

## RÓWNOWAGA STATYCZNA I DYNAMICZNA CIAŁA

- Organizacja zmysłowa i biomechanika układu równowagi

dr med. Marta Held-Ziółkowska

- Metody oceny równowagi posturalnej
  - komputerowa posturografia dynamiczna
  - próby kliniczne na sprawność postawy i chodu

dr med. Marta Held-Ziółkowska



prof. dr med. Antoni Stanisław Jurasz



## W N U M E R Z E

### TWORZYLI POLSKĄ LARYNGOLOGIE

prof. dr med. Antoni Stanisław Jurasz.....36  
prof. dr med. Andrzej Kierzek

### RÓWNOWAGA STATYCZNA I DYNAMICZNA CIAŁA

Część 1. Organizacja zmysłowa i biomechanika  
układu równowagi .....39  
dr med. Marta Held-Ziółkowska

Część 2. Metody oceny równowagi posturalnej  
– komputerowa posturografia dynamiczna .....47  
dr med. Marta Held-Ziółkowska

Część 3. Metody oceny równowagi posturalnej  
– próby kliniczne na sprawność postawy i chodu .....53  
dr med. Marta Held-Ziółkowska

*syllabus rymologiczny* – dodatek

### Komitet redakcyjny:

redaktor naczelny – prof. dr hab. med. Antoni Krzeski  
sekretarz redakcji – dr med. Agnieszka Strzembosz  
redaktor – mgr Dorota Polewicz

### Patronat naukowy:

Katedra i Klinika Otolaryngologii  
Akademii Medycznej w Warszawie

### Rada naukowa:

przewodniczący:  
– prof. zw. dr hab. med. Grzegorz Janczewski  
członkowie:  
– prof. dr hab. med. Mieczysław Chmielik  
– dr hab. med. Joanna Fruba  
– prof. zw. dr hab. med. Teresa Goździk-Żołnierkiewicz  
– dr hab. med. inż. Krzysztof Kochanek  
– prof. dr hab. med. Barbara Maniecka-Aleksandrowicz  
– prof. dr hab. med. Kazimierz Niemczyk  
– prof. dr hab. med. Bożena Tarchalska  
– prof. dr hab. med. Edward Zawisza

Opracowanie graficzne: M-art, Jolanta Merc, tel. 739 88 24

© Wydawca: Wydawnictwo EGERIA B. Krzeska

przy współpracy



Adres korespondencyjny: Magazyn Otolaryngologiczny

02-218 Warszawa 124, skr. poczt. 60

Wszelkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie w części lub w całości bez uzyskania zezwolenia wydawcy jest zabronione.

Fotografia na okładce – patrz strona 36.

Droży Czytelnicy,

zostałem poproszony przez Komitet Organizacyjny 42. Krajowego Zjazdu PTORL-ChGiS o przygotowanie programu i poprowadzenie jednej z sesji – „okrągłego stołu” na temat przewlekłego zapalenia zatok przynosowych. Nie ukrywam, że propozycję tę przyjąłem jako zaszczyt i wyróżnienie. Zastanawiając się nad formułą tej sesji, przypomniałem sobie anegdotę z życia akademickiego, według której „asystent jest osobą, która musi wiedzieć wszystko, docent musi wiedzieć, co jest w której książce, a profesor musi wiedzieć... gdzie jest docent”.

Według podobnego schematu stworzyłem program powierzonej mi sesji, która będzie się składać z trzech części. W pierwszej, troje młodych Kolegów, których tematyka prac doktorskich wiązała się z przewlekłym zapaleniem zatok przynosowych, przedstawi najnowszą wiedzę z wybranych zagadnień. Uznałem, że osoby te są najlepszymi ekspertami, tym bardziej że dwie zaproszone Koleżanki zostały nominowane do nagrody naukowej im. prof. Jana Miodońskiego. W części drugiej zaproszeni Koledzy Profesorowie podzielą się swoimi poglądami i doświadczeniem na temat przewlekłego zapalenia zatok przynosowych. Część trzecia – dyskusja – należeć będzie do wszystkich uczestników sesji, którzy mają wątpliwości i pragną się nimi podzielić lub je wyjaśnić. Jestem przekonany, że ten „okrągły stół” okaże się dla Państwa szczególnie interesujący, mimo że odbywać się będzie w sobotę w południe – ostatniego dnia Zjazdu, a na wieczór go poprzedzający jest zaplanowany bankiet.

Serdecznie zapraszam wszystkich zainteresowanych.

prof. dr hab. med. Antoni Krzeski

Warszawa, maj 2006 r.

# TWORZYLI POLSKĄ LARYNGOLOGIE

**ANTONI STANISŁAW  
JURASZ**  
(1847–1923)

Urodził się w Spławiu pod Poznaniem, w rodzinie wywodzącej się z Litwy, od trzech pokoleń osiadłej w Poznańskim. Studia odbywał w Gryfii i Heidelbergu. Brał czynny udział w życiu akademickim, był współzałożycielem i działaczem „Koła Słowian”. Stopień doktora wszech nauk lekarskich otrzymał w 1871 r.

Rok później został asystentem heidelberskiego szpitala, a w dwa lata później asystentem uniwersyteckiej polikliniki w dziedzinie pediatrii. Pracę habilitacyjną o skurczowym szmerze mózgowym u dzieci wykonał w 1876 r. pod kierunkiem Theodora von Duscha.

Pod wpływem prof. Karla Adolpha Gerhardta, zafascynowany zagadnieniami fizjologii i patofizjologii górnych dróg oddechowych, skierował swoje zainteresowania w kierunku ryinolaryngologii. Pomyślne usunięcie polipa krtani zadecydowało o dalszych jego losach. Wykładał ryнологię i laryngologię, a wykłady te stały się podwaliną przyszłej katedry laryngologii. Jako jedynemu lekarzowi Polakowi osiadłemu w Niemczech, manifestującemu swą polskość, powierzono w 1877 r. katedrę laryngologii w Heidelbergu. W roku 1880 został profesorem nadzwyczajnym. Przez ponad 30 lat rozwijał bogatą działalność zawodową i naukową, zyskując znaczny rozgłos w świecie naukowym i światową sławę. Jego dom stał się oazą polskości, miejscem spotkań wielu Słowian.

W roku 1894 zwołał I Zjazd Laryngologów Południowo-niemieckich. Następne zjazdy też odbywały się pod jego przewodnictwem. Rząd badeński, mimo uznania jego zasług, nie przyznał mu jednak kliniki ani stanowiska profesora zwyczajnego.

Gdy w 1908 r. na Uniwersytecie Jana Kazimierza we Lwowie powstała katedra laryngologii, powrócił do kraju. Zorganizował poliklinię



otolaryngologiczną, „łamiąc z przedziwną wytrwałością wszelkie trudności i niedostatki ówczesnych urządzeń”. W tym samym roku przy Towarzystwie Lekarskim Lwowskim wyodrębniona została Sekcja Oto-laryngologiczna, a w trzy lata później we Lwowie powstało Polskie Towarzystwo Otorinolaryngologiczne z Juraszem jako przewodniczącym [1]. Pierwszy członek nazwy Towarzystwa miał silny wydzźwięk patriotyczny; były to bowiem jeszcze ciemne czasy zaborów.

Profesor Jurasz kilkakrotnie piastował stanowisko dziekana Wydziału Lekarskiego. Jako rektor Uniwersytetu „dzierżył ster nauki w najcięższych chwilach, jakie ta Wszechnica kiedykolwiek przechodziła”.

Kiedy powstał Uniwersytet Poznański, prof. Jurasz mimo podeszłego wieku pośpieszył w 1919 r. w rodzinne strony i z młodzieńczą energią poświęcił się nie tylko pracy naukowej, ale i społecznej. W znacznym stopniu własnym sumptem utworzył uniwersyteckie ambulatorium otolaryngologiczne, prowadził tam też wykłady. Był czynnym członkiem Wydziału

Lekarskiego Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, Rady Izby Lekarskiej, w 1922 r. został redaktorem naczelnym „Nowin Lekarskich” [2].

Zasłużył się na wielu polach rynolaryngologii. Stworzył nowy podział nerwic odruchowych błony śluzowej nosa. Przyczyny ozeny upatrywał „w wydobywającej się już w stanie rozłożonym na kwasy tłuszczowe wydzielinie błony śluzowej nosa”; była to teoria szeroko w owych czasach akceptowana. Pierwszy na szeroką skalę stosował elektrolizę w leczeniu skrzywień części chrzęstnej przegrody nosa, a także stwardniałych nacieków twardzielowych w krtani, nieustępujących pod działaniem promieni Roentgena. Występował przeciwko szablonowemu stosowaniu do pędzlowania drażniących rozтворów kwasu mlekowego, zalecając naświetlania słoneczne oraz rozpylanie ortoformu do wnętrza krtani. Badał fizjologię głosu; szczególnie doniosłe były jego prace o rozpoznawaniu „fonicznych” porażen krtani oraz fonatorycznej czynności mięśnia pierścienno-nalewkowego tylnego.

