

Marta Held-Ziółkowska<sup>1</sup>, John H. J. Allum<sup>2</sup>, Katarzyna Pierchała<sup>1</sup>,  
Mark Carpenter<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Klinika Otolaryngologii Akademii Medycznej w Warszawie

<sup>2</sup> Klinika Otolaryngologii Szpitala Uniwersyteckiego w Bazylei, Szwajcaria

## Nowe możliwości posturografii dynamicznej w diagnostyce zaburzeń równowagi

New Inlight into the Use of Dynamic Posturography  
for the Diagnosis of Balance Disorders

**Hasła indeksowe:** zaburzenia równowagi, posturografia dynamiczna, elektronystagmografia.  
**Key words:** balance disorders, dynamic posturography, elektronystagmography.

### Streszczenie

W pracy przedstawiono znaczenie różnych metod badań w otoneurologii. Zaprezentowano wyniki oceny czułości i specyficzności konwencjonalnej elektronystagmografii. Przedstawiono przegląd stosowanych technik posturograficznych oraz znaczenie i czułość posturografii dynamicznej w procesie wykrywania strony uszkodzenia u pacjentów z różnorodnymi zaburzeniami równowagi. Zaprezentowano wyniki badań nową metodą posturografii dynamicznej w grupie pacjentów z guzem kąta mostowo-mózdkowego i w grupie kontrolnej, opartej na rejestracji wychyleń ciała podczas swobodnych ruchów. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że nowa technika badania jest użyteczną metodą w różnicowaniu prawidłowych i patologicznych wychyleń ciała, jak i w śledzeniu zmian reakcji wyprostnych zachodzących w czasie.

### Summary

There was presented review through objective tests in otoneurology. Sensitivity and specificity of electronystagmography were analysed. New possibilities in balance dysfunction evaluation gives posturography. Static posturography provides information on sway stabilizing reaction and quantitative assessment of quiet standing. Dynamic posturography utilizing a moving support surface,

delivers unexpected balance disturbances while measuring automatic balance correcting and sway stabilizing reactions.

There was presented the new method for assessing static and dynamic equilibrium during natural freely moving gait and balance tasks. To evaluate utility of this new technique for characterising natural movements, there was analysed ability to differentiate between normal and pathological (CPAT patients) balance control and tracking the changes in balance control in CPAT patients pre and post surgical intervention. The results indicate that the new technique of dynamic posturography is useful in differentiating and monitoring balance disorders.

### I. CZUŁOŚĆ I SPECYFICZNOŚĆ ELEKTRONYSTAGMOGRAFII W ODNIESIENIU DO WYKRYWANIA ZABURZEŃ W NARZĄDZIE PRZEDSIONKOWYM

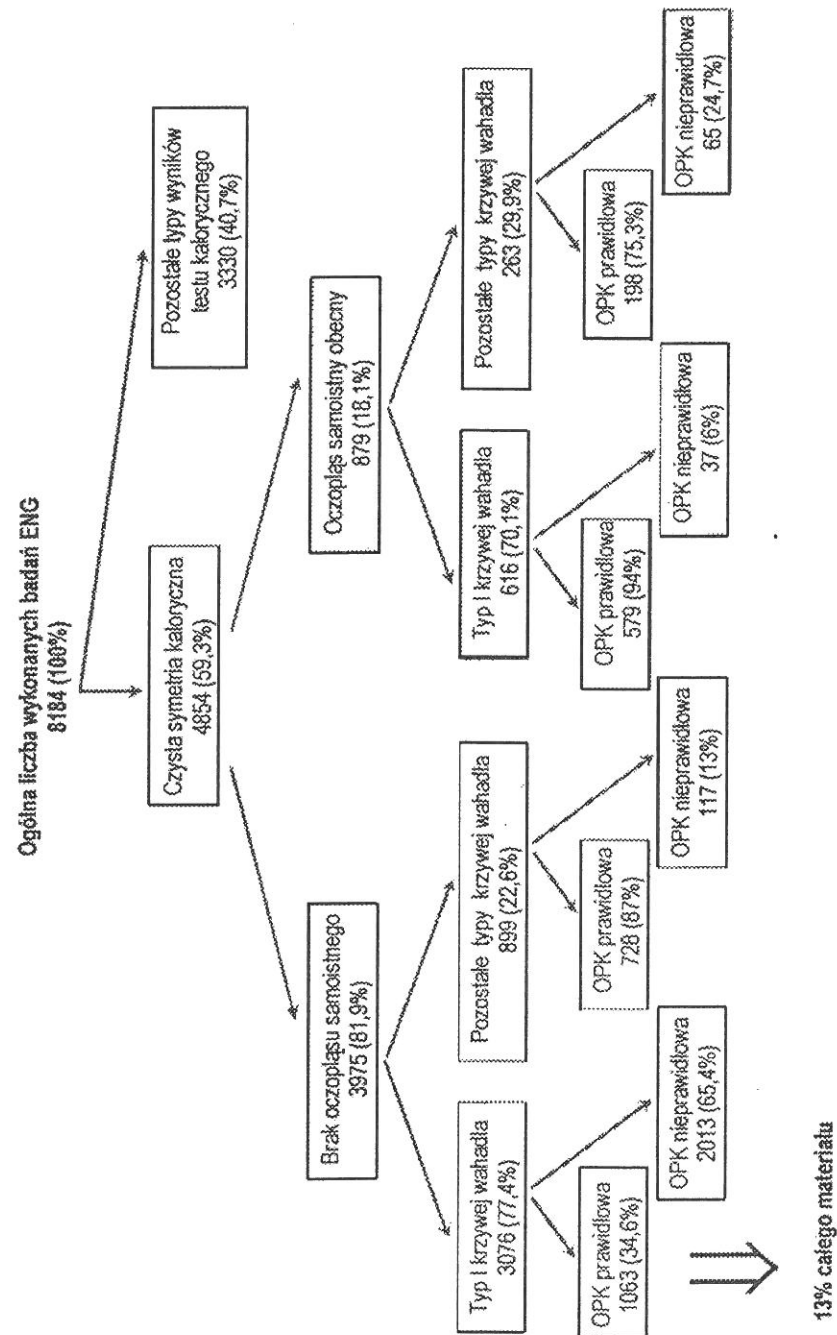
Elektronystagmografia, która historycznie rzecz ujmując stała się niejako synonimem oceny narządu przedsionkowego, współcześnie obejmuje szereg testów pozwalających nie tylko na ocenę funkcji obwodowego narządu przedsionkowego i jego centralnych połączeń w obrębie dróg przedsionkowo-okoruchowych, ale także zjawisk okoruchowych niezależnych od impulsów przedsionkowych [Dojrab 1994; Rubin 1966; Sharpe 1978]. W ten sposób, poza rejestracją oczopląsu samostnego, położeniowego, spojrzeniowego i oczopląsu indukowanego bodźcem cieplnym lub obrotowym, do baterii testów zostały włączone takie próby, jak testy oczopląsu wahadłowego i optokinetycznego, pozwalające na wykrywanie zaburzeń kontrolujących ruchy śledzące, oraz test sakkadowy, służący wykrywaniu zaburzeń w układzie kontrolującym sakkadowe ruchy gałek ocznych.

