

Ewa Zamysłowska-Szmytke

Mariola Śliwińska-Kowalska

OPRACOWANIE WARTOŚCI NORMATYWNYCH TESTÓW KINETYCZNYCH W BADANIU WIDEONYSTAGMOGRAFII (VNG)

NORMATIVE VALUES OF KINETIC TESTS IN VNG ASSESSMENT

Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź

Klinika Audiologii i Foniatrii, Pracownia Zaburzeń Równowagi

STRESZCZENIE

Wstęp: Ocena układu równowagi jest istotnym elementem profilaktyki i orzecznictwa w medycynie pracy. Badaniami dodatkowymi w ocenie zaburzeń układu przedsionkowego są testy kinetyczne przeprowadzane z zastosowaniem fotela obrotowego i zapisem oczopląsu (np. w wideonystagmografii). Celem pracy była ocena parametrów testów kinetycznych i wyznaczenie wartości prawidłowych w grupie osób zdrowych. **Materiał i metody:** Do grupy badanej włączono 45 osób (21 kobiet i 24 mężczyzn), w wieku od 20 do 63 lat (średnio: $38,5 \pm 14,9$). Osoby te nie wykazywały zaburzeń układu równowagi w badaniu klinicznym i posturografii oraz miały prawidłowy wynik próby kalorycznej. U badanych osób przeprowadzono testy z zastosowaniem fotela obrotowego obejmujące trzy próby nagłego zatrzymania fotela, testy obrotów sinusoidalnych w zakresie częstotliwości 0,04–0,64 Hz oraz badanie dla oceny odruchów optokinetyczny i szyjno-przedśionkowego. **Wyniki:** Wartość średnia wzmocnienia w próbie VVOR (odruch przedsionkowo-okoruchowy i optokinetyczny) wynosiła $0,9 \pm 0,1$; VOR (odruch przedsionkowo-okoruchowy) — $0,5 \pm 0,1$; COR (odruch szyjno-okoruchowy) — $0,2 \pm 0,1$. W teście nagłego zatrzymania fotela średnia przewaga kierunkowa wyznaczona z czasu trwania oczopląsu wynosiła 9 ± 7 s, w testach obrotów sinusoidalnych, harmonicznym, średnie wartości wzmocnienia wynosiły 0,4 dla zakresu częstotliwości ruchu fotela 0,1–0,32 Hz i 0,5 dla 0,64 Hz. Liniową zależność między wiekiem badanych osób a parametrami testów kinetycznych stwierdzono jedynie dla wzmocnienia w teście obrotów sinusoidalnych malejących. **Wnioski:** Opisanie procedury i wartości normatywne wykorzystane będą do opracowania zestawu znormalizowanych testów kinetycznych do stosowania dla potrzeb medycyny pracy. Med. Pr. 2011;62(3):237–246

Słowa kluczowe: wideonystagmografia, testy kinetyczne, wartości normatywne

ABSTRACT

Background: Balance assessment plays an important role in occupational medicine. The diagnosis of patients with balance disturbances is based on a number of laboratory tests, including rotational chair tests, one of the most important. The normative value of kinetic tests greatly depends on movement parameters and laboratory equipment, which vary between diagnostic centers. The aim of the presented paper was to establish normatives for our laboratory and testing methodology in a group of healthy persons. **Materials and methods:** The balance examination included 45 healthy persons (21 women and 24 men) aged 20–63 years (mean 38.5 ± 14.9). The study population underwent very thorough neuro-otological examination, static posturography and VNG tests. The caloric test result was a crucial criterion for inclusion to the group of healthy persons. Rotational tests included: one "burst" test analyzing vestibulo-ocular reflex (VOR) with and without optokinetic stimulation visual vestibular optokinetic reflex (VVOR) and cervico-ocular reflex (COR); three impulse tests and sinusoidal harmonic rotation tests of 0.04, 0.08, 0.1, 0.16, 0.32, and 0.64 Hz. **Results:** The mean values were: VVOR, 0.9 ± 0.1 ; VOR, 0.5 ± 0.1 ; and COR, 0.2 ± 0.1 . The mean value of rotational and post-rotational nystagmus induced by sudden chair stop (impulse stimulus) was 9 ± 7 s, the gain values were 0.4 for sinusoidal tests, in the stimulation range of 0.1–0.32 and 0.5 for 0.64 Hz stimulation. There was no significant linear relationship between age and test parameters except for the test using sinusoidal-decreasing stimulation. **Conclusions:** These normative values form the base for a closer incorporation of rotational tests in occupational medicine procedures. Med Pr 2011;62(3):237–246

Key words: VNG, rotational tests, healthy persons

Adres autorek: Klinika Audiologii i Foniatrii, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: zamysewa@imp.lodz.pl

Nadesłano: 2 marca 2011

Zatwierdzono: 26 kwietnia 2011

WPROWADZENIE

Zaburzenia równowagi, w tym zawroty głowy, są częstym objawem chorobowym w populacji ogólnej. W epidemiologicznych badaniach Neuhausera i Lemperta

z 2009 r. częstość występowania tego objawu oceniano na 1,4% ogółem u osób dorosłych (1). W grupie tej u 5% badanych zawroty trwały przez co najmniej 12 miesięcy.

Ocena układu równowagi jest istotnym elementem profilaktyki i orzecznictwa w medycynie pracy. W Roz-



porządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 30 maja 1996 r. w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy (2) zaleca się zbadanie układu równowagi u osób pracujących na wysokości powyżej 3 m oraz u osób wykonujących prace wymagające szczególnej sprawności psychoruchowej (np. zawód kierowcy). W rozporządzeniu nie sprecyzowano ani zakresu koniecznych testów, ani minimalnych wymagań badania. Domyślnie ocena układu równowagi powinna zostać zatem przeprowadzona pod kątem czynności wykonywanych przez pracownika. Badania osób pracujących jako kierowcy podlegają ponadto Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 15 kwietnia 2011 zmieniające rozporządzenie w sprawie badań lekarskich kierowców i osób ubiegających się o uprawnienia do kierowania pojazdami (3). Zgodnie z tym aktem prawnym do wykonywania pracy kierowcy wymagana jest całkowita sprawność układu równowagi, a obecność oczopląsu jest wskazaniem do poszerzenia diagnostyki celem wykluczenia uszkodzenia układu przedsionkowego.