Interesowały go zagadnienia fonetyki języków słowiańskich. Był konstruktorem wielu narzędzi, m.in. kleszczyków do adenotomii, przyrządu do wycinania migdałka językowego, kleszczyków do prostowania przegrody nosa, podwójnych łyżeczek krtaniowych, kleszczyków do amputacji nagłośni. Jako pierwszy wykonał zgłębnikowanie zatoki czołowej. Już w roku 1886 w leczeniu ropnych zapaleń zatok szczękowych zalecał otwarcie jamy Highmore’a od strony zębodołu z następczym zamknięciem tego otworu podczas jedzenia płaską kauczukową zatyczką. Do przepłukiwań zatoki szczękowej od strony nosa zalecał własnej konstrukcji *troicart a double currente* z balonem ssącym, umożliwiającym dokładne odprowadzenie użytego do płukania płynu.

Ogłosił drukiem 51 prac naukowych, przeważnie w języku niemieckim, dotyczących nie tylko rynolaryngologii, ale m.in. także farmakologii, neurologii, psychiatrii, szeroko pojętej interny. Był autorem dzieł: *Die Krankheiten der oberen Luftwege* (Heidelberg 1891) i *Laryngoskopija i choroby krtani* (Kraków 1878). Umieszczał swoje prace w cennym podręczniku Paula Heymanna pt. *Handbuch der Laryngologie und Rhinologie*. Był założycielem dwóch czasopism laryngologicznych: *Monatschrift für Ohrenheilkunde und Laryngo-Rhinologie* oraz *Zeitschrift für Laryngologie, Rhinologie, Otologie und ihre Grenzgebiete*. Chętnie protegował polskie artykuły fachowe w wydawnictwach niemieckich. Wykładał ze swadą, „z poczuciem stylu

literackiego”. Dydaktyką zajmował się ponad 40 lat, z tego 30 lat na uniwersytecie w Heidelbergu [3].

Alfred Laskiewicz pisał, że „nie było wprost zagadnienia w laryngologii, które by nie było przedmiotem Jego naukowych badań”. Ciekawie ten poznański laryngolog scharakteryzował Jurasza: „Umysł niezwykle głęboki i przewidujący, natura subtelna i uczuciowa, szukająca poza godzinami wytężającej pracy umysłowej artystycznego wytchnienia w muzyce klasycznej i w studjowaniu historii sztuki i malarstwa” [4].

Profesor Antoni Jurasz senior był ojcem Antoniego Tomasza Aleksandra (1882–1961), wybitnego chirurga. W swojej dziedzinie pozostał jednym z niekwestionowanych twórców nie tylko polskiej, ale i światowej rynolaryngologii.

**prof. dr med. Andrzej Kierzek**

#### PIŚMIENNICTWO

1. 22 grudnia 1921 r. Ministerstwo Spraw Wewnętrznych Rzeczypospolitej Polskiej zatwierdziło statut nowej organizacji – Polskiego Towarzystwa Oto-rinolaryngologicznego (działającego do czasów obecnych), podpisany przez lekarzy warszawskich: Feliksa Erbricha, Ludwika Guranowskiego i Jana Szmurłę.
2. Laskiewicz A.: Prof. Dr Antoni Jurasz 1847–1923. Pol. Gaz. Lek. 1923, R. II, nr 40, s. 693–694; A. Karwowski: Śp. Prof. Dr Antoni Jurasz. Naczelny Redaktor „Nowin Lekarskich”. Now. Lek. 1923, R. XXXV, z. 8, s. 493–494.
3. Laskiewicz A.: op. cit.; Karwowski A.: op. cit.; Wiadomości bieżące. Przegl. Lek. 1896, T. LV, s. 262; Pruszewicz A., Sekuła A.: Prof. Dr. Antoni Jurasz (sen.): A cofounder of laryngology and a precursor of clinical phoniatrics. Folia Phoniatica 1985, T. XXXVII, nr 5–6, s. 305–306.
4. Laskiewicz A.: op. cit.



# RÓWNOWAGA STATYCZNA I DYNAMICZNA CIAŁA

## Część 1.

# Organizacja zmysłowa i biomechanika układu równowagi

dr med. Marta Held-Ziółkowska

### POSTURAL STABILITY

Part 1. Sensory and biomechanical organization of balance control system

Normal balance function requires the ability to maintain an upright body position within limits of stability while standing or during movement. Accurate input from the vestibular, visual, and somatosensory systems must be sensed, integrated, and selected correctly. The sensory inputs must then be linked to an appropriate movement, which requires intact neurologic and musculoskeletal systems to coordinate sensory inputs with the prime mover and posture control responses appropriate for a given set of circumstances. Balance function is effected through the vestibulo-ocular and vestibulospinal reflexes with complex neural integration at the level of the cerebellum, pons, and midbrain and with cortical input for attention, volition, and memory. When vestibular input is abnormal or deficient, particularly in the presence of visual or proprioceptive dysfunction inappropriate motor response may result in falls, imbalance, or dizziness.

(Mag. ORL, 2006, V, 2, 39–46)

### KEY WORDS:

postural stability, vestibulo-spinal reflex, postural strategies

### PRACA RECENZOWANA

Katedra i Klinika Otolaryngologii AM w Warszawie  
Kierownik: prof. dr hab. med. Kazimierz Niemczyk  
ul. Banacha 1a, 02-097 Warszawa

Mechanizmy odpowiedzialne za zachowanie równowagi ciała kontrolowane są przez wiele narządów o złożonej anatomii i fizjologii.

Zadaniem układu równowagi jest:

1. dostarczenie aktualnych danych o pozycji ciała w przestrzeni, o kierunku i prędkości jego ruchu;

2. szybka, zapobiegająca upadkowi reakcja, korygująca każde odchylenie środka ciężkości ciała od pozycji równowagi w obrębie pola podstawy;

3. kontrola ruchu gałek ocznych w celu utrzymania prawidłowego obrazu otaczającej przestrzeni, podczas ruchu danej osoby, jej otoczenia lub obu jednocześnie (cyt. za Shepard i Telian, 1992).

Aby sprostać tym zadaniom, układ równowagi przyjmuje bodźce z otaczającego środowiska poprzez **receptory** w narządzie przedsionkowym, proprioceptory oraz narząd wzroku. Uzyskane informacje są przekazywane i modulowane przez **ośrodkowy układ nerwowy**. Następnie impulsy nerwowe docierają do **narządów efektorowych**, tzn. mięśni tułowia i kończyn oraz gałek ocznych, wywołując ich odruchowe reakcje koordynujące postawę ciała.

W złożonym systemie mechanizmów odpowiedzialnych za kontrolę równowagi można wyróżnić dwa odrębne, jednak uzależnione od siebie układy. Pierwszy to **układ stabilizujący spojrzenie**, na który składa się kontrola kierunku i ostrości widzenia podczas czynności związanych z ruchami głowy i całego ciała. Drugi to **układ stabilizujący postawę**, który utrzymuje ciało w równowadze w spoczynku i w ruchu. Oba układy, stabilizujący spojrzenie i stabilizujący postawę ciała, różnią się źródłem informacji receptorowych, informacji o reakcjach ruchowych

różnych części ciała oraz zaangażowaniem odmiennych szlaków w ośrodkowym układzie nerwowym. Są przy tym ściśle od siebie uzależnione, ponieważ stabilizacja spojrzenia nie jest możliwa dopóki ciało i głowa wraz z gałkami ocznymi także nie są stabilne. Natomiast prawidłowe widzenie, które zależy od stabilnego spojrzenia, jest jednym z podstawowych zmysłów umożliwiających kontrolę i stabilizację postawy.

W procesie **stabilizacji spojrzenia** bierze udział szereg składowych, do których zaliczamy odruch przedsionkowo-okoruchowy (ang. *vestibulo-ocular reflex* – VOR), mechanizmy dowolnego śledzenia, ruchy sakkadowe gałek ocznych (skokowe ruchy gałek ocznych o wysokiej częstotliwości) oraz odruch fiksacyjny. Odruch przedsionkowo-okoruchowy stabilizuje spojrzenie podczas gwałtownych ruchów głowy, ma mniejsze znaczenie przy wolnych ruchach. Wtedy kontrolę nad spojrzeniem przejmują mechanizmy dowolnego śledzenia, które nie zależą od informacji płynących z narządu przedsionkowego. Dla ich prawidłowego funkcjonowania konieczna jest obecność informacji wzrokowej, dotyczącej położenia śledzonego celu. Sakkadowe ruchy gałek ocznych, pomagają uchwycić ponownie cel utracony z pola widzenia. Utrzymanie obrazu śledzonego celu w obrębie plamki żółtej zapewnia odruch fiksacyjny.

Kluczową funkcję w powstawaniu odruchowych odpowiedzi okoruchowych i w znacznej mierze posturalnych pełni **obwodowy narząd przedsionkowy**. Jest on błoniastą strukturą zlokalizowaną w sąsiedztwie ślimaka, w piramidzie kości skroniowej. Chroniony jest z zewnątrz przez tkankę łączną i perylimfę, wewnątrz wypełniony jest endolimfą. Obwodowy narząd przedsionkowy składa się z dwóch grup wyspecjalizowanych receptorów czuciowych:

1. trzech kanałów półkolistych – boczny (poziomy), tylny i górny, z których każdy rozszerza się u końca, tworząc tzw. bańkę zawierającą narząd osklepkowy,

2. woreczka i łagiewki zawierających narządy otolitowe.