Elektronystagmografia, zajmująca niekwestionowane miejsce w procesie diagnostycznym chorego z zawrotami głowy i zaburzeniami równowagi, popularność swą zawdzięcza niepodważalnym zaletom. Zasadniczą zaletą tej metody jest możliwość badania oczopląsu przy oczach zamkniętych lub w kompletnej ciemności, co eliminuje zjawisko fiksacji, uważane za czynnik silnie hamujący oczopląs pochodzenia obwodowego, a zatem pozwala na zwiększenie częstości wykrywania oczopląsu, który bez jej zastosowania jest niewidoczny [Pfaltz 1981; Reddy 1961; Rubin 1966]. Niewątpliwą zaletą elektronystagmografii jest możliwość badania wpływu fiksacji na rejestrowanie oczopląsu, a zatem badanie przy oczach otwartych i zamkniętych, wpływ fiksacji jednoocznej oraz znaczenie zmiany kierunku spojrzenia pozwalają na różnicowanie oczopląsu błędnikowego, ośrodkowego i ocznego [Coats 1965; Kornhuber 1974; Milojevic 1967; Rubin 1966].

Elektronystagmografia, choć stanowi nieodłączny element oceny chorego z zawrotami głowy i zaburzeniami równowagi, ma jednak pewne ograniczenia. Po pierwsze – i co chyba najważniejsze – metoda ta nie bada układu równowagi

w sposób całościowy, a mówiąc o układzie równowagi pamiętać należy, że zachowanie równowagi fizycznej i prawidłowej orientacji w przestrzeni zależy od prawidłowej integracji co najmniej trzech narządów zmysłowych: narządu przedsionkowego, narządu wzroku i zmysłu czucia głębokiego. Elektronystagmografia jest tylko graficznym zapisem oczopląsu, będącego ważnym, ale przecież nie jedynym objawem pobudzenia lub zaburzenia czynności narządu przedsionkowego, tak więc pełna ocena kliniczna wydolności narządów zapewniających równowagę fizyczną człowieka nie może ograniczać się jedynie do analizy jednego objawu klinicznego, nawet jeżeli jest to objaw noszący taką liczbę informacji, jak oczopląs. To właśnie najprawdopodobniej powoduje, że czułość tej metody w odniesieniu do wykrywania patologii w układzie równowagi u pacjentów z zawrotami głowy i zaburzeniami równowagi jest niewielka. W materiale Pracowni Elektronystagmografii Kliniki Otolaryngologii Akademii Medycznej w Warszawie przeprowadzono ocenę czułości i specyficzności konwencjonalnej elektronystagmografii, opartą na analizie wyników badań 8184 pacjentów. Z analizy tej wynika, że specyficzność poszczególnych testów stosowanej baterii ENG jest duża (powyżej 96%), z czego można by wnioskować, iż testy te spełniają kryteria użytecznych prób dla skriningowej oceny stanu narządu przedsionkowego, ale czułość tych samych testów jest mała (poniżej 50%). Największą czułość wykazano w odniesieniu do testu oczopląsu położeniowego (44%), natomiast czułość testu kalorycznego według Fitzgeralda-Hallpike'a, uważanego za test wnoszący najwięcej informacji o obwodowym narządzie przedsionkowym, wynosi zaledwie 40,7%. Wartość ta obejmuje zarówno przypadki zespołu obwodowego, jak i tzw. symetrycznej przewagi kierunkowej oraz paradoksalną reakcję kaloryczną. W pozostałych 59,3% przypadków otrzymano w pełni symetryczne odpowiedzi z obu błędników u chorych cierpiących na zawroty głowy i zaburzenia równowagi. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że w grupie czystej symetrii odpowiedzi znalazły się przypadki łagodnego, położeniowego zawrotu głowy, w której to grupie 99,8% pacjentów wykazywało właśnie zupełnie symetryczne odpowiedzi w próbie kalorycznej. Dowodzi to konieczności przeprowadzania manewru Hallpike'a we wszystkich przypadkach symetrycznych odpowiedzi kalorycznych w próbie cieplnej dla uniknięcia błędów diagnostycznych, polegających na rozpoznaniu zaburzeń w ośrodkowej części narządu przedsionkowego tam, gdzie w istocie uszkodzenie to zlokalizowane jest w uchu wewnętrznym. Czułość całej baterii testów ENG jako metody wzrasta do 87%, ale nadal oznacza to, że u 13% chorych z zawrotami głowy i zaburzeniami równowagi wyniki wszystkich stosowanych testów wypadają prawidłowo (ryc. 1).

