

ZASTOSOWANIE POSTUROGRAFII DLA OCENY UKŁADU RÓWNOWAGI DLA POTRZEB MEDYCZYNY PRACY

USE OF THE POSTUROGRAPHY
IN BALANCE SYSTEM EVALUATION IN OCCUPATIONAL MEDICINE

Ewa Zamysłowska-Szmytko¹, Magdalena Jan¹, Krzysztof Ławnicki², Mariola Śliwińska-Kowalska¹

¹ Instytut Medycyny Pracy im. Jerzego Nofera / Nofer Institute of Occupational Medicine, Łódź, Poland
Klinika Audiologii i Foniatrii / Audiology and Phoniatrics Clinic

² Prywatny Gabinet Lekarski / The private outpatients Clinic, Wilczyn, Poland

STRESZCZENIE

Wstęp: Badanie posturografii umożliwia ocenę czynności układu równowagi jako całości i ilościową, aparaturową weryfikację klinicznej próby Romberga. Dlatego celem pracy była ocena przydatności posturografii jako głównego testu oceny zaburzeń równowagi dla potrzeb medycyny pracy. **Materiał i metody:** Praca ma charakter przekrojowy. Analizie poddano anonimizowane wyniki 1030 pacjentów zgłaszających się z powodu zawrotów głowy i zaburzeń równowagi. Na podstawie wywiadu, badania przedmiotowego i wyników wideonystagmografii pacjentów zakwalifikowano do podgrup osób z łagodnymi położeniowymi zawrotami głowy [ŁPZG (N = 130)], nieskompensowanymi [NS (N = 82)] i skompensowanymi [S (N = 174)] uszkodzeniami obwodowej części układu przedsionkowego, obustronnym osłabieniem pobudliwości przedsionkowej [*bilateral vestibular* – BV (N = 63)], chorobą Ménière’a (N = 53), zaburzeniami części ośrodkowej [ośr. (N = 293)], migrenami (N = 132), zaburzeniami psychopochodnymi [psych. (N = 232)] i *persistent postural-perceptual dizziness* [PPPD (N = 150)]. Do badań włączono również 129 osób zdrowych. **Wyniki:** Spośród wszystkich nieprawidłowych wyników posturografii statycznej (PS) i dynamicznej (PD), odpowiednio, 99% i 94% stwierdzono w grupie osób chorych. Prawidłowe wyniki stwierdzono zarówno u 59% (PS) i 67% (PD) osób zdrowych, jak i u 24% (PS) oraz 31% (PD) osób chorych. Wykazano częstsze występowanie nieprawidłowych wyników PS w podgrupach NS, BV i PPPD oraz PD w podgrupach ośr., psych. i PPPD. W podgrupie NS dla obu posturografii wykazano wysoką ujemną wartość predykcyjną (82–87%) w stosunku do próby kalorycznej. **Wnioski:** Testy statyczne są podstawowym badaniem wymagającym w badaniach profilaktycznych pracowników. Posturografia stanowi ilościowy zapis wychwiał w odniesieniu do wartości normatywnych. Nieprawidłowe wyniki posturografii, szczególnie statycznej, z bardzo dużym prawdopodobieństwem wskazują na występowanie patologii układu równowagi, w tym zaburzeń psychofunkcjonalnych. Prawidłowe wyniki badań posturografii nie świadczą o braku patologii układu równowagi, co powinno być uwzględnione w ocenie zdolności do pracy. Med. Pr. 2022;73(2):143–150

Słowa kluczowe: orzecznictwo, migreny, zawroty, błędnik, psychopochodne, akcelerometry

ABSTRACT

Background: The posturography test allows assessment of the entire function of balance system and quantitative, device-based verification of the clinical Romberg test. Therefore, the aim of this study is assessment of usefulness of posturography as primary test for balance disorders in occupational medicine. **Material and Methods:** The study is cross-sectional, analyzing anonymous results of 1030 patients reporting dizziness and balance disorders. Based on symptoms, clinical examination and videonystagmography patients were classified into subgroups: benign paroxysmal positional vertigo (BPPV [N = 130]), non compensated (NS [N = 82]) and compensated (S [N = 174]) peripheral vestibular, bilateral vestibular (BV [N = 63]), Ménière’s disease (MD [N = 53]), central dizziness (central [N = 293]), migraine (migr. [N = 132]), psychogenic dizziness (psychog. [N = 232]), Persistent postural-perceptual dizziness (PPPD [N = 150]). Besides, 129 healthy people were included in the study. **Results:** Ninety nine percent of abnormal static posturography (SP) and 94% of abnormal dynamic posturography (PD) results were found in diseased patients. Normal results were found both in healthy group (59% PS, 67% PD) and in diseased group (24% PS, 31% PD). Static posturography’s abnormal results were more frequent in NS, BV and PPPD patients. In PD the differences were visible in the central, psychog. and PPPD subgroups. In NS subgroup the high negative predictive values of static and dynamic tests (82–87%) were calculated in relation to caloric test. **Conclusions:** Static tests are the basic test used in examinations of employees for occupational medicine purposes. Posturography is a quantitative record of sways in relation to normative values. Abnormal posturography results most likely indicate the presence of pathologies of the balance system, including psychofunctional disorders. Normal posturography results do not indicate the lack of pathology of balance system what should be included in the work ability assessment. Med Pr. 2022;73(2):143–50

