddechowego (astma, obecne infekcje, np. grypa) oraz zażywane leki (przeciwnadciśnieniowe, antykoncepcyjne i inne). Pozytywna odpowiedź na jedno z pytań zawartych w ankiecie lub odchylenia w badaniu przedmiotowym eliminowały ochotników z uczestnictwa w badaniu (2 osoby z zaburzeniami rytmu serca oraz jedna z przewlekłą infekcją górnych dróg oddechowych). Ponadto ochotnicy przynajmniej 3 godziny przed badaniem nie spożywali kawy, alkoholu, napojów zawierających kofeinę, środków odurzających oraz nie palili tytoniu. Wśród badanych nie było osób wyczynowo uprawiających sport.

Badanie odbywało się w spoczynku w pozycji leżącej. Zapis EKG wykonano z wykorzystaniem 12-odprowadzeniowych cyfrowych rejestratorów RZ 152 firmy Rozinn Electronics (Stany Zjednoczone). W miejscach planowanego przyklejenia elektrod wykonywano abrazyję naskórka pastą ścierną. Badania przeprowadzano w godzinach południowych, w cichym i miernie oświetlonym pomieszczeniu, w temperaturze pokojowej. Całkowity czas rejestracji wynosił 70 min. Schematyczny przebieg badania przedstawiono na rycinie 1.

Po 30 minutach spoczynku w ciszy badanych 3-krotnie poddawano 10-minutowej stymulacji akustycznej, każdorazowo zmieniając częstość impulsów dźwiękowych (15/min, 30/min, 60/min). Kolej-



Rycina 1. Schemat przebiegu badania

Figure 1. The course of the study

ność impulsacji dobierano losowo dla każdego pacjenta. Okresy stymulacji były przedzielone 5-minutowymi etapami ciszy. Dźwięki odtwarzano z płyty CD (płytę CD z dźwiękami przygotowano w Klinice Foniatrii i Audiologii Akademii Medycznej w Poznaniu dzięki uprzejmości dr. Michała Karlika). Częstość sygnału dźwiękowego wynosiła 1000 Hz, czas trwania pojedynczego sygnału 0,5 s, głośność stymulacji 75 dB.

Z wykorzystaniem analizy spektralnej zmienności rytmu serca (za pomocą szybkiej transformaty Fouriera) oceniano całkowitą moc widma (TP, *total power*) w zakresie 0,0033–0,40 Hz oraz moc jej składowych: w zakresie bardzo niskich częstości 0,0033–0,04 Hz (VLF, *very low frequency power*), niskich częstości 0,04–0,15 Hz (LF, *low frequency power*), wysokich częstości 0,15–0,40 Hz (HF, *high frequency power*), a także stosunek mocy LF/HF. Ponadto oceniano średni czas trwania odstępów RR rytmu serca w okresach stymulacji.

W celu porównania grup analizę statystyczną przeprowadzono z użyciem nieparametrycznego testu Friedmana, przyjmując poziom istotności 0,05. Analizę statystyczną oraz wykresy wykonano przy użyciu programu PRISM 3.0 (GraphPad, Stany Zjednoczone).

## Wyniki

Wpływ stymulacji akustycznej na całkowitą moc widma HRV oraz jej składowe przedstawia tabela 1 oraz ryciny 2–5 (podano wartości średnie badanych parametrów  $\pm$  błąd standardowy średniej).