W grupie czystej symetrii odpowiedzi kalorycznych znaleźli się chorzy rekrutujący się z następujących grup rozpoznań klinicznych: łagodne położeniowe zawroty głowy, zaburzenia naczyniowe OUN i ucha wewnętrznego, zawroty głowy



Ryc. 1. Wyniki testów ENG w grupie czystej symetrii kalorycznej.

w przebiegu stanów zapalnych ucha środkowego, stany po urazach czaszki i kręgosłupa szyjnego, nagła głuchota z zawrotami głowy, choroba Meniere'a, otoskleroza, stany po przebytych zapaleniu opon i mózgu, guz kąta i nerwu VIII, choroby metaboliczne, zaburzenia czynnościowe, SM, zmiany ogniskowe pnia mózgu, padaczka skroniowa, guzy mózgu, choroba lokomocyjna, stany po zatruciach chemicznych oraz zawroty głowy o nie ustalonej etiologii. Podsumowując zatem rolę elektronystagmografii w diagnostyce zawrotów głowy i zaburzeń równowagi, można stwierdzić, że metoda ta stanowi cenne narzędzie dla skryningowej oceny chorego z tym typem dolegliwości, natomiast ma ograniczone znaczenie dla diagnostyki zaburzeń całego układu równowagi oraz specyficznych chorób ucha wewnętrznego, takich jak np. łagodne położeniowe zawroty głowy z zachowaną symetryczną pobudliwością błędniaków.

## II. CZUŁOŚĆ POSTUROGRAFII DYNAMICZNEJ W OCENIE STRONY USZKODZENIA U PACJENTÓW Z PRZEDSIONKOWO-RDZENIOWYMI ORAZ INNYMI ZABURZENIAMI RÓWNOWAGI

Nowe możliwości w ocenie stopnia uszkodzeń układu równowagi daje badanie posturograficzne. Ocenia ono całościowo sprawność wszystkich narządów biorących udział w kontroli prawidłowej postawy ciała wraz ze szlakami centralnymi.

Istnieją różne techniki badań posturograficznych. Jedną z nich jest posturografia statyczna. Stabilna platforma stosowana w tej metodzie pozwala na pomiar wartości sił nacisku stóp na podłoże podczas reakcji stabilizujących postawę ciała oraz na ilościową ocenę wychyleń ciała podczas spokojnego stania. Metoda ta jednakże wyklucza możliwość badania układu równowagi podczas testów dynamicznych, a więc w czasie ruchu, co umożliwiłoby na przykład różnicowanie uszkodzeń przedsionkowych.

U pacjentów z uszkodzeniem obwodowego narządu równowagi amplituda zmian nacisku stóp na podłoże jest znacznie większa niż u osób zdrowych pomimo istnienia nie zmienionych informacji płynących z narządu wzroku i proprioceptorów. Dlatego też zniesienie widzenia lub zaburzenia informacji płynących z narządu czucia głębokiego objawia się znacznym wzrostem różnorodności i częstości upadków w populacji osób z uszkodzonym błędniakiem [Black 1988; Krebs 1995]. Również u osób zdrowych odchylenie głowy do tyłu, mające na celu zmianę jakości informacji płynących z narządu przedsionkowego, znacznie podnosi amplitudę zmienności nacisku stóp na podłoże [Simoneau 1992].

Prace El-Kashlana z 1998 r. dowodzą, że pomiar równowagi statycznej przeprowadzany z użyciem statycznej platformy nie pozwala na rzeczywiste



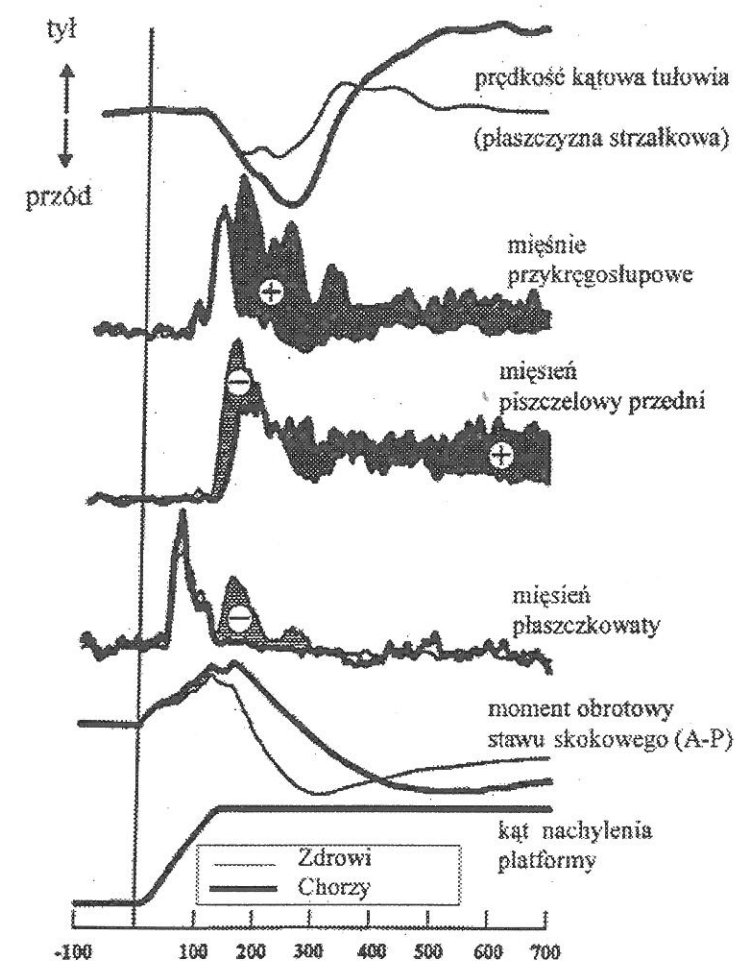
różnicowanie grupy osób zdrowych od osób z ostrym uszkodzeniem narządu przedsionkowego lub z uszkodzeniem skompensowanym. Przeprowadzone badania udowodniły, że – w przeciwieństwie do posturografii statycznej – posturografia dynamiczna jest znacznie bardziej czułą metodą w procesie wykrywania nieprawidłowych reakcji wyprostnych ciała oraz różnorodnych zaburzeń równowagi.

Posturografia dynamiczna, z użyciem ruchomej platformy, pozwala na stosowanie nagłych, nieprzewidywalnych dla badanego ruchów podłoża, wywołujących zaburzenia równowagi, podczas których rejestruje się różne typy odruchowych reakcji wyprostnych ciała. W przypadku szybkich i nagłych bodźców, np. szybkiego przemieszczenia ku tyłowi lub do przodu czy ruchów rotacyjnych podłoża, rejestruje się szybkie reakcje korygujące postawę ciała. Powolne ruchy platformy pozwalają natomiast na rejestrację wolnych odpowiedzi stabilizujących postawę ciała [Allum 1979].