Ocena układu równowagi wymaga zebrania dokładnego wywiadu, przeprowadzenia badania przedmiotowego oraz wykonania badań dodatkowych. Podczas klinicznego badania pacjenta z zawrotami głowy wywiad pozwala, w znacznym stopniu, na przybliżenie miejsca uszkodzenia, w tym zwłaszcza na różnicowanie zawrotów głowy pochodzenia układowego i nieukładowego, zaburzeń równowagi niezwiązanych z układem przedsionkowym oraz postawienie wstępnej diagnozy. Badania prowadzone dla celów kwalifikacji do pracy w zawodach wymagających sprawnego układu równowagi przeprowadzane są jednak zwykle u osób bez aktualnie występujących dolegliwości, nawet jeżeli w przeszłości występowały u nich epizody zawrotów głowy. Osoby te, przy pełnej kompensacji, mogą nie mieć poczucia choroby. W związku z powyższym szczególnego znaczenia nabierają badanie przedmiotowe oraz odpowiednio ukierunkowane badania dodatkowe.

W badaniu przedmiotowym w zakresie narządu równowagi ocenia się:

- ruchy gałek ocznych — obecność oczopląsu samoistnego, spojrzeniowego, test śledzenia celu, ocena koordynacji spojrzenia obu oczu, oczopląs optokinetyczny;
- utrzymanie postawy — próba Romberga przy otwartych i zamkniętych oczach, próba uczulona Romberga;
- chód — chód swobodny, próba palec–pięta, próba Untenbergera;

- wpływ ruchów głowy, np. na ostrość widzenia w badaniu dynamicznej ostrości wzroku;
- wpływ zmian położenia ciała na obecność oczopląsu — oczopląs ze zmiany położenia, oczopląs położeniowy w próbie Hallpike'a.

Pełne badanie przedmiotowe trwa około pół godziny i pozwala na ustalenie ewentualnych zaburzeń układu równowagi oraz stopnia ich skompensowania.

Podstawowe badania dodatkowe w ocenie układu równowagi obejmują:

- zapis wychyleń środka ciężkości w badaniach posturografii statycznej, dynamicznej lub stabilometrii;
- zapis ruchów gałek ocznych (wideonystagmografia — VNG, elektronystagmografia — ENG) w spoczynku (oczopląs samoistny), przy wychyleniu oka z położenia centralnego (oczopląs spojrzeniowy, test śledzenia);
- zapis oczopląsu wywołanego bodźcem optokinetycznym, cieplnym (próba kaloryczna) lub kinetycznym (próby obrotowe).

Przeprowadzenie pełnego badania VNG dla celów klinicznych trwa ponad półtorej godziny. Konieczne jest więc dla potrzeb medycyny pracy ograniczenie ich zakresu do testów wybranych pod kątem oceny zdolności do wykonywania konkretnej pracy.

Szczególne znaczenie w działalności medyczno-orzeczniczej mają testy kinetyczne. Pozwalają one na ocenę sprawności układu przedsionkowego i, do pewnego stopnia, asymetrii odpowiedzi między błędnikami. Bodziec kinetyczny w przeciwieństwie do cieplnego jest bodźcem fizjologicznym, pobudza jednocześnie oba błędniki w bardzo szerokim zakresie przewodzonych częstotliwości, przy czym w tym samym czasie na jeden z błędników bodziec kinetyczny działa pobudzająco, a na drugi hamująco. Uzyskana reakcja jest wypadkową wzajemnych interakcji oraz wpływu ośrodkowego układu nerwowego. Zastosowanie testów kinetycznych dla celów orzeczniczych wymaga odpowiedniego doboru badań oraz wyznaczenia wartości normatywnych dla tych testów. Celem pracy było wyznaczenie prawidłowych wartości parametrów w badaniu kinetycznym w grupie osób zdrowych.

MATERIAŁ I METODY

Grupa badana

Przyjęto następujące kryteria włączenia do badań VNG w kolejności przeprowadzania badań:

1. Wywiad — do grupy badanych włączono osoby, które ani aktualnie, ani w przeszłości nie zgłaszały żadnych objawów ze strony układu równowagi



(w szczególności: napadów lub stałych wirowych zawrotów głowy, uczucia zapadania się, niestabilności podłoża, napadów typu „ciemno w oczach”, zaburzeń równowagi, niepewności chodu, choroby lokomocyjnej, napadów paniki w zatłoczonym, ruchliwym otoczeniu, znacznej wrażliwości na ekspozycje widokowe). Kryterium włączenia do grupy badanych był również brak innych chorób, takich jak choroby układu krążenia (zaburzenia rytmu serca i przewodzenia), choroby metaboliczne, incydenty bądź choroby neurologiczne (w tym urazy głowy, objawy niedokrwienne czy udarowe w przeszłości).

2. Badanie przedmiotowe — warunkiem włączenia do grupy kontrolnej był prawidłowy wynik badania przedmiotowego. Badanie to obejmowało ocenę oczopląsu samoistnego oraz spojrzeniowego, test śledzenia, test potrząsania głową (head trust test — HTT), próbę Romberga przy oczach otwartych i zamkniętych, chód swobodny, próbę Untenbergera, test dynamicznej ostrości wzroku (DOW — badanie przeprowadzane przy użyciu tablic Snellena) oraz próbę Halpike’a (w celu wykluczenia położeniowych zawrotów głowy). U osób, u których stwierdzono nieprawidłową próbę Untenbergera lub HTT, decyzję o włączeniu do grupy kontrolnej podejmowano po przeprowadzeniu próby kalorycznej.
3. Posturografia statyczna — jej prawidłowy wynik był warunkiem włączenia do badań. Badanie przeprowadzano według standardowej procedury z zastosowaniem 4 testów z oczami otwartymi na stabilnym i niestabilnym podłożu oraz z oczami zamkniętymi na stabilnym i niestabilnym (piankowym) podłożu, z zastosowaniem komputerowego posturografu firmy NeuroCom Inc. W ocenie wyników wykorzystano wartości normatywne podane przez producenta.
4. Próba kaloryczna w badaniu VNG — do grupy badanej włączono osoby z jej prawidłowym wynikiem. Próbę kaloryczną bitermiczną przeprowadzano w ciemności z oczami otwartymi, stosując fiksjację wzrokową po osiągnięciu maksymalnej odpowiedzi pobudzeń. Wartości normatywne dla oceny fazy wolnej oczopląsu (SPV_{max}) w próbie kalorycznej według danych literaturowych wynoszą 15–25% dla niedowładu kanałowego (canal paresis — CP) oraz 16–32% dla przewagi kierunkowej (directional preponderance — DP) (4). Aktualnie stosowane w Klinice Audiologii i Foniatrii Instytutu Medy-

