

# Nowe kierunki rozwoju badań posturografii

## New directions in development of posturographic tests

MAGDALENA JANC, EWA ZAMYSŁOWSKA-SZMYTKE, MARIOLA ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA

Klinika Audiologii i Foniatrii, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi

Badania posturografii, zarówno statycznej, jak i dynamicznej, wykazują stosunkowo małą przydatność w diagnostyce uszkodzeń przedsionkowych. Prezentowany przegląd danych literaturowych dotyczy prób uwrażliwienia badań posturograficznych poprzez włączenie ruchów głowy do standardowego protokołu badania posturografii. Analizie zostały poddane artykuły dotyczące tej tematyki umieszczone w bazach PubMed oraz Web of Science. Wszystkie prace dotyczą posturografii dynamicznej (Sensory Organization Test, SOT). Do badań wybrano artykuły obejmujące próby wykonywane przy zamkniętych oczach na stabilnym i ruchomym podłożu. Wyniki badań wskazują na przydatność testu SOT-5 z ruchami głowy z prędkością 15°/s, jako testu przesiewowego dla różnicowania osób z i bez uszkodzeń przedsionkowych. Ponadto, wykazano przydatność posturografii z ruchami głowy dla monitorowania kompensacji uszkodzeń błędnika i postępów rehabilitacji. Nowe kierunki rozwoju posturografii obejmują badania nad bardziej rozpowszechnioną posturografią statyczną oraz posturografią mobilną, w której zamiast płyty tensometrycznej zastosowano czujniki umieszczone na pacjencie, mierzące bezpośrednio korekcje reakcji posturalnych.

**Słowa kluczowe:** *posturografia, HS-posturografia, zaburzenia równowagi, uszkodzenie błędnika*

The research on both static and dynamic posturography has demonstrated its low usefulness in diagnostics of vestibular dysfunction. The presented review of literature data concerns the studies in which the head movements were introduced to standard posturography protocol to sensitize the test for vestibular abnormalities. The analysis included papers indexed in PubMed and Web of Science databases. All papers concerned dynamic posturography testing. In the publications chosen for analysis tests were carried out with eyes closed on stable and mobile surfaces.

The results of the literature analysis indicate the usefulness of SOT-5 test with head movements at 15°/s as a screening test for the differentiation of subjects with and without vestibular damage. Moreover, posturography with head movements seems to be useful for monitoring vestibular compensation and rehabilitation progress.

New directions in posturography development should include studies on static posturography with head movements as well as more and more popular mobile posturography, in which tensometric platform is replaced by sensors placed on a patient on lumbar level for direct measuring of postural reactions.

**Key words:** *posturography, HS-posturography, balance disorders, vestibular loss*

© Otorynolaryngologia 2017, 16(4): 150-155

www.mediton.pl/orl



**Adres do korespondencji / Address for correspondence**

Mgr Magdalena Janc  
Klinika Audiologii i Foniatrii  
Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera  
ul. Św. Teresy 8, 91-348 Łódź  
tel. 42 6314731; e-mail: Magdalena.Janc@imp.lodz.pl

### Wstęp

Utrzymanie równowagi to złożony proces oparty na prawidłowym funkcjonowaniu narządu ruchu, wzroku oraz układu przedsionkowego. Zaburzenia równowagi mogą być wywołane uszkodzeniem każdego z wymienionych układów.

Zaburzenia układu przedsionkowego w istotny sposób wpływają na utrzymanie równowagi. W ostrym uszkodzeniu błędnika asymetryczna

impulsacja przedsionkowa modeluje napięcie mięśni posturalnych poprzez odruchy przedsionkowo-rdzeniowe [1], powodując odruchowe napięcie odwodzicieli kończyn po stronie chorej i napięcie przywodzicieli po stronie zdrowej. Nieprawidłowe reakcje posturalne widoczne są, między innymi, w próbach statyczno-kinetycznych [2]. Zachodzące w ciągu pierwszych godzin po uszkodzeniu procesy kompensacji statycznej powodują wyrównanie impulsacji na poziomie jąder przedsionkowych

i mózdzku, co wpływa na normalizację reakcji posturalnych i pozwala na utrzymanie postawy wyprostnej w warunkach bezruchu [3]. Zachodzące następnie, złożone i zależne od aktywności pacjenta, procesy kompensacji dynamicznej pozwalają na utrzymanie równowagi podczas ruchów ciała. Duże znaczenie mają tu korekcje wzrokowe oraz przeprogramowanie reakcji posturalnych uwzględniające nieprawidłową impulsację przedsionkową [3, 4].