Dla oceny wpływu obwodowego narządu przedsionkowego w procesie kontroli postawy ciała stosuje się jednokierunkowe odchylenia platformy lub jej przesunięcia do przodu i do tyłu. Allum i współpracownicy w 1994 r. wykazali obecność istotnych różnic w zakresie parametrów odpowiedzi mięśniowych i biomechanicznych pomiędzy grupą pacjentów z uszkodzeniem obwodowego narządu przedsionkowego a grupą osób zdrowych (ryc. 2).

Autorzy pracy obserwowali wybitną redukcję amplitudy odruchowych reakcji korygujących postawę ciała zachodzących w czasie 120-220 ms w mięśniach piszczelowych przednich, płaszczkowatych i czworogłowych, po czym obserwowano przesadnie wyrażone reakcje stabilizujące, zachodzące przede wszystkim w mięśniach przykręgosłupowych. Czas pojawiania się i model odpowiedzi mięśniowych dla bodźców ruchowych zachodzących w płaszczyźnie przednio-tylnej nie ulegał zmianie przy obustronnym deficycie przedsionkowym. Jak pokazano na ryc. 2, we wczesnym okresie korekcji postawy ciała (120-220 ms) pacjenci z uszkodzeniem obwodowego narządu przedsionkowego demonstrują znamienne mniejszą aktywność mięśni piszczelowych przednich niż osoby zdrowe oraz większą aktywność tych mięśni po upływie 250 ms. Zmniejszona aktywność mięśni piszczelowych przednich w odpowiedzi na odchylenie płaszczyzny podparcia do tyłu objawia się zmniejszeniem rozwoju momentu obrotowego stawu skokowego, co w rezultacie powoduje, że nogi padają do tyłu, tułów zaś do przodu. Reakcja ta jest skutkiem nadmiernej aktywności mięśni przykręgosłupowych, powodując ostatecznie upadek do tyłu, zwłaszcza przy oczach zamkniętych. Liczne badania naukowe również potwierdzają istnienie znamienych różnic reakcji korygujących postawę ciała w odpowiedzi na niespodziewane odchylenia podłoża [Horak 1994] lub jego przesunięcia do przodu i do tyłu [Black 1988; Herdman 1994; Horak 1990] pomiędzy grupą z uszkodzeniem narządu przedsionkowego a grupą osób zdrowych.

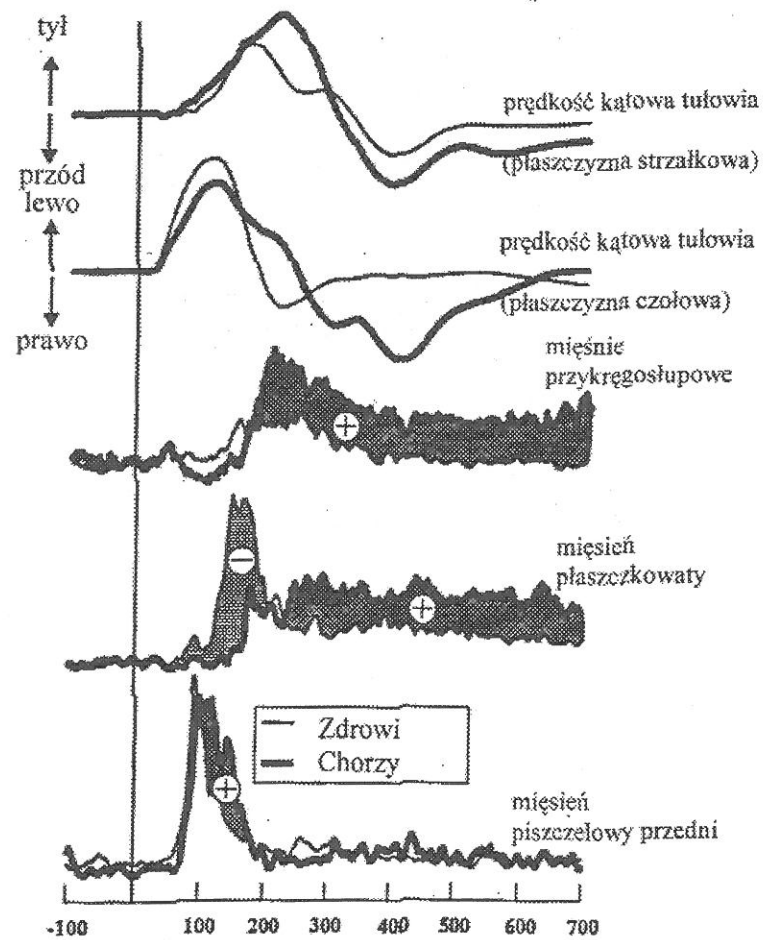
Powstaje jednak pytanie, czy metoda badania oparta na stosowaniu jednokierunkowych przemieszczeń, szczególnie w płaszczyźnie przednio-tylnej, pozwala w wystarczającym stopniu na potwierdzenie różnorodnych zaburzeń równowagi, których pacjent doświadcza podczas zwykłej, codziennej aktywności.



Ryc. 2. Model odpowiedzi mięśniowych w uszkodzeniu narządu przedsionkowego

Spacer po zatłoczonej ulicy lub stanie w jadącym autobusie są tylko nielicznymi przykładami tych sytuacji, jakie niesie codzienne życie, a które to sytuacje mogą wyzwolić nieoczekiwane wielokierunkowe zaburzenia równowagi. Z drugiej strony pamiętać należy, że zaburzenia przedsionkowe w większości przypadków są jednostronne, a pacjent podczas próby Romberga wykazuje tendencję do upadku

w stronę uszkodzonego błędnika [Black 1988]. Mając powyższe na uwadze, można wysunąć hipotezę, że zaburzenia równowagi szybciej ujawnią się u tych chorych podczas ćwiczeń dynamicznych prowadzących do upadku w bok. A zatem aby posturografia dynamiczna była narzędziem wiarygodnym dla rozpoznawania uszkodzeń przedsionkowych, powinna opierać się na stosowaniu bodźców pobudzających układ równowagi w kierunku, w którym zaburzenia te ujawniają się najłatwiej, a więc przede wszystkim w płaszczyźnie czołowej.