Key words: medical certification, migraine, dizziness, vestibular, psychogenic, accelerometers

Autorka do korespondencji / Corresponding author: Ewa Zamysłowska-Szmytko, Instytut Medycyny Pracy im. Jerzego Nofera, Klinika Audiologii i Foniatrii, ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: ewa.zamyslowska@gmail.com
Nadesłano: 1 lipca 2021, zatwierdzono: 23 lutego 2022

WSTĘP

Ocena układu równowagi jest istotnym elementem badania dla potrzeb medycyny pracy. W aktualnym rozporządzeniu Ministra Zdrowia [1] badanie układu równowagi zostało wymienione w 5 punktach:

1. Praca na wysokości.
2. Praca związana z obsługą narzędzi, maszyn, urządzeń i poruszających się poza drogami publicznymi pojazdów mechanicznych (takich jak wózki widłowe, koparko-ładowarki itp.).
3. Narażenie na benzen i jego homologi.
4. Praca na stanowiskach związanych z kierowaniem pojazdami oraz szkoleniem i egzaminowaniem kierowców.
5. Praca związana z posługiwaniem się bronią palną.

W przepisach nie określono, jakie badania należy wykonywać, oceniając układ równowagi, choć umieszczenie w tabeli badania punktów dotyczących oceny oczopląsu i próby Romberga wskazuje, że należy uwzględnić właśnie te elementy. Statyczna próba Romberga charakteryzuje się wysoką zmiennością wyniku [2], w znacznym stopniu zależną od doświadczenia osoby przeprowadzającej badanie i interpretacji dodatniej próby (upadek, podparcie, widoczne wychwiania). Dlatego wprowadzono badania posturografii, które umożliwiają aparaturową, ilościową ocenę równowagi w pozycji stojącej.

Układ równowagi jest pojęciem znacznie szerszym niż układ przedsionkowy. W utrzymaniu równowagi biorą udział błędniaki, wzrok, zmysł czucia głębokiego i powierzchnowego oraz ośrodkowy układ nerwowy. Takie badania jak próba kaloryczna, testy fotela obrotowego i test pchnięcia głową z zapisem sakkad (*video head impulse test* – vHIT) pozwalają jedynie ocenić odruch przedsionkowo-oczny (*vestibulo-ocular reflex* – VOR), a nie pozostałych elementów układu równowagi. Badaniami stosowanymi przy ocenie odruchów posturalnych (*vestibulo-spinal reflex* – VSR) są badania stabilometryczne.

Posturografia jest metodą polegającą na rejestracji wychwiania ciała. Pomiaru są prowadzone pośrednio poprzez estymację ruchów środka ciężkości na podstawie analizy nacisku stóp na podłoże (lub sił wywieranych przez to podłoże) bądź bezpośrednio na podstawie zapisu ruchu ciała określanego przez czujniki (akcelerometri i żyroskopy) zamocowane na poziomie czwartego kręgu lędźwiowego (L4). W badaniach nad polskim urządzeniem MediPost, wykorzystującym akcelerometri [3], oraz w publikacji Whitney i wsp. [4] stwierdzono wysoką korelację wyników uzyskiwanych na podstawie obu sposobów rejestracji wychwiania.

Posturografie można podzielić na statyczne, w których pacjent stoi na stabilnym podłożu, i dynamiczne, w których podłoże lub otoczenie jest ruchome. Protokół każdej z posturografii obejmuje próbę Romberga przeprowadzaną z oczami otwartymi i zamkniętymi. W badaniach posturografii statycznej (PS) stosuje się uczulenie prób w kierunku uszkodzeń przedsionkowych poprzez dodanie testów na piankowej poduszce dla zniesienia czucia proprioceptywnego. W przypadku posturografii dynamicznej (PD) zakłóca się czucie głębokie poprzez ruch podłoża, a informacje wzrokowe poprzez ruch otoczenia.

Badanie posturografii nie jest badaniem diagnostycznym. Zaburzenia równowagi są obserwowane zarówno w uszkodzeniach przedsionkowych [5–7], chorobach ośrodkowego układu nerwowego, np. w chorobie Parkinsona [8], stwardnieniu rozsianym [9,10], jak i nerwów obwodowych w przebiegu cukrzycy [11] czy alkoholizmu [12]. Jednostronne ostre uszkodzenie układu przedsionkowego jest dość szczególnym przypadkiem, ponieważ po okresie burzliwych objawów występują procesy kompensacji ośrodkowej, dzięki którym obserwuje się bardzo znaczną poprawę równowagi [13]. Po 3 miesiącach od fazy ostrej może nadal występować asymetria pobudliwości przedsionkowej widoczna w próbie kalorycznej oraz testach fotela obrotowego i badaniu vHIT, lecz wychwiania w badaniu posturografii nie różnią się od obserwowanych u osób zdrowych [6]. Dlatego czułość i swoistość badania PS w stosunku do uszkodzeń układu przedsionkowego jest stosunkowo niska, określana, odpowiednio, na 61,3% i 58,3% [7]. Czułość najpopularniejszego protokołu SOT (*sensory organization test*) PD jest jeszcze niższa i oceniana na 20–80% [14]. Jednocześnie Verbecque i wsp. [15] udowodnili, że właśnie badanie posturografii może różnicować osoby ze skompensowanymi i nieskompensowanymi uszkodzeniami układu przedsionkowego. Czułość i swoistość badania w stosunku do wyników uzyskanych w badaniu fotela obrotowego wynosiła w ich badaniu, odpowiednio, 83,9% i 72,4%.