Zakłada się, że procesy kompensacji statycznej powinny zapewnić osobie z uszkodzonym układem przedsionkowym możliwość utrzymania równowagi w pozycji stojącej. Jednakże każda, nawet zdrowa osoba, wykazuje niewielkie wychwiania podczas swobodnego stania. Zaobserwowano, że wychwiania te, choć niewielkie i zwykle nieistotne klinicznie, mogą być wykrywane w badaniach aparaturowych, ponadto, u osób z jednostronnym uszkodzeniem przedsionkowym (*unilateral vestibular loss*, UVL) będą wykazywały pewną lateralizację i wzrost po zaburzeniu informacji wzrokowych i zniesieniu/zaburzeniu impulsacji somatosensorycznej [5, 6].

### Badania posturograficzne

Specjalistyczne badania diagnostyczne można podzielić na służące do oceny stabilności odruchu przedsionkowo-ocznego (*vestibulo-ocular reflex*, VOR), takie, jak próba kaloryczna, testy kinetyczne fotela obrotowego czy test vHIT (*video Head Impulse Test*) oraz metody opracowane pod kątem oceny odruchów posturalnych i przedsionkowo-rdzeniowych.

W piśmiennictwie opisanych zostało wiele narzędzi diagnostycznych dla oceny układu równowagi, takich jak stabilometrie, posturografia statyczna, posturografia dynamiczna oraz mobilne urządzenia służące do pomiaru wychyleń środka ciężkości. Ze względu na zakres badań i liczbę doniesień, podstawowymi metodami, służącymi do oceny układu równowagi jako całości, są badania posturograficzne.

Posturografia to metoda polegająca na rejestracji wychyleń poprzez czujniki tensometryczne znajdujące się w płycie. Posturografie można podzielić na statyczne, w których pacjent stoi na stabilnym podłożu, oraz dynamiczne, w których podłoże lub otoczenie jest ruchome. Protokół każdej z posturografii obejmuje próbę Romberga zmodyfikowaną poprzez szeroki rozstaw stóp, przeprowadzaną z oczami otwartymi i zamkniętymi. W niektórych posturografiach statycznych zastosowano uczulenie prób w kierunku uszkodzeń przedsionkowych poprzez dodanie testów na piankowej poduszce dla zniesienia czucia somatosensorycznego. W przypadku posturografii dynamicznej zastosowano technikę zakłócania czucia głębokiego poprzez

ruch podłoża skorelowany z wychyleniami samodzielnymi osoby badanej, co zmusza osobę badaną do stosowania informacji przedsionkowych w celu utrzymania równowagi. Podczas badania zakłócające są również informacje wzrokowe poprzez ruch otoczenia sprzężony z wychyleniami platformy lub dodanie bodźców optokinetycznych. W najszerszej opisywanej posturografii dynamicznej zastosowano 6 testów: 1. na stabilnym podłożu z oczami otwartymi, 2. na stabilnym podłożu z oczami zamkniętymi, 3. na stabilnym podłożu z oczami otwartymi przy ruchomym otoczeniu, 4. na niestabilnym podłożu z oczami otwartymi, 5. na niestabilnym podłożu (w płaszczyźnie AP) z oczami zamkniętymi, 6. z otwartymi oczami, przy ruchomym otoczeniu i podłożu (Protokół *Sensory Organization Test*, SOT – EQUATEST NeuroCom International, INC). W żadnym z badań posturografii nie przewidziano standardowo stymulacji przedsionkowej, która mogłaby ujawnić wpływ asymetrii reakcji przedsionkowych na odruchy posturalne.