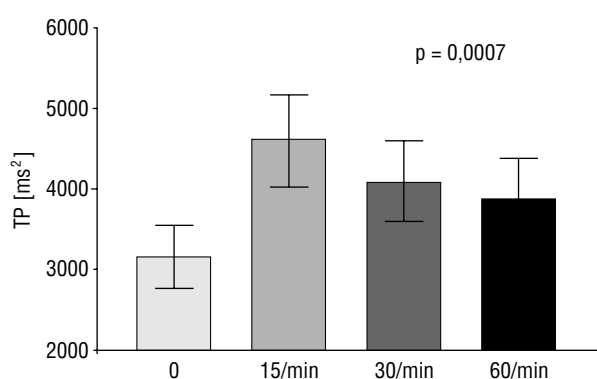
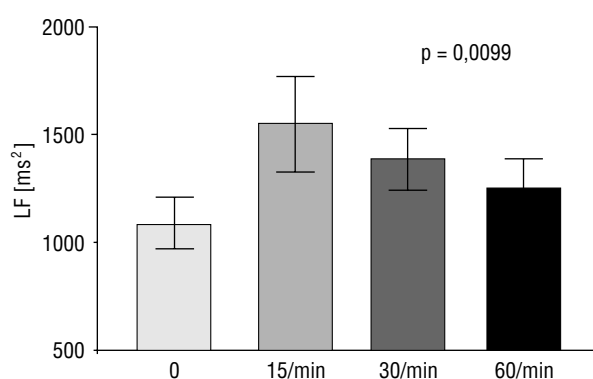
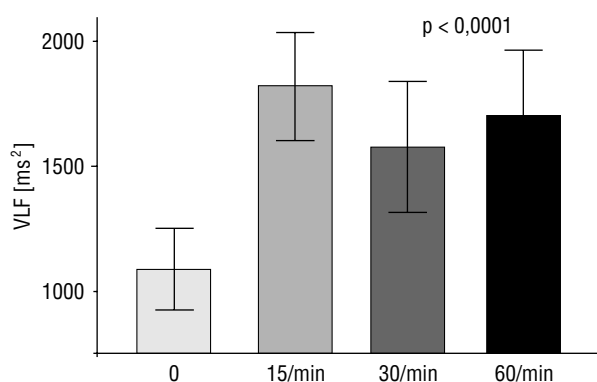
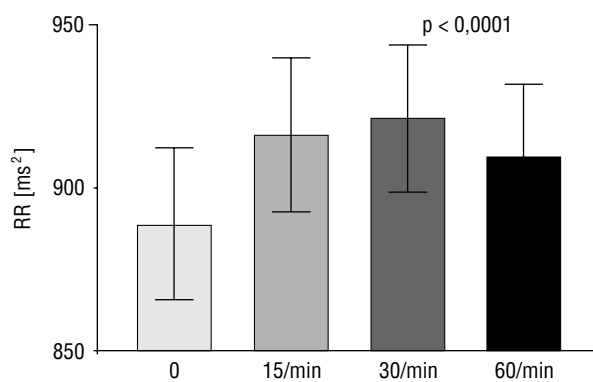
Stymulacja akustyczna wpływała istotnie ( $p = 0,0007$ ) na wartości TP, przy czym największy wzrost tego parametru obserwowano przy częstości stymulacji 15/min, po czym następowało stopniowe obniżanie się TP (ryc. 2). Stymulacja akustyczna wpływała istotnie na wartości składowej VLF. Zaobserwowano największy i istotny ( $p < 0,0001$ ) wzrost mocy przy częstości stymulacji 15/min (ryc. 3). Wpływ stymulacji akustycznej był także znamieny w przypadku składowej mocy widma LF. Największy wzrost wartości tego parametru zanotowano przy częstości stymulacji 15/min ( $p < 0,01$ ), co przedstawiono na rycinie 4. Wartości składowej mocy widma HF w czasie okresów ciszy i stymulacji nie różniły się istotnie. Podobnie wartości stosunku LF/HF podczas okresów ciszy i stymulacji nie różniły się znamienne.

Podczas stymulacji akustycznej zaobserwowano istotne ( $p < 0,0001$ ) wydłużenie cyklu serca (odstępów RR). Najdłuższe odstępy RR obserwowano przy stymulacji akustycznej 15/min oraz 30/min, nieco krótsze przy stymulacji 60/min (ryc. 5). Naj-

**Tabela 1.** Wpływ stymulacji akustycznej na parametry zmienności rytmu serca**Table 1.** Influence of acoustic stimulation on heart rate variability parameters (means  $\pm$  SEM)

Parametry	Cisza	15/min	30/min	60/min	p
RR [ms]	889 $\pm$ 23	916 $\pm$ 24	921 $\pm$ 22	910 $\pm$ 22	< 0,0001
TP [ $\text{ms}^2$ ]	3165 $\pm$ 391	4606 $\pm$ 568	4105 $\pm$ 500	3902 $\pm$ 484	0,0007
VLF [ $\text{ms}^2$ ]	1089 $\pm$ 162	1820 $\pm$ 216	1579 $\pm$ 262	1695 $\pm$ 269	< 0,0001
LF [ $\text{ms}^2$ ]	1089 $\pm$ 118	1547 $\pm$ 220	1386 $\pm$ 142	1240 $\pm$ 149	< 0,01
HF [ $\text{ms}^2$ ]	1007 $\pm$ 161	1268 $\pm$ 193	1160 $\pm$ 164	1129 $\pm$ 193	NS
LF/HF	1,73 $\pm$ 0,27	1,64 $\pm$ 0,20	1,81 $\pm$ 0,28	1,86 $\pm$ 0,34	NS