cyny Pracy w Łodzi wartości wyznaczone w grupie 40 osób bez dolegliwości wynoszą $CP \leq 19\%$, i $DP \leq 21\%$.

Na badania zgłosiły się 52 osoby, które według własnej oceny nie miały dolegliwości w postaci zawrotów głowy. Spośród nich 7 osób nie zakwalifikowano do badań VNG z powodu obciążającego wywiadu lub zaburzeń w badaniu przedmiotowym.

Ostatecznie do grupy badanej włączono 45 osób, w tym 21 kobiet i 24 mężczyzn. Średni wiek w grupie wynosił 38,5 (SD = 14,93, zakres: 20–63 lata).

W grupie osób zakwalifikowanych do testów kinetycznych u 6 osób stwierdzono nieprawidłowy wynik próby Untenbergera, a u 4 — nieprawidłowy wynik HTT. Łącznie nieprawidłowy wynik w pojedynczym teście obserwowano u 10 osób z 45 badanych.

METODY

Wideonystagmografia

Badania VNG przeprowadzono z zastosowaniem zestawu komputerowego firmy Synapsis, do zapisu oczopląsu stosowano maskę jednooczną.

Przeprowadzano pełne badanie VNG obejmujące ocenę sakkad, oczopląsu samoistnego i spojrzeniowego, optokinezę, próby śledzenia oraz próbę kaloryczną. Warunkiem wykonania próby kalorycznej (wodnej) był prawidłowy wynik badania otoskopowego oraz podatność błony bębenkowej (compliance) w badaniu audiometrii impedancyjnej w granicach wartości prawidłowych ($0,3\text{--}1,5\text{ cm}^3$) (5).

Testy kinetyczne

Posiadany zestaw komputerowy zawiera kilka fabrycznie zainstalowanych algorytmów badań, w których nie można zmienić parametrów. Ponieważ fotel może być również sterowany za pomocą pilota, można dodać własny algorytm badania, ale wówczas nie otrzymuje się komputerowej oceny parametrów testu.

W pracy stosowano nazwy fabrycznie zainstalowanych testów, zgodne z wprowadzonymi do programu. Fabrycznie zainstalowane testy kinetyczne obejmują:

1. Test określony jako „burst” — składa się on z trzech modułów, w których badany jest odruch optokinetyczny (visual vestibulo-optokinetic reflex — VVOR), odruch przedsionkowo-okoruchowy (vestibulo-ocular reflex — VOR) i odruch szyjno-okoruchowy (cervico-ocular reflex — COR). Pacjent jest poddawany sinusoidalnym wychyleniom fotela o amplitudzie narastająco-malejącej



od 0 do 49° i do 0 oraz częstotliwości 0,25 Hz, $V_{\max} = 79^\circ/\text{s}$. Czas trwania jednego panelu w ramach próby wynosi 32 s. W pierwszym panelu pacjent ma otwarte oczy przy zapalonym świetle i przed oczami przesuwają się bodziec optokinetyczny, jakim jest wzór na ścianie. Wywołany oczopląs ma charakter oczopląsu optokinetycznego nałożonego na ruchy gałek ocznych wywołane bodźcem kinetycznym. W tej części badania wzmocnienie (stosunek przyspieszenia oczopląsu do przyspieszenia kątownego ruchu obrotowego) jest zwykle bliskie jedności, nawet przy obustronnym zniesieniu odruchu przed-sionkowo-okoruchowego. W następnym panelu, o tych samych parametrach ruchu fotela, pacjent ma zasłonięte oczy, a oczopląs jest pochodzenia błędnikowego (VOR). Przez ostatnie 32 s testu pacjent ma zasłonięte oczy oraz unieruchomioną głowę, a jego tułów obraca się w prawo i lewo zgodnie z ruchami fotela. Oczopląs obecny w tej części badania wynika z pobudzenia receptorów szyi (odruch COR — szyjno-okoruchowy), a wzmocnienie powinno przekraczać wartości 0,3 (choć producent podaje również wartość graniczną 0,2).

2. Dwa testy przyspieszeń impulsowych predefiniowane przez producenta, określane jako AD i kwadrat, w których zastosowano stymulację typu „półobrót i nagłe zatrzymanie fotela” — w testach tych fotel rozpoczyna nagły obrót, obraca się w określonym czasie ruchem jednostajnym o kąt 180°, a następnie nagłe zatrzymuje się na czas 30 s, następnie cykl powtarzany jest w przeciwnym kierunku. Badania AD i kwadrat różnią się między sobą intensywnością (prędkością) ruchu fotela. W teście AD wynosi ona ok. 40°/s (czas obrotu fotela: 4,5 s), w teście kwadrat — ok. 20°/s (czas obrotu: 9 s). Parametrami ocenianymi w obu badaniach są: maksymalna prędkość fazy wolnej oczopląsu obrotowego (°/s) wywołana przyspieszeniem fotela do zadanej prędkości, szybkość oczopląsu poobrotowego (°/s) wywołanego opóźnieniem (zatrzymaniem) fotela, przewaga kierunkowa (miara asymetrii ruchu oka w stronę prawą i lewą) oraz stała czasowa poobrotowa (czas potrzebny do tego, aby odpowiedź zmalała o 37% swojej amplitudy), której wynik świadczy o asymetrii oczopląsu poobrotowego. Wartość ta jest wyznaczana jedynie w przypadku wystąpienia spadku amplitudy oczopląsu.
3. Test sinus malejący — w badaniu fotel obraca się ruchem wahadłowym w stronę prawą i lewą od położenia równowagi z szybkością kątową 40°/s maleją-

cą do 0, amplitudą od 275° do 0, w przebiegu 8 okresów. Częstotliwość ruchu fotela wynosi 0,04 Hz, czyli obejmuje zakres częstotliwości niskich.

