

SEBASTIAN SZCZYRBA<sup>1</sup>, LESZEK BIENIASZEWSKI<sup>2</sup>

## **ILOŚCIOWE BADANIE CZUCIA WIBRACJI I TEMPERATURY – OCENA POWTARZALNOŚCI METODY**

### **QUANTITATIVE VIBRATION AND TEMPERATURE PERCEPTION TESTING – ASSESSMENT OF REPRODUCIBILITY OF THE METHOD**

<sup>1</sup>Klinika Neurologii Dorosłych AM w Gdańsku

kierownik: dr hab. med. W. M. Nyka, prof. nzw.

<sup>2</sup>Zakład Fizjologii Klinicznej AM w Gdańsku

Czucie wibracji i temperatury odzwierciedla funkcję nerwów obwodowych. Jego oznaczanie sposobem ilościowym jest obiektywną metodą, stosowaną w próbach klinicznych i badaniach przesiewowych w kierunku neuropatii. Ilościowe oceny czucia wibracji i temperatury uważane są za wysoce użyteczne narzędzia w ocenie dynamiki zmian neuropatycznych. Wiarygodna interpretacja badań jest możliwa jedynie w przypadku dogłębnej znajomości zmienności uzyskiwanych wyników.

W niniejszej pracy oceniano krótko- i długoterminową powtarzalność uzyskiwanych wyników ilościowego badania czucia wibracji i temperatury w grupie zdrowych osób.

Przeprowadzone badania potwierdziły wysoką powtarzalność wyników badania czucia wibracji i temperatury z użyciem aparatury firmy Physitemp, zarówno w odniesieniu do wartości ilościowych, jak i przedziałów jakościowych. Wrażliwość palucha na bodźce termiczne i wibracyjne była istotnie niższa niż palca wskazującego.

Ilościowa ocena czucia wibracji i temperatury realizowana przy pomocy urządzeń Vibratron II i Thermal Sensitivity Tester firmy Physitemp jest powtarzalną metodą oceny stopnia powikłań neuropatycznych w obwodowym układzie nerwowym.

Badanie kliniczne obwodowego układu nerwowego polega na ocenie funkcji czuciowych, ruchowych i autonomicznych nerwów obwodowych. Uzupełnieniem badania fizykalnego są metody elektrofizjologiczne pomiaru parametrów przewodzenia nerwów obwodowych (elektro-neurografia, ENG) oraz ilościowa ocena czucia (quantitative sensory testing, QST) wibracji i temperatury. Pozwalają one na obiektywizację uzyskiwanych wyników i porównania pomiędzy ośrodkami, a ilościowa (liczbowa) prezentacja wyniku jest przydatna w długoterminowej ocenie funkcji nerwów. Czucie wibracji jest najczęściej ilościowo oznaczanym parametrem somatosensorycznym. Ilościowe pomiary czucia temperatury wykorzystywane są rzadziej,

ze względu na doniesienia części autorów, wskazujące na większą zmienność uzyskiwanych wyników.

Na rynku dostępnych jest obecnie kilka typów urządzeń służących do ilościowych badań funkcji nerwów. W zależności do producenta różnią się one budową, wielkością, sposobem obsługi oraz algorytmem badania. Odmienne sposoby prezentacji wyników sprawia, że istnieje niewiele doniesień porównujących wyniki z różnych ośrodków badawczych. Dotychczas nie opracowano także jednolitego „złotego” standardu oceny funkcji nerwów obwodowych ilościowym badaniem czucia.

Niniejszy projekt miał na celu ocenę krótko- i długoterminowej powtarzalności uzyskiwanych wyników ilościowego badania czucia wibracji i temperatury w grupie zdrowych osób.

## MATERIAŁ I METODY

### Osoby badane

W badaniu wzięły udział 22 zdrowe osoby (14 kobiet i 8 mężczyzn) w wieku 22 – 36 lat (średni wiek 26,7 lat  $\pm$  4,1 lat). Osoby te podpisały formularz świadomej zgody na udział w próbie, po czym zostały poddane trzykrotnemu badaniu czucia wibracji i temperatury, które było przeprowadzone przez tę samą osobę (S.Sz., autor). Osoby zakwalifikowane do udziału w badaniu nie stosowały żadnych używek, nie były narażone na działanie substancji toksycznych, nie przyjmowały żadnych leków na stałe; żadna z kobiet biorących udział w badaniu nie była w tym czasie w ciąży. Badanie neurologiczne u tych osób nie wykazywało nieprawidłowości.

### Aparatura badawcza

Do oceny czucia wibracji w badaniu wykorzystano aparat Vibratron II firmy Physitemp (New Jersey, USA). Składa się on z jednostki sterującej, umożliwiającej ustalenie intensywności wibracji i wybór wibrującej końcówki oraz dwóch elementów peryferyjnych, zawierających wibrujące końcówki.

Czucie temperatury oznaczano na aparacie NTE-2 Thermal Sensitivity Tester tej samej firmy. Składa się on z jednostki sterującej i dwóch elementów peryferyjnych zawierających metalowe płytki o temperaturze regulowanej jednostką sterującą.

### Przebieg badań

U każdej z badanych osób wykonano trzykrotnie badania czucia wibracji i czucia temperatury. W celu określenia powtarzalności krótkookresowej drugie badanie przeprowadzono po 7 dniach od pierwszego. Dla oceny powtarzalności długoterminowej przeprowadzono kolejne, trzecie badanie po 4 tygodniach od badania pierwszego.