Ryc. 3. Model odpowiedzi mięśniowych w uszkodzeniu przedsionkowym przy ruchu do przodu i w prawo

Dla oceny wiarygodności tej hipotezy przeprowadzono badanie posturograficzne w grupie osób z uszkodzeniem narządu przedsionkowego oraz w grupie osób zdrowych, stosując bodźce pobudzające układ równowagi w sposób przypadkowy w obu kierunkach bocznych i w kierunku przednio-tylnym.

Badaniami objęto 14 zdrowych osób w wieku 20-35 lat oraz pięciu pacjentów w wieku 32-46 lat z obustronnym upośledzeniem czynności przedsionka, (obustronny brak odpowiedzi w próbach kalorycznych, wynik w teście krzesła obrotowego ( $80^\circ/s$ ) na poziomie 5%). Każdy badany był poddawany 44 przypadkowym odchyleniom platformy o stałej amplitudzie  $7,5^\circ$  oraz prędkości kątowej  $50^\circ/s$ , odbywających się w ośmiu kierunkach, różniących się od siebie o  $45^\circ$ . Stwierdzono, że prędkość kątowa tułowia w płaszczyźnie czołowej była zawsze większa o 40 ms od prędkości kątowej tułowia w płaszczyźnie strzałkowej. Zjawisko to obserwowano we wszystkich kierunkach, które zawierały składową odchylenia w bok (ryc. 3).

Obserwacje te potwierdzają hipotezę o niestabilności tułowia w płaszczyźnie czołowej w obu badanych grupach i tłumaczą zasadność stosowania wielokierunkowych bodźców w badaniu posturograficznym. Wartości prędkości kątowej w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej obserwowane u osób zdrowych i w grupie pacjentów z uszkodzeniem narządu przedsionkowego wykazywały podobną amplitudę we wczesnej fazie ruchu, tj. pomiędzy 240 a 300 ms. Wypadkowy wektor prędkości kątowej wskazywał, że we wczesnej fazie ruchu kierunek odchylenia tułowia w obu grupach jest zbliżony (ryc. 4).

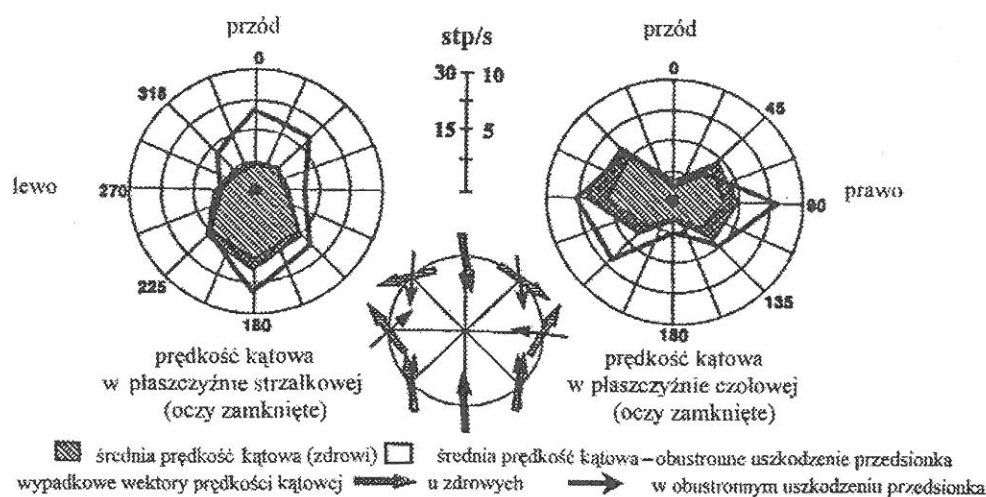
W późnej fazie stabilizacji postawy ciała (470-530 ms) obserwowano natomiast duże różnice w rozkładzie prędkości kątowych tułowia w obu badanych grupach (ryc. 5).

Szczególnie wysokie wartości prędkości kątowych tułowia w płaszczyźnie strzałkowej podczas ruchów platformy w tej samej płaszczyźnie demonstrowali pacjenci z upośledzoną funkcją błędnika. Wartości prędkości kątowych w płaszczyźnie czołowej wywoływane ruchami podłoża w tej samej płaszczyźnie porównywano z wartościami otrzymanymi w grupie kontrolnej (ryc. 5). Ponadto dla określonego kierunku zaburzeń zwrot wypadkowego wektora prędkości kątowej tułowia był różny dla osób zdrowych i pacjentów z uszkodzeniem narządu przedsionkowego, szczególnie w kierunku bocznym.

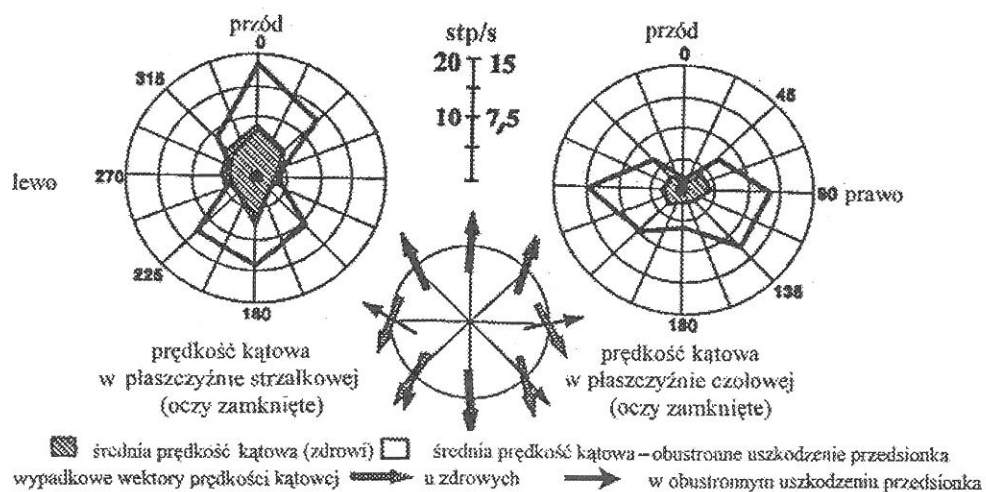
Wcześniej hipotezy dotyczące związku pomiędzy uszkodzeniem przedsionkowym a kontrolującą postawę ciała reakcją stawu biodrowego zostały przedstawione przez Horaka i współpracowników [1990] na podstawie obserwacji trudności w utrzymywaniu równowagi, jakich doświadczają pacjenci z upośledzoną funkcją błędnika stojący na wąskiej płaszczyźnie podparcia. Ruch tej płaszczyzny u osób zdrowych indukował reakcję stawów biodrowych, korygującą postawę ciała. Niezależnie od tego jednak przewaga dużej prędkości kątowej ruchów tułowia pod-

