

Ewa Zamysłowska-Szmytke
Mariola Śliwińska-Kowalska
Wiesław Szymczak
Adam Dudarewicz

OCENA WPŁYWU CZYNNIKÓW OSOBNICZYCH NA POMIAR PROGU CZUCIA WIBRACJI – WYZNACZENIE NORM DLA OSÓB ZDROWYCH

EFFECTS OF INDIVIDUAL FEATURES ON THE MEASUREMENT OF VIBRATION PERCEPTION THRESHOLDS: STANDARD SETTING FOR HEALTHY PEOPLE

Z Centrum Profilaktyki i Leczenia Zaburzeń Głosu i Słuchu
Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi
Kierownik centrum: prof. dr hab. med. M. Śliwińska-Kowalska

STRESZCZENIE Progi czucia wibracji u osób zdrowych mogą wykazywać istotne różnice zależne od czynników osobniczych i konstytucjonalnych, takich jak wiek, waga, wzrost, rasa i płeć, a także nałogów, jak palenie papierosów czy nadużywanie alkoholu. Zmienne te nie zostały, jak dotąd, uwzględnione w opracowanych w Polsce normach progów czucia wibracji stosowanych dla celów lekarsko-orzecznich.

Celem pracy było opracowanie modelu umożliwiającego oszacowanie wartości normatywnych progów czucia z uwzględnieniem różnic międzypersonalnych.

Badaniem objęto 187 zdrowych osób, nienarażonych zawodowo na działanie wibracji. Progi czucia wibracji wyznaczono stosując dwie metody badania: standardowo stosowaną w Polsce oraz opracowaną w oparciu o Standard ISO 13091-1/2001. Różnice między metodami dotyczyły parametrów techniki badania (siła nacisku na końcówkę drgającą 1,2 N i 0,1 oraz średnica sondy 12 i 5 mm, odpowiednio w metodzie standardowej i zgodnej z ISO) oraz sposobu prezentowania bodźców (metoda narastania bodźca i von. Bekezy) i ich częstotliwości.

Na wysokość progów czucia istotny wpływ miały: wiek (w zakresie 63–250 Hz w metodzie standardowej oraz 4–250 Hz w metodzie zgodnej z ISO), masa ciała (w pełnym zakresie częstotliwości w metodzie standardowej oraz 4–125 w metodzie zgodnej z ISO), a także wzrostu (dla pojedynczych częstotliwości w obu metodach). Opracowano model wyznaczania progów czucia wibracji z uwzględnieniem wieku, wzrostu i masy ciała badanego.

Wyniki pracy wskazują, że cechy osobnicze i konstytucjonalne powinny być uwzględniane w interpretacji wyników badania czucia wibracji przeprowadzanych dla celów orzecznictwa zawodowego. Med. Pr. 2002, 53, 5, 397–403

SŁOWA KLUCZOWE: wiek, wzrost, ciężar ciała, czucie wibracji, normy

ABSTRACT The thresholds of vibration perception in healthy people may differ significantly depending on individual and constitutional features: age, weight, height, race and gender, and also on various addictions like smoking or alcohol abuse. These variables have not as yet been analyzed in setting Polish standards of vibration perception thresholds used for therapeutic and certification purposes.

The aim of the study was to develop a model that could render it possible to assess the normative values of vibration perception, taking account of individual features.

The study covered 187 healthy persons free from exposure to vibration. Two methods were used to determine vibration perception thresholds: the standard Polish method and the method based on the ISO 13091-1/2001 standard. The methods differed in the technical parameters (contact force of vibrating probe 1.2 N and 0.1; probe diameter 12 and 5 mm – standard method and the method according to ISO, respectively), the presentation of stimuli (ascending method versus von. Bekezy method) and their frequencies.

Vibration perception thresholds were significantly influenced by age (within the range of 63 – 250 Hz – standard method; 4–250 Hz – method according to ISO), body mass (full range of frequencies – standard method; 4–125 – method according to ISO) and height (single frequencies – both methods). A model for determining vibration perception thresholds, taking account of age, height and body mass of study subjects, was developed.

The results of the study show that individual and constitutional features should be taken into consideration when interpreting the results of the vibration perception examinations conducted for the purpose of occupational disease certification. Med Pr 2002, 53, 5, 397–403

KEY WORDS: age, weight, height, vibration perception, normative

WSTĘP

Na wynik badania czucia wibracji wpływać może szereg czynników osobniczych i konstytucjonalnych, takich jak wiek, waga, wzrost, rasa i płeć, a także nałogów, jak palenie papierosów czy nadużywanie alkoholu (1). Choć wyniki badań nie są do końca jednoznaczne, można spodziewać się wpływu przynajmniej niektórych z wymienionych cech czy zachowań na wysokości progów czucia. Jednakże cechy osobnicze, czy konstytucjonalne nie zostały uwzględnione podczas opracowania zasad interpretacji wyników badania czucia wibracji w zależności od stopnia zaawansowania zespołu wibracyjnego, obowiązujących dotychczas w Polsce.