W badaniu oznaczano próg czucia wibracji i zdolność różnicowania temperatury. Do ich oznaczenia użyto metody „wymuszonego wyboru z dwóch możliwości”. W metodzie tej bodziec jest w danym momencie stosowany tylko w jednej w dwóch końcówek aparatu – osoba poddawana badaniu po dotknięciu obu końcówek musi rozpoznać, w której z nich jest aktualnie aplikowany bodziec. Rutynowo przeprowadzano badanie prawego palca wskazującego

i prawego palucha. Przed rozpoczęciem osoba poddawana badaniu otrzymywała szczegółowe instrukcje dotyczące protokołu badania i miała możliwość zapoznania się z aparaturą badawczą poprzez serię próbnych bodźców.

Badanie przeprowadzano w pomieszczeniu, w którym temperatura była stała i wynosiła 22 °C. W pokoju znajdowały się tylko osoba przeprowadzająca badanie i osoba poddawana badaniu. Przed rozpoczęciem osoba poddawana badaniu przez 15 minut przebywała w pomieszczeniu badawczym w celu zaadaptowania się do warunków badania. Czas trwania całości badania nie przekraczał 45 minut.

### Metodyka ilościowej oceny odczuwania wibracji

#### Procedura badania

Przed rozpoczęciem badania osobie poddawanej badaniu pozostawiano około 15 minut na zaadaptowanie się do temperatury pomieszczenia. Po tym czasie zapoznawano ją z aparatem użytym do badania oraz z rodzajem bodźców, których mogła się spodziewać w czasie badania. Przeprowadzający badanie instruował osobę poddawaną badaniu co do siły i długości nacisku, jaki powinien być wywierany na końcówki aparatu w czasie badania. Idealny czas kontaktu z końcówką wynosi około 1 sekundy, a siła nacisku powinna być minimum koniecznym do wykrycia wibracji. Czas przed badaniem był także wykorzystywany do ustalenia poziomu wibracji, od którego rozpoczynano właściwe badanie. W tym celu ustawiano i prezentowano osobie poddawanej badaniu kilka próbnych bodźców wibracji.

Próg odczuwania wibracji oznaczano jednostronnie, najpierw dla palca wskazującego, a następnie dla palucha po tej samej stronie ciała.

Badanie przeprowadzano metodą „wymuszonego wyboru z dwóch możliwości”. W czasie każdej próby tylko jedna końcówka aparatu wibrowała, a osoba poddawana badaniu musiała określić, która końcówka wibrowała w danym momencie. Ustawienie wibrującej końcówki było determinowane sekwencją randomizacyjną, natomiast intensywność wibracji w danej próbie wynikała z algorytmu badania.

W pierwszym teście właściwego badania ustawiano intensywność wibracji na poziomie, przy którym osoba poddawana badaniu w czasie prób przed badaniem wykrywała wibrację prawidłowo za każdym razem (100% trafnych wyborów). Dla wielu badanych między 20 a 50 rokiem życia początkowa intensywność wibracji na poziomie 6,5 v.u. (jednostek wibracji – vibration units) jest wystarczająca. Poziom powinien być zwiększony w wypadku badania osób starszych oraz przy badaniu stóp.

Przy każdej próbie poziom intensywności wibracji oraz wybór osoby poddawanej badaniu był zapisywany w protokole badania.

#### Algorytm badania

Rozpoczynając badanie wibrującą końcówkę (A lub B) ustawiano według pierwszej kolumny maczy A/B zamieszczonej w protokole badania. Gdy badany prawidłowo określił wibrującą końcówkę w pierwszej próbie, intensywność wibracji obniżano o około 10% i ustawiano wibrującą końcówkę według kolejnej pozycji w pierwszej kolumnie maczy. Proces ten kontynuowano aż do wystąpienia pierwszego błędu (nieprawidłowy wybór wibrującej końcówki).

Gdy badany nieprawidłowo określił wibrującą końcówkę, w następnej próbie wracano do poprzedniej wartości intensywności bodźca i ustawiano wibrującą końcówkę według kolejnej

kolumny matrycy. Po prawidłowym rozpoznaniu kontynuowano obniżanie intensywności bodźca w kolejnych próbach o 10% według powyższego schematu, aż do wystąpienia kolejnego błędu. Stopień obniżania intensywności wibracji nie musi być przestrzegany bardzo rygorystycznie – ma to być wartość zbliżona do 10% intensywności poprzedniej.

Badanie kontynuowano aż do wystąpienia całkowitej liczby 5 błędów. Po piątym błędzie badanie kończono, bez względu na to, przy jakiej intensywności wibracji to następowało. Przy badaniu poniżej poziomu 1,0 v.u., każda próba była wykonywana dwukrotnie, nawet gdy badany prawidłowo określił wibrującą końcówkę w pierwszym podejściu.

Pojedynczy błąd zdarza się często już na początku badania. Nie ma to wpływu na końcowy wynik, gdyż jest to kompensowane w trakcie obliczania progu wibracji.

#### Wskazówki techniczne

Aby uzyskać wiarygodne wyniki badania progu odczuwania wibracji, przestrzegano następujących zasad:

1. Sposób, długość i siła nacisku wywieranego na końcówki aparatu przez osobę poddawaną badaniu powinny być w miarę możliwości jednakowe w czasie całego badania. Dla zachowania ciągłości badania wydawano dodatkowe instrukcje typu: „Proszę naciskać mocniej/słabiej”.

2. W czasie całego badania, pomiędzy kolejnymi próbami, osoba przeprowadzająca badanie prezentowała ruchy i dźwięki związane ze zmianą lokalizacji wibrującej końcówki. Gdy w kolejnej próbie lokalizacja wibrującej końcówki nie ulegała zmianie, używano pasywnego przełącznika. Obydwa przełączniki – aktywny i pasywny – były używane pomiędzy kolejnymi próbami w celu zamaskowania aktualnej pozycji (A lub B) wibrującej końcówki.