### Badanie posturograficzne u osób z obwodowymi uszkodzeniami układu przedsionkowego

Uszkodzenie przedsionka (asymetria pobudliwości) powoduje problemy z utrzymaniem równowagi jedynie w ostrej fazie choroby. Już w 1995 roku opisano ograniczenia badania posturografii w diagnostyce uszkodzeń przedsionkowych [7]. Czułość najpopularniejszego protokołu SOT posturografii dynamicznej do wykrywania uszkodzeń przedsionkowych oceniono na 20-80% [8], w zależności od stopnia kompensacji osób badanych. U osób z prawidłową kompensacją, posturografia dynamiczna może nie wykazywać żadnych nieprawidłowości [9]. Uważa się, że posturografia statyczna może mieć większe znaczenie diagnostyczne, niż posturografia dynamiczna. Wymienione zalety to sposób eliminacji bodźców odbieranych przez czucie głębokie. Zastosowanie pianki (*foam*) w posturografii statycznej, nie wymusza dodatkowych reakcji posturalnych, podczas gdy w posturografii dynamicznej zapadanie się platformy w przód lub w tył może uaktywniać odruchowe reakcje obronne. Wymuszanie na platformie dynamicznej kierunku wychyleń przednio-tylnych A/P ogranicza ocenę do płaszczyzny strzałkowej, podczas, gdy zastosowanie pianki pozwala na ocenę wychyleń w zróżnicowanych kierunkach. Testy na piance w badaniu posturografii statycznej umożliwiają również analizę częstotliwości wychwiania w dość szerokim zakresie powyżej 1 Hz. U osób z uszkodzeniami błędniaka wykazano istotny wzrost prędkości kątowych wychwiania w zakresach częstotliwości

0,1-1 Hz i powyżej 1 Hz w porównaniu do osób bez takich uszkodzeń [10]. W badaniu posturografii dynamicznej zakres mierzonych częstotliwości jest ograniczony filtrami (do 0,85 Hz) ze względu na mechanizm *servo-drive* platformy sterowany z poziomu niskoczęstotliwościowych odruchów ze stawów skokowych. Allum i wsp. przedstawili próby zwiększenia zakresu częstotliwości i kierunków pomiarów wychwiał poprzez ustawienie osoby badanej poprzecznie do kierunku ruchu platformy, lecz proponowana przez nich metodyka nie jest używana w badaniach klinicznych [11].

Z uwagi na niską wartość diagnostyczną posturografii dynamicznej dla określenia lokalizacji uszkodzenia, podjęto próby modyfikacji protokołu SOT [12, 13].

### Modyfikacje posturografii

Odruchy posturalne przekładają się na strategię utrzymania równowagi. Zrównoważoną pozycję stojącą można rozpatrywać w stosunku do całego ciała (model odwróconego wrzeciona) lub jako wzajemne oddziaływanie poszczególnych segmentów ciała [14, 15]. Model odwróconego wrzeciona ma zastosowanie szczególnie w posturografii, w której przyjmuje się, że pacjent utrzymuje równowagę kontrolując wychwiania na poziomie stawów skokowych, zaś reszta ciała zachowuje się jak jednorodna struktura ze środkiem ciężkości na wysokości L4. Z tego założenia mogą wynikać ograniczenia badań posturograficznych. Wychwiania osób z zaburzeniami propriocepcji należą do niskoczęstotliwościowych i są ograniczone do płaszczyzny strzałkowej [16, 17]. Model odwróconego wrzeciona dobrze wpisuje się w ten zakres częstotliwości. Dla wyższych częstotliwości wychwiał, powyżej 3 Hz, charakterystycznych dla uszkodzeń błędnika, lepiej sprawdza się model wielosegmentowy, w którym zaburzenia równowagi zapisywane są w wielu kierunkach ruchu a kontrola równowagi w większym stopniu zależy od kontroli tułowia i stosowanej strategii biodrowej w korekcji wychwiał [17, 18]. Te zależności wykorzystano przy konstrukcji czujników pomiarowych mocowanych na tułowiu i innych segmentach ciała przy konstruowaniu tzw. „mobilnych posturografii”.

Ze względu na opisaną powyżej niską przydatność posturografii w diagnostyce przedsionkowej, podjęto próby uczulenia testów posturografii poprzez włączenie do badania pozycji głowy i jej ruchów. Uwrażliwienie posturografii uzyskano stosując dwa protokoły: przeprowadzenie badania z głową przechyloną w stosunku do pionu lub włączenie do badania ruchów głowy zarówno w płaszczyźnie horyzontalnej, czołowej jak i strzałkowej.