Podano wartości średnie  $\pm$  błąd standardowy średniej (SEM); RR (*RR interval*) — odstęp RR; TP (*spectral total power*) — całkowita moc widma HRV; VLF (*very low frequency power*) — moc widma HRV w zakresie bardzo niskich częstotliwości; LF (*low frequency power*) — moc widma HRV w zakresie niskich częstotliwości; HF (*high frequency power*) — moc widma HRV w zakresie wysokich częstotliwości

**Rycina 2.** Całkowita moc widma (TP) zmienności rytmu serca podczas okresów bez stymulacji (0) i w czasie stymulacji akustycznej (15/min, 30/min, 60/min)**Figure 2.** Total power (TP) of heart rate variability spectrum during silence (0) and acoustic stimulation's periods (15/min, 30/min, 60/min)**Rycina 4.** Moc widma HRV w zakresie niskich częstotliwości (LF) podczas okresów bez stymulacji (0) i w czasie stymulacji akustycznej (15/min, 30/min, 60/min)**Figure 4.** Low frequency power (LF) during silence (0) and acoustic stimulation's periods (15/min, 30/min, 60/min)**Rycina 3.** Moc widma HRV w zakresie bardzo niskich częstotliwości (VLF) podczas okresów bez stymulacji (0) i w czasie stymulacji akustycznej (15/min, 30/min, 60/min)**Figure 3.** Very low frequency power (VLF) during silence (0) and acoustic stimulation's periods (15/min, 30/min, 60/min)**Rycina 5.** Czas trwania odstępów RR podczas okresów bez stymulacji (0) i w czasie stymulacji akustycznej (15/min, 30/min, 60/min)**Figure 5.** RR intervals duration during silence (0) and acoustic stimulation's periods (15/min, 30/min, 60/min)

krótsze czasy trwania cykli serca rejestrowano podczas okresów ciszy.

## Dyskusja

Od dłuższego czasu podejmuje się próby oceny wpływu dźwięków na funkcjonowanie różnych systemów ustrojowych, w tym: ośrodkowego układu nerwowego, autonomicznego układu nerwowego, układu sercowo-naczyniowego.

Przed laty zaobserwowano, że rodzaj słuchanej muzyki wywiera istotny wpływ na rehabilitację, procesy gojenia, odczuwanie bólu, lęk oraz nasilenie depresji [4–6]. Escher i wsp. zaobserwowali w swoim badaniu wyraźne zmiany wartości parametrów HRV u zdrowych osób słuchających muzyki klasycznej (Vivaldi, Mozart, Bach) [6].

W innym badaniu oceniano wpływ muzyki na odczuwanie bólu u chorych po zabiegach operacyjnych [4]. Hospitalizowanych pacjentów podzielono na 2 grupy: słuchających muzyki podczas pobytu na oddziale pooperacyjnym oraz narażonych tylko na hałas związany z codzienną pracą oddziału. W pierwszej grupie zanotowano znaczące zmniejszenie odczuwania bólu już od chwili przyjęcia na oddział pooperacyjny aż do wypisania ze szpitala, natomiast w drugiej grupie intensywność bólu narastała z czasem pobytu. Ponadto pacjenci z pierwszej grupy zachowali mniej przykre wspomnienia z okresu okołoperacyjnego i pobytu w szpitalu.

W innym badaniu 45 chorych z ostrym zawłem serca podzielono na 3 grupy [5]. Osoby z grupy pierwszej słuchały muzyki relaksacyjnej w spokojnym otoczeniu, z drugiej przebywały w cichym pomieszczeniu, natomiast pacjenci z grupy trzeciej znajdowali się w normalnym otoczeniu, bez zachowania ciszy. We wszystkich grupach oceniano poziom lęku, częstość pracy serca, częstość oddychania oraz zużycie tlenu. Tuż po przyjęciu na oddział w grupie osób słuchających muzyki zaobserwowano znaczne zmniejszenie odczuwanego lęku, zwolnienie częstości pracy serca, spadek częstości oddechów i zużycia tlenu oraz wzrost mocy widma HRV w zakresie wysokich częstotliwości. Godzinę po przyjęciu tylko w pierwszej grupie nadal obserwowano niższą częstość pracy serca, oddechów oraz niższy poziom lęku.

W pracy Umamury i wsp. [7] porównano zachowanie się parametrów HRV pod wpływem muzyki klasycznej, rockowej oraz hałasu. Muzyka klasyczna powodowała u badanych spadek mocy widma HRV w zakresie LV, natomiast rock i hałas wywoływały spadek mocy HF oraz wzrost LF.