3. W czasie badania osoba poddawana badaniu nie mogła dotykać plastikowej pokrywy ani metalowej obudowy jednostek wibrujących. Dotykała wyłącznie wibrującej końcówki.

4. Ustawienia na aparacie oraz protokół badania umieszczano w ten sposób, aby osoba poddawana badaniu nie mogła ich widzieć.

5. Końcówki aparatu były sprawdzane przed każdym badaniem, żeby upewnić się, czy ich ruchomość nie jest zaburzona i czy nie kontaktują się z plastikową pokrywą obudowy.

6. Rozpoczynano od odpowiednio wysokiego poziomu intensywności wibracji, żeby badanie miało wartość statystyczną. Badanie uznawano za ważne, jeśli przeprowadzono co najmniej 18 prób lub jeśli w pierwszych 8 próbach osoba poddawana badaniu popełniła nie więcej niż 1 błąd. Gdy te kryteria nie były spełnione, badanie przeprowadzano ponownie, rozpoczynając od wyższego wyjściowego poziomu intensywności wibracji.

#### Analiza danych

Pierwszym krokiem w obliczaniu progu odczuwania wibracji było wybranie ustawień intensywności wibracji przy 5 popełnionych błędach oraz 5 najniższych prawidłowych rozpoznaniach, a następnie wpisanie ich w odpowiednie pola protokołu badania. Najwyższa i najniższa wartość z wybranych 10 była odrzucana, a z pozostałych 8 obliczano wartość średnią, która jest progiem odczuwania wibracji. Wynik określony jest w jednostkach wibracji (v.u.).

#### Interpretacja jakościowa progu odczuwania wibracji

Średni próg wibracji dla palca wskazującego w populacji zdrowych osób dorosłych nie starszych niż 65 lat wynosi  $0,76 \pm 0,43$  v.u. (vibration units – jednostek wibracji). Wartość dla

palucha w tej samej populacji wynosi  $1,28 \pm 0,55$  v.u. Zależność kategorii funkcji nerwów w odniesieniu do progu wibracji uwzględniająca węższe przedziały wiekowe została przedstawiona w poniższej tabeli.

Tab. I

Kategoryzacja funkcji nerwów w oparciu o próg wibracji w zależności od wieku badanych osób oraz ocenianego miejsca

Nerve function category based on vibration threshold according to age and tested location

Wiek (lata) Age (years)	Kategoria funkcji nerwów / Nerve function category			
	Norma Normal	Łagodna dysfunkcja Mild dysfunction	Umiarkowana dysfunkcja Moderate dysfunction	Ciężka dysfunkcja Severe dysfunction
Palec wskazujący / Index finger				
< 35	< 1,58	1,58 – 2,30	2,31 – 3,02	> 3,02
36-50	< 1,82	1,82 – 2,68	2,69 – 3,54	> 3,54
51-65	< 2,10	2,10 – 3,12	3,13 – 4,14	> 4,14
> 65	< 2,45	2,45 – 3,69	3,70 – 4,93	> 4,93
Paluch / Great toe				
< 35	< 2,39	2,39 – 3,35	3,36 – 4,31	> 4,31
36-50	< 2,56	2,56 – 3,60	3,61 – 4,64	> 4,64
51-65	< 2,89	2,89 – 4,07	4,08 – 5,25	> 5,25
> 65	< 3,43	3,43 – 4,87	4,88 – 6,31	> 6,31

Wartości progów odczuwania wibracji podane w tabeli wyrażone są w jednostkach wibracji (vibration units – v.u.).

Vibration sensation thresholds in table above are presented in vibration units (v.u.)

### Metodyka ilościowej oceny odczuwania różnic temperatury

Przed rozpoczęciem badania osobie poddawanej badaniu pozostawiano około 15 minut na zaadaptowanie się do temperatury pomieszczenia. Po tym czasie zapoznawano ją ze sposobem badania oraz sprzętem do niego używanym. W tym czasie ustawiano próbne różnice temperatury między płytkami i prezentowano je osobie poddawanej badaniu, aby zaznajomić ją z typem bodźców, jakich mogła spodziewać się w czasie badania. Osobę poddawaną badaniu instruowano także co do długości i siły nacisku, który powinna wywierać na płytki w czasie badania.

W warunkach idealnych kontakt z płytką powinien trwać około 1 sekundy, a siła nacisku powinna być wystarczająca do wywołania zblednięcia płytki paznokcia badanego palca. Kolejne próby przeprowadzano w odstępie około 15 sekund.

Rutynowy test obejmował 2 lokalizacje:

1. Dłoniową powierzchnię paliczka dalszego palca wskazującego ręki
2. Podeszwową powierzchnię palucha tej samej strony ciała

W czasie każdego testu osoba poddawana badaniu dotykała obu płytek, a jej zadaniem było określenie, która z płytek była w danym momencie zimniejsza. Osoba przeprowadzająca badanie na podstawie sekwencji randomizacyjnej, znajdującej się w dołączonej do protokołu

badania tabeli, ustawiała zimniejszą płytkę. Różnica temperatur płytek była determinowana wiekiem osoby poddawanej badaniu.

#### Algorytm badania

Badanie rozpoczynało się przy ustawionej różnicy temperatur odpowiadającej poziomowi 5,0 sd odpowiednio dla wieku osoby badanej. Różnica temperatur między płytkami była odczytywana bezpośrednio z cyfrowego termometru wchodzącego w skład zestawu.

Ustawienie zimniejszej płytki (A lub B) przez osobę przeprowadzającą badanie było określone na podstawie sekwencji randomizacyjnej, umieszczonej w formularzu badania. Sekwencję można rozpocząć w dowolnym miejscu tabeli, ale trzeba podążać według niej aż do końca badania, niezależnie od lokalizacji. Kolejne litery sekwencji z tabeli oznaczają, która płytka ma być ustawiona jako aktywna, czyli zimniejsza – druga płytka jest płytką pasywną i miała w czasie próby temperaturę 25,0 °C.