Badanie posturografii jest także interesującym testem z punktu widzenia wymogów medycyny pracy. Pozwala na ocenę czynności układu równowagi jako całości, ilościową, aparaturową weryfikację klinicznej próby Romberga, a przy rozpowszechnianiu się wersji mobilnej (opartej na czujnikach mocowanych w okolicy kręgu L4) nie wymaga skomplikowanej aparatury badawczej. Dlatego celem niniejszej pracy była ocena przydatności posturografii jako testu przesiewowego u osób z zaburzeniami równowagi.

MATERIAŁ I METODY

Populacja badana

Niniejsza praca ma charakter przekrojowy, a analizie poddano anonimizowane wyniki badań pacjentów zgłaszających się do Poradni Audiologicznej Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi w latach 2010–2019. Do badania włączono osoby, u których wykonano pełne badanie wideonystagmograficzne (VNG) oraz badanie PS, czyli 1030 rekordów. Badanie PD wykonano u 246 osób z uszkodzeniami układu przedsionkowego (wiek: $M = 49,7$, $SD = 17,4$). Na podstawie wywiadu, badania przedmiotowego, w tym badania otoneurologicznego i laryngologicznego, badania VNG, wymaganych badań słuchu oraz, w razie wskazań, badań dodatkowych (tomografii komputerowej, rezonansu magnetycznego) pacjentów zakwalifikowano do podgrup klinicznych. W przypadku uszkodzeń obwodowej części układu przedsionkowego poszczególne osoby mogły być zakwalifikowane do podgrup z uszkodzeniem skompensowanym (S) lub nieskompensowanym (NS) oraz do podgrup ze szczegółowym rozpoznaniem. Badanych kwalifikowano do następujących podgrup:

- łagodne położeniowe zawroty głowy (ŁPZG) potwierdzone dodatnią próbą Dix-Hallpike'a ($N = 130$);
- uszkodzenie obwodowej części układu przedsionkowego (asymetria pobudliwości w próbie kalorycznej $>30\%$) po przebytych zapaleniu neuronu przedsionkowego lub o niepewnej etiologii, w tym 82 osoby z NS oraz 174 osoby z S; jako kryteria kompensacji przyjęto wynik testu fotela obrotowego (brak przesunięcia fazy $>20^\circ$ i brak asymetrii $>2\%$ dla wahań 0,04 Hz);
- obustronne osłabienie pobudliwości przedsionkowej (*bilateral vestibular* – BV) (reaktywność kaloryczna $<20\%$ potwierdzona osłabieniem wzmocnienia $<0,1$ w teście fotela obrotowego 0,04 Hz) ($N = 63$);
- choroba Ménière'a rozpoznana wg kryteriów *Barany Society* (2015), niezależnie od obecności trwałych uszkodzeń przedsionkowych ($N = 53$);
- zawroty lub zaburzenia równowagi pochodzenia pozapredsiionkowego: po udarze, z przejściowymi napadami niedokrwiennymi, z arytmia wpływającą na objawy ze strony krążenia mózgowego, z angiopatią cukrzycową, z chorobami neurologicznymi rozpoznanymi przez neurologa (osr., $N = 293$);
- rozpoznane migreny z towarzyszącymi zawrotami głowy (migr., $N = 132$);
- zawroty głowy pochodzenia psychogenne (w wywiadzie leczona nerwica lękowa lub depresja),

z dominującymi objawami lękowymi niezależnie od uszkodzeń układu przedsionkowego (psych., $N = 232$);

- spełnione kryteria *persistent postural-perceptual dizziness* (PPPD) [16], z dominującymi objawami psychofunkcjonalnymi niezależnie od uszkodzeń układu przedsionkowego ($N = 150$).

Baza danych obejmowała dodatkowo 129 osób zakwalifikowanych jako zdrowe na podstawie badania VNG oraz niezgłaszających objawów zawrotów głowy ani wcześniej wymienionych chorób. Średnia wieku w tej grupie wynosiła 50,5 roku ($SD = 16,9$). W tej grupie znajdowały się 63 osoby (wiek: $M = 42,8$, $SD = 17,3$) z wykonanymi badaniami PD.

Metodyka

Badanych poproszono o wypełnienie kwestionariuszy objawowych *Vertigo Symptom Scale* (VSS) i *Dizziness Handicap Inventory* (DHI). Skala objawów zawrotów głowy VSS ocenia w 5 stopniach odpowiedzi na 15 pytań, a kwestionariusz poczucia niepełnosprawności z powodu zawrotów głowy DHI jest zbudowany z 25 pytań.

U wszystkich osób przeprowadzono przedmiotowe badanie otorynolaryngologiczne, audiometrię tonalną poszerzoną o badania drogi słuchowej i badania obrazowe wynikające z potrzeb diagnostycznych u danego pacjenta.