4. Testy stymulacji ruchem sinusoidalnym w zakresie częstotliwości 0,04–0,64 Hz — badania obejmują serię testów, w których fotel wykonuje harmoniczne ruchy w prawo i lewo wzdłuż pionowej osi ciała człowieka, z częstotliwościami kolejno: 0,04 Hz (amplituda: 150°, $V_{\max}$: 38°/s), 0,08 Hz (amplituda: 180°, $V_{\max}$: 91°/s), 0,1 Hz (amplituda: 120°, $V_{\max}$: 75°/s), 0,16 Hz (amplituda: 120°, $V_{\max}$: 121°/s), 0,32 Hz (amplituda: 60°, $V_{\max}$: 121°/s), 0,64 Hz (amplituda: 22°, $V_{\max}$: 89°/s). Testy wykonywano z oczami zasłoniętymi maską, w jednej próbie o częstotliwości ruchów fotela 0,16 Hz wyznaczono wzmocnienie podczas fiksacji, odsłaniając pacjentowi oko podczas badania i polecając ufiksować wzrok na celu przesuwającym się razem z fotelem. Parametrami ocenianymi są: wzmocnienie (stosunek szybkości ruchu fotela do szybkości ruchów oka), asymetria odpowiedzi w stronę prawą i lewą (przewaga, °/s) oraz przesunięcie w fazie ruchu oka w stosunku do wychyleń fotela. Przesunięcie fazowe powinno być bliskie zeru, jeżeli nie występuje oczopląs, np. spojrzeniowy, wrodzony czy fiksacyjny.
5. Test nagłego zatrzymania fotela — protokół tego badania nie należy do dostarczonych fabrycznie. Parametry obrotów fotela są ustawiane za pomocą pilota. Podczas badania fotel nagle zaczyna się poruszać z początkowym przyspieszeniem 100°/s² w ciągu 2 s, potem porusza się ruchem jednostajnym z prędkością 80°/s. W momencie ruchu fotela bodziec kinetyczny indukuje powstanie oczopląsu, który w czasie trwania jednostajnego ruchu obrotowego stopniowo ustaje (oczopląs „obrotowy”), następnie fotel zostaje nagłe zatrzymany. U badanego pojawia się oczopląs (i wrażenie ruchu) w kierunku przeciwnym (oczopląs „poobrotowy”). Badanie wykonuje się dla ruchu fotela w stronę prawą i lewą. Ze względu na brak komputerowej oceny wyników badania parametrem ocenianym jest jedynie czas trwania oczopląsu, wyznaczany z zapisu przez badającego. Oceniany jest oczopląs poobrotowy w stronę prawą i lewą lub przewaga kierunkowa DP na podstawie wzoru:

$$DP = \frac{(OOP+OPP)-(OOL+OPL)}{OOP+OOL+OPP+OPL} \times 100\% \quad [1]$$



gdzie:

OOP — czas trwania oczopląsu obrotowego w prawą stronę,
 OPP — czas trwania oczopląsu poobrotowego w prawą stronę,
 OOL — czas trwania oczopląsu obrotowego w lewą stronę,
 OPL — czas trwania oczopląsu poobrotowego w lewą stronę.

Podczas wszystkich badań pacjent ma głowę przygiętą o 30° od osi pionowej. Badanie przeprowadza się w ciemności.

WYNIKI

Próba kaloryczna

Ponieważ prawidłowy wynik próby kalorycznej (nieodwład kanałowy — CP) był warunkiem włączenia do grupy zdrowych, u żadnej z osób nie przekraczał za-

kresu wartości przyjętych za prawidłowe. Średnie wartości CP wynosiły 7% (SD = 5). Wyniki przewagi kierunkowej przekroczyły zakres wartości prawidłowych u 2 osób — średnio wynosiły 7°/s (SD = 6,8, zakres 0–28°/s). Wartości refleksywności wynosiły średnio 39°/s (SD = 12,4, zakres 17,2–64,9°/s).

Próby kinetyczne

Zakres wartości prawidłowych dla poszczególnych testów wyznaczono jako wartość średnią ± 2 odchylenia standardowe. Podane są one w tabelach 1–4.

W badaniach AD i kwadrat obserwowano bardzo znaczny rozrzut wyników stałej czasowej poobrotowej od 1 do 30 s (tab. 2). Bardzo niskie wyniki stałej czasowej (< 2 s) uzyskano u 40% osób w teście AD i 12% osób w teście kwadrat.

Tabela 1. Wyniki badania dla testu sinusoidalnego burst*

Table 1. Sinusoidal rotatory test results*

Wzmocnienie* Gain*	VVOR	VOR	COR
Średnia / Mean	0,9	0,5	0,2
Odchylenie standardowe / Standard deviation	0,1	0,1	0,1
Minimum / Minimum	0,7	0,3	0,0
Maksimum / Maximum	1,0	0,8	0,4

* Podane wartości wzmocnienia są niemianowane / Gain values of no units.

VVOR — próba obrotowa z jednoczesnym bodźcem optokinetycznym / visual vestibulo-optokinetic reflex; VOR — próba obrotowa, ocena odruchu przedsionkowo-okoruchowego (VOR) / vestibulo-ocular reflex assessment; COR — ocena odruchu szyjno-okoruchowego / cervico-ocular reflex assessment.

