

Ewa Zamysłowska-Szmytke
Mariola Śliwińska-Kowalska
Adam Dudarewicz
Anna Gajda

STANDARYZACJA NOWEJ METODYKI BADANIA CZUCIA WIBRACJI*

STANDARDIZED NEW METHOD OF VIBRATION PERCEPTION MEASUREMENTS

Z Zakładu Zagrożeń Fizycznych

Kierownik zakładu: prof. dr hab. med. M. Śliwińska-Kowalska

Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

STRESZCZENIE Badanie czucia wibracji jest podstawowym badaniem stosowanym w ocenie zaburzeń czucia w zespole wibracyjnym. Szczegółowe wytyczne dla przeprowadzania tego badania, zawarte w opracowanym w 1998 r. projekcie normy ISO, w istotny sposób różnią się od stosowanych dotychczas w Polsce.

Celem pracy jest standaryzacja metodyki badania czucia wibracji uwzględniającej parametry pomiarów zgodne z zaleceniami ISO, jak: algorytm (metoda prezentacji bodźca), częstotliwości drgań, wielkości końcówki drgającej oraz siły nacisku na tę końcówkę, a także porównanie wyników uzyskanych tą metodą z wynikami badań przeprowadzanych wg metodyki standardowo stosowanej dotąd w Polsce.

Stwierdzono, że zmiana algorytmu badania (z prezentacji bodźca metodą narastającą na technikę Bekeśy'ego, zalecaną przez ISO) nie wpływa na wysokość progów czucia wibracji w szerokim zakresie częstotliwości (32–500 Hz), natomiast przy zmianie końcówki drgającej na mniejszą, naciskaną z mniejszą siłą obserwowano istotnie wyższe progi czucia w zakresie częstotliwości 125–400 Hz. Porównując wyniki uzyskane metodą zalecaną przez ISO oraz stosowaną standardowo stwierdzono, że progi czucia dla częstotliwości 125 Hz nie różniły się dla obu metod, natomiast dla częstotliwości 250 i 400 Hz były wyższe w metodzie zalecaną przez ISO. Co więcej, dla częstotliwości z zakresu 125–400 Hz stwierdzono większy rozrzut wyników pomiarów progów czucia mierzonych wielokrotnie u tych samych osób (zmiennosc wewnątrzosobniczą), zarówno w metodzie zalecaną przez ISO, jak i stosowanej standardowo.

Wyniki wskazują, że istotne jest wprowadzenie do pomiaru częstotliwości z zakresu 4–125 Hz i oparcie o nie procedury orzekania o zdolności do pracy zawodowej w narażeniu na wibrację miejscową. Dla standaryzacji badania należy wprowadzić stosowanie mniejszej końcówki drgającej ($\Phi = 5$ mm) oraz mniejszej, niż stosowana dotychczas, siły nacisku na tę końcówkę (0,1 N). Med. Pr. 2001; 52; 5; 315–320

SŁOWA KLUCZOWE: próg czucia wibracji, metody badań, palestезjometr

ABSTRACT The examination of the vibration perception is one of the basic measurements applied in the evaluation of the peripheral neuropathies in hand-arm vibration syndrome (HAVS). The detailed guidelines on how this kind of examinations should be performed, presented in the 1998 ISO standard, differ substantially from those currently binding in Poland.

The aim of this study was to standardize the method of vibration perception measurements, taking account of the parameters consistent with the ISO recommendations, such as algorithm (stimulus presentation method), vibration frequency, the size and contact force of vibrating probe, as well as the comparison of the results obtained by means of both methods (ISO-recommended method and standard Polish method).

It was found that the algorithm change (ascending method replaced by Bekeśy's technique, recommended by ISO) did not affect the of the vibration perception thresholds values within the wide range of frequencies (32–500 Hz), whereas the decreased size of probe, pressed with smaller contact force, resulted in significantly higher values of perception thresholds within the frequency range of 125–400 Hz. The comparison of the outcomes of the ISO-recommended and Polish standard methods revealed that the perception thresholds did not differ at the frequency of 125 Hz, but at the frequencies of 250 and 400 Hz, the ISO-recommended method produced higher values. Moreover, at the frequencies ranging from 125 to 400 Hz, the results of the perception threshold measurements, taken several times in the same persons (intrasubject variability) by means of both methods, were more scattered.