Celem pracy było wyznaczenie wartości normatywnych progów czucia wibracji z uwzględnieniem cech osobniczych i konstytucjonalnych oraz nałogów. Ponieważ aktualnie prowadzona jest unifikacja metodyki badania czucia wibracji

w krajach Unii Europejskiej (2), w badaniach własnych oceniono wpływ tych czynników nie tylko przy zastosowaniu metody aktualnie stosowanej w Polsce, lecz również metody opracowanej na podstawie normy ISO.

BADANI I METODY

Badani

Badania progów czucia wibracji wykonano w grupie 187 zdrowych osób, pracowników biurowych i studentów w wieku 17–57 lat, niepracujących zawodowo w narażeniu na drgania. U wszystkich badanych zebrano dokładny wywiad według kwestionariusza, zawierającego pytania dotyczące wieku, wzrostu, wagi ciała oraz nałogów, w tym palenia papierosów, dotychczasowej pracy zawodowej, ogólnego stanu zdrowia. Celem wykluczenia z badań osób z zaburzeniami



Tabela I. Charakterystyka badanej populacji**Table I.** Population characteristics

	Liczba osób Numer of subjects	Wiek, średnia $\pm$ SD Age, mean $\pm$ SD	Waga, średnia $\pm$ SD Weight, mean $\pm$ SD	Wzrost, średnia $\pm$ SD Height, mean $\pm$ SD	Liczba palących Smokers n
Kobiety Women	62	27,7 $\pm$ 7,8	59,9 $\pm$ 8,7	166,9 $\pm$ 5,9	8
Mężczyźni Men	125	30,7 $\pm$ 10,8	80,6 $\pm$ 13,2	178,9 $\pm$ 6,7	36
Ogółem Total	187	29,7 $\pm$ 9,9	73,7 $\pm$ 15,4	174,9 $\pm$ 8,5	44

nerwowo-czuciowymi rąk, w ankiecie uwzględniono pytania o drętwienia i mrowienia rąk lub palców, osłabienie czucia oraz okoliczności występowania tych zaburzeń (w czasie snu, zdenerwowania, przy ochłodzeniu rąk). Ankieta zawierała również pytania dotyczące częstotliwości i nasilenia występowania objawu blednięcia palców. Z badań wyłączono osoby, które systematycznie odczuwały opisane dolegliwości. Charakterystykę badanej grupy podano w tabeli I.

Aparatura i procedura wykonywania badań

Do badań czucia wibracji wykorzystano palestezjometr P-8 (firmy Emson-Mat, Kraków). Zaletą tego miernika jest możliwość zastosowania zarówno parametrów zgodnych z metodą standardową, stosowaną dotychczas w Polsce, jak i parametrów zgodnych z normą ISO. W mierniku zastosowane zostało automatyczne wzmacnianie bodźca. Umożliwia on pomiary czucia zarówno w zakresie niskich (8–32 Hz) jak i wysokich (63–500 Hz) częstotliwości drgań. Miernik został fabrycznie wyposażony w wymienną końcówkę sondy o różnych średnicach i chropowatości powierzchni, możliwa

jest również zmiana kontrolowanej siły nacisku na końcówkę z 0,1 do 1,2 N. Urządzenie zostało wyskalowane zarówno w jednostkach prędkości, jak i przyspieszeń drgań, co umożliwiło automatyczne przeliczanie wyników.

Badania przeprowadzano w cichym i ciepłym pomieszczeniu. Przed wykonywaniem badań pacjent miał mierzoną temperaturę opuszek palców, w przypadku, gdy wynosiła ona poniżej 28°C – ręce badanego ogrzewano w ciepłym powietrzu. Pacjent zajmował wygodną pozycję, badaną rękę układał na podpórce umożliwiającej podparcie łokcia, opuszką palca naciskał sondę pomiarową z kontrolowaną siłą, zależną od procedury badania. Wszystkie badania przeprowadzała ta sama osoba.

Badania progów czucia wykonywano na opuszkach palców II i IV jednej ręki (53 osoby) bądź obu rąk (134 osoby). Łącznie zbadano 321 rąk.