W całej badanej grupie przeprowadzono badanie wideonystagmograficzne (Ulmer- MUS_VNG Version C4-12) obejmujące testy sakkad, śledzenia, optokinezy, próbę kaloryczną wodną wg Fitzgeralda-Hallpike'a (o temp. 30°C i 44°C) oraz testy fotela obrotowego dla wahań sinusoidalnych w częstotliwościach 0,04 i 0,64 Hz.

Posturografię statyczną przeprowadzono na posturografie Balance Master (NeuroCom International Inc.), stosując protokół *Modified Clinical Test of Sensory Interaction on Balance* (mCTSIB), który składa się z 4 testów:

- PS1 – stanie na stabilnym podłożu z oczami otwartymi,
- PS2 – stanie na stabilnym podłożu z oczami zamkniętymi,
- PS3 – stanie na niestabilnym podłożu (piance) z oczami otwartymi,
- PS4 – stanie na niestabilnym podłożu (piance) z oczami zamkniętymi.

Wynik badania zawiera dodatkowo wskaźnik *compositum* (Comp.), który jest wynikiem średniej wartości wychwiań z wszystkich 4 testów. Dla celów klinicznych przyjęto, że wynik posturografii jest nieprawidłowy, jeżeli co najmniej 1 z badanych testów był nieprawidłowy, ponieważ uśredniony współczynnik Comp. nie zawsze

Tabela 1. Porównanie częstości występowania jednostek chorobowych u osób z nieprawidłowymi i prawidłowymi wynikami posturografii statycznej i dynamicznej w grupie 1030 pacjentów zgłaszających się do Poradni Audiologicznej Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi w latach 2010–2019

Table 1. The comparison of the frequency of diseases between groups with abnormal and normal static and dynamic posturography tests results of 1030 patients referred to Audiology Clinic of Nofer Institute of Occupational Medicine in years 2010–2019

Zmienna Variable	Badani Participants					
	wynik posturografii statycznej static posturography result (N = 1030)		p	wynik <i>equilibrium score</i> w posturografii dynamicznej dynamic posturography <i>equilibrium score</i> (N = 246)		p
	nieprawidłowy ^a abnormal ^a (N = 659) [n (%)]	prawidłowy ^b normal ^b (N = 498) [n (%)]		nieprawidłowy ^c abnormal ^c (N = 130) [n (%)]	prawidłowy ^d normal ^d (N = 113) [n (%)]	
Jednostka chorobowa / Disease						
łagodne położeniowe zawroty głowy / benign paroxysmal positional vertigo	75 (11)	55 (11)	0,93	12 (9)	4 (4)	0,07
nieskompensowane uszkodzenia obwodowej części układu przedsionkowego / non compensated peripheral vestibular damage	57 (9)	25 (5)	0,02	11 (8)	5 (4)	0,29
skompensowane uszkodzenia obwodowej części układu przedsionkowego / compensated peripheral vestibular damage	96 (15)	75 (15)	0,81	29 (22)	20 (18)	0,45
choroba Ménière'a / Ménière's disease	16 (2)	18 (4)	0,91	5 (4)	2 (2)	0,33
zawroty psychopochodne / psychogenic dizziness	143 (22)	88 (18)	0,09	39 (30)	11 (10)	0,00
zawroty pochodzenia ośrodkowego / central dizziness	190 (29)	101 (20)	0,01	45 (33)	18 (16)	0,00
migreny / migraine	74 (11)	58 (12)	0,82	18 (14)	9 (8)	0,15
obustronne osłabienie pobudliwości przedsionkowej / / bilateral vestibular impairment	43 (7)	17 (3)	0,02	8 (6)	4 (4)	0,34
zaburzenia psychofunkcjonalne / persistent postural-perceptual dizziness	102 (15)	47 (9)	0,02	37 (28)	13 (12)	0,00
Wiek / Age [years] (M)	51	50	0,35	57	48	0,00

^a Co najmniej 1 nieprawidłowy test posturografii z 4 badanych / At least 1 test with over-normative result of 4 tests in the posturography.

^b Wszystkie próby w zakresie wartości normatywnych / All tests within the normative range.

^c Wynik *equilibrium score* (ES) powyżej wartości normatywnych dla aparatu / Equilibrium score above the normal range.

^d Wynik ES prawidłowy / Equilibrium score within the normal range.

Wyniki procentowe nie sumują się do 100% / The percent results do not sum up to 100%.

wykazywał zaburzenia w pojedynczych testach. W analizie krzywych ROC (*receiver operating curve*) skierowanych na wykrywanie zaburzeń układu przedsionkowego brano pod uwagę wyniki próby na pianie z zamkniętymi oczami (PS4) oraz współczynnik łączny Comp.

W PD zastosowano protokół *sensory organization test* – SOT (EQUITEST NeuroCom Inc.), w którego skład wchodzi 6 testów:

- na stabilnym podłożu z oczami otwartymi,
- na stabilnym podłożu z oczami zamkniętymi,
- na stabilnym podłożu z oczami otwartymi przy ruchomym otoczeniu,
- na niestabilnym podłożu z oczami otwartymi,

- na niestabilnym podłożu (w płaszczyźnie AP) z oczami zamkniętymi,
- przy ruchomym otoczeniu i podłożu z oczami otwartymi.