It was revealed that the measurements at the frequency range of 4–125 Hz should be included in the vibration perception examinations, and the certification of the ability to work in the conditions of exposure to hand-arm vibration should be based on their results. It is also essential that in the standard examination, a smaller vibratory probe ($\Phi = 5$ mm) and lighter contact force (0.1 N) than those currently used, should be applied. Med Pr 2001; 52; 5; 315–320

KEY WORDS: vibratory perception thresholds, examination methods, palestesiometer

WSTĘP

Zaburzenia czucia wibracji są wczesną oznaką uszkodzenia nerwów w zespole wibracyjnym (1). Badanie czucia wibracji (palestезjometryczne) wykonywane w standardowych warunkach cechuje się dobrą wiarygodnością i powtarzalnością (2,3,4,5), lecz zarówno warunki wykonywania pomiarów, stosowane częstotliwości drgań, jak i wartości referencyjne nie zostały dotychczas ściśle określone i znormalizowane. W 1998 r. opracowano projekt normy ISO (6), w którym podano dość szczegółowe wytyczne do przeprze-

wadzania badań czucia, w istotny sposób różniące się od stosowanych dotychczas w Polsce. I tak, w projekcie ISO preferowane są niskie częstotliwości drgań (maksymalnie do 160 Hz), podczas gdy diagnostyka zaburzeń czucia w Polsce oparta jest na częstotliwościach 250, 400, 500 Hz, jakkolwiek zakres pomiaru obejmuje także częstotliwości 63 i 125 Hz. Projekt ISO zakłada metodę badania za pomocą bodźca przerywanego składającego się z powtarzanych krótkotrwałych, 10-sekundowych okresów drgań o coraz wyższych poziomach przyspieszeń, oddzielonych przerwami, bądź bodźca ciągłego, podawanego metodą Bekeśy'ego. W Polsce dotychczas stosowany jest natomiast bodziec ciągły, narastający liniowo o stałą wartość prędkości w czasie (w aparata-

*Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 18.6 pt. „Standaryzacja pomiarów czucia wibracji dla celów normalizacji zgodnie z zaleceniami Unii Europejskiej”. Kierownik tematu: dr med. E. Zamysłowska-Szmytke.

cie półautomatycznym MCW-80) lub wzmacniany ręcznie (MCW-2k). Wreszcie, projekt normy ISO przewiduje stosowanie mniejszej końcówki drgającej ($\phi = 4 \pm 2$ mm) i siły nacisku na tę końcówkę (0,1 N) w porównaniu do dotychczas stosowanych w kraju ($\phi = 12$ mm, siła nacisku 1,2 N). Ze względu na wprowadzoną standaryzację metody w krajach Unii Europejskiej istotne jest dostosowanie metody diagnostycznej, stosowanej w Polsce do tych wymogów. Jest to o tyle łatwiejsze, że na rynku dostępny jest od niedawna nowy polski miernik, umożliwiający stosowanie parametrów zgodnych z zaleceniami ISO, jak również pomiarów według dotychczasowych polskich standardów, co pozwala na ocenę porównawczą obu procedur.

Celem pracy jest standaryzacja metodyki badania czucia wibracji, uwzględniającej parametry pomiarów zgodne z zaleceniami ISO, jak: algorytm (metoda prezentacji bodźca), częstotliwości drgań, wielkości końcówki drgającej oraz siła nacisku na tę końcówkę, a także porównanie wyników uzyskanych tą metodą z wynikami badań przeprowadzanych według metodyki standardowo stosowanej w Polsce.

MATERIAŁ I METODY

Badani

Badania progów czucia przeprowadzono u 15 zdrowych osób w wieku 20–44 lata (średnio $33,1 \pm 8,4$), w tym u 9 kobiet i 6 mężczyzn. U każdej z nich zebrano dokładny ankietywywiad zawodowy i chorobowy, obejmujący szczegółowe pytania o dotychczasowe narażenie na wibrację oraz choroby obwodowego układu nerwowego i układu krążenia. Wykluczono również inne przyczyny (np. przyjmowane leki), mogące wpływać na wydłużenie czasu reakcji. W ankiecie umieszczono także pytanie, dotyczące subiektywnej „łatwości” odczuwania bodźca w badaniu przeprowadzanym według metodyki stosowanej obecnie oraz według metodyki zgodnej z zaleceniami ISO, którą to część uzupełniono po zakończeniu badań.

Metody

Badania czucia wykonywano w cichym pomieszczeniu, w którym temperatura powietrza wynosiła $22-24^{\circ}\text{C}$. Ciężkość opuszek palców mierzona przed badaniem u żadnej z osób nie była niższa od 27°C .