Odpowiadające sobie kanały półkoliste w obu błędnikach są usytuowane równolegle. Tworzą one trzy czynnościowe pary, których płaszczyzny położenia są prostopadłe w stosunku do siebie. Podobnie parami działają narządy otolitowe obu woreczków w płaszczyźnie poziomej i łagiewek w płaszczyźnie pionowej. Zasadniczym elementem narządów osklepkowych i otolitowych są wyspecjalizowane komórki zmysłowe. Komórki te w bańkach kanałów półkolistych zlokalizowane są w grzebieniu bańkowym,

a w woreczku i łagiewce skupiają się w plamkach narządów otolitowych. W bańce komórki zmysłowe (*stereocilia* i *kinocilium*) pokryte są żelową membraną, która tworzy osklepek. Ma on ten sam ciężar właściwy co endolimfa, zbliżony do ciężaru właściwego wody, nie reaguje na siłę ciężkości i na wolne zmiany położenia głowy, a jedynie na szybkie ruchy wywołwane przez przyspieszenia kątowe głowy. Przyspieszenia te powodują przepływ endolimfy i odchylenie osklepków w odpowiednich płaszczyznach, a wraz z nimi stereocyliów i kinocyliów. Komórki zmysłowe plamek woreczka i łagiewki również żelowa błona, w której zawieszono są kryształy węglanu wapnia, tzw. otolity. Obecność otolitów zwiększa ciężar właściwy błony w stosunku do endolimfy, stąd większa wrażliwość narządów otolitowych na przyspieszenia liniowe (Baloh i Honrubia 1990; Ryu 1986).

W narządach osklepkowych i otolitowych pobudzone komórki generują impuls nerwowy, przekazywany odpowiadającemu każdej komórce włóknu nerwowemu. Pobudzenie pojawia się dzięki zmianie polaryzacji bioelektrycznej komórki, co następuje przy pochyleniu stereocyliów w kierunku do lub od kinocilium. Jeżeli stereocilia pochylają się w kierunku kinocilium, następuje zwiększenie przepuszczalności jonów poprzez błonę komórki zmysłowej, depolaryzacja komórki, uwolnienie neurotransmitera z błony presynaptycznej i zwiększenie rytmu wyładowań elektrycznych w neuronie aferentnym. Odchylenie rzęsek od kinocilium daje efekt przeciwny, tzn. zmniejszenie rytmu wyładowań we włóknie nerwowym. Tym sposobem w narządzie bańkowym i otolitowym następuje przemiana energii mechanicznej w impulsy bioelektryczne (Baloh i Honrubia 1990; Janczewski 1995).

Wszystkie kinocilia komórek włosowatych w grzebieniu bańkowym uszeregowane są w tym samym kierunku, w stronę łagiewki. Takie ustawienie powoduje polaryzację całego narządu bańkowego. Przepływ endolimfy w danym kanale półkolistym, ampulopetalny bądź ampulofugalny, wywołuje odchylenie stereocyliów w kierunku do lub od kinocilium i pobudzenie lub hamowanie aktywności nerwowej w neuronie aferentnym. W kanałach poziomych pobudzenie nerwowe pojawia się przy ampulopetalnym ruchu endolimfy (w kierunku do bańki kanału półkolistego). W kanałach górnych i tylnych jest odwrotnie, tzn. pobudzenie nerwowe występuje przy ampulofugalnym ruchu endolimfy. Zatem stymulacja każdej z trzech par kanałów półkolistych przyspieszeniem kątowym działającym w płaszczyźnie danych kanałów powoduje



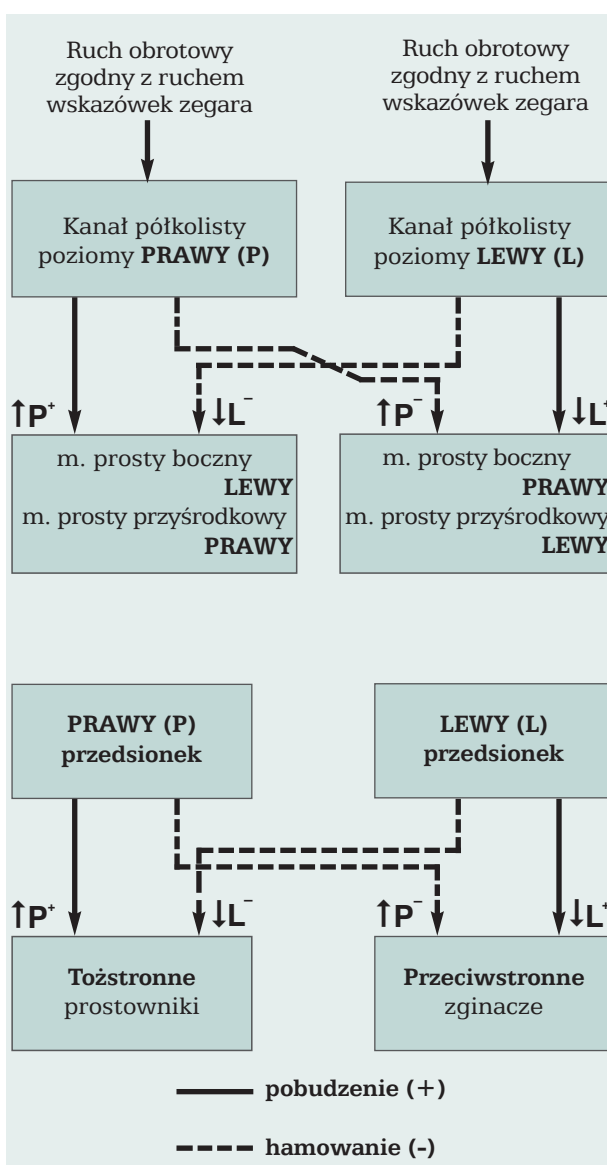
pobudzenie czynności nerwowej po stronie, w której kierunku działa przyspieszenie oraz osłabienie czynności nerwowej po stronie przeciwnej. Podobna zależność występuje pomiędzy organami otolitowymi. Kinocilia komórek włosowatych narządów otolitowych są jednak spolaryzowane w różnych kierunkach, co umożliwia reprezentację wszystkich możliwych kierunków polaryzacji powstałych w wyniku różnego ustawienia i ruchów głowy w przestrzeni (Janczewski 1995; Bochenek i Morawiec-Bajda 1998).

Bodźce nerwowe przekazywane przez przedsionkową część nerwu VIII są interpretowane przez ośrodkowy układ nerwowy jako przyspieszenia kątowe lub liniowe. Asymetryczne impulsy, powstałe w wyniku pobudzenia odpowiadających sobie kanałów półkolistych, powodują powstanie kompensacyjnego odruchu gałek ocznych w płaszczyźnie położenia stymulowanych kanałów (I prawo Ewalda) (Ewald 1892 cyt. za Bochenek i Morawiec-Bajda 1998). Ta kompensacyjna zmiana położenia gałek ocznych wywołana jest **odruchem przedsionkowo-okoruchowym** (ang. *vestibulo-ocular reflex* – VOR). Reakcja ta skierowana jest przeciwnie do kierunku działania przyspieszenia, a jej celem – utrzymanie stabilnego obrazu otoczenia. Jeżeli skręt głowy jest coraz większy i przekracza kompensacyjne możliwości zwrotu gałek ocznych, odruch przybiera formę oczopląsu (Baloh i Honrubia 1990). Zatem narządy osklepkowe kanałów półkolistych biorą udział głównie w dostosowywaniu pozycji oczu do zmieniającego się położenia ciała. Odruch przedsionkowo-okoruchowy, chociaż słabiej wyrażony, może pojawić się również w wyniku pobudzenia receptorów łagiewki i woreczka.

W łuku odruchu przedsionkowo-okoruchowego biorą udział trzy neurony, włączając nerw przedsionkowy, jądra przedsionkowe, nerwy gałkoruchowe, tzn. nerw III, IV i VI, przy współudziale pęczka bocznego przyśrodkowego, tworzą siatkowatego pnia mózgu oraz mózdzku. Podstawowym zadaniem odruchu przedsionkowo-okoruchowego jest kontrola ustawienia gałek ocznych podczas szybkich ruchów głowy w celu utrzymania stabilnego obrazu otoczenia.

Obwodowy narząd przedsionkowy poprzez **odruchy przedsionkowo-rdzeniowe** (ang. *vestibulo-spinal reflexes* – VSR) wpływa również na czynność mięśni szkieletowych. Wpływ ten objawia się przeciwdziałaniem siłom przyciągania ziemskiego, pobudzaniem reakcji mięśniowych, które utrzymują ciało w równowadze podczas ruchu, oraz utrzymywaniem napięcia mięśniowego w spoczynku (Baloh i Honrubia

1990). Za rozkład napięć w mięśniach szkieletowych odpowiadają głównie impulsy płynące z narządów otolitowych. Ich efektorami są mięśnie „antygravitacyjne”, prostowniki szyi, tułowia i kończyn. Na napięcie tych mięśni mają w mniejszym stopniu wpływ także narządy osklepkowe (Baloh i Honrubia 1990). Udział narządu przedsionkowego w utrzymywaniu napięcia mięśni szkieletowych został udowodniony doświadczalnie w pracach Dowa (1938) i Magnusa (1926). Wykazali oni, że po jednostronnej labiryntektomii wykonanej u zdrowych zwierząt,



Ryc. 1. Górna część rysunku: organizacja odruchu przedsionkowo-okoruchowego powstałego w wyniku pobudzenia kanałów półkolistych poziomych. Dolna część rysunku: organizacja odruchów przedsionkowo-rdzeniowych. (Baloh, Honrubia 1990).