Wynikiem zbiorczym, uśrednionym z 6 testów, jest parametr *equilibrium score* (ES). Ponadto analiza sensoryczna prezentuje wynik Vest. pochodzący z ilorazu testu 5 i testu 1 jako opis zaburzeń przedsionkowych po zablokowaniu sygnałów wzrokowych i proprioceptywnych (informacje analogiczne do próby 4 PS).

Ponieważ analizowane wyniki obu posturografii są znormalizowane, możliwe było oznaczenie wyników jako prawidłowe lub nieprawidłowe.

Tabela 2. Wyniki analizy krzywych ROC w grupie 1030 pacjentów zgłaszających się do Poradni Audiologicznej Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi w latach 2010–2019

Table 2. The receiver operating characteristic analysis in the group of 1030 patients referred to Audiology Clinic of Nofer Institute of Occupational Medicine in years 2010–2019

Zmienna Variable	Analiza krzywych ROC ROC analysis					
	AUC		P	czułość sensitivity	swoistość specificity	punkt odcięcia cut point
	ogólny total	95% CI				
PS 4 vs VSS	0,58	0,55–0,62	0,000	0,59	0,55	17 pkt / pts
PS Comp. vs VSS	0,63	0,60–0,67	0,000	0,60	0,60	10 pkt / pts
PD Vest. vs VSS	0,71	0,65–0,78	0,000	0,77	0,60	9 pkt / pts
PD ES vs VSS	0,79	0,73–0,85	0,000	0,83	0,65	7 pkt / pts
PS 4 vs DHI	0,59	0,56–0,63	0,000	0,71	0,43	34 pkt / pts
PS Comp. vs DHI	0,64	0,60–0,67	0,000	0,60	0,60	40 pkt / pts
PD Vest. vs DHI	0,73	0,66–0,79	0,000	0,81	0,61	24 pkt / pts
PD ES vs DHI	0,78	0,72–0,85	0,000	0,83	0,69	24 pkt / pts
PS 4 vs CP	0,59	0,55–0,62	0,000	0,25	0,90	45%
PS Comp. vs CP	0,57	0,54–0,61	0,000	0,39	0,73	21%
PD Vest. vs CP	0,61	0,54–0,68	0,002	0,65	0,54	10%
PD ES vs CP	0,63	0,56–0,70	0,000	0,58	0,64	12%

AUC – pole powierzchni pod krzywą ROC / area under curve in receiver operating characteristic analysis, CP – niedowład kanałowy w próbie kalorycznej / canal paresis in caloric test, DHI – kwestionariusz niepełnosprawności wywołanej zawrotami głowy / dizziness handicap inventory, PS 4 – czwarty test posturografii statycznej / fourth condition of static posturography, PS Comp. – parametr uśredniony z testów 1–4 w posturografii statycznej / averaged first–fourth conditions in static posturography, PD ES – *equilibrium score*, wynik uśredniony posturografii dynamicznej / equilibrium score, the total result of dynamic posturography, PD Vest. – parametr analizy przedsionkowej w posturografii dynamicznej / vestibular condition in dynamic posturography, VSS – skala objawów zawrotów głowy / vertigo symptom scale, WPD / PPV – wartość predykcyjnie dodatnia / positive predictive value, WPU / NPV – wartość predykcyjnie ujemna / negative predictive value.

Istotnie statystycznie $p < 0,05$ / Statistically significant $p < 0,05$.

Nieprawidłowe wyniki posturografii były analizowane w stosunku do objawów w kwestionariuszach i wyników próby kalorycznej / Abnormal posturography results were analyzed in relation to questionnaires and caloric test results.

Analiza statystyczna

Dla porównania wyników nieprawidłowych i prawidłowych w badanych grupach klinicznych (tabela 1) stosowano test χ^2 . Zależności między badaniami posturografii a oceną dolegliwości oraz wynikami badań VNG oceniano na podstawie analizy krzywych ROC, przyjmując jako minimalne pole powierzchni pod wykresem krzywej ROC – AUC (*area under curve*) $> 0,7$. Jako zmienną dychotomiczną przyjęto prawidłowe/nieprawidłowe wyniki próby 4 i wskaźnika łącznego Comp. PS oraz zmiennej Vest. i wskaźnika ES PD. Liczebności prób dla poszczególnych badań przedstawiono w tabelach wyników.

WYNIKI

W pierwszej części badania porównano liczby osób z nieprawidłowymi i prawidłowymi wynikami posturografii w badanych grupach.

Spośród 659 osób z nieprawidłowymi wynikami PS 651 osób zakwalifikowano jako chore (99%). Z 494 prawidłowych wyników posturografii 289 stwierdzono

w grupie osób zdrowych (59%). Jednocześnie wśród 856 osób chorych prawidłowe wyniki posturografii stwierdzono u 205 osób (24%).

W badaniu PD stwierdzono 126 nieprawidłowych wyników w grupie osób chorych oraz 118 prawidłowych wyników w grupie osób zdrowych (odpowiednio, 94% i 67%). Spośród 183 osób chorych prawidłowe wyniki posturografii stwierdzono u 57 osób (31%).