Standardowa metoda oceny czucia wibracji

Stosowana obecnie metoda oceny czucia polega na wyznaczeniu najmniejszego (progowego) poziomu drgań, które badany odczuwa przy jednorazowym zaprezentowaniu bodźca. Poziom bodźca wzmacniano w sposób ciągły ręcznie od wartości 60 dB aż do uzyskania progu czucia. Progi wyznaczano dla częstotliwości 63, 125, 250, 400, 500 i 640 Hz, dla palców II, III i IV jednej ręki. Wynik podawano w jednostkach względnych (dB), będących ilorazem wartości mierzonej oraz prędkości drgań do wartości odniesienia $5 \cdot 10^{-5}$ m/s. Obliczano średnią arytmetyczną wyznaczoną dla palców II, III, IV oraz częstotliwości z zakresu 250–500 Hz.

Według przyjętych obecnie normatywów wartość średnia przekraczająca 85 dB oznacza wynik patologiczny. Badania wykonywano na mierniku MCW-2k, stosując końcówkę drgającą o średnicy $\phi = 12$ mm naciskaną z siłą 1,2 N.

Metoda badania czucia wibracji według zaleceń ISO

W badaniu stosowano algorytm (sposób prezentacji bodźca) Bekeesy'ego, który polega na wyznaczeniu średniego progu czucia z kilku pomiarów dla wzrastającego i malejącego w sposób ciągły bodźca w zakresie poziomów 75–150 dB. W czasie badania osoba zgłasza moment odczuwania bodźca (przyciska sygnalizator) i braku jego odczuwania (przestaje przyciskać) zaś miernik automatycznie odrzuca wartości skrajne i uśrednia uzyskane progi czucia. Oceniano czucie drgań na opuszkach dwóch palców (II – unerwionego przez nerw pośrodkowy i IV – głównie przez nerw łokciowy) dla częstotliwości zalecanych przez ISO, tj.: 4, 25, 32, 125 Hz. Chcąc odnieść wyniki do obecnej polskiej normy, pomiary wykonano również dla częstotliwości 250, 400 i 500 Hz. Wynik podawano w jednostkach względnych (dB) przyspieszenia drgań w stosunku do wartości odniesienia równej 10^{-6} m/s². Badania wykonywano na palestezjometrze P8 firmy Emson-Mat, stosując końcówkę drgającą o średnicy 5 mm, naciskaną z siłą 0,1 N. Aparat umożliwia automatyczne przeliczanie wyników na wartości zgodne ze skalą metodyki opisanej wyżej, tj. dla wartości prędkości odniesienia równej $5 \cdot 10^{-5}$ m/s, co umożliwia porównanie obu metod.

Ocena wpływu sposobu prezentacji bodźca na wyniki progów czucia

Aby ocenić, czy zastosowanie prezentacji bodźca zalecaną przez ISO techniką Bekeesy'ego wpłynie na wyniki standardowego badania czucia wibracji, u 15 osób przeprowadzono dwie serie badań. W pierwszej serii stosowano ciągle, automatyczne wzmacnianie bodźca aż do momentu uzyskania progu czucia, w drugiej serii pomiarów stosowano opisany wcześniej algorytm Bekeesy'ego – zmniejszania i zwiększania bodźca. Badania wykonano z zastosowaniem automatycznego palestezjometru P8 (firmy Emson-Mat). Progi czucia mierzono na opuszkach palców II, III i IV dla częstotliwości 25, 32, 125, 250, 400 i 500 Hz, stosując końcówkę drgającą o średnicy 12 mm i siłę nacisku 1,2 N. Wyniki dla trzech palców sumowano otrzymując 45 pomiarów dla każdej częstotliwości. Porównywano wartości średnie dla poszczególnych częstotliwości oraz wyznaczono korelację między wynikami wyznaczonymi za pomocą dwóch różnych metod prezentacji bodźca.

Ocena wpływu parametrów końcówki drgającej na progi czucia wibracji

W celu oceny wpływu parametrów końcówki drgającej na wyniki badań, w tej samej grupie osób, dla wymienionych poprzednio częstotliwości i palców, wykonano ponownie dwukrotne pomiary progów czucia według algorytmu Bekeesy'ego. W pierwszej serii badań stosowano końcówkę

drgającą o średnicy 12 mm, naciskaną z siłą 1,2 N (jak w metodzie standardowej), w drugiej serii – mniejszą końcówkę – o średnicy 5 mm, naciskaną z siłą 0,1 N (jak w metodzie zalecanej przez ISO). Podobnie jak poprzednio badania wykonano z zastosowaniem automatycznego palestyzjometru P8 (firmy Emson-Mat).