Opis procedur pomiarowych:

1. Metoda standardowa, stosowana dotychczas w Polsce. W metodzie standardowej badano progi czucia dla częstotliwości wysokich z zakresu 63–500 Hz. Kończówka

Tabela II. Porównanie dwóch procedur pomiarowych**Table II.** Measurement technique parameters

	Metoda standardowa Standard method	Metoda zgodna z ISO According to ISO method
Częstotliwość bodźca (Hz) Frequency	63, 125, 250, 400, 500	4, 25, 32, 125, 250,
Średnica końcówki sondy (mm) Probe diameter	12	5
Siła nacisku: Contact force:		
- wartości bezwzględne (N) - absolute values	1,2	0,1
- wartości względne w stosunku do pola powierzchni końcówki (N/cm ²) - relative values (in relation to probe area)	1,1	0,5
Szybkość zmiany przyspieszeń (dB/s) Acceleration changing rate	4	2 faza wstępna Preliminary phase 4 faza pomiaru Measurement phase
Powierzchnia końcówki sondy Probe surface	chropowata Rough	gładka Smooth



Tabela III. Wyniki analizy korelacji stanowiące podstawę wyboru zmiennych objaśniających**Table III.** Linear regression analysis for explanatory variables

	Częstotliwość Frequency Hz	Wiek Age		Masa ciała Weight		Wzrost Height	
		Współczynnik korelacji Correlation coefficient	p	Współczynnik korelacji Correlation coefficient	p	Współczynnik korelacji Correlation coefficient	p
Palec 2 2nd finger							
Metoda standardowa Standard method	63	0,252	<0,0005	0,332	<0,0005	0,196	0,0004
	125	0,248	<0,0005	0,128	0,022	0,027	0,628
	250	0,143	0,010	-0,116	0,038	-0,076	0,176
	400	-0,004	0,948	-0,261	<0,0005	-0,140	0,012
	500	0,012	0,824	-0,198	0,0004	-0,072	0,202
Metoda zgodna z ISO Method according to ISO	4	0,196	0,0004	0,076	0,175	-0,078	0,165
	25	0,172	0,0020	0,206	0,0002	0,017	0,758
	32	0,137	0,014	0,228	<0,0005	0,064	0,251
	125	0,297	<0,0005	0,192	0,0006	0,025	0,658
	250	0,164	0,0032	-0,101	0,0706	-0,181	0,0011
Palec 4 4th finger							
Metoda standardowa Standard method	63	0,179	0,0013	0,280	<0,0005	0,181	0,0011
	125	0,195	0,0005	0,114	0,0412	0,047	0,407
	250	0,134	0,0163	-0,151	0,0069	-0,075	0,180
	400	0,018	0,753	-0,221	0,0001	-0,128	0,0224
	500	-0,004	0,950	-0,114	0,0413	0,013	0,820
Metoda zgodna z ISO Method according to ISO	4	0,175	0,0017	0,208	0,0002	0,037	0,510
	25	0,197	0,0004	0,263	<0,0005	0,050	0,376
	32	0,185	0,0009	0,322	<0,0005	0,107	0,0563
	125	0,189	0,0007	0,174	0,0018	0,004	0,937
	250	0,144	0,0097	-0,049	0,380	-0,129	0,0205

sondy miała średnicę 12 mm, a pacjent naciskał ją z siłą 1,2 N. Parametry techniczne sondy przedstawiono w tabeli II. Zastosowano bodziec o narastającej amplitudzie przyspieszenia. Pacjentowi polecano sygnalizowanie momentu pojawiania się odczucia mrowienia (drgań) na opuszcze palca (metoda wstępująca). Pomiar wykonywano jeden raz dla każdego palca i częstotliwości. Wartości podawano w decybelach w stosunku do wartości prędkości drgań przyjętej za referencyjną ($5 \cdot 10^{-8}$ m/s). Dodatkowo, celem odniesienia uzyskanych wyników do obowiązujących w Polsce normatywów badano palec III oraz wyznaczano średnią wartość progów czucia dla palców II, III i IV oraz częstotliwości 250, 400 i 500 Hz.

2. Metoda zgodna z normą ISO. Badania według metodyki zgodnej z normą ISO przeprowadzano dla zakresu częstotliwości od 4 do 250 Hz. Stosowano końcówkę sondy o gładkiej powierzchni i średnicy 5 mm. Siła nacisku na końcówkę była znacznie mniejsza, niż w metodzie standardowej i wynosiła 0,1 N. Badania przeprowadzano stosując algorytm badania von Bekesy'ego. Zgodnie z nim poziom drgań był wzmacniany i osłabiany naprzemiennie, a pacjent sygnalizował moment pojawiania się (przyciskał przycisk sygnalizacyjny) i zanikania odczucia wibracji (zwalniał przycisk). Wynik obliczano automatycznie jako średnią z kilku

pomiarów dla narastającego i zanikającego bodźca i podawano w decybelach w stosunku do wartości przyspieszenia przyjętej za referencyjną (10^{-6} m/s²). Parametry techniczne badania podano tabeli II.

Metody analizy danych

Do porównania progów czucia pomiędzy palcami II i IV dla każdej ręki, a także pomiędzy ręką prawą i lewą dla poszczególnych palców wykorzystano test t-Studenta dla oceny średnich oraz test Kołmogorowa-Smirnowa dla porównania rozkładów.