Tab. II

Kategoryzacja funkcji nerwów w oparciu o najmniejszą bezbłędnie rozpoznawaną różnicę temperatur w zależności od wieku badanych osób oraz ocenianego miejsca

Nerve function category based on the lowest correctly recognized temperature difference according to age and tested location.

Wiek (lata) Age (years)	Kategoria funkcji nerwów / Nerve function category					
	Prawidłowa Normal	Graniczna prawidłowa Borderline normal	Łagodna neuropatia Mild neuropathy	Łagodna umiarkowana neuropatia Mild moderate neuropathy	Ciężka umiarkowana neuropatia Severe moderate neuropathy	Ciężka neuropatia Severe neuropathy
	[ 0 ]	[ 1 ]	[ 2 ]	[ 3 ]	[ 4 ]	[ 5 ]
Palec wskazujący / Index finger						
< 30	1,4	1,7	2,1	2,6	3	> 3,0
31-45	1,4	1,8	2,2	2,7	3,2	> 3,2
46-60	1,6	1,9	2,5	3	3,5	> 3,5
> 60	1,9	2,3	2,9	3,6	4,2	> 4,2
Paluch / Great toe						
< 30	2,4	3	3,9	4,7	5,6	> 5,6
31-45	2,5	3,2	4,1	5	6	> 6,0
46-60	3	3,7	4,9	5,8	6,9	> 6,9
> 60	3,5	4,3	5,5	6,7	8	> 8,0

Wartości w tabeli oznaczają najmniejszą bezbłędnie rozpoznawaną różnicę temperatury dla danej lokalizacji. Różnica została podana w stopniach Celsjusza [°C].

Values in the table are the lowest correctly recognized temperature differences in the tested location. Temperature difference is presented in degrees Celsius [°C].

Przeprowadzano 3 próby na poziomie 5,0 sd, jeśli we wszystkich osoba poddawana badaniu prawidłowo określiła zimniejszą płytkę, ustawiano różnicę temperatur płytek wg poziomu 3,5 sd i wykonywano dodatkowe 3 próby. Przy 3 prawidłowych rozpoznaniach ustawiano różnicę wg poziomu 2,5 sd i wykonywano kolejne 3 próby. Gdy osoba poddawana badaniu prawidłowo rozpoznała zimniejsze płytki, kończono badanie (całkowita liczba prób 9).

Przy każdej próbie dokumentowano ustawienia temperatury oraz wybory osoby poddawanej badaniu w odpowiednich kolumnach protokołu badania.

Gdy osoba poddawana badaniu nieprawidłowo określiła zimniejszą płytkę w 1, 2 lub wszystkich 3 próbach na poziomie 5,0 sd, kolejne próby przeprowadzano przy większej różnicy temperatur (6,5 sd). Gdy osoba poddawana badaniu prawidłowo określiła zimniejszą płytkę we wszystkich 3 próbach na tym poziomie, kończono badanie (całkowita liczba prób 6). W wypadku nieprawidłowego wyniku 1, 2 lub wszystkich 3 prób na tym poziomie, przeprowadzano dodatkowe 3 próby przy jeszcze większej różnicy temperatur (8,0 sd). Po 3 próbach na tym poziomie badanie kończono (całkowita liczba prób 9).

Przy prawidłowym wyniku wszystkich prób na poziomie 5,0 sd i nieprawidłowym wyniku 1, 2 lub 3 prób na poziomie 3,5 sd kończono badanie (całkowita liczba prób 6).

Kategorię progu termicznego osoby badanej (prawidłowy, graniczny prawidłowy, łagodna neuropatia itd.) określa najniższa różnica temperatur, przy której wszystkie próby rozpoznawania zimniejszej płytki były prawidłowe.

#### Interpretacja jakościowa testu różnicowania temperatury

Wartość średnia osiągana w teście różnicowania temperatury jest zależna od wieku badanych osób. Dopuszczalny zakres błędu jest mniejszy w przypadku badania dla palca wskazującego niż dla palucha. W tabeli II przedstawione zostały opracowane przez firmę Physitemp (producenta urządzenia NTE-2 Thermal Sensitivity Tester) wartości, służące wyznaczeniu kategorii funkcji nerwów.

## WYNIKI

Powtarzalność odczuwania wibracji oraz testu różnicowania temperatury przeprowadzono w odniesieniu do uzyskanych wartości oraz wyniku kategoryzacji funkcji nerwów opartej na przytoczonych uprzednio tabelach.

### Odczuwanie wibracji

#### Powtarzalność ilościowej oceny odczuwania wibracji

Wartości maksymalne, minimalne oraz wyznaczane na ich podstawie wartości progowe dla wizyty pierwszej nie różniły się w sposób istotny statystycznie (test t-Studenta) w porównaniu z odpowiednimi wartościami wyznaczonymi dla wizyt 2 i 3. Porównanie wartości progowych określonych dla wskaziciela i palucha wykazało, że stwierdzona podczas pierwszego badania istotna statystycznie różnica wartości występowała także przy okazji kolejnych wizyt (tabela III).

Tab. III

Wartości charakteryzujące odczuwanie wibracji na wskazicielu i paluchu podczas kolejnych wizyt.

Values describing vibration perception in the index finger and hallux on visits 1,2 and 3.