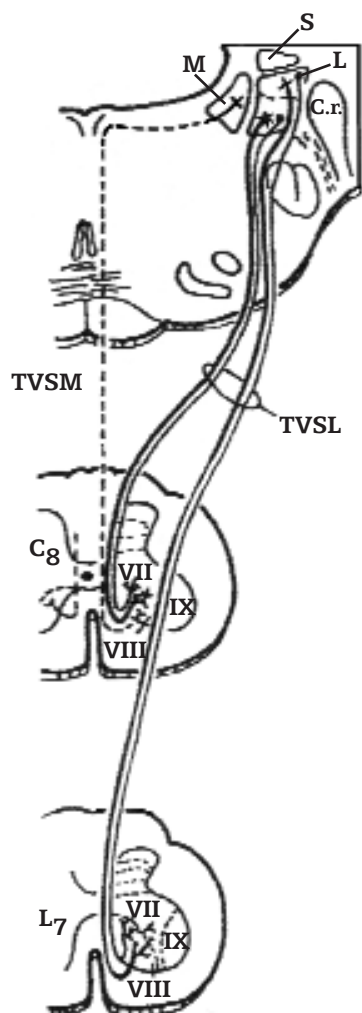
następuje zwiększenie napięcia mięśni prostowników kończyn po stronie przeciwnej do uszkodzenia oraz zmniejszenie napięcia mięśni prostowników po stronie uszkodzenia.

Istnieją pewne podobieństwa w mechanizmach wyzwalania i wpływie na mięśnie odruchów przedsionkowo-okoruchowego i przedsionkowo-rdzeniowych, co przedstawiono na ryc. 1.

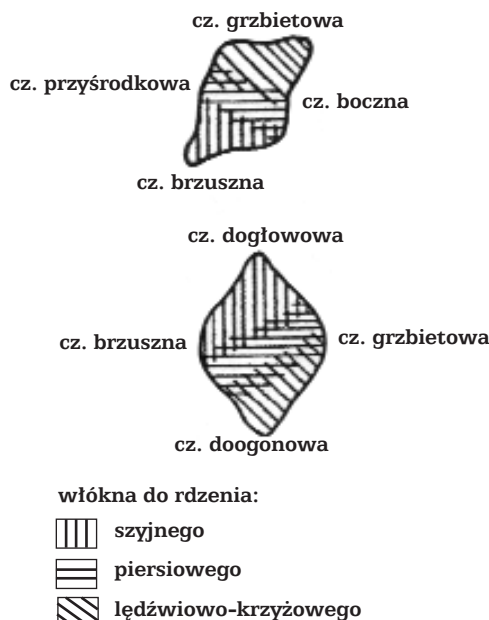
Zwraca uwagę analogiczny mechanizm pobudzania i hamowania kontrolujący równowagę pomiędzy szkieletowymi mięśniami prostownikami i zginaczami po obu stronach ciała, jak i okoruchowymi mięśniami: prostym bocznym i przyśrodkowym obu gałek ocznych. Główną różnicą pomiędzy organizacją odruchów okoruchowego i rdzeniowych, jest złożoność odpowiedzi mięśniowych wywoływanych przez odruchy

rdzeniowe. Nawet najprostszy ruch, wykonywany w pojedynczym stawie, wymaga współdziałania wielu mięśni, w których w jednym czasie następuje zwiększenie napięcia lub jego zmniejszenie. Grupy agonistycznie i antagonistycznie działających mięśni muszą jednocześnie otrzymywać sygnał, który zapewni powstanie sprawnego, skoordynowanego ruchu (Baloh i Honrubia 1990).

Narząd przedsionkowy wpływa na czynność mięśni szkieletowych poprzez trzy główne szlaki: przedsionkowo-rdzeniowy boczny, przedsionkowo-rdzeniowy przyśrodkowy oraz siatkowo-rdzeniowy jako wspomagający działanie dwóch poprzednich. Dwa pierwsze powstają bezpośrednio z neuronów w jądrach przedsionkowych, natomiast trzeci formują neurony tworzą siatko-



- L – jądro przedsionkowe boczne
  - M – jądro przedsionkowe przyśrodkowe
  - S – jądro przedsionkowe górne
  - TVSL – szlak przedsionkowo-rdzeniowy boczny
  - TVSM – szlak przedsionkowo-rdzeniowy przyśrodkowy
  - C<sub>8</sub> VII, VIII, IX – warstwy VII, VIII, IX Rexeda istoty szarej VIII segmentu szyjnego rdzenia kręgowego
  - L<sub>7</sub> VII, VIII, IX – warstwy VII, VIII, IX Rexeda istoty szarej VII segmentu lędźwiowego rdzenia kręgowego.
- (Brodal 1967; cyt. z Baloh i Honrubia 1990)



Ryc. 2. Po stronie lewej: schemat szlaków przedsionkowo-rdzeniowych. Szlak przedsionkowo-rdzeniowy boczny (*tractus vestibulo-spinalis lateralis*) pochodzi z neuronów jądra bocznego, wykazuje organizację somatotopową. Szlak przedsionkowo-rdzeniowy przyśrodkowy (*tractus vestibulo-spinalis medialis*) pochodzi z komórek jądra przyśrodkowego, zstępuje w zakresie tylnej części pęczka podłużnego przyśrodkowego, kończy się na poziomie szyjnych segmentów rdzenia kręgowego. Po stronie prawej: organizacja somatotopowa jądra przedsionkowego bocznego na przekroju poprzecznym (u góry), w rzucie strzałkowym (u dołu).

watego, będące pod wpływem narządu przedsionkowego (ryc. 2).

Aktywacja włókien nerwowych prowadzonych przez szlak przedsionkowo-rdzeniowy boczny, w jądrze przedsionkowym bocznym, powoduje pobudzenie motoneuronów prostowników oraz hamowanie motoneuronów zginaczy po tej samej stronie (Lund i Pompeiano 1965). Neurony prowadzone przez szlak przedsionkowo-rdzeniowy przyśrodkowy kończą się w większości na poziomie szyjnych segmentów rdzenia kręgowego. Szlak ten pełni ważną funkcję w koordynacji odruchów szyjno-predsionkowo-okoruchowych (Baloh i Honrubia 1990).

Wpływ narządu przedsionkowego na mięśnie dodatkowo podlega regulacji mózdzku. Reguluje on zakres odpowiedzi mięśni szkieletowych powstałych w reakcji na pobudzenie narządu przedsionkowego. Uważany jest za ośrodek koordynacji ruchów, zbierający informacje ze wszystkich somatoreceptorów głowy, tułowia i kończyn (Schwarz i Tomlinson 1994).

**Głównym celem układu równowagi jest utrzymanie środka ciężkości ciała w pozycji równowagi w spoczynku i w ruchu.** Aby osiągnąć ten cel, układ musi generować właściwe reakcje kontrolujące postawę ciała. Ponieważ nie ma specyficznego organu czuciowego, który reagowałby na zmiany położenia środka ciężkości ciała, dane te, jak wspomniano, odbierane są przez trzy narządy zmysłu, tzn. wzrok, układ proprioreceptorów oraz obwodowy narząd przedsionkowy. Narząd wzroku ocenia ustawienie oczu i głowy w stosunku do otaczających przedmiotów. Proprioreceptory dostarczają informacji o ustawieniu części ciała w stosunku do siebie i do podłoża przez rejestrację stopnia napięcia mięśni kontrolujących ruchomość stawów całego ciała (wrzeciona mięśniowe, aparaty Golgiego na granicy ścięgna i mięśnia, receptory stawowe) oraz pomiar nacisku stóp na podłoże (somatoreceptory skórne). Układ przedsionkowy informuje jedynie o relacji głowy względem działających sił, tzn. grawitacji oraz przyspieszeń kątowych i liniowych. Nie może on jednak zróżnicować wychyleń głowy od wychyleń całego ciała. Jak również nie informuje o orientacji głowy i ciała w stosunku do otaczających przedmiotów (Baloh i Honrubia 1990; Allum i Shepard 1999). Zatem, jak dowodzą liczne badania, proprioreceptory i narząd wzroku są znacznie bardziej wrażliwe na wychylenia ciała tak w spoczynku, jak w ruchu. A układ przedsionkowy przez niezależną kontrolę położenia oczu i głowy przyczynia się do precyzji złożonych czynności motorycznych ciała. Znaczenie układu

predsionkowego w procesie kontroli równowagi wzrasta, gdy informacje z proprioreceptorów i narządu wzroku są nieprawidłowe lub gdy ich brak, np. podczas stania lub chodu w ciemności, szczególnie po miękkim lub nieregularnym podłożu. Połączenie informacji płynących z narządu wzroku, proprioreceptorów i narządu przedsionkowego wywołuje odruchowe odpowiedzi mięśni kończyn i tułowia, które powodują powrót środka ciężkości ciała do stanu równowagi.