Pierwsza metoda okazała się istotna do wykrywania zaburzeń otolitowych [12], jednak nadal nie wprowadzała stymulacji przedsionkowej. W drugiej metodzie zakładano, że wyzwalane ruchami głowy pobudzenie błędników pozwoli na ujawnienie patologii przedsionkowej poprawiając czułość badania posturografii. U zdrowej osoby ruchy głowy powodują jednoczesne pobudzenie błędnika w kierunku ruchu i hamowanie po stronie kontrlateralnej. Ze względu na przewagę procesów pobudzania nad hamowaniem można spodziewać się wpływu chwilowej asymetrii zarówno na powstanie oczopląsu, jak i dekompozycji odruchów przedsionkowo-rdzeniowych przy zwrocie głowy. Drugą przyczyną zaburzenia reakcji posturalnych może być pobudzenie mięśni i receptorów szyi [19]. Założono, że procesy te powodują niewielki i dobrze korygowany wzrost wychwiał. U osoby z zaburzeniem pobudliwości jednego błędnika wielkość wychwiał będzie zależała od stopnia kompensacji ośrodkowej. W teorii, przy pełnej kompensacji symetryczna reakcja na poziomie jąder przedsionkowych powinna zapewniać utrzymanie równowagi na podobnym poziomie, jak u osoby zdrowej, z możliwym niewielkim wzrostem wychwiał zależnym od stymulacji receptorów czucia głębokiego szyi.

Pierwsze badania pilotażowe posturografii z ruchami głowy (posturografia – *Head shaking posturography*, HS) przeprowadzili Shepard i Speers w 1998 r. [20]. Od tego czasu badania są prowadzone w dwóch kierunkach: opracowania metodyki testów oraz oceny czułości i swoistości testów w stosunku do subiektywnych objawów zawrotów głowy/zaburzeń równowagi lub występowania uszkodzeń przedsionkowych potwierdzonych wynikami próby kalorycznej.

### Opracowanie metodyki

W badaniach HS-posturografii stosowano dotychczas aparaturę dla posturografii dynamicznej. Modyfikację poprzez dołączenie ruchów głowy wprowadzono arbitralnie do dwóch testów protokołu SOT: SOT-2 na stabilnym podłożu, z zamkniętymi oczami oraz SOT-5 podczas, którego osoba badana stoi z zamkniętymi oczami na podłożu poruszającym się proporcjonalnie do wielkości wychwiał. Wybór dwóch testów z sześciu dostępnych w protokole SOT uzasadniono zbyt długim czasem pełnego badania SOT. Wybrano testy z zamkniętymi oczami, w których unikano stymulacji wzrokowej (optokinetycznej) wywołanej względnym ruchem otoczenia, oraz test na niestabilnym podłożu, co pozwoliło na zaburzenie odruchów ze stawów skokowych oraz, w następstwie, na uczulenie testu w stosunku do uszkodzeń przedsionkowych [21, 22].

Dla opracowania metodyki badania konieczny był wybór: 1. płaszczyzny ruchów głowy; 2. zakresu ruchów; 3. prędkości; 4. ocenianych parametrów badania.

Już w pierwszych badaniach, płaszczyzna horyzontalna była podstawową płaszczyzną ruchu głowy w HS-posturografii. Wybór był podyktowany możliwością oceny schorzeń kanałów półkolistych poziomych w powszechnie stosowanej próbie kalorycznej i próbach kinetycznych na fotelu obrotowym [21, 22]. Ponadto, wcześniejsze doniesienia wskazywały, że kierunek ruchu głowy powinien się różnić od kierunku ruchu podłoża (platformy) [19]. Przy wyborze kierunku ruchu głowy należy jednak uwzględnić doniesienie Honegger i wsp. [23], zgodnie z którym pobudzenie dowolnych kanałów półkolistych powoduje chwilowe zaburzenie funkcji ośrodkowych struktur odpowiedzialnych za utrzymanie równowagi. Ta destabilizacja u osób z prawidłowo skompensowanym osłabieniem pobudliwości błędniaka może powodować ujawnienie cech klinicznych uszkodzenia [20]. Zgodnie z tą teorią wybór kierunku ruchu głowy może mieć znaczenie w ocenie klinicznej pacjenta.