	Badanie 1 / Visit 1		Badanie 2 / Visit 2		Badanie 3 / Visit 3	
	Średnia (SD) Mean (SD)	Zakres Range	Średnia (SD) Mean (SD)	Zakres Range	Średnia (SD) Mean (SD)	Zakres Range
Wskaziciel / Index finger						
wartość maksymalna maximal value	0,97 (0,39)	0,5 - 2,1	1,05 (0,34)	0,6 - 1,7	1,02 (0,28)	0,6 - 1,8
wartość progowa threshold value	0,75 (0,31)	0,21 - 1,86	0,86 (0,27)	0,36 - 1,5	0,86 (0,2)	0,59 - 1,31
wartość minimalna minimal value	0,63 (0,32)	0,1 - 1,7	0,74 (0,24)	0,3 - 1,3	0,74 (0,18)	0,5 - 1,1
Paluch / Great toe						
wartość maksymalna maximal value	1,48 (0,53)	0,8 - 2,5	1,56 (0,44)	1 - 2,6	1,35 (0,36)	0,8 - 2,4
wartość progowa threshold value	1,19* (0,34)	0,66 - 1,96	1,19* (0,35)	0,7 - 2,13	1,14** (0,33)	0,59 - 2,03
wartość minimalna minimal value	1,02 (0,28)	0,6 - 1,7	0,96 (0,29)	0,5 - 1,7	0,97 (0,3)	0,4 - 1,7

\*  $p < 0,001$ ; \*\*  $p < 0,002$  dla porównania ze wskazicielem

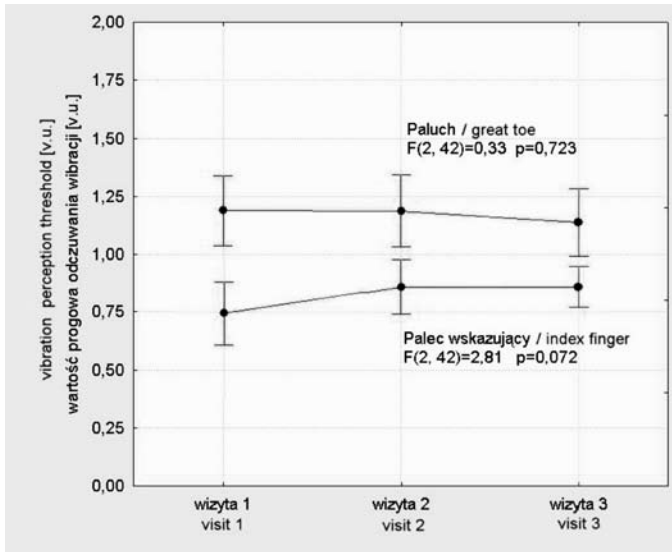
\*  $p < 0,001$ ; \*\*  $p < 0,002$  compared to index finger

Ocena powtarzalności przeprowadzona przy pomocy analizy wariancji dla powtarzanych pomiarów nie wykazała również istotnych statystycznie różnic dla porównań wartości progowych oraz minimalnych odczuwania wibracji wyznaczanych podczas kolejnych wizyt, zarówno w odniesieniu do wskaziciela jak i palucha. Wartości maksymalne dla wskaziciela, ale nie dla palucha, również nie różniły się istotnie w trakcie powtarzanych ocen (rycina nr 1).

#### Powtarzalność jakościowej oceny odczuwania wibracji

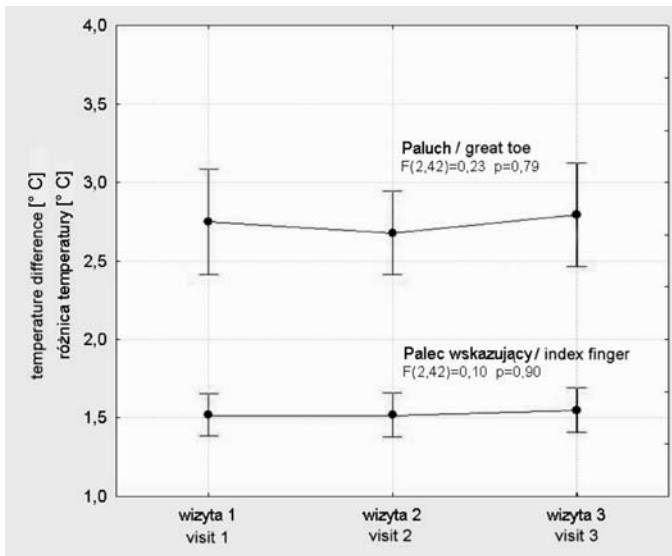
Wartości progowe odczuwania wibracji określone dla każdej osoby poddawanej badaniu podczas kolejnych wizyt poddane zostały kategoryzacji zgodnie z tabelą I. Kategorię funkcjonalną określoną w tabeli jako NORMA stwierdzono w przypadku oceny odczuwania na paluchu dla wszystkich osób poddawanych badaniu podczas każdej z wizyt. Kategoryzacja przeprowadzona dla wartości progowych określonych dla wskaziciela przyniosła niemal identyczny wynik. Poza lekką dysfunkcją funkcji nerwów określoną dla jednej z osób poddawanych badaniu podczas wizyty pierwszej wszystkie pozostałe oceny wartości progowej odpowiadały prawidłowej funkcji nerwów .





Ryc. 1. Wynik analizy wariancji dla powtarzanych pomiarów czucia wibracji (wizyty 1-3) dla palucha i palca wskazującego (wartości w jednostkach wibracji [v.u.]).

Fig. 1. Results of ANOVA for repeated measures for comparison of vibration perception on hallux and index finger on visits 1, 2 and 3 (values are presented in vibration units [v.u.]).



Ryc. 2. Wynik analizy wariancji dla powtarzanych pomiarów odczuwania różnic temperatury (wizyty 1-3) dla palucha i palca wskazującego (wartości w stopniach Celsjusza).

Fig. 2. Results of ANOVA for repeated measures for comparison of temperature differentiation test on hallux and index finger on visits 1, 2 and 3 (values in degrees Celsius).