W tabeli 1 przedstawiono częstości występowania nieprawidłowych wyników badań posturografii w grupach osób z poszczególnymi zaburzeniami układu równowagi. Wykazano częstsze występowanie nieprawidłowych wyników PS u osób z nieskompensowanymi uszkodzeniami obwodowej i ośrodkowej części układu przedsionkowego oraz z obustronnym osłabieniem pobudliwości błędników. W PD były widoczne jedynie różnice dotyczące uszkodzeń części ośrodkowej układu przedsionkowego. W obu posturografiach istotnie statystycznie różnice dotyczyły zaburzeń psychofunkcjonalnych (PPPD, $p < 0,05$) oraz psychopochodnych (psych.) – dla PS z prawdopodobieństwem $p < 0,1$ a dla PD – $p < 0,05$.

Tabela 3. Wyniki analizy krzywych ROC w podgrupie 82 osób z nieskompensowanymi uszkodzeniami obwodowej części układu przedsionkowego i 129 osób zdrowych

Table 3. The receiver operating characteristic analysis in the subgroup of 82 patients with peripheral vestibular damage and healthy group of 129 subjects

Zmienna Variable	Analiza krzywych ROC ROC analysis					
	AUC		P	WPD PPV	WPU NPV	punkt odcięcia cut point
	ogólny total	95% CI				
PS 4 vs CP	0,73	0,68–0,79	0,000	0,52	0,85	45%
PS Comp. vs CP	0,72	0,67–0,77	0,000	0,51	0,82	45%
PD Vest. vs CP	0,79	0,70–0,87	0,000	0,66	0,87	31%
PD ES vs CP	0,82	0,74–0,90	0,000	0,67	0,87	31%

Skróty i objaśnienia jak w tabeli 2 / Abbreviations and explanations as in Table 2.

Istotnie statystycznie $p < 0,05$ / Statistically significant $p < 0,05$.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki analiz krzywych ROC przeprowadzone w całej grupie osób chorych i zdrowych, gdy zmienną grupującą są wyniki posturografii (prawidłowe/nieprawidłowe). Wszystkie analizy były istotne statystycznie, jednak akceptowalne wartości pola powierzchni pod krzywą (AUC >0,7) oraz wysoką czułość badania stwierdzono jedynie w przypadku kwestionariuszy objawów VSS i DHI w badaniu PD.

Dodatkowo analizę ROC przeprowadzono w podgrupie osób z nieskompensowanym uszkodzeniem obwodowej części układu przedsionkowego (niedowład kanałowy >30%) (tabela 3). W przypadku obu posturografii stwierdzono akceptowalne i wysokie pola powierzchni pod krzywą (AUC >0,7) oraz istotność statystyczną modeli ($p > 0,05$). Wartości predykcyjne dodatnie w stosunku do uszkodzeń przedsionkowych (CP >30%) dla PS wynosiły 51–52%, a dla PD: 66–67%. Wartości predykcyjne ujemne były znacznie wyższe (82–87%).

OMÓWIENIE

Praca miała na celu dostarczenie lekarzowi medycyny pracy wskazówek dotyczących zastosowania badań posturografii u osób z zawrotami głowy i zaburzeniami równowagi. Podstawą do wykonania badania posturografii są zwykle nieprawidłowe wyniki testów statycznych, które lekarz jest zobowiązany wykonać podczas badania przedmiotowego pacjenta [1]. Podstawowym problemem jest ocena, czy otrzymany nieprawidłowy wynik powinien być wskazaniem do dalszej diagnostyki oraz czy wynik prawidłowy potwierdza (i w jakim stopniu) zdolność pacjenta do bezpiecznego wykonywania pracy w określonych warunkach. Dlatego przyjęto za podstawę podział pacjentów ze względu na wyniki badań

posturografii w przeciwieństwie do prac, w których analizowano wyniki posturografii w grupach osób z uszkodzeniami układu przedsionkowego i bez tych uszkodzeń.

Nieprawidłowe wyniki posturografii występowały u 99% (PS) i 94% (PD) osób z rozpoznaną patologią układu przedsionkowego lub zaburzeniami psychofunkcjonalnymi i bardzo rzadko w grupie osób zdrowych (odpowiednio, 3 i 7%). U 24% (PS) i 31% (PD) osób zakwalifikowanych jako chore stwierdzono jednak prawidłowe wyniki badań. Dlatego porównano liczby osób z prawidłowymi i nieprawidłowymi wynikami PS i PD w podgrupach osób z określonym rozpoznaniem klinicznym. Wyodrębniona tutaj podgrupa osób z zaburzeniami układu przedsionkowego została podzielona ze względu na możliwy wpływ kompensacji uszkodzeń na wielkość wychwiał. Ocena kompensacji przyjęto zgodnie z badaniami Verbecque i wsp. [15] na podstawie wyników badania fotela obrotowego w próbach sinusoidalnych.

Procesy kompensacji w znacznym stopniu poprawiają utrzymanie równowagi statycznej w przebiegu uszkodzeń układu przedsionkowego [13], chociaż zależność między kryteriami VNG, czyli oceną VOR, a badaniami posturografii, czyli oceną VSR, pozostaje w sferze badań [17]. Z danych analizowanych przez autorów niniejszej pracy wynika, że u osób z uszkodzeniami nieskompensowanymi nieprawidłowe wyniki PS występują istotnie częściej niż prawidłowe. Rozpatrując wyniki analizy krzywych ROC w całej grupie badanych, nie wykazano jednak zależności między nieprawidłowymi wynikami posturografii a wynikami próby kalorycznej w badaniu VNG, co było zgodne z obserwacjami Yipa i Struppa [18]. Wyznaczona w niniejszym badaniu czułość tej metody wynosi jedynie 39%.