Kolejnym problemem metodologicznym było określenie zakresu ruchu głowy nieinwazyjnego dla pacjenta. Mishra i Honaker przyjęli w swoich badaniach zakres  $15^\circ$  w stosunku do pozycji centralnej ( $0^\circ$ ), możliwy do zastosowania nawet u osób z ograniczeniem ruchomości kręgosłupa szyjnego [21, 22, 24]. W badaniach tych nie stosowano jednak kontroli zakresu ruchów, lecz jedynie kontrolę tempa wskazywanego pacjentowi przez dźwięk metronomu. Pang, Lim, Park stosowali kąt wychylenia głowy  $40-60^\circ$  od pozycji zero, co było związane z zastosowaniem aparatury kontrolującej ruch głowy w tym właśnie zakresie [25-27]. Ponadto, wymienieni powyżej autorzy proponują, żeby osoba badana wykonywała ruchy z głową przygiętą o  $30^\circ$  w przód, co pozwoli na ustawienie kanałów półkolistych błędniaka dokładnie w płaszczyźnie ruchu.

Najistotniejszym do ustalenia parametrem badania była prędkość kątowna ruchów głowy. Od pierwszych prac Mishry i wsp. przyjęto za standardową częstotliwość ruchu około 1 Hz. W ramach tej częstotliwości stosowano zróżnicowane zakresy i prędkości ruchu. W pierwszych badaniach Mishry i wsp. [21] prędkość kątowna ruchu głowy badanego wynosiła  $60^\circ/s$ , jednakże przy zastosowaniu tej prędkości stwierdzono znaczny odsetek upadków w grupie osób z objawami zaburzeń przedsionkowych. Ze względu na brak możliwości zapisu wyników podczas upadku Honaker i wsp. [22] wprowadzili trzy prędkości ruchów głowy:  $60$  i  $120^\circ/s$  w SOT-2 oraz  $60$  i  $15^\circ/s$  w SOT-5. Wyniki

wskazywały na brak różnic między HS SOT-2  $60^\circ/s$  a standardowym testem SOT-2, podczas, gdy dla HS SOT-2  $120^\circ/s$  te różnice były istotne. Oba testy HS SOT-5 różniły się od standardowych SOT-5. Uzyskane wyniki umożliwiły uszeregowanie testów według ich wzrastającej trudności, co zostało wykorzystane dla sposobu oceny wyników. W badaniach na grupie osób zdrowych nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic wyników pomiędzy HS SOT-5  $15^\circ/s$  i HS SOT-5  $60^\circ/s$ , dlatego też w przypadku stosowania pojedynczego testu autorzy proponowali zastosowanie HS SOT-5  $15^\circ/s$  jako łatwiejszego do wykonania a równie efektywnego jak trudniejszy HS SOT-5  $60^\circ/s$ . W badaniach porównawczych osób zdrowych i z uszkodzeniami błędniaków test HS SOT-5  $15^\circ/s$  uzyskał najwyższą czułość i swoistość przy stosunkowo niewielkiej liczbie upadków w czasie badania [24].

Wprowadzenie niepełnego protokołu SOT nie pozwoliło na zastosowanie do oceny parametru EScomp (*composite equilibrium score*) standardowo wyznaczanego przez program komputerowy ze wskaźników ES (*equilibrium score*) dla poszczególnych prób (SOT-1, SOT-2... SOT-6). Powstała zatem konieczność zaproponowania innego parametru. Większość badanych stosowała średnią wartość ES dla testów wykonanych SOT-2 i SOT-5. Jednocześnie poszukiwano parametru, który by najdokładniej odzwierciedlał wpływ zaburzeń przedsionkowych na układ równowagi. W tym celu Honaker i wsp. [22, 24] zaproponowali parametr uwzględniający trudność poszczególnych testów czyli kąt nachylenia linii dopasowanej łączącej wyniki uzyskane w testach o wzrastającej trudności, kolejno SOT-2, HS SOT-2  $60^\circ/s$ , HS SOT-2  $120^\circ/s$ , SOT-5, HS SOT-5  $15^\circ/s$  i HS SOT-5  $60^\circ/s$ . Jednakże najczęstszym sposobem oceny wyników było wyznaczenie współczynnika uzyskanego jako stosunek średnich wyników ES z trzech powtórzeń dla SOT-2 i HS SOT-2 oraz SOT-5 i HS SOT-5 [21, 25-27].