## Różnicowanie temperatury

## Powtarzalność ilościowej oceny różnicowania temperatury

Wielkości wartości średniej wyznaczanej w teście różnicowania temperatury nie różniły się istotnie pomiędzy wizytami. Podobnie, nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w wielkości wyznaczanej dla każdego pomiaru odchylenia standardowego temperatur (tabela IV).

Tab.IV

Wartości określone w czasie powtarzanego testu różnicowania temperatury

Temperature differentiation test values on visits 1, 2 and 3

	Badanie 1 / Visit 1		Badanie 2 / Visit 2		Badanie 3 / Visit 3	
	Średnia (SD) Mean (SD)	Zakres Range	Średnia (SD) Mean (SD)	Zakres Range	Średnia (SD) Mean (SD)	Zakres Range
Wskaziciel / Index finger						
różnica – temperatura difference – temperature	1,5 (0,3)	1,4 - 2,6	1,5 (0,3)	1,4 - 2,7	1,6 (0,3)	1,4 - 2,6
różnica – kategorie difference – categories	2,9 (1)	2,5 - 6,5	2,9 (1)	2,5 - 6,5	3 (1,1)	2,5 - 6,5
Paluch / Great toe						
różnica – temperatura difference – temperature	2,8 * (0,8)	2,4 - 5,6	2,7 * (0,6)	2,4 - 4,7	2,8 * (0,7)	2,4 - 5
różnica – kategorie difference – categories	3,1 (1,3)	2,5 - 8	2,9 (1)	2,5 - 6,5	3,1 (1,2)	2,5 - 6,5

\*  $p < 0,001$  – dla porównania ze wskazicielem; wartości temperatury [ $^{\circ}\text{C}$ ]

\*  $p < 0.001$  – compared to index finger; temperature values [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Porównanie wielkości średnich wyznaczanych różnic temperatury dla palucha i palca wskazującego wykazało, że podczas każdej z wizyt wartości wyznaczane dla palca wskazującego były istotnie mniejsze (test t-Studenta;  $p < 0,001$ ) w porównaniu do określanych dla palucha.

Porównanie wartości średnich różnic wyznaczanych podczas kolejnych ocen różnicowania temperatury zarówno w odniesieniu do wskaziciela jak i palucha przy pomocy analizy wariancji dla układu powtarzanych pomiarów nie wykazało istotnych statystycznie różnic w wielkości badanej zmiennej (ryc. 2).

## Powtarzalność jakościowej oceny różnicowania temperatury

W oparciu o kategoryzację uzyskanych w teście różnicowania temperatury wartości zgodnie z tabelą II stwierdzono, że u 12 z badanych 22 osób (55%) wyznaczona kategoria funkcji nerwów była identyczna w trakcie wszystkich trzech wizyt, zarówno w przypadku badania palucha jak i wskaziciela.

Odsetek osób, u których tak określona kategoria funkcji nerwów nie zmieniła się w odstępie tygodnia (badanie 1 vs 2), wynosiła 55% i 73% odpowiednio dla palucha i wskaziciela. Kategorię funkcji nerwów stwierdzaną w czasie badania 1 obserwowano po upływie miesiąca odpowiednio u 64% i 73% osób (badanie 1 vs 3). Częstość występowania sytuacji, w której 2 z 3 uzyskanych kategorii były takie same, wyniosła w przypadku palucha 86%, a wskaziciela 100%.

## OMÓWIENIE

Ocena funkcji nerwów obwodowych ma ważne znaczenie kliniczne dla monitorowania przebiegu chorób należących do grupy neuropatii obwodowych. W praktyce klinicznej jedną z najczęściej spotykanych jest cukrzycowa dystalna polineuropatia czuciowo-ruchowa [1]. Z racji ciągle rosnącej liczby zachorowań na cukrzycę, także częstość występowania tego powikłania systematycznie wzrasta. Wiąże się z tym konieczność oceny funkcji nerwów, zarówno dla prześledzenia zmian w naturalnym przebiegu choroby, jak i dla oceny stosowanych metod prewencyjno-terapeutycznych. Bardzo ważną kwestią jest tutaj nieodwracalność zmian neuropatycznych w obwodowym układzie nerwowym – wczesne wykrycie neuropatii ma decydujące znaczenie dla działań mogących zahamować postęp tego powikłania oraz zapobiec wywołanemu neuropatią inwalidztwu pacjenta.

Do wykrywania i oceny zaawansowania powikłań neuropatycznych stosowanych jest kilka metod. Klasyczne badanie neurologiczne pozwala wykryć objawy związane z zaburzeniami czucia i ubytki funkcji ruchowych. Przydatność tej metody zależy w dużym stopniu od doświadczenia osoby przeprowadzającej badanie. Dostarcza ono szybkiej informacji o obecności objawów neuropatycznych, wynik ma jednak charakter opisowy i częściowo subiektywny, utrudniając stratyfikację stopnia powikłań. Współczynnik zmienności wyników w kolejnych badaniach przeprowadzanych przez tę samą lub inną osobę ogranicza ich powtarzalność i wiarygodność [2]. Podjęto próbę tworzenia ujednoliconych skal ułatwiających przeprowadzenie badania i ocenę stopnia zaburzeń. Należą do nich Michigan Neuropathy Screening Instrument, Neurological Disability Score czy Neurological Symptoms Score [3, 4]. Nie wyeliminowały one jednak całkowicie wyżej wymienionych ograniczeń.