Środek ciężkości ciała człowieka (ang. *center of gravity* – COG) zlokalizowany jest w okolicy podbrzusza. Aby ciało pozostawało w równowadze, środek ciężkości powinien rzutować się na podstawę podparcia (ang. *base of support* – BOS), której granice w pozycji stojącej wyznacza obrys stóp. Kształt i wielkość powierzchni podstawy podparcia zależy od wzajemnego ustawienia stóp, ich przylegania do podłoża oraz od jego rodzaju. Rozstawienie stóp czy dostarczenie innego punktu podparcia (wsparcie na łasce, uchwycenie stabilnego przedmiotu w otoczeniu) zwiększa pole powierzchni podstawy podparcia ciała i pozwala na utrzymanie rzutu środka ciężkości w jego granicach. Dzięki temu możliwe jest zachowanie równowagi również podczas chodu czy innych czynności ruchowych. Powierzchnia podstawy podparcia ulega zredukowaniu przy staniu na jednej nodze, przy staniu stopa za stopą bądź gdy małe pole powierzchni podłoża lub jego nieregularność powoduje ograniczenie podstawy podparcia stóp (np. chód na linie, po powierzchni o kształcie walca, jak pień drzewa, lub po kamienistej drodze).

Zarówno podczas stania, jak i w ruchu środek ciężkości przesuwa się w różnych kierunkach. Warunkiem utrzymania równowagi jest takie odchylenie środka ciężkości od osi siły grawitacji, aby pozostawał on stale w granicach stabilności (ang. *limits of stability* – LOS). Granice stabilności wychyleń Nashner określił jako dwuwymiarową przestrzeń, w której mieszczą się maksymalne wychylenia środka ciężkości, przy określonej powierzchni podparcia ciała podczas stania, chodu lub siedzenia (Nashner 1993). Stopień wychyleń środka ciężkości oraz ich prędkość kątowna zależy między innymi od charakteru i czasu działania bodźca (Horak i Nashner 1986). Wartość granic stabilności zależy od prędkości kątownej wychyleń środka ciężkości. Jeżeli środek ciężkości wolno odchyła się od osi siły grawitacji, jest ona jedyną siłą, którą musi pokonać przechylające się ciało, i środek ciężkości może przemieszczać się w pełnym zakresie granic stabilności. W sytuacji wychyleń o dużej prędkości kątownej granice stabilności

zmniejszają się. Z tego powodu przy szybkich ruchach ciała, pomimo obecności mniejszych jego wychyleń, szybciej pojawia się destabilizacja sylwetki i potrzeba powiększenia wartości granic stabilności. Rozszerzenie granic stabilności w tej sytuacji zapewni powiększenie powierzchni pola podparcia, np. przez rozstawienie stóp lub wykonanie dodatkowego kroku.

Ponieważ o charakterze odpowiedzi posturalnej decyduje rodzaj działającego bodźca, zależnie od tego, jak nagle pojawi się zaburzenie, wywoła ono adekwatną reakcję mięśniową, sterowaną przez obwodowe lub ośrodkowe reakcje nerwowe. Stwierdzono trzy rodzaje reakcji posturalnych (Allum i Shepard 1999). Najwcześniejszą występującą reakcją jest **odruch rozciągania mięśnia** (ang. *myotatic stretch reflex*), pojawiający się w odpowiedzi na zmianę ustawienia stawów skokowych, rejestrowany w mięśniach trójgłowych łydek. Latencja tej reakcji wynosi 50 ms (Gottlieb i Agarwal 1979; Diener i in. 1983; Allum i Mauritz 1984). Jest on najwcześniejszym pojawiającym się mechanizmem, który powoduje wzrost aktywacji mięśni wokół stawu ulegającego destabilizacji. Reakcja odruchowa inicjowana jest przez pobudzenie wrzecion mięśniowych, proprioceptorów wrażliwych na rozciąganie zlokalizowanych pomiędzy włóknami mięśniowymi. Powstały bodziec nerwowy przekazywany jest do rdzenia kręgowego, gdzie po przełączeniu na kolejną synapsę powraca do włókien mięśniowych sąsiadujących z pobudzonym wrzecionem (Houk 1979). Istnieją opinie, że odruch wywołany rozciągnięciem mięśnia wpływa na powstanie jego skurczu, a to powoduje usztywnienie okolicznych stawów, jako odpowiedź na bodziec zaburzający równowagę (Bard 1961; Houk 1979). Dlatego np. podczas zmian ustawienia kąta stawów kończyn dolnych następuje odruchowa aktywacja napięcia sąsiadujących z nim mięśni. Wyzwolona reakcja zapobiega nadmiernej ruchomości stawów i stabilizuje sylwetkę.

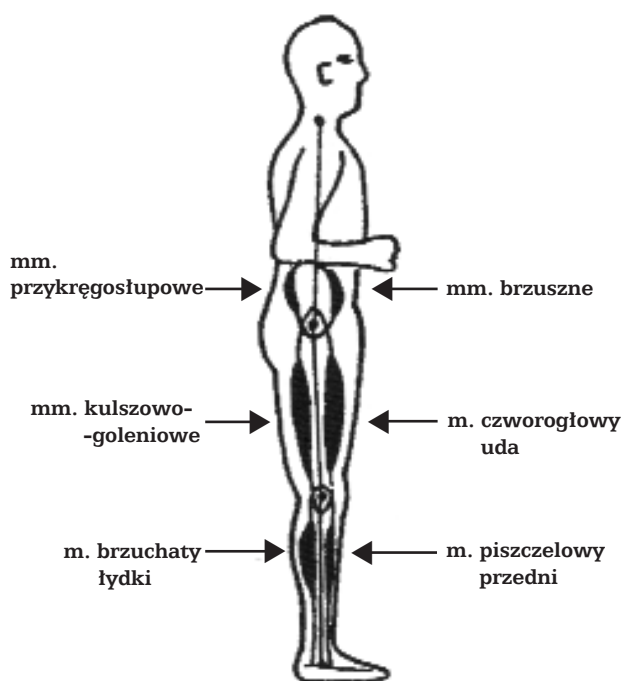
**Reakcje korygujące postawę** (ang. *balance-correcting responses*), kolejny rodzaj reakcji posturalnych, pojawiają się w odpowiedzi na silne destabilizujące bodźce. Występują w czasie od 90 do 120 ms (Keshner i in. 1988; Allum i in. 1993). Te reakcje o wielomięśniowym zasięgu pojawiają się prawie równocześnie w mięśniach kończyn dolnych, tułowia i szyi, stąd panuje zgodna opinia, że mechanizmy, które je inicjują, są koordynowane centralnie (Forsberg i Hirschfeld 1994; Horak i Naschner 1986). Do niedawna niektóre z tych odpowiedzi były określane jako średnio- lub długolatencyjne, zależnie

od czasu ich wystąpienia, przed lub po 100 ms, czyli w przedziałach 90–100 ms oraz 100–120 ms (Allum i Budingen 1979; Diener i in. 1983).

Ostatnim z trzech typów reakcji mięśniowych są **odpowiedzi stabilizujące postawę** (ang. *balance-stabilizing responses*), które ujawniają się po 240 ms (Diener i in. 1984).

W sytuacji nagłego zaburzenia równowagi jako pierwszy pojawia się odruch rozciągania oraz reakcje korygujące postawę, przeciwdziałające upadkowi. Następujące po nich odpowiedzi stabilizujące umożliwiają powrót sylwetki do stanu równowagi. Jeżeli natomiast zaburzenie ma powolny charakter, odruch rozciągania i reakcje korygujące wyrażone są w niewielkim stopniu, prawie niezauważalne, a zmiany położenia sylwetki są kontrolowane przez reakcje stabilizujące (Allum i in. 1989). Wynika z tego, że ośrodkowy układ nerwowy, aby kontrolować równowagę wieloogniwowego układu, jakim jest sylwetka ciała, musi wykorzystywać kilka typów reakcji odruchowych sterowanych przez proprioceptory, narząd przedsionkowy oraz narząd wzroku, zależnie od tego, czy zmiany postawy są kontrolowane przez reakcje korygujące, czy też stabilizujące postawę ciała (Allum i Honegger 1998).

Biomechanika kończyn i tułowia człowieka zależy od współdziałania grup mięśni. Środek ciężkości ciała, który w pozycji stojącej jest zlokalizowany w podbrzuszu, oddzielony jest od płaszczyzny podparcia utworzonej przez stopy trzema parami stawów: stawami skokowymi, kolanowymi oraz biodrowymi. Aby umożliwić zmiany położenia wszystkich tych elementów względem siebie, przy równoczesnym zachowaniu równowagi całej sylwetki, ruchomość każdego stawu kontrolowana jest przez parę antagoniście działających grup mięśniowych. Wiele mięśni działa na dwa sąsiadujące stawy, będąc równocześnie zginaczami jednego i prostownikami drugiego (ryc. 3). W stawie skokowym głównym prostownikiem jest mięsień brzuchaty łydki (część mięśnia trójgłowego łydki), który jest równocześnie zginaczem stopy. Głównym zginaczem stawu skokowego jest natomiast mięsień piszczelowy przedni. Mięsień czworogłowy uda jest głównym prostownikiem kolana, podczas gdy mięsień brzuchaty łydki - jego głównym zginaczem. Mięśnie kulszowo-goleniowe i pośladkowy wielki są prostownikami stawu biodrowego, a mięsień czworogłowy - jego głównym zginaczem. Ruchy dolnej części tułowia są pod kontrolą mięśni przykręgosłupowych oraz mięśni brzusznych (Nashner 1993; Weir i Abrahams 1997).