Porównanie progów czucia oraz zmienności osobniczej wyników w badaniu standardowym oraz zalecanym przez ISO
W celu porównania dwóch metod oceny czucia oraz oceny zmienności osobniczej wyników, u 10 osób w ciągu kolejnych dni wykonano dwie serie badań, po 15 pomiarów w każdej. W pierwszej serii zastosowano standardową metodę czucia wibracji. W drugiej serii badań, przeprowadzonej u tych samych osób, zastosowano metodą zalecaną przez ISO (obie metody opisano powyżej). Badania przeprowadzono w pełnym zakresie częstotliwości dla każdej z metod, jednakże porównanie wyników przeprowadzono jedynie dla częstotliwości 125, 250 i 400 Hz, gdyż tylko te częstotliwości drgań były wspólne dla obu metod pomiarowych.

W celu porównania obu metod w całej grupie badanych osób wyznaczono średnie progi czucia dla obu metod oraz oceniono korelację między wynikami otrzymanymi dla metody standardowej i zalecanej przez ISO.

Zmienność osobniczą oceniano indywidualnie dla każdej z badanych osób, na podstawie porównania odchyleń standardowych średnich progów czucia, wyznaczonych z 15 pomiarów wykonywanych w kolejnych dniach.

Statystyka

Do porównania rozkładów wartości progów czucia wibracji zmierzonych różnymi metodami badań zastosowano test Wilcoxon'a par skojarzonych. Obliczono wartości współczynników korelacji liniowej między seriami badań.

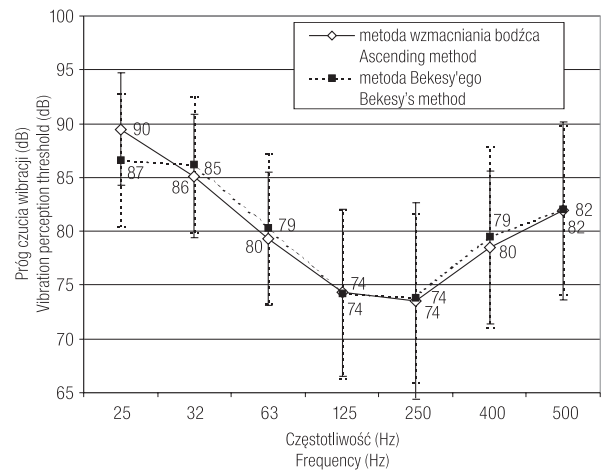
WYNIKI

Ocena wpływu sposobu prezentacji bodźca na wyniki progów czucia wibracji

Porównano dwie serie pomiarów, jedną wykonaną według algorytmu narastania bodźca, drugą według algorytmu Bekesy'ego. Średnie wartości progów czucia dla obu metod nie różniły się istotnie dla żadnej badanej częstotliwości z zakresu 32–400 Hz (ryc. 1). Jedynie dla częstotliwości 25 Hz progi czucia mierzone według algorytmu Bekesy'ego były istotnie niższe, niż oceniane metodą dotychczasową. Badanie korelacji między progami czucia wibracji w obu badaniach wykazało statystycznie istotne zależności dla częstotliwości 32, 63, 125 i 250 Hz (współczynniki korelacji odpowiednio 0,74; 0,85; 0,82 i 0,76).

Ocena wpływu parametrów końcówki drgającej na wysokości progów czucia

Pomiary wykonano wg metody standardowej – dla większej końcówki i większej siły nacisku ($\phi = 12$ mm, siła 1,2 N),



Ryc. 1. Progi czucia wibracji uzyskane za pomocą dwóch sposobów prezentacji bodźca – wzmacniania bodźca do momentu uzyskania progu czucia (metoda standardowa) oraz z zastosowaniem techniki Bekesy'ego (metoda zalecana przez ISO). Brak istotnych różnic między progami czucia w zakresie częstotliwości 32–500 Hz ($p < 0,05$).

Fig. 1. The values of vibration perception thresholds obtained by means of two methods of stimulus presentation: stimulus intensification until obtaining the perception threshold (standard method) and by applying Bekesy's technique (the ISO-recommended method). No significant differences between perception thresholds at the frequency range of 32–500 Hz ($p < 0.05$).

następnie zgodnie z zaleceniami ISO dla mniejszej końcówki naciskanej z mniejszą siłą ($\phi = 5$ mm, siła 0,1 N).