Podobnie wyniki uzyskano w danych literaturowych. Czułość i swoistość posturografii w stosunku

do wyników próby kalorycznej jest uważana za niską; w przypadku posturografii na stabilnym podłożu z oczami otwartymi i zamkniętymi wynosiła ona, odpowiednio, 61,3% i 58,3% [7] lub 60% i 87% [19]. Podobnie w podgrupie osób z nieskompensowanymi uszkodzeniami układu przedsionkowego badania posturografii wykazały niską wartość predykcynie dodatnią (WPD) i wysoką wartość predykcynie ujemną (WPU). Tym samym można się spodziewać, że prawidłowe wyniki posturografii mogą potwierdzać brak patologii przedsionkowej (wysoka WPU), jednak na wyniki nieprawidłowe może wpływać wiele czynników poza uszkodzeniem układu przedsionkowego.

Uzyskane wyniki wskazują na przydatność diagnostyczną obu badań posturografii u osób z zaburzeniami ośrodkowej części układu przedsionkowego. Próba Romberga, będąca elementem badania posturografii, jest zarazem testem neurologicznym przydatnym dla oceny propriocepcji, koordynacji ruchowej i ośrodkowej kontroli postawy. Stąd też zauważalna jest istotnie większa liczba osób z nieprawidłowymi wynikami w grupie, w której dominują zaburzenia krążenia podstawnego, zawroty w przebiegu cukrzycy, zaburzeń rytmu serca czy chorób neurologicznych. W tych jednostkach chorobowych, podobnie jak w obustronnym osłabieniu pobudliwości przedsionkowej, zaburzenia równowagi dominują nad zawrotami głowy [20].

W obu badaniach posturografii wykazano również wysoką przydatność w różnicowaniu osób z zaburzeniami psychopochodnymi w postaci zarówno depresji i nerwicy lękowej (podgrupa psych.), jak i typowego psychofunkcjonalnego schorzenia z dominującymi subiektywnymi zaburzeniami równowagi, jakim jest PPPD. Istotne jest to, że dotychczasowe wyniki badań nie wykazały jednoznacznie zależności między wynikami posturografii a PPPD [16], były jednak przeprowadzane w znacznie mniejszych grupach osób.

Badanie PS wykazało stosunkowo niską czułość i swoistość w stosunku do objawów w kwestionariuszach VSS i DHI. Kwestionariusz VSS wskazuje na nasilenie zawrotów głowy oraz dolegliwości wegetatywnych związanych z zawrotami, a DHI jest bardziej skierowany na ocenę niepełnosprawności spowodowanej zawrotami głowy, obejmuje również podskaleę dotyczącą zawrotów położeniowych [21]. Yip i Strupp [18] wykazali, że DHI nie koreluje z wynikami PS, nie wykonywali jednak PD, dla której w niniejszym badaniu wykazano ponad 80-procentową czułość i 70-procentową swoistość przy punkcie odcięcia 24 pkt (z maksymalnie 100 pkt). Za miarę niepełnosprawności uważane jest >50 pkt w kwestionariuszu [21].

Podsumowanie

Testy statyczne są podstawowym badaniem wymaganym w badaniach profilaktycznych pracowników. Posturografia stanowi ilościowy zapis wychwiań w odniesieniu do wartości normatywnych. Nieprawidłowe wyniki badań posturografii, szczególnie PS, z bardzo dużym prawdopodobieństwem wskazują na występowanie patologii układu równowagi, w tym zaburzeń psychofunkcjonalnych. Prawidłowe wyniki nie świadczą jednak o braku patologii układu równowagi, co powinno być uwzględnione w ocenie zdolności do pracy.

W przypadku uszkodzeń układu przedsionkowego prawidłowy wynik posturografii może wskazywać na jego kompensację.

Badania posturografii nie są miarodajne w jednostkach chorobowych, w których zawroty głowy mają charakter napadowy, takich jak choroba Ménière'a i migreny, oraz w skompensowanych uszkodzeniach układu przedsionkowego.

Badanie posturografii dynamicznej z wysoką czułością, lecz niższą swoistością potwierdza występowanie objawów ocenianych na podstawie kwestionariuszy.

WNIOSKI

Testy statyczne są podstawowym badaniem wymaganym w badaniach profilaktycznych pracowników. Posturografia stanowi ilościowy zapis wychwiań w odniesieniu do wartości normatywnych. Nieprawidłowe wyniki badań posturografii, szczególnie PS, z bardzo dużym prawdopodobieństwem wskazują na obecność patologii układu równowagi, w tym zaburzeń psychofunkcjonalnych. Prawidłowe wyniki badań posturografii nie świadczą o braku patologii układu równowagi, co powinno być uwzględnione w ocenie zdolności do pracy.

PODZIĘKOWANIA

Podziękowania dla pani Joanny Bartosiak za wykonywanie badań układu równowagi.