Tabela 2. Wyniki parametrów ocenianych w dwóch testach nagłego zatrzymania fotela (impulsowych)*

Table 2. The impulse tests results*

Test	Wzmocnienie Gain [°/s]	Przewaga kierunkowa Directional preponderance DP [°/s]	Stała poobrotowa Post-rotatory time constant [s]
Test AD / AD test			
średnia / mean	21,73	1,7	14,6
odchylenie standardowe / standard deviation	6,79	1,2	13,6
minimum / minimum	10,30	0,1	1,0
maksimum / maximum	36,90	5,4	30,0
Test kwadrat / Square test			
średnia / mean	13,20	5,2	19,2
odchylenie standardowe / standard deviation	5,40	2,5	11,2
minimum / minimum	4,40	0	1,0
maksimum / maximum	40,50	14,3	30,0

* W testach stosowano automatyczną (programową) ocenę zapisu / A computerized recordings and nystagmus assessment were performed in tests.



Tabela 3. Wyniki parametrów ocenianych w teście nagłego zatrzymania fotela z zastosowaniem własnych parametrów badania*
Table 3. Step test results*

Trwanie oczopląsu Nystagmus duration [s]	Oczopląs obrotowy Rotatory nystagmus	Oczopląs poobrotowy Post-rotatory nystagmus	DP poobrotowy Post-rotatory DP	DP
Średnia / Mean	33	38	10	9
Odchylenie standardowe / Standard deviation	11	13	8	7
Minimum / Minimum	11	12	1	0
Maksimum / Maximum	91	91	25	26

* Do oceny stosowano czas trwania oczopląsu [s] / Nystagmus duration assessed [s].

DP — przewaga kierunkowa wyznaczona ze wzoru z uwzględnieniem czasu trwania oczopląsu obrotowego i poobrotowego / directional preponderance calculated according to the formula explained in the paper, rotatory and post-rotatory nystagmus values were used.

Tabela 4. Testy ze stymulacją sinusoidalną dla poszczególnych częstotliwości ruchu
Table 4. Sinusoidal rotation tests for frequencies in the range of 0.04–0.64 Hz

Rodzaj stymulacji Stimulus	Sinus malejący Sinusoidal broad frequency	Stymulacja sinusoidalna Sinusoidal rotation					
		0,04 Hz	0,08 Hz	0,1 Hz	0,16 Hz	0,32 Hz	0,64 Hz
Wzmocnienie / Gain							
średnia / mean	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
odchylenie standardowe / standard deviation	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
minimum / minimum	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
maksimum / maximum	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8
Przesunięcie w fazie / Phase lag [s]							
średnia / mean	10,6	12,9	5,1	5,6	6,6	8,4	12,4
odchylenie standardowe / standard deviation	8,5	6,4	5,9	8,4	7,3	5,8	7,0
minimum / minimum	2,0	4,0	0	0	0	0	1
maksimum / maximum	47,0	32,0	27,0	43	27,0	23,0	29,0
Przewaga kierunkowa / Directional preponderance [°/s]							
średnia / mean	0,7	1,2	2,1	1,3	2,0	1,6	0
odchylenie standardowe / standard deviation	0,5	0,9	1,5	1	1,6	1,2	0,7
minimum / minimum	0,1	0	0,1	0	0,2	0	0
maksimum / maximum	2,0	4,4	6,0	4,5	9,1	5,1	2,3

* Wzmocnienie jest parametrem niemianowanym / Gain of no units.

Wpływ wieku na wyniki testów kinetycznych

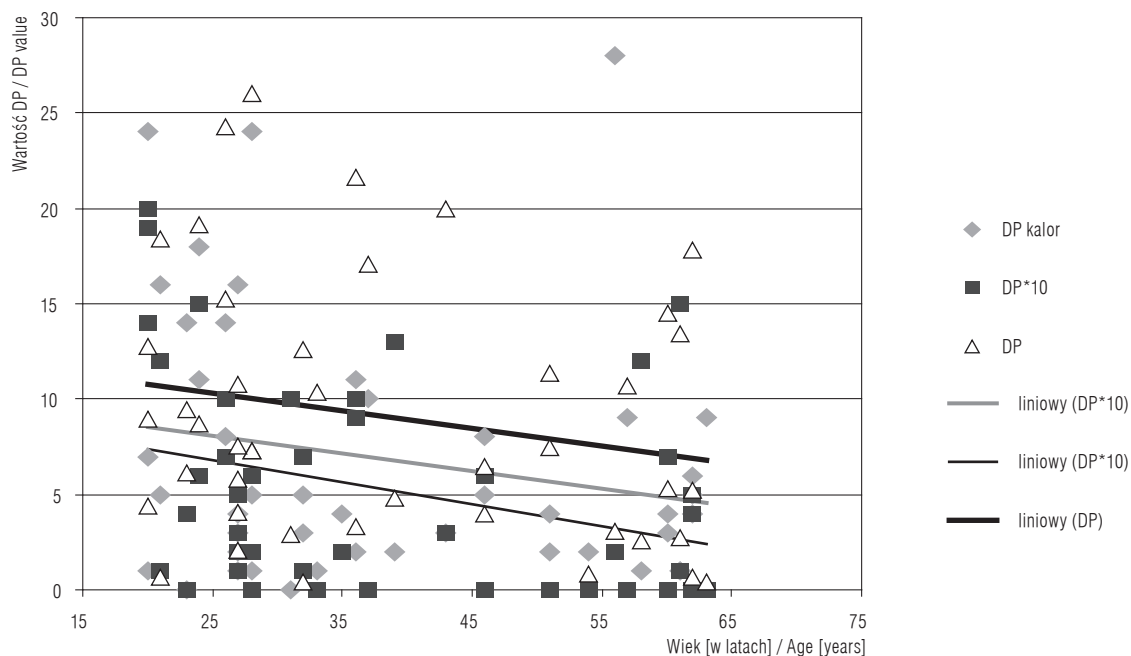
Przewaga kierunkowa (DP)

Nie stwierdzono zależności statystycznej ($p > 0,05$) między wiekiem badanych a przewagą kierunkową wyznaczoną w testach:

- próba kaloryczna,
- sinus malejący,
- AD i kwadrat,
- nagłe zatrzymanie fotela.