Średnie wartości progów czucia mierzonych w różnych warunkach pomiarowych różniły się istotnie od siebie w zakresie częstotliwości 125–400 Hz, przy czym progi czucia z użyciem mniejszej końcówki i mniejszej siły nacisku były wyższe (ryc. 2). Dla częstotliwości 25 i 32 Hz nie obserwowano różnic w zależności od końcówki.

Porównanie standardowej oraz zalecanej przez ISO metody oceny czucia wibracji

Analiza odpowiedzi na pytania zawarte w ankiecie wykazała, że 13 z 15 badanych osób uznało badanie według zaleceń ISO za łatwiejsze i obciążone mniejszą liczbą niepewnych odpowiedzi. Za szczególne ułatwienie badani uznawali wprowadzenie algorytmu Bekesy'ego zamiast bodźca o narastającym poziomie drgań.

Średnie wartości progów czucia mierzone dla dwóch metod nie wykazywały różnic jedynie dla 125 Hz (tabela I), natomiast dla częstotliwości 250 i 400 Hz progi czucia w metodzie zalecanej przez ISO były wyższe. Ocena wartości współczynników korelacji między progami czucia mierzonymi u tej samej osoby dwiema metodami wykazała istotne zależności jedynie dla częstotliwości 125 Hz ($r = 0,8$)

Ocena zmienności osobniczej wyników

Za miarę powtarzalności wyników przyjęto wartości odchyleń standardowych pomiarów wykonywanych u tej samej osoby w kolejnych dniach. Najmniejszy rozrzut wyników stwierdzono dla częstotliwości 63 i 125 Hz w metodzie standardo-

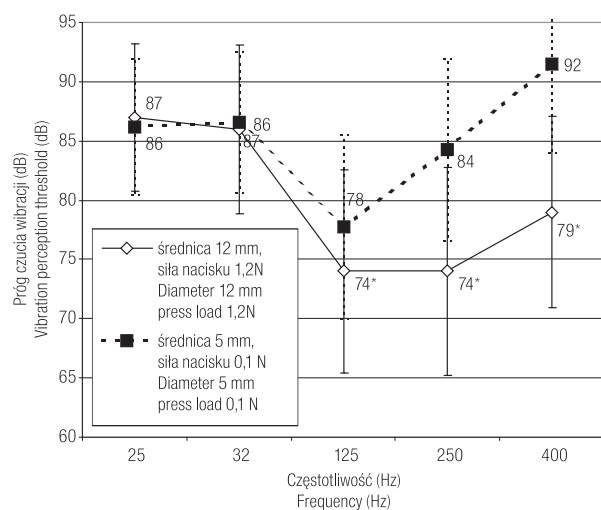
Tabela I. Średnie wartości progów mierzone za pomocą metody standardowej (stosowanej dotychczas) oraz zalecanej w dokumentach ISO

Table I. The mean values of vibration perception thresholds (VPTs) measured by the standard method (currently used) and by the ISO-recommended method

Metoda Method	Próg czucia VPTs (dB)	Częstotliwość Frequency, Hz							
		4	25	32	63	125	250	400	500
Standardowa Standard	Średnia Mean				83,1	76,4	75,9	81,9	86,3
	SD				7,7	8,1	7,5	6,5	6,3
Wg ISO According to ISO	Średnia Mean	85,4	85,2	85,2		77,3	79,5*	85,0*	
	SD	4,5	5,8	5,9		7,8	7,6	7,4	

* Średnie wartości progów czucia różnią się w sposób istotny $p < 0,05$.

* Mean values of vibration perception thresholds (VPTs) differ significantly $p < 0.05$.