czas późnego okresu stabilizowania równowagi u pacjentów z uszkodzeniem przedsionkowym podkreśla znaczenie tułowia jako zmiennej warunkującej reakcje biomechaniczne.

Stosowanie posturografii dynamicznej jest jednak obwarowane znacznymi ograniczeniami w postaci wysokich kosztów badania oraz długiego czasu zbierania i analizowania danych. Nasuwają się także wątpliwości, czy istnieje związek pomiędzy otrzymywanymi wynikami a poszczególnymi objawami uszkodzenia narządu przedsionkowego i czy rzeczywiście korelują one z wynikami testów



Ryc. 4. Schemat rozkładu prędkości kątowych tułowia mierzonych przy wychyleniach ciała w ośmiu kierunkach we wczesnej fazie ruchu (240-300 ms)



Ryc. 5. Schemat rozkładu prędkości kątowych tułowia mierzonych przy wychyleniach ciała w ośmiu kierunkach w późnej fazie ruchu (470-530 ms)

stosowanych w warunkach klinicznych. Dlatego też konieczne wydaje się wdrożenie badań umożliwiających ilościową ocenę uszkodzeń układu równowagi w warunkach klinicznych. El-Kashlan i współpracownicy w 1998 r. wykazali, że półilościowe kliniczne metody statyczne i dynamiczne, choć mniej czułe niż posturografia dynamiczna, pozwalają na różnicowanie pacjentów z uszkodzeniem przedsionkowym od osób zdrowych. Mimo to istnieje potrzeba opracowania ilościowych metod oceny równowagi statycznej i dynamicznej. Testy te mogą stać się wysoce czułym narzędziem w ocenie wydolności układu równowagi.

### III. ZMIENNOŚĆ ZABURZEŃ RÓWNOWAGI PODCZAS SWOBODNYCH RUCHÓW CIAŁA U PACJENTÓW PO OPERACJI GUZA KĄTA MOSTOWO-MÓZDŻKOWEGO

Wychodząc naprzeciw opisanym potrzebom, opracowano technikę badania, która umożliwia pomiary wychyleń tułowia podczas wykonywania swobodnych ruchów pacjenta, przypominających jego zwykłą, codzienną aktywność. W odróżnieniu od klasycznej posturografii dynamicznej – w nowej procedurze badania stosowane bodźce są łagodniejsze, nie pojawiają się niespodziewanie, badany wykonuje ćwiczenia w takim tempie, jakie sam sobie narzuca. A zatem eliminowany jest tu element zaskoczenia i związanego z nim stresu.

Nowy system do badania metodą posturografii dynamicznej składa się z trzech części: detektorów zmian położenia ciała, umieszczonych na tułowiu pacjenta, karty akwizycyjnej i komputera. Sygnały z czujników przyspieszeń kątowych są przesyłane do komputera za pomocą długiego przewodu, umożliwiającego wykonywanie swobodnych ruchów przez badaną osobę. Czujniki te rejestrują prędkość kątową i kątowe wychylenia ciała w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej.

Dla oceny użyteczności nowej metody badania posturograficznego przeprowadzono a) analizę porównawczą wychyleń ciała w grupie osób zdrowych i w grupie pacjentów z guzem kąta mostowo-mózdkowego badanych przed operacją oraz b) analizę zmienności zaburzeń równowagi u pacjentów z guzem kąta mostowo-mózdkowego, badanych przed operacją oraz we wczesnym i późnym okresie pooperacyjnym.

Materiał pracy stanowiły wyniki badań posturograficznych przeprowadzonych u 16 chorych z guzem kąta mostowo-mózdkowego. We wszystkich przypadkach weryfikacja histopatologiczna materiału operacyjnego potwierdziła kliniczne rozpoznanie guza nerwu VIII. W omawianej grupie u 12 chorych guz zlokalizowany był po stronie prawej, a w czterech przypadkach dotyczył lewego nerwu VIII. Wielkość guzów, mierzona na podstawie obrazu tomografii komputerowej lub rezonansu magnetycznego, wahała się w szerokich granicach od 1,5



cm<sup>2</sup> do 12,5 cm<sup>2</sup>. Były to zatem przede wszystkim duże guzy.

W grupie chorych badanie wykonywano trzykrotnie, tzn. przed operacją, we wczesnym okresie pooperacyjnym (po czterech tygodniach) oraz w okresie trzech miesięcy po przebytej operacji. Z różnych przyczyn, takich jak zbyt krótki okres pooperacyjny lub niezgłaszanie się na umówione badania kontrolne, wszystkie trzy zaplanowane badania udało się przeprowadzić jedynie u pięciu z 16 chorych. W grupie pozostałych 11 pacjentów przeprowadzono tylko jedno lub dwa z planowanych badań. Grupę kontrolną stanowiło 16 osób z otoneurologicznego punktu widzenia uważanych za zdrowe. Obie badane grupy były dobrane pod względem wieku, wagi i wzrostu. W grupie normy badanie wykonywano jednokrotnie.