Wyniki zależności przewagi kierunkowej od wieku w testach sinus malejący i nagłego zatrzymania fotela przedstawiono na rycinie 1. Wartości wyników dla testu sinus malejący przedstawiono dla czytelności obrazu pomnożone przez 10. Na rycinie przedstawiono również wyniki przewagi kierunkowej uzyskane w próbie kalorycznej. W badaniu tym, podobnie jak w próbach kinetycznych, nie uzyskano zależności istotnych statystycznie.





DP kalor — wynik DP w próbie kalorycznej [°/s] / DP in caloric test [°/s].
 DP*10 — wynik DP w teście sinus malejący [°/s] / DP in sinusoidal broad-frequency test [°/s].
 DP — wynik w teście nagłego zatrzymania fotela [%] / DP in impulse rotatory test [%].
 $p > 0,05$.

Ryc. 1. Zależność przewagi kierunkowej (DP) od wieku w teście impulsowym, teście sinus malejący oraz próbie kalorycznej.

Fig. 1. Linear relationships between age and directional preponderance (DP) in impulse rotatory test, sinusoidal broad-frequency test and caloric test.

Ocena zależności wartości odruchu przedsionkowo-okoruchowego (VOR) od wieku

Jedynym testem, w którym ocenie poddawano bezpośrednie parametry odruchu VOR (czas trwania), był test zatrzymania fotela. W badaniu nie stwierdzono liniowych zależności między wiekiem badanych a parametrem testu, jakim jest czas trwania oczopląsu obrotowego. W testach wychyleń sinusoidalnych, w których oceniano wartości względne (wzmocnienie — gain) odwrotnie proporcjonalną, liniową zależność od wieku stwierdzono jedynie w badaniu sinus malejący ($r^2 = 0,16$, $p < 0,05$). Nie stwierdzono liniowych zależności między wiekiem a wzmocnieniem w testach sinusoidalnych dla kolejnych częstotliwości: 0,04, 0,08, 0,1, 0,16, 0,32 oraz 0,64 Hz.

OMÓWIENIE

Testy kinetyczne oceniają jednoczesną reakcję błędników na bodziec, jakim jest rotacja ciała w osi pionowej. Dla celów klinicznych (np. oceny otolitów) stosuje się niekiedy obrót fotela z odchyleniem od tej osi, lecz takie badanie wymaga bardzo specjalistycznego sprzę-

tu. Tradycyjnie dla pobudzeń stosuje się takie testy, jak test stałych przyspieszeń kątowych, test przyspieszeń/zatrzymań impulsowych i test przyspieszeń harmonicznych sinusoidalnych. Podczas testu stałych przyspieszeń kątowych fotel powoli zwiększa prędkość ze stałym przyspieszeniem aż do uzyskania zadanej wartości, a później zwalnia do zatrzymania się. Oczopląs ocenia się w momencie przyspieszania i zwalniania ruchów fotela. Określany jest również próg, czyli prędkość, przy której oczopląs się pojawia i zanika.

W teście przyspieszeń impulsowych fotel obracający się z określoną prędkością zostaje zatrzymany w sposób nagły, parametrem obserwowanym jest oczopląs poobrotowy w stronę prawą i lewą oddzielnie. Test może być wykonywany w wielu wariantach, w najprostszej wersji fotel jest nagle wprowadzany w ruch, osiąga zadaną prędkość obrotową i po określonym czasie równie nagle jest zatrzymywany. Przy bardziej skomplikowanych algorytmach fotel jest wprowadzany w ruch do zadanej prędkości i nie jest zatrzymywany, lecz zwalnia nagle do niższej prędkości i ponownie przyspiesza, osiągając prędkość wyższą niż pierwotnie (test stopniowany). Możliwe jest wówczas uśrednianie parametrów oczopląsu poobrotowego dla kilku sekwencji obrót/zwolnienie.



W testach nagłego (impulsowego) zatrzymania fotela czas trwania oczopląsu zależy od nasilenia impulsu, możliwe jest wyznaczenie stałej czasowej, a także wzmocnienia oczopląsu obrotowego. Test ten, przeprowadzany z zastosowaniem dużych szybkości obrotowych (256°/s), daje informacje o jednostronnym deficycie przedsionkowym niezależnie od procesu kompensacji (6). Ponadto, w testach impulsowych można obserwować osłabienie czynności obu błędników oraz patologie w obrębie tylnego dołu czaszki (nadreaktywność odpowiedzi).

Ostatnim rodzajem są testy przyspieszeń harmonicznym sinusoidalnym, w których stosuje się przyspieszenia i zwolnienia fotela dla różnych częstotliwości i amplitud obrotów. Zwykle stosowany zakres częstotliwości obejmuje od 0,01 do ponad 1 Hz, ponadto dla poszczególnych częstotliwości testy mogą być przeprowadzane oddzielnie bądź jako ciąg badań w różnej sekwencji. Wyniki prezentowane są jako wzmocnienie wyznaczone z maksymalnej prędkości fazy wolnej oczopląsu obrotowego $V_{\max}$, przesunięcie w fazie między obrotami fotela a oka (faza) lub przewaga kierunkowa oczopląsu w stronę prawą i lewą. Wyniki podawane są dla poszczególnych częstotliwości bądź drukowane w postaci wykresu zależności wzmocnienia i fazy od badanej częstotliwości obrotów fotela.

W badaniach przeprowadzanych aktualnie stosowano fotel obrotowy i analizator komputerowy firmy Synapsis. Oprogramowanie tej firmy zawiera szereg predefiniowanych testów sterujących obrotami fotela i nie daje możliwości zmiany ich parametrów. Jednocześnie fotel jest wyposażony w pilota, który umożliwia sterowanie obrotami zarówno z zadaną prędkością, jak i przyspieszeniem oraz ustalenie własnych sekwencji obrotów. Przy zastosowaniu ustawień własnych niemożliwa jest jednak automatyczna, programowa analiza danych i wyznaczanie takich parametrów oczopląsu, jak prędkość fazy wolnej czy przesunięcie w fazie. Parametry te należy wyznaczać samodzielnie z wykresu.