W innym ośrodku pacjentów podzielono na 3 grupy: pacjenci z grupy pierwszej słuchali muzyki z syntezatora, z drugiej — świergotu ptaków, natomiast z trzeciej — dźwięków mechanicznych [8]. W poszczególnych grupach oceniano zachowanie przywspółczulnej modulacji serca. Największy wzrost częstości pracy serca zanotowano podczas stymulacji dźwiękami mechanicznymi, a najniższą częstość rytmu serca — w czasie słuchania świergotu ptaków.

Holand i wsp. [9] oceniali wpływ nagłych bodźców akustycznych na rytm serca oraz zmiany ciśnienia tętniczego. Badaniu poddano 25 osób z nieleczonym nadciśnieniem tętniczym. Średnio po około 5 s od wystąpienia impulsu akustycznego obserwowano wzrost ciśnienia tętniczego, natomiast po około 3 s zanotowano wzrost częstości rytmu serca.

Turpin i wsp. [10] podczas stymulacji akustycznej obserwowali zmiany ruchów gałek ocznych oraz częstości pracy serca. Przy stymulacji bodźcem akustycznym o natężeniu 60 lub 100 dB zanotowali zwiększenie ruchu gałek ocznych oraz przyspieszenie czynności serca, co sugeruje zwiększenie aktywności współczulnej lub spadek aktywności przywspółczulnej.

W niniejszym badaniu podobnie zaobserwowano wpływ serii impulsów akustycznych o stałym natężeniu (75 dB) i częstotliwości dźwięku (1000 Hz), z zastosowaniem zmiennej częstości impulsów, na częstość pracy serca oraz parametry HRV. Stwierdzono istotny wpływ stymulacji akustycznej na TP, VLF i LF. Ponadto zanotowano znaczący wpływ stymulacji akustycznej na częstość pracy serca. Nie zaobserwowano znamiennego wpływu dźwięków na pozostałe parametry HRV. Uzyskane wyniki wskazują na związek między słyszczanymi dźwiękami a funkcją autonomicznego układu nerwowego oraz układu sercowo-naczyniowego. Ponadto wyniki te sugerują, że częstość impulsów może być jednym z ważniejszych czynników wpływających na charakter stwierdzonej interakcji.

Stymulacje o częstości 30/min i 60/min wywierały mniejszy wpływ na analizowane parametry HRV niż stymulacja 15/min. Wydaje się, że w przypadku stymulacji o częstości 15/min dochodzi do swoistego „rezonansu” z częstością oddechów, która wynosi 12–15/min. Wiadomo, że w warunkach spoczynku to właśnie oddychanie najsilniej wpływa na HRV i częstość pracy serca. Można więc spekulować, że w wyniku stymulacji akustycznej 15/min dochodzi do pewnego rodzaju „wzmocnienia” zmienności oddechowej i HR. Nie można jednak

wykluczyć równoczesnej interakcji i interferencji zastosowanej stymulacji z czynnością innych układów działających w sposób cykliczny. Rytmiczne pobudzenia z układu naczyniowego, którym odpowiadają tak zwane fale Mayera, pojawiają się około 8–12 razy na minutę, czyli w zakresie 0,04–0,15 Hz [11]. O takim wpływie mogłoby świadczyć istotne zwiększenie mocy widma zarówno w zakresie VLF, jak i LF, których moc zależy również od aktywności ośrodków naczyniowych.

### Ograniczenia metody

Przeprowadzone badanie ma ograniczenia wynikające z metodyki analizy spektralnej HRV, wykorzystywanej do oceny autonomicznego układu nerwowego. Mimo to, zastosowane procedury są aktualnie metodami standardowymi, proponowanymi przez Polskie Towarzystwo Kardiologiczne oraz towarzystwa kardiologiczne na całym świecie [2]. Do pozostałych ograniczeń należy zaliczyć między innymi:

- zmienność osobniczą parametrów HRV;
- brak możliwości oceny HRV dla odcinków 5-minutowych od dowolnego pobudzenia serca (ograniczenie sprzętowe); tylko nieliczne fir-

- my produkujące sprzęt do długotrwałej rejestracji EKG stosują takie rozwiązania;
- wielkość badanej grupy; w cytowanych powyżej pracach badania przeprowadzono na mniejszych populacjach;
- zmienną porę dnia wykonywania badania; nie zauważono istotnych różnic w parametrach HRV u pacjentów badanych w różnych porach dnia (wyników nie przedstawiono).