Do oceny zależności między progami czucia a ewentualnymi zmiennymi objaśniającymi (wiek, płeć, masa ciała, wzrost, palenie papierosów) zastosowano test t-Studenta dla potencjalnie objaśniających zmiennych dwustanowych (płeć, palenie papierosów) oraz model regresji liniowej dla objaśniających zmiennych typu ciągłego (wiek, masa ciała, wzrost).

Model wielokrotnej regresji liniowej posłużył do wyznaczenia zakresów wartości należnych w grupie osób nienarażonych z uwzględnieniem wpływu wieku, masy ciała i wzrostu. Temperatura opuszek palców nie była brana pod uwagę jako badana zmienna, gdyż określały ją warunki wykonywania pomiarów progów czucia.



Określenie zespołu zmiennych objaśniających

Przeprowadzona wstępna analiza wykazała, że nie ma istotnego związku między płcią i paleniem papierosów a badanymi progami czucia. Zatem zmienne te nie weszły do zespołu zmiennych objaśniających.

Pozostałe zmienne, dla których obserwowano istotne statystycznie zależności z progami czucia (tab. III) stanowiły zespół zmiennych objaśniających obserwowaną zmienność progu czucia i zostały włączone do odpowiedniego modelu wielowymiarowego.

Tak zmienna objaśniana (próg czucia), jak i zmienne objaśniające, są zmiennymi ciągłymi, dlatego też w celu wyznaczenia zakresu wartości należnych posłużono się liniowym modelem regresji wielokrotnej. Zakres wartości należnych dla każdego badanego wyznaczano na podstawie 95% przedziału ufności dla pojedynczej obserwacji (3,4,5) wg wzoru:

$$\hat{y}_0 \pm t_{\alpha/2; (n-p-1)} \cdot s \cdot \sqrt{1 + x_0'(X'X)^{-1}x_0}$$

gdzie:

$\hat{y}$ – wartość progu czucia obliczona z równania regresji (wartości parametrów podano w tabeli III).

$t_{\alpha/2; (n-p-1)}$ – wartość statystyki t-Studenta dla $\alpha = 0,05$, $n = 320$, $p = 3$; wartość ta jest równa 1,9675.

x_0 – (wiek₀, masa₀, wzrost₀) jest wektorem wartości badanych zmiennych zaobserwowanych u człowieka, dla którego będzie określony zakres prawidłowych wartości progów czucia.

s – średni błąd dopasowania modelu.

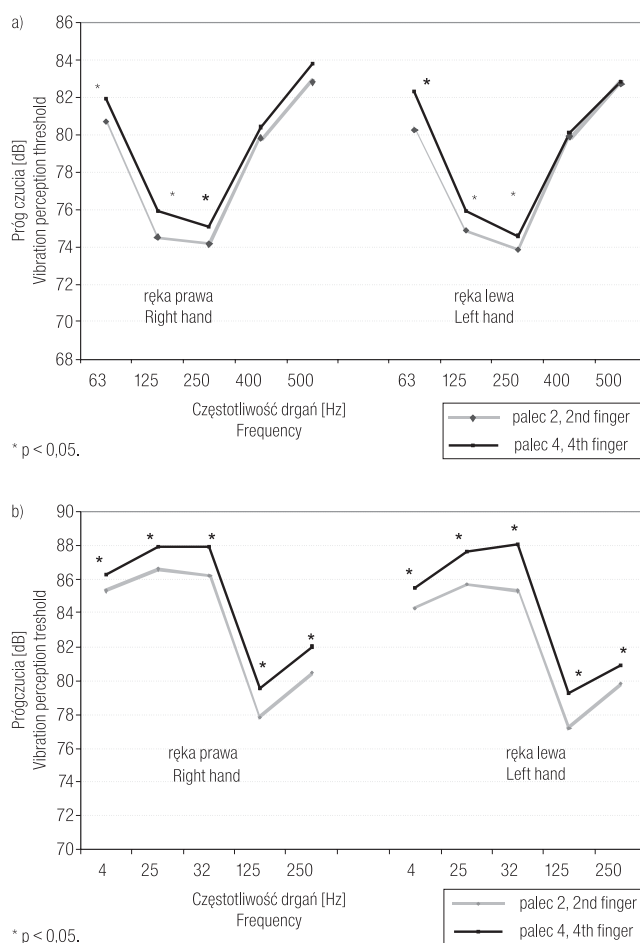
$(X'X)^{-1}$ – odwrotność iloczynu macierzy obserwacji uzyskanych w pomiarach.