Za najbardziej obiektywne i powtarzalne uznawane jest badanie przewodnictwa nerwowego z oceną amplitudy potencjału czynnościowego [5]. Niektórzy autorzy uważają je za „złoty standard” w badaniu neuropatii [6]. Użyteczność badania przewodnictwa nerwowego ogranicza jednakże fakt, że ocenia ono grube zmielinizowane włókna nerwowe [2], podczas gdy zmiany neuropatyczne pojawiają się najczęściej w pierwszej kolejności we włóknach cienkich niezmielinizowanych.

Metodą stosowaną do badania neuropatii cienkich włókien nerwowych jest biopsja skóry z śródnaskórkową oceną gęstości tych włókien [7]. U ok. 90% pacjentów ze zdiagnozowaną idiopatyczną bolesną neuropatią cienkich włókien badanie to dawało nieprawidłowy wynik [8]. Jest to jednak metoda inwazyjna, wymagająca zastosowania technik morfometrycznych i immunohistochemicznych, które dostępne są tylko w ośrodkach o wyższej referencyjności. Ogranicza to zastosowanie tej metody do badań naukowych.

W ostatnich kilkunastu latach ciąglemu rozwojowi podlegają metody określane jako ilościowe badanie czucia. W prostszej wersji wykorzystuje się narzędzia, takie jak stroik C-128

czy monofilament 5,07/10 g (Semmes-Weinstein Monofilament Examination, SWME), pozwalające na standaryzację aplikowanego bodźca. Nieprawidłowy wynik SWME jest niezależnym czynnikiem ryzyka owróżnienia stopy w przebiegu neuropatii cukrzycowej [9]. Użycie zautomatyzowanych urządzeń pozwala na regulowanie intensywności stosowanego bodźca pod kontrolą osoby przeprowadzającej badanie. Otrzymywany wynik w formie progu czucia (wibracji, temperatury, bólu) ma postać cyfrową, ułatwiającą porównania pomiędzy kolejnymi badaniami a także pomiędzy ośrodkami badawczymi. Obsługa tego typu urządzeń wymaga tylko krótkotrwałego przeszkolenia [10], umożliwiając wielośrodkowe zastosowanie, także w warunkach podstawowej opieki zdrowotnej. Czynnikiem ograniczającym użycie tej metody jest dość wysoka cena urządzeń badawczych oraz półobiektywny charakter badania.

W niniejszej pracy wykorzystano urządzenia firmy Physitemp: Vibratron II do oceny progu czucia wibracji oraz NTE-2 Thermal Sensitivity Tester do oceny odczuwania różnic temperatury. Celem badania było określenie powtarzalności uzyskiwanych za ich pomocą wyników. Badano kończyny jednostronnie, z uwagi na opublikowane doniesienia nie stwierdzające istotnej statystycznie różnicy pomiędzy stroną dominującą i niedominującą [11]. Dotychczasowe publikacje naukowe wskazywały, że powtarzalność wyników w badaniu czucia temperatury jest mniejsza niż w badaniu czucia wibracji [12].

Przeprowadzone badania potwierdziły wysoką powtarzalność wyników badania czucia wibracji uzyskiwanych z użyciem wyżej wymienionej aparatury. Zarówno ilościowy próg czucia wibracji, jak i służące do jego obliczenia wartości minimalne i maksymalne odczuwania wibracji, nie różniły się od siebie w sposób istotny statystycznie w ocenie testem t-Studenta w przypadku oceny krótko- (7 dni) i długoterminowej (4 tygodnie). Także analiza wariancji dla powtarzanych pomiarów wykazała, że w przypadku obu badanych miejsc sensorycznych, wyznaczone wartości progowe nie różniły się w sposób statystycznie istotny pomiędzy kolejnymi wizytami. W trakcie pierwszej wizyty spostrzeżono także opisywaną w literaturze mniejszą zdolność odczuwania wibracji palucha w porównaniu z palcem wskazującym, w tym ostatnim przypadku wartości progowe czucia wibracji były w sposób statystycznie istotny niższe, a trend ten powtarzał się przy kolejnych wizytach.

Prawie absolutną zgodność uzyskano analizując wartości określone metodą jakościową. Na podstawie wytycznych producenta urządzenia badawczego dokonano kategoryzacji ilościowych progów czucia wibracji, uzyskanych w trakcie kolejnych wizyt, otrzymując odpowiednie kategorie czynnościowe. W ocenie palucha kategoria przypisana przy pierwszej wizycie powtórzyła się w kolejnych badaniach u wszystkich badanych osób. Także dla palca wskazującego, za wyjątkiem jednej osoby w pierwszym badaniu, kategorie czynnościowe pokrywały się w czasie wszystkich trzech wizyt.

W ilościowej ocenie odczuwania różnic temperatury, uzyskane w trakcie kolejnych wizyt wartości nie różniły się od siebie w sposób statystycznie istotny, zarówno dla palca wskazującego, jak i palucha. Dotyczyło to porównania bezpośredniego testem t-Studenta oraz analizy wariancji dla układu powtarzanych pomiarów. Zjawisko mniejszej wrażliwości palucha w porównaniu z palcem wskazującym, prawdziwe dla czucia wibracji, potwierdziło się także dla bodźców termicznych. W trakcie każdej z trzech wizyt uzyskane wartości różnic temperatury dla wskaziciela były statystycznie istotnie niższe od wartości uzyskanych dla palucha.