### Wnioski

1. Stymulacja akustyczna o zmiennej częstotliwości impulsacji wpływa istotnie na parametry HRV poprzez zwiększenie całkowitej mocy widma i mocy widma w zakresie bardzo niskich częstotliwości i niskich częstotliwości.
2. Podczas stymulacji akustycznej obserwuje się wydłużenie czasu trwania odstępów RR.
3. Nie obserwuje się istotnych różnic w mocy widma HRV w zakresie wysokich częstotliwości oraz odnośnie stosunku LF/HF.
4. Największy wpływ na parametry HRV ma stymulacja akustyczna o częstotliwości impulsacji 15/min.

### Streszczenie

#### Stymulacja akustyczna a HR i HRV

**Wstęp:** *Dźwięk może wpływać na układ sercowo-naczyniowy poprzez ośrodki słuchowe oraz ich połączenia z ośrodkowym i autonomicznym układem nerwowym. Celem pracy było określenie wpływu stymulacji akustycznej na parametry zmienności rytmu serca i na częstość pracy serca.*

**Materiał i metody:** *Badaniem objęto grupę 33 młodych zdrowych ochotników (wiek 20–26 lat, 18 mężczyzn). Badanie wykonywano w pozycji leżącej. Po 30 min spoczynku w ciszy badanych 3-krotnie poddawano 10-minutowej stymulacji akustycznej, każdorazowo zmieniając częstość stosowanych impulsów dźwiękowych (15/min, 30/min, 60/min) oraz ich kolejność. Każdy okres stymulacji oddzielały 5-minutowe etapy ciszy. Oceniano średni czas trwania odstępów RR rytmu serca podczas stymulacji. Wykorzystując analizę spektralną zmienności rytmu serca (HRV), oceniano całkowitą moc widma (TP) oraz jej składowych: w zakresie bardzo niskich częstotliwości (VLF), niskich częstotliwości (LF), wysokich częstotliwości (HF), a także stosunek mocy LF/HF.*

**Wyniki:** *Stymulacja akustyczna zwiększała istotnie TP, moc składowych widma w zakresie VLF oraz LF. Podczas stymulacji akustycznej stwierdzono wydłużenie czasu trwania odstępów RR. Nie zaobserwowano natomiast istotnych różnic w mocy widma wysokiej częstotliwości HF oraz stosunku LF/HF.*

**Wnioski:** *Uzyskane wyniki sugerują, że stymulacja akustyczna wpływa znacząco na częstość pracy serca i parametry HRV, przy czym najsilniejszy wpływ obserwuje się przy częstotliwości 15/min. (Folia Cardiol. 2003; 10: 77–82)*

**zmienność rytmu serca, stymulacja akustyczna, autonomiczny układ nerwowy**

## Piśmiennictwo

1. Piotrowicz R. Zmienność rytmu serca. Via Medica, Gdańsk 1995.
2. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiologic interpretation, and clinical use. *Circulation* 1996; 93: 1043–1065.
3. Ketch T., Biaggioni I., Robertson R., Robertson D. Four faces of baroreflex failure. Hypertensive crisis, volatile hypertension, orthostatic tachycardia and malignant vagotonia. *Circulation* 2002; 105: 2518–2523.
4. Shertzer K.E., Keck J.F. Music and the PACU environment. *J. Perianesth. Nurs.* 2001; 16: 90–102.
5. White J.M. Effects of relaxing music on cardiac autonomic balance and anxiety after acute myocardial infarction. *Am. J. Crit. Care* 1999; 8: 220–230.
6. Escher J., Evequoz D. Music and heart rate variability. Study of the effect of music on heart rate variability in healthy adolescents. *Schweiz Rundsch. Med. Prax.* 1999; 88: 951–952.
7. Umemura M., Honda K. Influence of music on heart rate variability and comfort — a consideration through comparison of music and noise. *J. Hum. Ergol.* 1998; 27: 30–38.
8. Yanagihashi R., Ohira M., Kimura T., Fujiwara T. Physiological and psychological assessment of sound. *Int. J. Biometeorol.* 1997; 40: 157–161.
9. Holand S., Girard A., Laude D., Meyer-Bischoff C., Elghozi J.L. Effects of an auditory startle stimulus on blood pressure and heart rate in humans. *J. Hypertens.* 1999; 17: 1893–1897.
10. Turpin G., Schaefer F., Boucsein W. Effects of stimulus intensity, risetime, and duration on autonomic and behavioral responding: implications for the differentiation of orienting, startle, and defense responses. *Psychophysiology* 1999; 36: 453–463.
11. Taylor J.A., Williams T.D., Seals D.R., Davy K.P. Low-frequency arterial pressure fluctuations do not reflect sympathetic outflow: gender and age differences. *Am. J. Physiol.* 1998; 274: H1194–201.