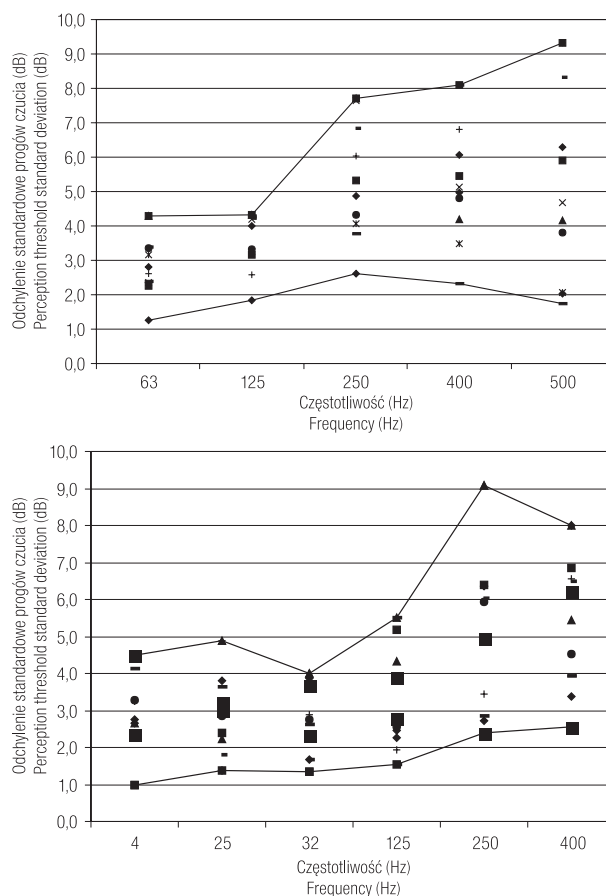
Ryc. 2. Progi czucia wibracji uzyskane w badaniu metodą Bekesy'ego z zastosowaniem dwóch różnych końcówek drgających - standardowej ($\phi = 12$ mm), naciskanej z siłą 1,2 N oraz zalecanej przez ISO ($\phi = 5$ mm) naciskanej z siłą 0,1 N. Progi czucia w metodzie zalecanej przez ISO są istotnie wyższe dla częstotliwości 125, 250 i 400 Hz ($p < 0,05$).

Fig. 2. The values of vibration perception thresholds obtained by means of Bekesy's technique with the use of two different vibrating probes: standard ($\phi = 12$ mm), pressed with the force of 1.2 N, and the ISO-recommended vibratory probe ($\phi = 5$ mm), pressed with the force of 0.1 N. Significantly higher vibration perception thresholds in the ISO-recommended method at the frequencies of 125, 250 and 400 Hz ($p < 0.05$).

wej oraz dla częstotliwości z zakresu 4–125 Hz w metodzie zalecanej przez ISO. Dla wyższych częstotliwości progi czucia wielokrotnie mierzone u tej samej osoby różniły się znacznie w obu metodach większości badanych osób (ryc. 3a i b).

OMÓWIENIE I WNIOSKI

Badanie czucia wibracji jest testem psychofizycznym, którego wynik zależy nie tylko od doboru parametrów badania (siła



Ryc. 3. Ocena zmienności osobniczej wyników czucia wibracji: a) w metodzie standardowej (stosowanej dotychczas), b) w metodzie zalecanej przez ISO. Najmniejszy rozrzut wyników otrzymano dla częstotliwości 63 i 125 Hz w metodzie a) oraz częstotliwości z zakresu 4–125 Hz w metodzie b).
Fig. 3. The evaluation of the intrasubject variability in the measurements of vibration perception: (a) Standard method (currently used in Poland), (b) ISO-recommended method. The least scattered results were obtained at the frequencies of 63 and 125 Hz, method (a) and at the frequency range between 4 and 125 Hz, method (b).

nacisku, wielkość końcówki drgającej, zakres częstotliwości), lecz również od współpracy pacjenta, a także jego szybkości reakcji oraz umiejętności koncentracji. Dlatego też badania zostały przeprowadzone u zdrowych, dobrze współpracujących ochotników, u których ani wiek ani przebyte choroby nie miały wpływu na wynik pomiaru. Pierwszym etapem pracy było porównanie dwóch algorytmów badania: prezentacji bodźca metodą narastania oraz metodą Bekesy'ego. Aby wykluczyć wpływ pozostałych parametrów, obie serie pomiarów zostały przeprowadzone na automatycznym mierniku, dla tych samych częstotliwości drgań, wielkości, końcówki i siły nacisku, u tych samych osób. Otrzymane wyniki nie wykazały różnic progów czucia mierzonych obiema metodami. Co więcej 87% badanych stwierdziło, że algorytm Bekesy'ego jest łatwiejszy i pozostawia mniej wątpliwości odczuwania bodźca. Istotne przy tym jest, że w badaniu według algorytmu Bekesy'ego, przy opóźnionym wciśnięciu przycisku sygnalizacyjnego pacjent ma możliwość poprawienia wyniku w następnym pomiarze (przy uśrednianiu wyniku aparat odrzucał bowiem wartości skrajne), natomiast w metodzie narastania bodźca takiej możliwości nie ma – każde naciśnięcie przycisku dawało wynik ostateczny. Wadą metody Bekesy'ego jest natomiast jej czasochłonność, a także szybkie zmęczenie psychiczne badanego oraz fizjologiczne zmęczenie receptorów czucia dotyku (7). Biorąc pod uwagę brak różnic w wartościach progów czucia pomiędzy metodami, a także subiektywną ocenę badań, należy uznać, że zalecany przez ISO algorytm powinien zostać przyjęty w Polsce w badaniach czucia wibracji. Metodyka ta jest nieco bardziej czasochłonna, jednak skrócenie czasu badania można uzyskać poprzez zmniejszenie liczby badanych częstotliwości.