Po przyporządkowaniu wartości ilościowych różnic temperatury do odpowiednich kategorii czynnościowych, zgodnie z wytycznymi producenta aparatu badawczego, dokonano analizy jakościowej powtarzalności badania odczuwania różnic temperatury. U ponad połowy badanych

osób wyznaczona kategoria funkcji nerwów była identyczna w trakcie wszystkich trzech wizyt, zarówno dla palucha jak i palca wskazującego. Odsetek osób, którym przyporządkowano identyczną kategorię czynnościową odczuwania różnic temperatury w 2 z 3 przeprowadzonych badań, wyniósł dla palucha 86%, a dla wskaziciela 100%. Powyższa rozbieżność oceny ilościowej i jakościowej odczuwania różnic temperatury sugeruje konieczność rozważenia redefinicji kategorii czynnościowych, stosowanych do opisywania uzyskanych wyników ilościowych. Przedziały jakościowe funkcji nerwów zdają się wykazywać zbyt dużą czułość, kategoryzując część osób zdrowych poza zakresem normy. Nie zmienia to jednak faktu, że ocenę odczuwania różnic temperatury w niniejszym badaniu cechowała wysoka powtarzalność.

## WNIOSKI

Podsumowując, można uznać, że ilościowa ocena czucia wibracji i temperatury realizowana przy pomocy urządzeń Vibratron II i Thermal Sensitivity Tester firmy Physitemp – obok badań elektrofizjologicznych, skal klinimetrycznych i biopsji skóry – jest powtarzalną metodą oceny stopnia powikłań neuropatycznych w obwodowym układzie nerwowym.

## PIŚMIENNICTWO

1. Arezzo J.: New developments in the diagnosis of diabetic neuropathy. *Am. J. Med.* 1999, 107(2B), 9 S. – 2. Bax G., Fagherazzi C., Piarulli F., Nicolucci A., Fedele D.: Reproducibility of Michigan Neuropathy Screening Instrument (MNSI). A comparison with tests using the vibratory and thermal perception threshold. *Diabetes Care* 1996, 19, 904. – 3. Dyck P.: Detection, characterization and staging of polyneuropathy: Assessed in diabetics. *Muscle Nerve* 1988, 11, 21. – 4. Dyck P., Karnes J., O'Brien P., Litchy W.J., Low P.A., Melton L.J.: The Rochester Diabetic Neuropathy Study: reassessment of tests and criteria for diagnosis and staged severity. *Neurology* 1992, 42, 1164. – 5. Dyck P., Kratz K., Lehman K., Karnes J.L., Melton L.J., O'Brien P.C., Litchy W.J., Windebank A.J., Smith B.E., Low P.A. [i in.]: The Rochester Diabetic Neuropathy Study: design, criteria for types of neuropathy, selection bias, and reproducibility of neuropathic tests. *Neurology* 1991, 41, 799. – 6. Feldman E., Stevens M.: Clinical testing in diabetic peripheral neuropathy, *Can. J. Neurol. Sci.* 1994, 21, 4, S 3. – 7. Gelber D., Pfeifer M., Broadstone V. [i in.]: Components of variance for vibratory and thermal threshold testing in normal and diabetic subjects. *J. Diabetes Complications* 1995, 9, 3, 170. – 8. Jaradeh S., Peltier W., Barboi A., Yellick M., Ho H.: Idiopathic painful small fiber neuropathies: a prospective study of 30 patients (Abstract). *J. Peripheral Nervous System* 2003, 8, s1, 26. – 9. McCarthy B., Hsieh S., Stocks A., Hauer P., Macko C., Cornblath D.R., Griffin J.W., McArthur J.C.: Cutaneous innervation in sensory neuropathies: evaluation by skin biopsy. *Neurology* 1995, 45, 1848. – 10. Rith-Najarian S., Stolusky T., Gohdes D.: Identifying diabetic patients at high risk for lower-extremity amputation in a primary health care setting. A prospective evaluation of simple screening criteria. *Diabetes Care* 1992, 15, 1386.
11. Valk G., Grootenhuis P., van Eijk J., Bouter L.M., Bertelsmann F.W.: Methods for assessing diabetic polyneuropathy: validity and reproducibility of the measurement of sensory symptom severity and nerve function tests. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 2000, 47, 87. – 12. Vinik A., Suwanwalaikorn S., Stansberry K., Holland M.T., McNitt P.M., Colen L.E.: Quantitative measurement of cutaneous perception in diabetic neuropathy. *Muscle Nerve* 1995, 18, 574.

S. Szczyrba, L. Bieniaszewski

QUANTITATIVE VIBRATION AND TEMPERATURE PERCEPTION TESTING  
– ASSESSMENT OF REPRODUCIBILITY OF THE METHOD

Summary

**Background.** Function of peripheral nerves is reflected in vibration and temperature perception. Quantitative sensory testing is an objective method which provides new possibilities in assessing neuropathy progression, both in clinical trials and general population. However, for the proper data interpretation, the knowledge of short- and long-term variability is essential.

The aim of present work was to assess short- and longterm reproducibility of results of quantitative vibration and temperature sensation testing as a measure of usefulness of this method in studies dealing with neuropathy progression.

**Material and methods.** We performed a quantitative vibration and temperature sensation test in 22 individuals (14 females, 8 males; mean age  $26.7 \pm 4.1$  years) three times using Vibratron II and NTE-2 Thermal Sensitivity Tester (Physitemp, USA). Quantitative measures as well as functional state of the nerves, derived from them, were assessed.

**Results.** Performed study confirmed high reproducibility of results of vibration and temperature sensation tests, achieved with use of Physitemp devices, both for quantitative measures and functional state of the nerves. Sensitivity of hallux to vibration and thermal stimuli was significantly lower comparing to index finger.

**Conclusions.** Quantitative vibration and temperature sensation testing assessed with use of Vibratron II and NTE-2 Thermal Sensitivity Tester (Physitemp, USA) is a reproducible method for evaluation of neuropathic complications in peripheral nervous system.

Adres: lek. Sebastian Szczyrba  
Klinika Neurologii Dorosłych AMG  
ul. Dębinki 7, 80-211 Gdańsk  
tel. 058 349 23 00; 606 118 378  
fax: 058 / 349 230 20  
e-mail: sseba@amg.gda.pl