Fabryczna, maksymalna prędkość obrotów fotela wynosi 200°/s przy maksymalnym przyspieszeniu 100°/s. Predefiniowane testy obejmują bodźce sinusoidalne oraz impulsowe. W pierwszym teście („burst”) zastosowano bodziec rotacji sinusoidalnej (VOR), ten sam bodziec łącznie z bodźcem optokinetycznym (VVOR) bądź przy unieruchomieniu głowy (COR). Dla tego badania producent podaje zakres własnych wartości „normatywnych” określonych na podstawie badań w grupie 646 pacjentów. Podane w dokumentacji średnie wartości wzmocnienia wynosiły 0,99 dla VVOR

(zakres: 0,85–1,15) i 0,6 dla VOR. Wartości poniżej 0,4 uznawane za wskaźnik osłabienia reaktywności, nadreaktywność (brak zahamowania ośrodkowego), rozpoznawano dla $VOR > VVOR$. Średnie wartości wzmocnienia dla COR wynosiły $0,14 \pm 0,07$. Za prawidłowe przyjęto 0,2 (przy $VOR > 0,5$).

W badaniu własnym stwierdzono nieznacznie niższe średnie wartości zarówno VVOR, jak i VOR (odpowiednio: 0,9 i 0,5), obserwowano również szerszy, niż podaje producent, zakres wartości prawidłowych wyznaczony jako $\bar{S} \pm 2SD$. Producent zastrzega jednak konieczność wyznaczenia własnych norm laboratoryjnych przez każdego użytkownika aparatury dla jego warunków pomiarowych.

W badaniach z zastosowaniem bodźca sinusoidalnego oceniano wzmocnienie i przesunięcie w fazie. Przesunięcie w fazie może być wyprzedzające, gdy ruch oka jest zbyt szybki w stosunku do ruchu głowy (phase lead), bądź przeciwnie — gdy ruchy oka podążają za ruchem głowy (phase lag). U zdrowych osób oko powinno nadążać za ruchem głowy podobnie dla całego zakresu częstotliwości, z niewielkim (w podanym zakresie częstotliwości) przesunięciem w fazie dla częstotliwości skrajnych. Przy skompensowanych jednostronnych uszkodzeniach funkcji błędnika można zaobserwować zwiększenie przesunięcia w fazie (phase lead) oraz osłabienie wzmocnienia dla niskich częstotliwości i obrotów w kierunku strony uszkodzonej.

Wyniki badań Hamida wskazują, że asymetria wyznacza stronę uszkodzoną u 97% osób z jednostronnym uszkodzeniem błędnika (7). W badaniu własnym średnie wartości wzmocnienia w grupie osób zdrowych były jednakowe dla zakresu częstotliwości 0,04–0,32 Hz i wynosiły 0,4, a 0,5 dla częstotliwości 0,64 Hz przy maksymalnej prędkości ruchu fotela wynoszącej 121°/s. Podobne wyniki ($0,49 \pm 0,2$) otrzymali Buizza i wsp. (8), podczas gdy wyniki wzmocnienia równe 0,75 uzyskiwano dla prędkości 250°/s (0,32 Hz) (9). Maes i wsp. (10) stwierdzili, że wyniki wzmocnienia nie zależą od częstotliwości, jeżeli prędkość $V_{\max}$ fotela obrotowego nie przekracza 150°/s, w przeciwnieństwie do przesunięcia w fazie, które było zależne od częstotliwości obrotów. Przesunięcie w fazie wynosiło w badaniach własnych średnio 5–12°, zależnie od częstotliwości.

Osoby z całkowicie skompensowanym jednostronnym zaburzeniem czynności błędników mogą wykazywać spadek odpowiedzi i wzrost fazy przy stymulacji sinusoidalnej w zakresie niskich częstotliwości obrotów fotela. Perez i wsp. (9) wykazali wprawdzie dla obrotów o częstotliwości 0,32 Hz osiągających maksymalną



prędkość 250°/s zależność wzmocnienia od stopnia asymetrii przedsionków przekraczającej 41%, jednak tak wysokie prędkości obrotów nie są stosowane rutynowo i są źle tolerowane przez pacjentów.

W testach nagłego zatrzymania fotela ocenianym parametrem jest czas trwania oczopląsu poobrotowego, obrotowego, obliczona asymetria zapisu bądź parametry wyznaczane przez program komputerowy, takie jak wzmocnienie oczopląsu obrotowego i stała czasowa poobrotowa. Oprogramowanie firmowe obejmuje dwa testy wykorzystujące bodziec impulsowy (AD i kwadrat). Średnie wartości stałej poobrotowej wynosiły od 14±13 s do 19±11 s. Podobne wyniki wartości średnich (16 s i 14 s) uzyskali Perez i wsp. (9) oraz Buizza i wsp. (8), jednak przy niższych odchyleniach standardowych (odpowiednio: 7 s i 3 s).

Na różnice rozproszenia wyników może wpływać stosowanie w badaniu własnym znacznie słabszego bodźca od 20–40°/s w porównaniu do 100°/s w badaniu Pereza (9). Ponadto, wyniki testów w znacznym stopniu zależą od utrzymania uwagi badanego. W badaniach własnych u 40% (test AD) i 12% (test kwadrat) osób obserwowano wyniki bardzo niskie, w granicach poniżej 2 s, które mogły wskazywać na znaczne osłabienie funkcji przedsionka, a które przy prawidłowym wyniku badania przedmiotowego i próby kalorycznej należy uznać za fałszywie dodatnie. Według Jacobson (11) za nieprawidłowe należy uznać wyniki poniżej 10 s (dla $V = 60^\circ/\text{s}$). Przyjęcie tej granicy w odniesieniu do badań własnych znacznie zwiększyłoby liczbę osób ze stwierdzonym osłabieniem stałej czasowej.