Warunkami badania mogącymi wpływać na wysokość progów czucia wibracji są wielkość końcówki drgającej oraz siła nacisku na końcówkę. Stosowane dotychczas aparaty diagnostyczne wyposażone są w końcówkę drgającą o średnicy $\phi = 12$ mm, naciskaną z siłą 1,2 N (dla tych parametrów ustalono wartości normatywne progów czucia) (8). Wartości parametrów zalecane przez ISO są inne i wynoszą: $\phi = 5$ mm, siła 0,1 N. Wpływ wymienionych parametrów na wysokość progów czucia nie został jednak do tej pory jednoznacznie określony. Hagander (9) uzyskał wzrost progów czucia przy zmianie nacisku na końcówkę z 30 do 50, a następnie 100 g; odwrotnie, niż Lowenthal (10), który stwierdził istotnie obniżenie progów czucia przy wzroście siły nacisku na końcówkę z 200 do 800 g/1,33 cm². Era i Hanninen (11) nie znaleźli zależności między zmianą siły nacisku z 1 do 3 N/1,33 cm² a zmianą progów czucia, w szerokim zakresie częstotliwości 50–500 Hz. Ta różnorodność wyników spowodowana może być bardzo dużymi różnicami stosowanych sił i wielkości końcówek, które mogą pobudzać różne receptory czucia dotyku.

W prowadzonych badaniach oceniano zmianę progów czucia po zmianie siły nacisku z 1,2 N/113 mm² (11 G/cm²) do 0,1 N/19,6 mm² (5 G/cm²). Dla niskich częstotliwości nie stwierdzono różnic w progach czucia. Dla częstotliwości 125 Hz

różnice progów czucia były stosunkowo niewielkie, lecz istotne statystycznie, natomiast dla wyższych częstotliwości obniżenie siły nacisku spowodowało bardzo znaczne podwyższenie progów czucia. Otrzymane wyniki wskazują zatem na mniejszą przydatność badania czucia z zastosowaniem końcówki zalecanej przez ISO dla drgań o wysokich częstotliwościach.

Badanie czucia wibracji jest badaniem subiektywnym, dlatego też można się spodziewać dość dużego rozrzutu wyników pomiarów wykonywanych u tej samej osoby w kolejnych dniach. I tak zmienność wyników dla kolejnych pomiarów u tej samej osoby i częstotliwości 100 Hz oceniano na 30–50% (12), a nawet 100% (13). We wcześniejszych badaniach własnych współczynnik zmienności (stosunek odchylenia standardowego do średniej) dla częstotliwości 250 Hz był znacznie niższy i mieścił się w granicach 2–10% (14). Podobnie Hilz (15), porównując dwukrotnie powtórzone badania czucia dla częstotliwości 120 Hz wykazał w grupie 49 dzieci ścisłą korelację progów czucia w obu pomiarach.

W obecnej pracy oceniano rozproszenie wyników pomiarów przeprowadzanych wielokrotnie u tych samych osób według dwóch metod – standardowej i zalecanej przez ISO. Stwierdzono wzrost rozrzutu wyników wraz ze wzrostem częstotliwości bodźca. Duże rozproszenie wyników obserwowane u większości badanych w standardowo stosowanej metodzie narastania bodźca dla częstotliwości 250, 400 i 500 Hz jest tym istotniejsze, że są to częstotliwości, na podstawie których oparta jest diagnostyka zaburzeń czucia i orzekanie o zdolności do pracy zawodowej w narażeniu na drgania miejscowe.

Porównanie średnich progów czucia wibracji mierzonych według dwóch metod przeprowadzono dla częstotliwości drgań: 125, 250 i 400 Hz, wspólnych dla obu metod (miernik MCW-2k nie posiada opcji pomiaru niskich częstotliwości). Wykazano, że średnie wartości progów czucia w obu metodach nie różniły się jedynie dla 125 Hz, natomiast wraz ze wzrostem częstotliwości wyraźnie wzrastały. Obserwowane dla wyższych częstotliwości różnice pomiędzy badaniami mogą być związane z efektem pobudzeniem różnych struktur (receptorów czucia).