WYNIKI

Średnie progi czucia wibracji

Średnie progi czucia wibracji, zarówno w metodzie standardowej, jak i zgodnej z normą ISO różniły się dla poszczególnych częstotliwości, a różnice te sięgały nawet 10 dB (ryc. 1). W metodzie standardowej najniższe progi czucia stwierdzono dla częstotliwości 125 i 250 Hz, natomiast wyższe dla częstotliwości niższych i wyższych (ryc. 1a). W metodzie zgodnej z normą ISO najniższe progi czucia wibracji obserwowano również dla częstotliwości 125 i 250 Hz, znacznie wyższe natomiast dla częstotliwości 25 i 32 Hz, z niewielkim obniżeniem progów czucia dla 4 Hz (ryc. 1b).

Stwierdzono istotne statystycznie różnice średnich progów czucia pomiędzy palcami II i IV. Różnice te obejmowały szeroki zakres częstotliwości w obu metodach badania (ryc. 1). W żadnej z metod nie stwierdzono natomiast różnic średnich progów czucia między wynikami otrzymanymi dla ręki prawej i lewej. Brak istotności różnic wyników między ręką prawą i lewą upoważnia do dalszej łącznej oceny danych obu rąk. Oddzielną analizę przeprowadzono natomiast dla palca II i IV.



Ryc. 1. Średnie progi czucia dla ręki prawej i lewej wyznaczone w metodzie: a) standardowej, b) zgodnej z ISO.

Fig. 1. Mean values of perception thresholds for the right and left hand: a) standard method, b) method according to ISO.

Wpływ zmiennych objaśniających

W metodzie standardowej stwierdzono istotne zależności progów czucia od wieku w zakresie częstotliwości 63–250 Hz dla obu palców, zaś w metodzie zgodnej z ISO dla pełnego zakresu częstotliwości (4–250 Hz) dla obu palców. Również zależność od masy ciała w metodzie standardowej była istotna dla całego badanego zakresu częstotliwości i obu palców, przy czym dla częstotliwości 63 i 125 Hz była to zależność proporcjonalna, zaś dla pozostałych częstotliwości – odwrotnie proporcjonalna. W metodzie zgodnej z ISO istotne statystycznie wyniki otrzymano dla częstotliwości 25, 32 i 125 Hz i palca II oraz dla częstotliwości 25, 32, 125 Hz i palca IV. Wzrost osób badanych był skorelowany z wysokością progów czucia dla częstotliwości 63 Hz (proporcjonalnie) i 400 Hz (odwrotnie proporcjonalnie) w metodzie standardowej i jedynie dla częstotliwości 250 Hz (odwrotnie proporcjonalnie) w metodzie zgodnej z ISO. Wyniki przedstawiono w tabeli III. Żadna z analizowanych w tabeli zmiennych nie mogła zostać uznana jako pozostająca bez wpływu na progi czucia, zatem wszystkie trzy weszły w skład zespołu zmiennych objaśniających.



Wyznaczenie zakresu wartości należnych

Stosując wzór [1] prezentowany w części „Metody analizy danych” możliwe jest wyznaczenie zakresu wartości należnych indywidualnie dla każdego badanego. We wzorze tym wartości s i współczynniki regresji dla poszczególnych częstotliwości i metod badania odczytywane są z tabeli IV zaś wyrażenie $(X'X)^{-1}$ dla mierzonych aktualnie progów czucia jest symetryczną macierzą $3 \cdot 3$ o wyrazach:

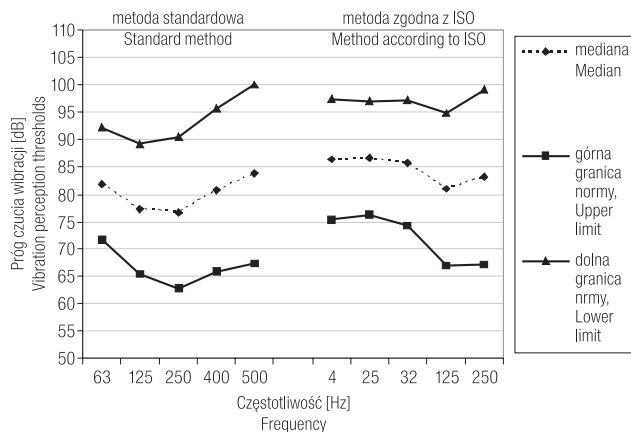
$$(X'X)^{-1} = \begin{bmatrix} 3,194076E-05 & -8,588293E-06 & -1,742191E-06 \\ -8,588293E-06 & 2,577145E-05 & -9,286776E-06 \\ -1,742191E-06 & -9,286776E-06 & 4,253026E-06 \end{bmatrix}$$

Przykładowy zakres wartości należnych dla osoby w wieku 54 lat, o wadze 70 kg i wzroście 170 cm przedstawiono na ryc. 2.