Metodyka pracy obejmowała trzy etapy. Na początku przeprowadzano badanie posturograficzne, składające się z następujących ćwiczeń:

- stanie na jednej lub dwu nogach, z oczami zamkniętymi lub otwartymi, na twardym lub miękkim podłożu,
- chodzenie metodą: pięta – palce na miękkim lub twardym podłożu przy oczach otwartych oraz swobodne chodzenie na wprost i po skosie w obu kierunkach na miękkim lub twardym podłożu ze wzrokiem ufixowanym na wprost,
- podnoszenie i kładzenie przedmiotu na podłodze,
- wchodzenie i schodzenie ze schodów oraz przechodzenie przez barierki.

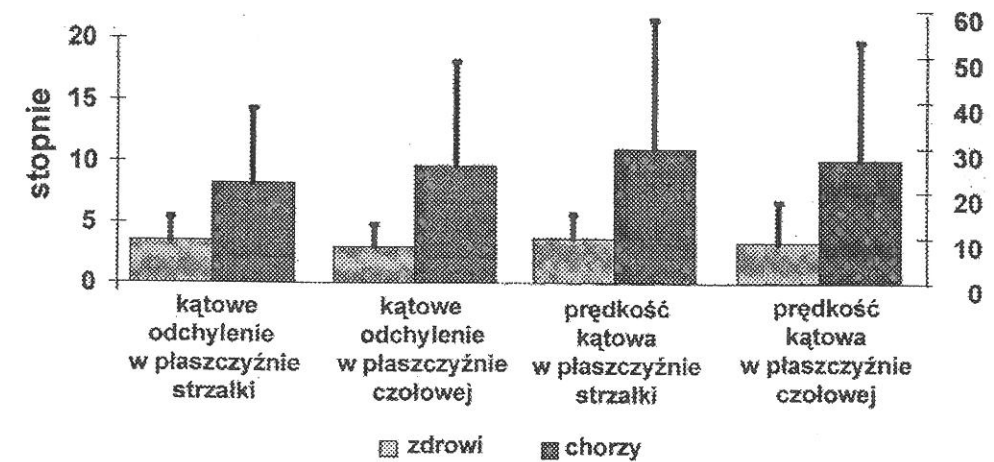
Po przeprowadzeniu kompletnego badania dokonywano wydruku graficznego zapisu prędkości kątowej i kątowego odchylenia ciała w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej, a następnie mierzono maksymalną amplitudę obu zapisów. Zebrane wyniki poddano analizie statystycznej, w której stosowano test wariancji dla zmiennych niezależnych w przypadku porównywania dwóch populacji oraz dla zmiennych zależnych w przypadku analizy zmian zaburzeń równowagi w czasie.

Analiza porównawcza rozpatrywanych parametrów, tj. prędkości kątowej i kątowego odchylenia ciała, mierzonych w dwóch płaszczyznach, w grupie normy i w grupie pacjentów z guzem nerwu VIII, badanych w okresie przedoperacyjnym, wykazała znamienne statystycznie ( $p < 0,05$ ) większe wartości tych parametrów w grupie pacjentów w przebiegu następujących testów:

- stanie na jednej nodze z oczami otwartymi (ryc. 6),
- stanie na jednej nodze z oczami zamkniętymi,
- swobodne stanie na materacu z oczami otwartymi,
- swobodne stanie na materacu z oczami zamkniętymi,
- osiem kroków metodą: pięta – palce,
- osiem kroków metodą: pięta – palce na materacu.

We wszystkich wymienionych ćwiczeniach stosowanego protokołu badania stwierdzono znamienne statystycznie większe wartości w grupie patologii przynajmniej jednego z badanych parametrów, natomiast w wybranych sześciu

próbach znamienne statystycznie większe wartości niż w grupie normy stwierdzono w odniesieniu do trzech lub wszystkich czterech badanych parametrów.

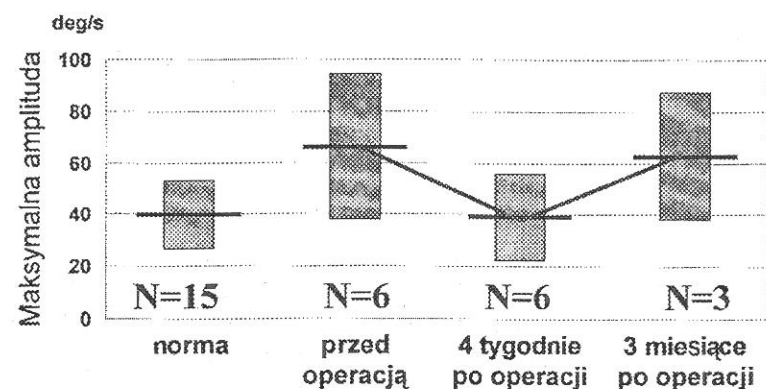


Ryc. 6. Porównanie wartości prędkości kątowej i kątowego wychYLENIA ciała w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej podczas próby stania na jednej nodze z oczami otwartymi w grupie normy i w grupie pacjentów z guzem nerwu VIII (badanych w okresie przedoperacyjnym)

Dla oceny zmian wychyleń ciała zachodzących w czasie w grupie patologii porównano wartości parametrów prędkości kątowej i kątowego odchylenia ciała u pacjentów badanych przed operacją oraz we wczesnym i w późnym okresie pooperacyjnym. Analizę tę przeprowadzono na wynikach niewielkiej liczby pacjentów, co wynika z wielokrotnych modyfikacji protokołu badania, a także z faktu, że nie wszyscy chorzy poddani zostali wszystkim trzem planowanym badaniom. Dlatego też należy podkreślić, że prezentowane dane są wynikami wstępnymi. Największe zmiany wychyleń ciała obserwowano w przebiegu następujących ćwiczeń:

- osiem kroków metodą: pięta – palce (ryc. 7),
- swobodne stanie z oczami zamkniętymi,
- wchodzenie i schodzenie ze schodów.