Wzmocnienie (gain) bądź czas trwania oczopląsu w teście nagłego zatrzymania fotela wskazują zwykle na symetrię odpowiedzi przedsionkowej z uwzględnieniem kompensacji ośrodkowej. Wartość wzmocnienia jest zależna od prędkości fotela; różnice między odpowiedzią na zatrzymanie fotela obracającego się z prędkościami 50°/s a 250°/s są istotne statystycznie (10). W badaniach z zastosowaniem fotela firmy Synapsis zamiast wzmocnienia automatycznie wyznaczana jest V_{max} oczopląsu wywołanego przyspieszeniem/opóźnieniem ruchu fotela (wartość zależna od zadanej prędkości obrotowej). Czas trwania oczopląsu obrotowego i poobrotowego oznaczano na podstawie wykresu oczopląsu w badaniu sterowanym ręcznie (z zastosowaniem pilota fotela, lecz bez użycia programu komputerowego). Średnie wartości czasu trwania oczopląsu poobrotowego wynosiły 38 s.

Uważa się, że VOR, oceniany zarówno w testach obrotów sinusoidalnych, jak i nagłego zatrzymania fo-

tela, maleje wraz z wiekiem. Wall i wsp. (12) uzyskali liniowy spadek wartości wzmocnienia wraz z wiekiem w badaniach testów sinusoidalnych, jednak zależność istotną statystycznie stwierdzili jedynie dla bardzo niskich częstotliwości obrotów (0,005 i 0,01 Hz). Maes i wsp. (13) nie obserwowali żadnych zależności wzmocnienia od wieku u osób poniżej 80. roku życia ani w badaniu testem sinusoidalnym, ani w teście nagłego zatrzymania fotela. W pracy własnej również nie stwierdzono takich zależności, z wyjątkiem testu sinus malejący obejmującego niskie częstotliwości rotacji. Ponadto, należy mieć na uwadze, że testy wykonywano u osób zdrowych, które nie odczuwały żadnych dolegliwości oraz co więcej — nie wykazywały nieprawidłowości w badaniu przedmiotowym i miały prawidłowe wyniki próby kalorycznej. Wyłączono tym samym wszystkie osoby, które z racji wieku mogły wykazywać różnego stopnia zaburzenia związane ze starzeniem się układu przedsionkowego.

Podsumowując niniejszą pracę przedstawiono wartości średnie oraz odchylenia standardowe parametrów mierzonych z zastosowaniem dostępnej w klinice aparatury. Zakres wartości prawidłowych obejmuje zwykle $\bar{S} \pm 2SD$, jednak ze względu na dość znaczną zmienność międzyosobniczą wyników oraz uwzględnione wyniki badania przedmiotowego w ocenie klinicznej dopuszczalne jest przyjęcie jako prawidłowych wartości z przedziału między SD a 2SD. Otrzymane wyniki nie odbiegają od prezentowanych przez innych autorów, jednak specyfika fotela obrotowego wymusza stosowanie charakterystycznych dla niego, a często nieporównywalnych z innymi, parametrów badania. Ze względu na dość dużą (71%) czułość testów kinetycznych w stosunku do diagnozy klinicznej (14) wprowadzenie ich do profilaktyki w medycynie pracy jest zasadne. Opisane procedury i wartości normatywne przydatne będą do opracowania zestawu testów kinetycznych do stosowania dla potrzeb medycyny pracy.

PIŚMIENNICTWO

1. Neuhauser H., Lempert T.: Vertigo: epidemiologic aspects. *Semin. Neurol.* 2009,29(5):473–481. DOI: 10.1055/s-0029-1241043
2. Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 30 maja 1996 r. w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy. *DzU z 1996 r. nr 69, poz. 332*



3. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 15 kwietnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie badań lekarskich kierowców i osób ubiegających się o uprawnienia do kierowania pojazdami. DzU z 2011 r. nr 88, poz. 503
4. Wuyts R., Boniver F.: Normative data in ENG and VNG. *B-ENT* 2008;4 Supl. 8:45–47
5. British Society of Audiology: Recommended procedure. Caloric test. BSA, Berkshire 2010
6. Konrad H., Sills A., Baloh R., Honrubia V., Ward P.: The impulsive test in man. *Trans. Sect. Otolaryngol. Am. Acad. Ophthalmol. Otolaryngol.* 1976;82(2):232–238
7. Hamid M.: Determining side of vestibular dysfunction with rotatory chair testing. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 1991;105(1):40–43
8. Buizza A., Castelnovo P., Mevio E., Mira E.: Harmonic versus impulsive acceleration testing of the vestibulo-ocular reflex in normal humans. *Acta Otolaryngol.* 1985;100(1–2):106–111
9. Perez N., Martin E., Romero M.D., Garcia-Tapia R.: Influence of canal paresis and compensation on gain and time constant of nystagmus slow-phase velocity to yaw-axis rotation. *Acta Otolaryngol.* 2001;121(6):715–723
10. Maes L., Vinck B., De Vel E., D’Haenens W., Bockstaël A., Dhooge I.: Evaluation of the rotatory vestibular test: exploration of stimulus parameters. *Acta Otorhinolaryngol. Belg.* 2007;3:119–126. DOI: 10.1097/AUD.0b013e-3181b9640e
11. Jacobson G., Shepard N.: Balance function assessment and management. San Diego, Plural Publishing 2008, ss. 253–280
12. Wall C., Hunt A.E., Black F.O.: Effects of age, sex and stimulus parameters upon vestibulo-ocular responses to sinusoidal rotation. *Acta Otolaryngol.* 1984;98: 270–278
13. Maes L., Dhooge I., D’haenens W., Bockstaël A., Kepler H., Philips B. i wsp.: The Effect of age on the sinusoidal harmonic acceleration test, pseudorandom rotation test, velocity step test, caloric test, and vestibular-evoked myogenic potential test. *Ear Hear.* 2010;31(1): 84–94
14. Arriaga M.A., Chen D.A., Cenci K.A.: Rotational chair (ROTO) instead of electronystagmography (ENG) as the primary vestibular test. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2005;133(3):329–333