Stosując obowiązującą obecnie w Polsce ocenę progów czucia wibracji z wykorzystaniem metody standardowej, 53 z 321 wyników (ok. 17%), należałoby uznać za nieprawidłowe, oznaczające osłabienie czucia wibracji (średnie progi czucia dla palca II, III i IV i częstotliwości 250, 400, i 500 Hz > 85 dB).

OMÓWIENIE

Celem pracy było ustalenie wartości normatywnych progów czucia dla metody opracowanej zgodnie z zaleceniami ISO



Ryc. 2. Przykład wartości należnych progów czucia wibracji dla osoby w wieku 45 lat, wzrostu 170 cm i o ciężarze ciała 70 kg.

Fig. 2. The range of normative values of VPTs in case of a 45 year old patient, weigh 70 kg and height 170 cm.

oraz ocena wpływu, jaki na te progi mogą wywierać wiek badanych, czynniki osobnicze, konstytucjonalne oraz palenie papierosów. Analizę wpływu tych czynników przeprowadzono nie tylko dla metody stosowanej w Polsce, lecz również dla zgodnej z normą ISO. Pozwoli to w przyszłości opracować metody analizy wyników tego badania otrzymanych

Tabela IV. Wartości współczynników regresji i błąd dopasowania modelu stanowiące podstawę budowy przedziału ufności dla pojedynczych obserwacji
Table IV. Regression coefficients and fit error of the model as a basis for establishing confidence intervals for single observation

	Częstotliwość Frequency Hz	Współczynniki modelu regresji wielokrotnej Multiple regression coefficients				Wartość błędu Fit error s
		Wiek w latach Age	Masa ciała Weight kg	Wzrost Height cm	Stała Constans	
Palec II 2nd finger						
Metoda standardowa Standard method	63	0,1077	0,0945	0,05005	60,9167	5,170
	125	0,1469	0,0189	0,0216	64,3153	6,007
	250	0,1571	-0,1276	0,0817	63,2878	6,972
	400	0,0792	-0,1982	0,0751	77,5582	7,532
	500	0,0988	-0,1992	0,1354	69,3133	8,238
Metoda zgodna z ISO Method according to ISO	4	0,0831	0,0492	-0,0873	93,2576	5,576
	25	0,0421	0,1083	-0,0877	91,6788	5,215
	32	0,0273	0,1226	-0,0700	87,4892	5,762
	125	0,1852	0,0770	-0,0274	70,1864	7,036
	250	0,1433	-0,0515	-0,1047	96,7914	8,082
Palec IV 4th finger						
Metoda standardowa Standard method	63	0,0775	0,0863	0,0522	63,4850	5,670
	125	0,1267	0,0133	0,0404	63,1674	6,516
	250	0,1714	-0,1664	0,1201	59,8298	7,088
	400	0,0831	-0,1692	0,0590	78,6205	7,597
	500	0,0730	-0,1560	0,1728	61,0482	8,363
Metoda zgodna z ISO Method according to ISO	4	0,0516	0,1023	-0,0674	87,9314	5,436
	25	0,0495	0,1382	-0,0934	91,8244	5,432
	32	0,0404	0,1791	-0,0880	88,2226	5,997
	125	0,0931	0,1265	-0,1048	84,5767	7,889
	250	0,1232	-0,0211	-0,0939	94,5689	8,626



u osób z zespołem wibracyjnym, ocenianych według starych i nowych kryteriów.

Badana grupa była dość liczna i obejmowała osoby niezgłaszające dolegliwości ze strony obwodowego układu nerwowego ani krążenia oraz nieujawniające żadnych nieprawidłowości w badaniu lekarskim. Stąd przyjęto, że są to osoby, które można zakwalifikować do grupy kontrolnej. Tym niemniej niemal 1/5 spośród uzyskanych wyników przekraczało wartość 85 dB, która według obecnie stosowanej metody stanowi normę. Spośród wyników wskazujących na przekroczenie normy, 13 (4%) można było zakwalifikować jako zaburzenia czucia znacznego stopnia (powyżej 90 dB). Powyższe wartości progów czucia, stwierdzone u osoby zawodowo narażonej na drgania mogłyby błędnie nasuwać podejrzenie rozpoczynającego się zespołu wibracyjnego. Należy przypuszczać, że obserwowane wysokie wyniki progów czucia mogły być spowodowane wpływem czynników, takich, jak wiek, płeć, czy czynniki konstytucjonalne, nieuwzględnianych w stosownych dotychczas standardach.