PIŚMIENNICTWO

1. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 12 listopada 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy. DzU z 2020 r., poz. 2131. Available from:

- <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU2020002131/O/D20202131.pdf>.
- Black FO, Wall C 3rd, Rockette HE Jr, Kitch R. Normal subject postural sway during the Romberg test. *Am J Otolaryngol.* 1982;3(5):309–18. [https://doi.org/10.1016/s0196-0709\(82\)80002-1](https://doi.org/10.1016/s0196-0709(82)80002-1).
 - Kotas R, Janc M, Kamiński M, Marciniak P, Zamysłowska-Szmytke E, Tylman W. Evaluation of Agreement Between Static Posturography Methods Employing Tenso-meters and Inertial Sensors. *IEEE.* 2019;7:164120–164126. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2952496>.
 - Whitney SL, Roche JL, Marchetti GF, Lin CC, Steed DP, Furman GR, et al. A comparison of accelerometry and center of pressure measures during computerized dynamic posturography: A measure of balance. *Gait Post.* 2011;33(4):594–599. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.01.015>.
 - Gorski LP, Silva AM, Cusin FS, Cesaroni S, Ganança MM, Caovilla HH. Body balance at static posturography in vestibular migraine. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2019;85:183–92. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2017.12.001>.
 - Allum JHJ, Honegger F. Recovery times of stance and gait balance control after an acute unilateral peripheral vestibular deficit. *J Vestib Res.* 2016;25:219–31. <https://doi.org/10.3233/VES-150561>.
 - Jacobson GP, McCaslin DL, Piker EG, Gruenwald J, Grantham S, Tegel L. Insensitivity of the “Romberg test of standing balance on firm and compliant support surfaces” to the results of caloric and VEMP tests. *Ear Hear.* 2011;32(6):e1–5. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e31822802bb>.
 - Mancini M, Carlsson-Kuhta P, Zampieri C, Nutt JG, Chiarri L, Horak FB. Postural sway as a marker of progression in Parkinson’s disease: a pilot longitudinal study. *Gait Posture.* 2012;36(3):471–476. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.04.010>.
 - McLoughlin J, Barr C, Crotty M, Lord SR, Sturme DL. Association of Postural Sway with Disability Status and Cerebellar Dysfunction in People with Multiple Sclerosis: A Preliminary Study. *Int J MS Care.* 2015;17(3):146–151. <https://doi.org/10.7224/1537-2073.2014-003>.
 - Findling O, Sellner J, Meier N, et al. Trunk sway in mildly disabled multiple sclerosis patients with and without balance impairment. *Exp Brain Res.* 2011;213:363. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2795-8>.
 - Dixit S, Maiya A, Shasthry BA, Kumaran DS, Guddattu V. Postural sway in diabetic peripheral neuropathy among Indian elderly. *Indian J Med Res.* 2015;142(6):713–20. <https://doi.org/10.4103/0971-5916.174562>.
 - Sullivan EV, Rose J, Pfefferbaum A. Physiological and focal cerebellar substrates of abnormal postural sway and tremor in alcoholic women. *Biological psychiatry.* 2010;67(1):44–51. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2009.08.008>.
 - Allum JHJ, Scheltinga A, Honegger F. The Effect of Peripheral Vestibular Recovery on Improvements in Vestibulo-ocular Reflexes and Balance Control After Acute Unilateral Peripheral Vestibular Loss. *Otol Neurotol.* 2017;38(10):e531–e538. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001477>.
 - Di Fabio RP. Sensitivity and specificity of platform posturography for identifying patients with vestibular dysfunction. *Phys Ther.* 1995;75(4):290–305. <https://doi.org/10.1093/ptj/75.4.290>.
 - Verbecque E, Wuyts FL, Vanspauwen R, Van Rompaey V, Van de Heyning P, Vereeck L. The Antwerp Vestibular Compensation Index (AVeCI): an index for vestibular compensation estimation, based on functional balance performance. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2021;278(6):1755–1763. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06192-4>.
 - Popkirov S, Staab JP, Stone J. Persistent postural-perceptual dizziness (PPPD): a common, characteristic and treatable cause of chronic dizziness. *Pract Neurol.* 2018;18(1):5–13. <https://doi.org/10.1136/practneurol-2017-001809>.
 - Allum JH, Honegger F. Relation between head impulse tests, rotating chair tests, and stance and gait posturography after an acute unilateral peripheral vestibular deficit. *Otol Neurotol.* 2013;34(6):980–9. <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e31829ce5ec>.
 - Yip CW, Strupp M. The Dizziness Handicap Inventory does not correlate with vestibular function tests: a prospective study. *J Neurol.* 2018;265(5):1210–1218. <https://doi.org/10.1007/s00415-018-8834-7>.
 - El-Kashlan HK, Shepard NT, Asher AM, Smith-Wheelock M, Telian SA. Evaluation of Clinical Measures of Equilibrium. *Laryngoscope.* 1998;108,(3):311–319. <https://doi.org/10.1097/00005537-199803000-00002>.
 - Strupp M, Feil K, Dieterich M, Brandt T. Bilateral vestibulopathy. *Handb Clin Neurol.* 2016;137:235–40. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63437-5.00017-0>.
 - Zamysłowska-Szmytke E, Politanski P, Jozefowicz-Korczynska M. Dizziness Handicap Inventory in clinical evaluation of dizzy patients. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(5):2210. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052210>.