Wyniki analizy porównawczej wychyleń ciała w grupie normy i patologii wydają się obiecujące. We wszystkich ćwiczeniach ustalonego protokołu badania stwierdzono znamienne statystycznie różnice wartości w zakresie co najmniej jednego parametru. W sześciu z nich różnice te dotyczyły trzech lub wszystkich czterech parametrów. Dowodzi to, że wspomniany zestaw sześciu ćwiczeń może być użyteczny w procesie wykrywania patologicznych wychyleń ciała nie tylko u pacjentów z guzami kęta mostowo-mózdkowego, ale także z zaburzeniami równowagi innego pochodzenia. Wymaga to jednak w przyszłości opracowania zakresu prawidłowych wychyleń ciała charakterystycznych dla grupy osób zdrowych.



Ryc. 7. Porównanie wartości prędkości kątowych ciała w płaszczyźnie strzałkowej podczas próby wykonywania osiem kroków metodą: pięta – palce, u pacjentów z guzem nerwu VIII badanych przed operacją oraz we wczesnym i w późnym okresie pooperacyjnym

Dla śledzenia zmian wychyleń ciała zachodzących w czasie wartościowe okazały się trzy próby. Ze względu jednak na małą liczebność analizowanych grup wyniki te należy traktować jako wstępne. Pomimo niewielkiej liczby danych zmiany prędkości kątowej i kątowego odchylenia ciała różnią się w sposób znamieny statystycznie w badaniu przedoperacyjnym i po przebytej operacji. Oznacza to konieczność rozszerzenia zakresu analizowanych parametrów o rejestrację częstotliwości i kierunkowej predyspozycji wychyleń ciała oraz opracowania takiego protokołu badania, który pozwoli na śledzenie procesów ośrodkowej kompensacji oraz efektów rehabilitacji u pacjentów z różnorodnymi zaburzeniami równowagi.

Po przeanalizowaniu otrzymanych wyników nasuwa się pytanie, czy metoda ta może stać się badaniem przesiewowym w wykrywaniu patologii w obrębie układu równowagi. Wykazane w przeprowadzonych badaniach różnice pomiędzy grupą pacjentów z guzem kąta mostowo-mózdkowego a grupą kontrolną zachęcają do dalszych badań. Wydaje się, że przedstawiona nowa technika posturografii dynamicznej, imitująca zwykłą, codzienną aktywność człowieka, może służyć ocenie funkcji całego układu równowagi, jak i ocenie ryzyka upadków, np. u osób starszych. Wydaje się, że w połączeniu z rejestracją odruchów okoruchowych metodą elektronystagmograficzną rejestracja odruchów wyprostnych ciała z zastosowaniem posturografii dynamicznej może stanowić baterię podstawowych testów umożliwiających ilościową oraz jakościową ocenę uszkodzeń układu równowagi.

## Bibliografia

- Allum J. H. J., Budigen H. J., 1979: Coupled stretch reflex in ankle muscles: An evaluation of the contributions of active muscle mechanisms to human posture stability. „Prog. Brain Res.” 50, 185-195.
- Allum J. H. J., Honneger F., Schicks H., 1994: The influence of a bilateral peripheral vestibular deficit on postural synergies. „J. Vest. Res.” 4, 49-70.
- Black F. O., Wall C. III, Nashner L. M., 1983: Effects of visual and support-surface orientation references upon postural control in vestibular deficient subjects. „Acta Otolaryngol.” 95, 199-210.
- Black F. O., Shupert C. L., Horak F. B., Nashner L. M., 1988: Abnormal postural control associated with peripheral vestibular disorders. W: Progress in Brain Research. Ed. O. Pompeiano, J. H. J. Allum. Amsterdam: Elsevier Science Publishers 76, 263-275.
- Bojrab D. I., Stockwell Ch. W., 1994: Electronystagmography and rotation tests. W: Neurotology. Ed. R. K. Jackler, D. E. Brackmann. Mosby, St. Louis.
- Coats A. C., 1965: Electronystagmographic examination: history, technique, and interpretation. „Med. Rec. Ann.” 58, 48.
- El-Kashlan H. K., Shepard N. T., Asher A. M., Smith-Wheelock M., Telian S. A., 1998: Evaluation of Clinical Measures of Equilibrium. „Laryngoscope” 108, 311-319.
- Herdman S. J., Sandusky A. L., Hain T. C., Zu D. S., Tusa R. J., 1994: Characteristics of postural stability in patients with aminoglycoside toxicity. „J. Vest. Res.” 4, 71-80.
- Horak F. B., Nashner L. M., Diener H. C., 1990: Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. „Exp. Brain Res.” 82, 167-177.
- Horak F. B., Shupert C. L., Dietz V., Horstmann G., 1994: Vestibular and somatosensory contributions to responses to head and body displacements in stance. „Exp. Brain Res.” 100, 93-106.
- Krebs D., Lockert J., 1995: Vestibulopathy and Gait. W: Evaluation and Management of Gait Disorders. Vol. 110. Part 3. Ed. S. Spivack, New York: Marcel Dekker Inc., 93-116.
- Kornhuber H. H., 1974: Nystagmus and related phenomena in man: An outline of otoneurology. W: Handbook of sensory physiology. Vol. V/2. The vestibular system. Ed. H. H. Kornhuber, Berlin-Heidelberg-New York: Springer - Verlag.
- Milojevic B., Windsor Ch. E., Burian H. M., 1967: Electronystagmographical study of latent ocular nystagmus. „Arch. Otolaryngol.” 85, 69.
- Pfaltz C. R., Meran A., 1981: Sudden unilateral loss of vestibular function. „Adv. Otorhino-laryngol.” 27, 159.
- Reddy J. B., 1961: The basilar circulation in otolaryngology. „Arch. Otolaryngol.” 73, 52.
- Rubin W., Norris Ch., 1966: Electronystagmography (ENG). Technique and significance. „Laryngoscope” 76, 961.
- Sharpe J. A., Sylvester T. O., 1978: Effect of aging on horizontal smooth pursuit. „Invest Ophthalmol. Vis. Sci.” 17, 465.
- Simoneau G. G., Leibowitz H. W., Ulbrecht J. S., Tyrrell R. A., Cavanagh P. R., 1992: The effects of visual factors and head orientation on postural steadiness in women 55 to 70 years of age. „Gerontol.” 47, 151-158.