W dotychczasowych doniesieniach oceniano zależność progów czucia wibracji od takich czynników, jak wiek, wzrost, waga ciała, płeć, palenie papierosów, temperatura opuszek palców, czy grubość skóry. Wpływ wieku został potwierdzony przez szereg autorów, jednak nie opracowano dotychczas powszechnie przyjętego modelu matematycznego dla tej zmiennej. Najpełniejszą analizę przedstawili Skov i wsp. (6) w badaniach na grupie 1663 osób. Nie stwierdzili oni istotnej zależności od wieku w grupie osób poniżej 35 roku życia, wśród starszych osób progi czucia wzrastały o 0,025 jednostki rocznie (w skali półlogarytmicznej). Również Hilz i wsp. (7) potwierdzili wpływ wieku na czucie wibracji w badaniach na dużej grupie 530 zdrowych osób w przedziale wiekowym 3–79 lat. Istotne różnice progów czucia obserwowano między osobami z grup poniżej i powyżej 40 roku życia. Z drugiej strony Torgen i Swerup (zbadano 484 osób) nie wykazali wpływu wieku na wysokość progów czucia wibracji w palcach rąk, jakkolwiek stwierdzili tę zależność dla palców nóg (1). Podobnie Lindsell i Griffin (8) nie obserwowali zależności progów czucia od wieku, z wyjątkiem mało istotnej statystycznie zależności dla małego palca ($p < 0,08$), jednakże badania te były przeprowadzane na stosunkowo małej grupie 80 osób. Stevans i wsp. (9) oceniali progi czucia w dwóch grupach wiekowych osób do 27 roku życia i ponad 65 lat i stwierdzili istotne różnice zarówno w przypadku częstotliwości wysokich (250 Hz), jak i niskich (20 Hz), choć dla częstotliwości 20 Hz duże rozproszenie wyników nie pozwoliło na ich jednoznaczną interpretację. Czynnikiem, który mógł wpłynąć na tak duże zróżnicowanie wyników mogła być częstotliwość bodźca stosowanego w poszczególnych badaniach. I tak Skov i wsp. (5), Hilz i wsp. (7) przeprowadzali pomiary dla bodźca o częstotliwości 120 Hz, Torgen i Swerup (1) dla 100 Hz. Lindsell i Griffin (7) badali progi czucia dla dwóch częstotliwości (31,5 Hz oraz 125 Hz), podobnie jak Stevans i wsp. (9) (20 i 250 Hz), jednakże uzyskali różniące się wyniki. W obecnej

pracy zależność od wieku obserwowano niezależnie od metody badania dla częstotliwości wysokich (63 Hz i powyżej) oraz dla 4 Hz w metodzie zgodnej z ISO. Można zatem przyjąć, że dla częstotliwości wyższych niż 100 Hz wpływ wieku został dostatecznie udokumentowany na dość dużej populacji osób, jakkolwiek charakter tej zależności nie jest jednoznacznie ustalony. Dla niskich częstotliwości wpływ ten może być znacznie mniejszy, jest on również gorzej udokumentowany.

W dotychczasowych badaniach zależność progów czucia od wzrostu obserwowano jedynie w przypadku pomiarów wykonywanych na palcach nóg, nie stwierdzono natomiast takiej zależności dla rąk. Tłumaczono to większym bądź bardziej ujawniającym się wpływem wieku w przypadku dłuższych aksonów kończyn dolnych (1,6,7), a także mniejszą gęstością receptorów w skórze u osób wyższych, stwierdzoną w przypadku termoreceptorów (10), a możliwą w przypadku innych receptorów czucia skórznego. Z drugiej strony istnieją prace, w których nie stwierdzono żadnego wpływu wzrostu badanych na wysokości progów czucia wibracji (7,11). W naszych badaniach zależność progów czucia wibracji od wzrostu dotyczyła jedynie pojedynczych częstotliwości, przy czym dla niższych częstotliwości zależność ta była proporcjonalna, zaś, powyżej 125 Hz – odwrotnie proporcjonalna, niezależnie od stosowanej metody badania. Można przyjąć, że wzrost odgrywał w badanej populacji stosunkowo małą rolę, jednakże biorąc pod uwagę dane z literatury uwzględniono go w opracowaniu wartości należnych. Znacznie istotniejszym czynnikiem jest natomiast waga ciała, dla której zależności stwierdzono w prawie całym zakresie badanych częstotliwości, niezależnie od stosowanej metody. W zakresie niższych częstotliwości (poniżej 250 Hz) zależność ta była proporcjonalna, zaś dla wyższych – odwrotnie, wraz ze wzrostem masy ciała malały progi czucia. Taki sam trend uzyskano dla obu palców i w przypadku obu metod. Zależność wysokości progów czucia od wagi ciała była dotychczas negowana (6,7), choć niewątpliwie parametr ten może wpływać na rozmiary ciała.

Z innych czynników mogących mieć wpływ na czucie wibracji oceniano palenie papierosów i płeć, choć i tutaj wyniki badań w literaturze nie są jednoznaczne. Według Skov i wsp. (6) płeć nie wpływała na czucie wibracji Hilz i wsp. (7) znaleźli różnice jedynie w wydzielonej grupie osób powyżej 50 r.ż., w której mężczyźni wykazywali nieznacznie wyższe progi czucia, niż kobiety, zaś Torgen i Swerup (1) stwierdzili różnice w progach czucia między grupą kobiet i mężczyzn w kończynach dolnych i jednej ręce. W badaniach własnych płeć nie wpływała na wysokości progów czucia.