Ujednolicenie metodyki badania zgodnie z zaleceniami ISO wiąże się ze zmianą szeregu parametrów dotychczas stosowanej metodyki badania czucia wibracji. Zalecany przez normy ISO algorytm Bekesy'ego jest łatwiejszy dla pacjenta, a wyniki pomiaru są zbliżone do otrzymywanych metodą standardową. Istotne jest wprowadzenie do pomiaru częstotliwości z zakresu 4–125 Hz i oparcie o nie procedury orzekania o zdolności do pracy zawodowej. Częstotliwości z wyższego zakresu obciążone są bowiem dużą zmiennością osobniczą wyników, mogącą wpływać na ocenę stanu pacjenta. Dla standaryzacji badania należy wprowadzić stosowanie mniejszej końcówki drgającej ($\phi = 5$ mm) oraz mniejszej, niż stosowana dotychczas, siły nacisku na tę końcówkę (0,1 N), jakkolwiek progi czucia dla częstotliwości równych bądź większych od 125 Hz przy tych warunkach wydają się być wyższe, niż w badaniu metodą standardową.

PIŚMIENNICTWO

1. Strömberg T., Dahlin L.B., Lundborg G.: Vibrotactile sense in the hand-arm vibration syndrome. *Scand. J. Work Environ. Health* 1998, 24, 6, 495-502.
2. Lofvenberg J., Johansson R.S.: Regional differences and interindividual variability in sensitivity to vibration in glabrous skin of the human hand. *Brain. Res.* 1984, 28, 301, 65-72.
3. De Neeling J.N., Beks P.J., Bertelsmann F.W., Heine R.J., Bouter L.M.: Sensory thresholds in older adults: reproducibility and reference values. *Muscle Nerve* 1994, 17, 4, 454-61.
4. Gerr F.E., Letz R.: Reliability of a widely used test of peripheral cutaneous vibration sensitivity and a comparison of two testing protocols. *Br. J. Ind. Med.* 1988, 45, 635-639.
5. Bartlett G., Stewart J.D., Tamblyn R., Abrahamowicz M.: Normal distributions of thermal and vibration sensory thresholds. *Muscle Nerve* 1998, 21, 367-374.
6. ISO/CD 13091-1. Mechanical vibration - Vibrotactile perception thresholds for the assessment of nerve dysfunction. Part 1. Method of measurement at the fingertips.
7. Harada N., Griffin M.: Factors influencing vibration sense thresholds used to assess occupational exposures to hand transmitted vibration. *Br. J. Ind. Med.* 1991, 48, 185-192.
8. Langauer-Lewowicka H. [red.]: Wytyczne metodyczne dotyczące rozpoznawania, zapobiegania i leczenia zespołu wibracyjnego wywołanego działaniem drgań mechanicznych przekazywanych na ręce. IMPiZŚ, Sosnowiec 1973.
9. Hagander L., Midani H., Kuskowski M., Parry G.: Quantitative sensory testing: effect of site and pressure on vibration thresholds. *Clin. Neurophysiol.* 2000, 111, 1066-1069.
10. Lowenthal L.M., Hockaday T.D.R.: Vibration sensory thresholds depend on pressure of applied stimulus. *Diabetes Care* 1987, 10, 100-102.
11. Era P., Hanninen V.: The effects of intensity, frequency, static load and shore hardness on different parameters in vibration sensitivity measurements. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry* 1987, 50, 465-470.
12. Sallč H.J.A., Veberek M.M.: Comparison of five methods for measurement of vibratory perception. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1984, 53, 303-316.
13. Halonen P.: Quantitative vibration perception thresholds in vibratory subjects of working age. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 1986, 54, 6, 647-655.
14. Zamysłowska Szmytke E.: Badania progu czucia prądu elektrycznego na opuszkach palców osób zdrowych - sprawdzenie powtarzalności wyników. *Med. Pr.* 1995, 46, 1, 47-54.
15. Hilz M.J., Axelrod F.B., Hermann K., Duetsh M., Neundorfer B.: Normative values of vibratory perception in 53 children, juveniles and adults aged 3-79 years. *J. Neurol. Sci.* 1998, 2, 219-25.

Adres autorów: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail: zamysewa@imp.lodz.pl
Nadesłano: 9.07.2001
Zatwierdzono: 14.09.2001