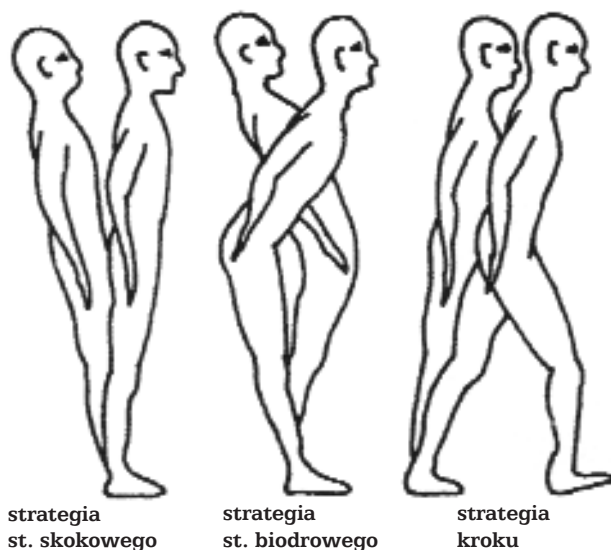


Ryc. 3. Schemat czynnościowej budowy anatomicznej mięśni kontrolujących ruchomość stawów kończyn dolnych (Nashner 1993).

Ruchy ciała powstające w odpowiedzi na destabilizujące bodźce płynące ze środowiska porównywane są do odwróconego wahadła (Nashner i McCollum 1985). Zmiana kąta ustawienia stawów skokowych wyzwała korygującą równowagę, odruchową odpowiedź z rozciągniętych mięśni dystalnych części kończyn dolnych (odruch rozciągnięcia mięśni stawu skokowego, odruch miotatyczny). Obserwowana reakcja ruchowa, której osią jest staw skokowy, nazywana jest strategią stawu skokowego (ang. *ankle strategy*) (Horak i Nashner 1986) (ryc. 4). Pojawia się ona w sytuacji, kiedy osoba badana stojąca na platformie większej od płaszczyzny podstawy podparcia stóp zostanie poddana krótkotrwałym zmianom położenia podłoża w poziomie, do przodu i do tyłu. Przy ruchu podłoża do przodu następuje aktywacja mięśni brzuchatych łydki i przechylenie całej sylwetki do tyłu, po czym aktywacja mięśni piszczelowych przednich i ruch ciała do przodu. Odpowiedź mięśniowa rozchodzi się do kolejnych proksymalnych mięśni stawów kończyn i tułowia (Nashner 1977; Dietz i in. 1987). Jeżeli jednak osobę badaną postawimy na równoważni, gdzie palce i pięta pozostają bez podparcia, i w takich samych warunkach otoczenia poddamy temu samemu ruchowi podłoża, zaobserwujemy inną odpowiedź stabilizującą postawę, opartą na działaniu mięśni obręczy biodrowej. Jest to

strategia stawu biodrowego (ang. *hip strategy*) (Horak i Nashner 1986), która spowoduje pochylenie tułowia do przodu ze zgięciem stawów biodrowych (ryc. 4). Udział w tym ruchu biorą głównie mięśnie zginające i prostujące staw biodrowy, w mniejszym stopniu mięśnie kontrolujące czynność stawu skokowego (Shepard i Telian 1992; Nashner 1993).

Nashner i in. udowodnili, że rodzaj pojawiającej się strategii zależy nie tylko od wielkości powierzchni podstawy, ale również od stopnia wychyleń środka ciężkości w ramach granic stabilności (ang. *limits of stability*) oraz prędkości kątowej tych wychyleń (Horak i Nashner 1986; Nashner i McCollum 1985).



Ryc. 4. Strategie ruchowe kontrolujące równowagę ciała przez utrzymanie środka ciężkości w ramach płaszczyzny podparcia, w modelu wahadła i w modelu dwustawowym (Nashner 1993).

Poza tymi dwiema zasadniczymi strategiami oraz ich kombinacjami Nashner opisał również trzeci możliwy model reakcji ruchowej, tzw. strategię kroku (ang. *step strategy*). Jest ona prezentowana przy dużych wychyleniach środka ciężkości ciała, sięgających poza granice stabilności. Strategia ta zapobiega upadkowi dzięki zwiększeniu powierzchni podparcia ciała, uzyskanemu przez wykonanie kroku i rozstawienie stóp (Nashner 1993) (ryc. 4).

Horak i Nashner (1986) opisali zmienność reakcji posturalnych w odpowiedzi na ten sam bodziec w zależności od uwarunkowań zewnętrznych. Cecha ta, świadcząca o elastyczności układu kontrolującego postawę ciała, może działać również destabilizująco. Dzieje się tak, ponieważ przy nagłej zmianie warunków ze-

wewnętrznych występuje zwykle odpowiedź, którą układ ostatnio prezentował. Dopiero przy kolejnych próbach stabilizacja postawy jest dokonywana z zastosowaniem strategii będących kombinacją dwóch zasadniczych, aż do momentu dobrania odpowiedzi optymalnej w danych warunkach. Fakt ten potwierdza istnienie „ośrodkowego oprogramowania” organizacji odpowiedzi ruchowych. Dzięki niemu możliwe jest dopasowanie się działającego bodźca i zaprezentowanie szybkiej odpowiedzi bez konieczności oczekiwania na reakcje wywołane ze sprzężenia zwrotnego (Horak i Nashner 1986). Pierwoplanową rolę w kontroli tego mechanizmu odgrywają mózdzek oraz narząd przedsionkowy i jądra przedsionkowe w pniu mózgu. To kora mózdzku „programuje” czas pobudzenia po-

szczególnych grup mięśniowych, tam gdzie z uwagi na szybkość i precyzję ruchu nie jest możliwa odruchowa korekta zwrotna. Natomiast narząd przedsionkowy koordynuje te odpowiedzi, wpływając na ich zakres (Baloh i Honrubia 1990).

Istnieje zatem szereg mechanizmów uwarunkowanych ośrodkowo lub zależnych od reakcji odruchowych, które przyczyniają się do prawidłowego funkcjonowania układu równowagi. Zaburzenie informacji płynącej z narządów receptorowych, ich nieprawidłowa integracja ośrodkowa czy też zaburzenie reakcji motorycznych mogą być przyczyną poczucia niestabilności lub upadku. Poznanie tych mechanizmów leży u podstaw diagnostyki zaburzeń równowagi i sposobów ich leczenia. ●

Komentarz do tego artykułu możesz przedstawić na stronie  
[www.magazynorl.pl](http://www.magazynorl.pl)

#### PIŚMIENNICTWO

- Allum J.H.J., Budingon H.J. (1979) Coupled stretch reflexes 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., Mauritz K.H. (1984) Compensation for intrinsic muscle stiffness by short-latency reflexes in human triceps surae muscles. *J Neurophysiol*, 52, 797-818.
- Allum J.H.J., Honegger F., Pfaltz C.R. (1989) The role of stretch and vestibulo-spinal reflexes in the generation of human equilibrating reactions. *Prog Brain Res*, 80, 399-409.
- Allum J.H.J., Honegger F., Schichs H. (1993) Vestibular and proprioceptive modulation of postural synergies in normal subjects. *J. Vestib. Res.* 3, 59-85.
- Allum J.H.J., Honegger F. (1998) Interactions between vestibular and proprioceptive inputs triggering and modulating human balance-correcting responses differ across muscles. *Exp Brain Res.* 121, 478-494.
- Allum J.H.J., Shepard N.T. (1999) An overview of the clinical use of dynamic posturography in the differential diagnosis of balance disorders. *J. Vest. Res.* 9(4), 223-252.
- Baloh R.W., Honrubia V. (1990) *Clinical neurophysiology of the vestibular system.* F.A. Davis Company, Philadelphia.
- Bard P. (1961) *Postural coordination and locomotion and their central control.* W: Bard P. (red.) *Medical physiology.* C.V. Mosby, St Louis.
- Bochenek Z., Morawiec-Bajda A. (1998) *Fizjologia narządu przedsionkowego.* W: Janczewski G., Latkowski B. (red.) *Oto-neurologia.* Bel Corp, Warszawa 91-120.
- Diener H.C., Bootz F., Dichgans J., Bruzek W. (1983) Variability of postural reflexes in humans. *Exp. Brain Res.* 52, 423-428.
- Diener H.C., Dichgans J., Bootz F., Bacher M. (1984) Early stabilization of human posture after a sudden disturbance: influence of rate and amplitude of displacement. *Exp. Brain Res.* 56, 126-134.
- Dietz V., Quintern J., Sillen M. (1987) Stumbling reactions in man: significance of proprioceptive and preprogrammed mechanisms. *J. Physiol.* (London) 386, 149-163.
- Dow R.S. (1938) The effects of unilateral and bilateral labyrinthectomy in monkey, baboon and chimpanzee. *Am. J. Physiol.* 121, 392-405.
- Forsberg H., Hirschfeld H. (1994) Postural adjustments in sitting humans following external perturbations: muscle activity and kinematics. *Exp. Brain. Res.* 97, 515-527.
- Gottlieb G.L., Agarwal G.C. (1979) Response to sudden torques about ankle in man: myotatic reflex. *J. Neurophysiol.* 42, 91-106.
- Horak F.B., Nashner L.M. (1986) Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *J. Neurophysiol.* 55, 1369-1381.
- Houk J.C. (1979) Regulation of stiffness by skeletomotor reflexes. *Annu. Rev. Physiol.* 41, 99-114.
- Janczewski G. (1995) *Zawroty głowy – kompendium lekarza praktyka.* Solvay Pharma, Warszawa.
- Keshner E.A., Woollacott M.H., Debu B. (1988) Neck, trunk and limb muscle responses during postural perturbations in human. *Exp. Brain Res.* 71, 455-466.
- Lund S., Pompeiano O. (1965) Descending pathways with monosynaptic action on motoneurons. *Experientia* 21, 602-603.
- Magnus R. (1926) Some results of studies in the physiology of posture. *I. Lancet* 2, 531-539.
- Nashner L.M. (1977) Fixed patterns of rapid postural responses among leg muscles during stance. *Exp. Brain Res.* 30, 13-24.
- Nashner L.M., McCollum G. (1985) The organization of human postural movements: a formal basis and experimental synthesis. *Behav Brain Sci.* 8, 135-172.
- Nashner L.M. (1993) *Practical biomechanics and physiology of balance.* W: Jacobson G.P., Newman C.W., Kartush J.M. (red.). *Handbook of balance function testing.* Mosby Year Book, St. Louis 261-279.
- Ryu J.H. (1986) *Anatomy of the vestibular end organ and neural pathways.* W: Cummings C. i in. (red.) *Otolaryngology – Head and Neck Surgery.* C.V. Mosby, St. Louis t. 3. 2609-2629.
- Shepard N.T., Telian S.A. (1992) *Balance system function.* *AJA,* Nov. 45-51.
- Schwarz D.W.F., Tomlinson R.D. (1994) *Physiology of the vestibular system.* W: Jackler R.K., Brackmann D.E. (red.) *Nerotology.* Mosby Year Book, St. Louis 59-98.
- Weir J., Abreahams P.H. (1997) *Imaging atlas of human anatomy.* Version 2.0 CD-ROM. Mosby / Times Mirror International Publ. Ltd. London:

# syllabus rynologiczny

## XI Kongres Międzynarodowego Towarzystwa Rynologicznego (International Rhinologic Society) *sprawozdanie*

W dniach 25–29 października 2005 odbył się XI Kongres Międzynarodowego Towarzystwa Rynologicznego (International Rhinologic Society) w połączeniu z 55. Dorocznym Spotkaniem Australijskiego Towarzystwa Otolaryngologów – Chirurgów Głowy i Szyi (Australian Society of Otolaryngology Head and Neck Surgery) w Sydney w Australii.

Obrady odbywały się w nowoczesnym kompleksie – centrum konferencyjnym i wystawowym, umiejscowionym w dzielnicy Darling Harbour, jednej z centralnych dzielnic Sydney położonej nad zatoką w bezpośredniej bliskości portu. Sydney, zwane bramą do Australii, jest stolicą Nowej Południowej Walii. Posadowiono je wokół jednego z największych i najpiękniejszych naturalnych portów świata, wzdłuż ciągnących się milami złotych plaż Oceanu Spokojnego.

XI Kongres Międzynarodowego Towarzystwa Rynologicznego był ogromnym wydarzeniem zarówno naukowym, jak i towarzyskim. Liczby mogą powiedzieć wiele o skali tego spotkania: międzynarodowa rada naukowa liczyła 60 naukowców z całego świata, międzynarodowa rada doradcza 23 osoby, wykładowcy i uczestnicy przybyli na obrady z 40 krajów świata, a ich liczba przekroczyła 4000.

Uroczyste otwarcie Kongresu odbyło się w Sydney Covention and Exhibition Centre w Darling Harbour wieczorem 25 października.

Na otwarciu nie zabrakło przemówień organizatora konferencji prof. Kevina Kane'a z Australii oraz jedyne go zaproszonego gościa (niezwykle to wyróżnienie bez odniesienia w ostatnich latach – jedyny gość honorowy konferencji) dr Iana S. Mackaya. Po części oficjalnej delegacji zostali zaproszeni na poczęstunek, gdzie między innymi serwowano australijskie przysmaki – jagnięcinę i kangura przyrządzone na wiele sposobów. Doznania estetyczne potęgowane były przez pełen barw zachód słońca nad sydneyjskim portem, podkreślający piękno widocznego w oddali gmachu opery. Jest to prawdopodobnie najbardziej charakterystyczny budynek Sydney, będący centrum kulturalnym, prezentującym opery, balet, przedstawienia dramatyczne i filmy. Widok rozciągał się także na historyczną dzielnicę „Rocks” – skały, gdzie pierwsi osadnicy mieli swe siedziby.

Kolejne pięć dni wypełniła naukowa część kongresu. Program naukowy obejmował praktycznie wszystkie dziedziny rynologii oraz otologii. Z wyłączeniem pierwszego, poszczególne dni zostały „przyznane” lokalnym towarzystwom rynologicznym. I tak dzień pierwszy poświęcono kontrowersjom w rynologii, a w sesji popołudniowej sesjom instruktazowym połączonym z ćwiczeniami praktycznymi na preparatach anatomicznych. Dzień drugi przygotowany został pod egidą europejskiego towarzystwa

rynologicznego, trzeci przez towarzystwo amerykańskie, a ostatni – australijskie. Trudno wyobrazić sobie lepszy dobór poruszanych tematów: sesje plenarne obejmowały między innymi: nowe kierunki w immunologii nosa, kontrowersje w rynologii, alergia a nos. Amerykańskim zwyczajem obrady rozpoczynały się od sesji śniadaniowych o godzinie 6.45 (lub może muffinowo-kawowych), podczas których dane nam było wysłuchać nowości o etiologii CRS – z informacjami wywracającymi nasze wyobrażenie w tej dziedzinie – czy o brodawczaku odwróconym. Sesje główne obejmowały między innymi: niepożądane rezultaty septorynoplastyk i ich przyczyny, nowe biologiczne metody leczenia nowotworów głowy i szyi, strategie leczenia z oszczędzeniem organów, rolę mikroskopów w chirurgii wewnątrznosowej (która wydaje się tracić na znaczeniu). Sesje otologiczne obejmowały między innymi kontrowersje w otologii czy postępowanie w przypadku komplikacji w chirurgii przewlekłych stanów zapalnych ucha środkowego. Poszczególne wystąpienia zostały zakwalifikowane do sesji o charakterze sesji plenarnych, sesji śniadaniowych, sympozjów, dyskusji panelowych, kursów instruktażowych, sesji obejmujących tematy wolne i prezentacje wideo. Ogromna przestrzeń pomiędzy salami wykładowymi została przeznaczona na prezentację ponad 300 plakatów. Wykłady odbywały się równocześnie w kilku salach, dlatego każdy z delegatów musiał wybrać najbardziej interesujące go sesje z bardzo bogatego programu. Niestety, wiele interesujących sesji odbywało się równoległe i nie sposób było wysłuchać wszystkich wystąpień, co wzbudziło wiele niezadowolenia. Pojawiły się również głosy, że konferencja była przede wszystkim wydarzeniem towarzyskim, prezentowano mało nowości, nie było przełomowych doniesień.

W środę 26 października w największej sali Tumbalong wykłady rozpoczęły się od sesji kontrowersje w rynologii, której przewodniczył D. Passali. Mówili: B. Fergusson, C. Bachert, J. Ponikau i S. Lacroix. Następnie dwie sesje instruktażowe poprowadził prof. H. Stammberger. Sesje te były także pokazami zabiegów na zwłokach, wykonywanymi przez prowadzącego. Przedstawiono operację zachyłka czołowego i chirurgię endoskopową zatok przynosowych. Równoległe odbywały się sesje prezentujące wykłady na zaproszenie.

Czwartek rozpoczął się od arcyciekawej sesji śniadaniowej na temat etiologii PZZP, prowadzonej przez R. Gallahhera, a zaproszeni do wystą-

pienia byli: J. Palmer, B. Fergusson, R. Douglas, H. Pant. Ich doniesienia o roli biofilmów, grzybów, superantygenów, zapaleniach eozynofilowych w etiopatologii PZZP dotyczyły kluczowych tematów dla zrozumienia, czym jest PZZP, a tym samym jakie mamy możliwości jego leczenia. Była to sesja doskonała, a przekazane podczas niej informacje całkowicie zmieniają nasze wyobrażenie o PZZP. Wiedza ta wymaga bliższego przedstawienia rynologom polskim. Po takim początku dzień obfitował dalej w interesujące wydarzenia. Prof. H. Stammberger wraz z W. Fokkens, L. Bellussi, C. Bachertem, P. Stierną, i H. Riechelmannem przedstawili nam nowe kierunki w immunologii nosa. Na koniec dnia odbyły się dwie sesje instruktażowe, które były także pokazami zabiegów na zwłokach. Przedstawiono operację Lothrop'a i zamknięcie wycieku płynu m-T oraz resekcję podstawy przedniego dołu czaszki.

Piątkowa sesja śniadaniowa obejmowała zagadnienie brodawczaka odwróconego. Późniejsza sesja główna przybliżała zagadnienie: alergia a nos. Bardzo interesująca była sesja prezentująca kontrowersje w rynologii na podstawie wybranych przypadków, prowadzona przez N. Boustreda z udziałem H. Stammbergera, D. Kennedy'ego, P.J. Wormalda i V. Lund. Sposoby unikania niepożądanych wyników septorynoplastyki przedstawili G. Rettinger z udziałem D. Simmena, M. Mendelsohn i T. Romo.