Oceniając wyniki badań HS-posturografii należy również brać pod uwagę, że wprowadzenie ruchów głowy do badania posturograficznego powoduje nie tylko aktywację przedsionkową, lecz również receptorów szyjnych czucia głębokiego, co może mieć znaczenie szczególnie u osób starszych, z ograniczeniem bólowym zakresu ruchu. Ponadto posturografia ta należy do testów wymagających wielozadaniowości (multi task). Szczególnie podczas próby piątej pacjenci utrzymują równowagę podczas ruchu platformy a jednocześnie aktywnie poruszają głowę z odpowiednią częstotliwością i zakresem ruchu. Realizacja tych zadań zależy więc od możliwości mentalnych/poznawczych osoby badanej.

Innym problemem, dotyczącym zarówno posturografii z ruchami głowy, jak i posturografii standardowej, jest lęk przed upadkiem, szczególnie widoczny w próbach utrudnionych. Obserwacje własne wskazują jednak, że dodanie ruchów głowy u niektórych osób zmniejsza poziom lęku ze względu na konieczność skupiania uwagi na utrzymaniu odpowiedniego zakresu i tempa ruchów. Te obserwacje wymagają dalszych badań.

### Zależność badania HS SOT od wieku

Zarówno Honaker i wsp. [22] jak i Mishra i wsp. [21] nie wykazali różnic wyników testów między grupami wiekowymi 20-49 lat i 50-69 lat. Jednakże Honaker i wsp. obserwowali istotną korelację między kątem nachylenia prostej łączącej wyniki testów o wzrastającej trudności a wiekiem, co wskazuje na istnienie pewnych zależności od wieku, obserwowanych również w pracach innych autorów. Park i wsp. [27] w grupie 102 osób zdrowych wykazali istotny spadek wartości współczynników równowagi dla testu HS SOT-2 jedynie między grupami wiekowymi osób młodych (śr. wieku 29 lat) i najstarszych (śr. wieku 69 lat), podczas, gdy dla HS SOT-5 te różnice były również istotne między grupą osób w średnim wieku (śr. wieku 50 lat) i najstarszymi (śr. wieku 69 lat). Zależność od wieku w przypadku testu trudniejszego pojawiała się w młodszych przedziałach wiekowych. Pang i wsp. [25] znaleźli różnice współczynników równowagi między grupami <50 r.ż. i ≥50 r.ż. istotne statystycznie jedynie dla testu HS SOT-5. W badaniu HS-posturografii, podobnie, jak w standardowej posturografii dynamicznej konieczne jest uwzględnianie wpływu wieku, szczególnie przy testach trudniejszych dla pacjenta.

### Przydatność testu HS-posturografii w ocenie uszkodzeń przedsionkowych

Głównym celem wprowadzenia ruchów głowy do standardowego badania posturografii było poprawienie czułości badania dla wykrywania uszkodzeń przedsionkowych. Mishra i wsp. [21] u osób z jednostronnym osłabieniem pobudliwości przedsionkowej uzyskali czułość testu HS SOT-2 równą 54% a swoistość 77%, zaś HS SOT-5 czułość 95% i swoistość 22%, określając te testy jako nieistotne dla skryningu uszkodzeń błędnika. Natomiast Honaker i wsp. [24] wykazali istotną korelację HS SOT-5 15°/s z wynikami próby kalorycznej oraz wysoką czułość (70%) i swoistość (100%) tego testu dla wykrywania uszkodzeń przedsionkowych. Słabym punktem pracy była bardzo niska liczebność grup badanych (5 osób bez uszkodzeń i 10 osób z uszkodzeniami przedsionkowymi, CP>25%). Zależność wyników HS-posturo-

grafii od zgłaszanych objawów i stopnia skompensowania uszkodzeń przedsionkowych ocenił Lim i wsp. [26], który w grupie osób z ostrym uszkodzeniem nerwu przedsionkowego, potwierdzonym wynikiem próby kalorycznej (CP>25%) oraz wysoką punktacją w kwestionariuszu *Dizziness Handicap Inventory* – DHI (średnio 43,3 punkty), wykazał korelację między nasileniem objawów a wynikami HS SOT zarówno próby 2, jak i 5. Badania zostały przeprowadzone w trzeciej dobie od wystąpienia objawów, następnie zostały powtórzone po tygodniu oraz po 1, 2 i 6 miesiącach od początku choroby. Brak zależności między nasileniem objawów a wynikami posturografii najszybciej (po tygodniu) stwierdzono dla zbiorczego wskaźnika równowagi (*compositum equilibrium score*, EScomp) w standardowej posturografii dynamicznej, później (po 2 miesiącach) dla *equilibrium score* wyznaczonego jako stosunek ES w badaniu bez ruchów głowy i z ruchami głowy w teście 2 (HS SOT/SOT-2). Współczynnik HS SOT/SOT-5 był skorelowany z nasileniem objawów podczas całego okresu obserwacji. Wyniki wskazywały na większą czułość metody posturografii z ruchami głowy dla wykrywania postępów kompensacji przedsionkowej.