Palenie papierosów nie miało znaczenia ani w badaniach własnych, ani innych autorów (1). Jedynie Gerr i Letz, stwierdzili u palaczy wzrost progów czucia jednakże był on na granicy istotności statystycznej (12).

Temperatura palców jest czynnikiem mogącym podwyższać progi czucia, szczególnie w zakresie wysokich częstotliwości bodźca (12). W obecnej pracy parametr ten



nie był oceniany, ponieważ wszystkie osoby z obniżoną temperaturą (poniżej 28°C) miały ręce ogrzane przed wykonywaniem badań.

Wysokość progów czucia zależy bardzo istotnie od częstotliwości bodźca stosowanego w pomiarach. W metodzie standardowej pomiary wykonywano jedynie dla częstotliwości wysokich, powyżej 50 Hz, odbieranych głównie przez receptory FAII (fast adapting), czyli ciała Paciniego (13). Ten rodzaj receptorów jest najbardziej wrażliwy na szybkozmenny ucisk. Metoda zgodna z ISO zaleca stosowanie również częstotliwości niskich (od 4 Hz). Drgania o niskich częstotliwościach pobudzają przede wszystkim receptory odpowiedzialne za lokalizację dwupunktową (FAI) oraz przetrzenną bodźca (S.A. – slow adapting). Stąd rozszerzenie zakresu częstotliwości umożliwia pełniejszą ocenę czucia skór nego.

Podsumowując należy stwierdzić, że wiek, ciężar ciała oraz, w mniejszym stopniu, wzrost badanych wpływają w istotny sposób na wysokość progów czucia wibracji i powinny być uwzględniane przy opracowaniu zakresu wartości należnych (normatywnych) pomiarów czucia wibracji. W pracy, po raz pierwszy w Polsce, opracowano model oceny należnych progów czucia wibracji z uwzględnieniem indywidualnych cech badanej osoby. Umożliwi to w przyszłości precyzyjniejszą interpretację wyników dla celów orzecznictwa zawodowego.

PIŚMIENNICTWO

1. Torgren M., Swerup C.: Individual factors and physical work load In relation to sensory thresholds in a middle-aged general population ample. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2002, 86, 418-427.
2. Norma ISO 13091-1:2001: Mechanical vibration – Vibrotactile perception thresholds for the assessment of nerve dysfunction. Part 1. Methods of measurement at the fingertips.
3. Dillon W.R., Goldstein M.: *Multivariate Analysis. Methods and Applications.* John Wiley & Sons, Inc., New York 1984.
4. Srivastava N.: *Regression Analysis. Theory, Methods, and Applications.* Springer-Verlag, New York 1991.
5. Jobson J.D.: *Applied Multivariate Data Analysis. Vol. I. Regression and Experimental Design.* Springer-Verlag, New York 1990.
6. Skov T., Steenland K., Deddens J.: Effect of age and height on vibrotactile threshold among 1,663 U.S. workers. *Am. J. Ind. Med.* 1998, 34, 438-444.
7. Hilz M.J., Axelrod F.B., Herman K., Haertl U., Deutsch M., Neundörfer B.: Normative values of vibratory perception thresholds in 530 children, juveniles and adults aged 3-79 years. *J. Neurol. Sci.* 1998, 159, 219-225.
8. Lindsell C.J., Griffin M.J.: Normative data for vascular and neurological tests of the hand-arm vibration syndrome. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 2002, 75, 43-54.
9. Stevens J.C., Cruz A., Marks L.E., Lakatos S.: A multimodal assessment of sensory thresholds in aging. *J. Gerontology Psychol. Sciences* 1998, 53B, 4, 263-272.
10. Stevens J.C., Choo K.: Temperature sensitivity of the body surface over the life span. *Somatosens. Mot. Res.* 1998; 15, 13-28.
11. Halonen P.: Quantitative vibration perception thresholds in healthy subjects of working age. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1986, 54, 647-655.
12. Gerr F., Letz R.: Covariates of human peripheral nerve function. II. Vibrotactile and thermal thresholds. *Neurotoxicol. Teratol.* 1994, 16, 105-112.
13. Lustrom R., Stromberg T., Lundborg G.: Vibrotactile perceptron threshold measurements for diagnosis of sensory neuropathy. Description of reference population. *Occup. Environ. Health* 1992, 64, 201-207.

Adres autorów: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail: zamysewa@imp.lodz.pl
Nadesłano: 27.08.2002
Zatwierdzono: 18.09.2002