### Wstępne badania nad modyfikacją posturografii statycznej

W piśmiennictwie nie istnieją prace nad zastosowaniem posturografii statycznej z ruchami głowy w diagnostyce uszkodzeń przedsionkowych. Za włączeniem tego rodzaju badań przemawia większa dostępność posturografii statycznej i jej większa wartość diagnostyczna, w porównaniu do posturografii dynamicznej. Wstępne wyniki badań nad HS-posturografią statyczną prezentowano podczas konferencji *The Annual Scientific and Technology Conference 2018* [28]. W pracy oceniano, czy włączenie badania z ruchami głowy pozwoli na zróżnicowanie wyników standardowej posturografii w zależności od choroby pacjenta. W tym celu wyodrębniono grupy osób z aktywnymi łagodnymi położeniowymi zawrotami głowy oraz skompensowanymi i nieskompensowanymi uszkodzeniami błędnika. Podczas, gdy wyniki standardowej posturografii nie wykazały różnic między grupami, różnice takie były widoczne w posturografii z ruchami głowy. Wzrost wielkości wychwiał oraz częstości nieprawidłowych wyników był najbardziej widoczny w grupie osób z jednostronnymi nieskompensowanymi uszkodzeniami błędnika. Te wstępne wyniki uzasadniają dalsze prace nad klinicznym zastosowaniem uczulonej posturografii statycznej.

## Podsumowanie

Posturografia z ruchami głowy wydaje się być obiecującym kierunkiem rozwoju badań równowagi u osób z uszkodzeniami przedsionkowymi. Wyniki badań wskazują na przydatność testu HS SOT-5 15°/s jako testu przesiewowego dla różnicowania osób z uszkodzeniami przedsionkowymi i bez tych uszkodzeń. Posturografia z ruchami głowy może również stać się narzędziem dla monitorowania stopnia skompensowania uszkodzeń błędnika i, jednocześnie, postępów rehabilitacji. Podstawo-

wym ograniczeniem dla rozwoju badań jest wysoka cena i niska dostępność posturografii dynamicznej. Wstępne doniesienia wskazują jednakże na przydatność posturografii statycznej z ruchami głowy, szczególnie w zakresie różnicowania osób ze skompensowanymi i nieskompensowanymi uszkodzeniami błędnika. Ze względu na dużą dostępność posturografii statycznej, ten kierunek badań powinien być rozwijany. Kierunkiem rozwoju może być również coraz popularniejsza posturografia mobilna, w której płyta tensometryczna zastąpiona jest czujnikiem zamocowanym na osobie badanej.

## Piśmiennictwo

- Bień S. Zespoły obwodowe i ośrodkowego uszkodzenia narządu przedsionkowego. (w) *Otoneurologia kliniczna*. Janczewski G (red.). PZWL, Warszawa 1986: 237-43.
- Barany R. Some new methods for functional testing of the vestibular apparatus and the cerebellum. Nobel Lecture, 1916.
- Bień S. Habituacja przedsionkowa. (w) *Otoneurologia kliniczna*. Janczewski G (red.). PZWL, Warszawa 1986: 103-6.
- Lacour M, Helmchen C, Vidal PP. Vestibular compensation: the neurotologist's best friend. *J Neurol* 2016; 263: 54-64.
- Horak FB, Nashner LM, Diener HC. Postural Strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Ezp Brain Res* 1990; 82: 167-77.
- Allum JHJ, Adkin AL, Carpenter MG, Held-Ziolkowska M, Honegger F, Pierchala K. Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests: effects of a unilateral vestibular deficit. *Gait Posture* 2001; 14(3): 227-37.
- Furman JM. Role of posturography in the management of vestibular patients. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1995; 112(1): 8-15.
- Di Fabio RP. Sensitivity and specificity of platform posturography for identifying patients with vestibular dysfunction. *Phys Ther* 1995; 75(4): 290-305.
- Geobel JA, Paige GD. Dynamic posturography and caloric test results in patients with and without vertigo. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1989; 100(6): 553-8.
- Fujimoto C, Kamogashira T, Kinoshita M, Egami N, Sugawara K, Demura S, et al. Power spectral analysis of postural sway during foam posturography in patients with peripheral vestibular dysfunction. *Otol Neurotol* 2014; 35(10):e317-23.
- Allum JHJ, Zamani F, Adkin AL, Ernst A. Differences between trunk sway characteristics on a foam support surface and on the Equi test® ankle-sway-referenced support surface. *Gait Posture* 2002; 16(3): 264-70.
- Chandra NS, Shepard NT. Clinical utility of lateral head tilt posturography. *Am J Otol* 1996; 17(2): 271-7.
- Speers RS, Shepard NT, Kuo A. EquiTest TM modification with shank and hip angle measurements. Differences with age among normal subjects. *J Vestib Res* 1999; 9(6): 435-44.
- Day BL, Steiger MJ, Thomson PD, Marsden DC. Effect of vision and stance width standing: implications for afferent control of lateral sway. *J Physiol* 1993; 469: 479-99.
- Aramaki V, Nozaki D, Masani K, Sato T, Nakazawa K, Yano H. Reciprocal angular acceleration of the ankle and hip joints during quiet standing in humans. *Exp Brain Res* 2001; 136(4): 463-73.
- Creath R, Kiemel T, Horak F, Jeka JJ. The role of vestibular and somatosensory systems in intersegmental control of upright stance. *J Vest Res* 2008; 18(1): 39-49.
- Horlings CGC, Kung Um, Honegger RF, Van Engelen BG, Van Alfen N, Bloem BR, et al. Vestibular and proprioceptive influences on trunk movements during quiet standing. *Neuroscience* 2009; 161(3): 904-14.
- Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol* 1986; 55(6): 1369-81.
- Paloski WH, Wood SJ, Feiveson AH, Hwang EY, Reschke MF. Destabilization of human balance control by static and dynamic head tilts. *Gait Posture* 2006; 23(3): 315-23.
- Shepard NT, Speers RA. Head movement modification to Sensory Organization Protocol of EquiTest: Clinical utility in a random sample of balance disorder patients. Proc. 20<sup>th</sup> Barany Society Meeting, Wuerzburg, Germany 1998.
- Mishra A, Sherrie D, Speers R, Shepard NT. Head Shake Computerized Dynamic Posturography in peripheral vestibular Lesions. *Am J Audiol* 2009; 18(1): 53-9.
- Honaker JA, Converse CM, Shepard NT. Modified Head Shake Computerized Dynamic Posturography. *Am J Audiol* 2009; 18(1): 108-13.
- Honegger F, Spijker GJ, Allum JH. Coordination of the head with respect to the trunk and pelvis in the roll and pitch planes during quiet stance. *Neuroscience* 2012; 213: 62-71.
- Honaker JA, Janky KL, Patterson JN, Shepard NT. Modified head shake sensory organization test: sensitivity and specificity. *Gait Posture* 2016; 49: 67-72.
- Pang MYC, Lam FM, Wong GH, Au IH, Chow DL. Balance performance in head-shake computerized dynamic posturography: aging effects and test-retest reliability. *Phys Ther* 2011; 91(2): 246-53.
- Lim HW, Kim KM, Jun HJ, Chang J, Jung HH, Chae SW. Correlating the head shake-sensory organizing test with dizziness handicap inventory in compensation after vestibular neuritis. *Otol Neurotol* 2012; 33(2): 211-14.
- Park MK, Lim HW, Cho JG, Choi CJ, Hwang SJ, Chae SW. A head shake sensory organization test to improve the sensitivity of the sensory organization test in the elderly. *Otol Neurotol* 2012; 33(1): 67-71.
- Zamysłowska-Szmytke E, Śliwińska-Kowalska M. Clinical use of Head-Shake Static Posturography. The Annual Scientific and Technology Conference 2018 Scottsdale, Arizona; <https://www.amauditarysoc.org/annual-conference> (Poster # 2).