Sobota została głównie poświęcona otologii, a usłyszeliśmy doniesienia o kontrowersjach w otologii czy postępowaniu w przypadku komplikacji w chirurgii przewlekłych stanów zapalnych ucha środkowego.

Z Polski wykład na zaproszenie wygłosił prof. A. Krzeski, który mówił o rynologicznych aspektach astmy aspirynowej. Dr N. Górski przedstawił prace dotyczące zachowawczego leczenia przewlekłego zapalenia zatok oraz bakteriologii PZZP.

Przyjęcie z okazji zakończenia konferencji odbyło się w malowniczym Darling Harbour. Atmosfera upalnego wiosennego (sic!) wieczoru, wykwiłtne otoczenie, obecność tak wielu światowych umysłów oraz niezwykle uporczywie atakujące muchy na pewno na długo zapadły uczestnikom w pamięć.

**dr Norbert Górski**

Warszawa, listopad 2005



**Dr med. IWONA GROMEK  
LAUREATEM NAGRODY NAUKOWEJ  
STOWARZYSZENIA RYNOLOGIA POLSKA  
W ROKU 2005 ZA PRACĘ DOKTORSKĄ  
„RYNOLOGICZNE ASPEKTY ASTMY ASPIRYNOWEJ”**

**PROTOKÓŁ (wyciąg)  
z XV zebrania Zarządu Stowarzyszenia  
„Rynologia Polska”  
w dniu 21.02.2006 r.**

Prof. Antoni Krzeski  
Prezes Stowarzyszenia  
Rynologia Polska

Zarząd Stowarzyszenia „Rynologia Polska” rozpatrzył wniosek o przyznanie nagrody naukowej Stowarzyszenia za rok 2005 za pracę pt. „Rynologiczne aspekty astmy aspirynowej” autorstwa dr med. Iwony Gromek (praca doktorska).

Zarząd Stowarzyszenia stwierdził, iż wniosek dr Iwony Gromek wpłynął jako jedyny do dnia 30.12.2005 r. Do wniosku została dołączona kopia tekstu pracy oraz 2 recenzje – tym samym zostały spełnione warunki regulaminowe przyznania nagrody naukowej Stowarzyszenia.

Zarząd zapoznał się również z wnioskiem końcowym członka Komitetu Naukowego Stowarzyszenia – prof. dr hab. med. Wojciecha Goluśńskiego z dnia 16.02.2006 (w załączeniu).

Zarząd jednogłośnie podjął uchwałę Nr 05/06 z dnia 21.02.2006 r. o przyznaniu dr med. Iwonie Gromek Nagrody Naukowej Stowarzyszenia Rynologia Polska za rok 2005 w wysokości 10000 zł za pracę pt. „Rynologiczne aspekty astmy aspirynowej”.

Za Zarząd  
Prezes Stowarzyszenia Rynologia Polska  
prof. dr hab. Antoni Krzeski

Warszawa, 21.02.2006

*Szanowny Panie Profesorze!*

*Przedstawiona do wydania opinii praca pt. „Rynologiczne aspekty astmy aspirynowej” autorstwa dr med. Iwony Gromek zasługuje na najwyższe uznanie. Porusza niezwykle istotny problem rynologiczny etiologii, leczeniu i profilaktyce astmy aspirynowej. W literaturze przedmiotu trudno jest znaleźć tak dobrze przygotowaną pracę pod względem merytorycznym i edytorskim. W pełni identyfikuję się z ocenami rozprawy doktorskiej przedstawionej Wysokiej Radzie I Wydziału Lekarskiego Akademii Medycznej w Warszawie przez prof. dr J. Składzień i prof. dr D. Jurkiewicz.*

*Nie można mówić o nowoczesnej rynologii bez tak wspaniałych opracowań jak przedstawiona mi do wydania opinii praca.*

*Podsumowując, w pełni popieram i wnoszę o przyznanie nagrody naukowej Stowarzyszenia „Rynologia Polska” dr med. Iwonie Gromek*

Z poważaniem  
prof. dr hab. med. W. Goluśński

Poznań, 16.02.2006

# RYNOLOGIA POLSKA

## S T O W A R Z Y S Z E N I E

### PROTOKÓŁ (wyciąg) z XVI zebrania Zarządu Stowarzyszenia „Rynologia Polska” w dniu 16.04.2006r

W związku z brakiem zgłoszeń na stypendia naukowe Zarząd podjął uchwałę Nr 07/06 o przeznaczeniu tych środków na dofinansowanie uczestnictwa członków Stowarzyszenia w XXI Kongresie Europejskiego Towarzystwa Rynologicznego – Tampere 2006 (Finlandia).

Warunkiem uzyskania dofinansowania jest:

- bieżące opłacenie składek członkowskich,
- przyjęcie pracy do prezentacji podczas Kongresu (zaświadczenie od organizatorów),
- przedłożenie maszynopisu pracy do publikacji.

Maksymalna kwota dofinansowania może wynieść 2000,- PLN.

Termin składania wniosków do dnia 10.06.2006 r.



Zarząd podjął uchwałę Nr 10/06 mocą której zobowiązuje się do zwrotu składki członkowskiej za rok 2006 za przynależność do Europejskiego Towarzystwa Rynologicznego – wszystkim osobom, które są członkami Stowarzyszenia Rynologia Polska i mają opłacone na bieżąco składki członkowskie.

Termin składania wniosków do dnia 1.06.2006 r.

Za Zarząd  
Prezes Stowarzyszenia Rynologia Polska  
prof. dr hab. Antoni Krzeski

### KOMUNIKAT Zarządu Stowarzyszenia Rynologia Polska

Walne Zgromadzenie Członków Stowarzyszenia Rynologia Polska odbędzie się w dniu 19. maja 2006 w sali konferencyjnej Kliniki Otolaryngologii AM w Warszawie (ul. Banacha 1a, VIIp).

I termin godz. 13  
II termin godz. 13.15

Za Zarząd  
Prezes Stowarzyszenia  
Rynologia Polska  
prof. dr hab. Antoni Krzeski

### KOMUNIKAT

Wstępny program  
**III KRAJOWEGO FORUM RYNOLOGICZNEGO**  
(Warszawa, 1–3 grudzień 2006)  
dostępny jest na stronie internetowej  
– [www.magazynor1.pl](http://www.magazynor1.pl)

Przypominam PT Kolegom o konieczności opłacenia składki członkowskiej za rok 2005 i 2006 w wysokości 50 zł.  
Nr.konta:14 1160 2202 0000 0000 3588 6672



*Nowy preparat specjalnie przygotowany  
do leczenia polipów nosa*

# RÓWNOWAGA STATYCZNA I DYNAMICZNA CIAŁA

## Część 2.

### Metody oceny równowagi posturalnej – komputerowa posturografia dynamiczna

dr med. Marta Held-Ziółkowska

#### POSTURAL STABILITY

Part 2. Evaluation of postural stability  
– computerized dynamic posturography

Computerized dynamic posturography uses a force platform that can both translate or rotate. When combined with visual stimuli, it can be used to determine the relative importance of the various sensory inputs critical for balance, namely vision, somatosensation, and vestibular sensation. Posturography is helpful in the management patients with peripheral and central vestibular disorders. It may help guide the clinician regarding choice of treatment and counseling the patient. The findings can form the basis for vestibular rehabilitation, and patient education regarding limitation and safety, and facilitating central compensation. There was shown the review over different methods of posturographic evaluation.

(Mag. ORL, 2006, V, 2, 47–52)

#### KEY WORDS:

balance disorders, postural stability, computerized dynamic posturography

#### PRACA RECENZOWANA

Katedra i Klinika Otolaryngologii AM w Warszawie  
Kierownik: prof. dr hab. med. Kazimierz Niemczyk  
ul. Banacha 1a, 02-097 Warszawa

Złożona i różnorodna etiologia zaburzeń równowagi sprawia, że stanowią one trudny problem diagnostyczny i leczniczy. Mechanizmy odpowiedzialne za zachowanie równowagi są kontrolowane przez wiele narządów o złożonej anatomii i fizjologii, a ich dokładna ocena wymaga skomplikowanych badań diagnostycznych przeprowadzanych w wyspecjalizowanych ośrodkach.

Całościową ocenę sprawności układu równowagi zapewnia badanie posturograficzne. Spełnia te zadania dzięki możliwości rejestracji i analizy reakcji oraz strategii posturalnych, które stanowią podstawę mechanizmów utrzymujących ciało w równowadze. Testy związane ze stymulacją kinetyczną i kaloryczną narządu przedsionkowego, które mają ogromne znaczenie w diagnostyce zaburzeń równowagi, szczególnie typu obwodowego (Halmagyi i in. 1990; Paige i Sargent 1991), rejestrują jedynie czynność okoruchową gałek ocznych, nie dają jednak żadnych informacji o postawie i ruchomości tułowia. Ocena odruchu przedsionkowo-okoruchowego nie dostarcza więc całościowego obrazu funkcjonowania układu równowagi, na który poza czynnością obwodowego i ośrodkowego narządu przedsionkowego mają wpływ również inne narządy receptorowe, szlaki przewodzące bodźce oraz narządy efektorowe. Reakcje odruchowe, których efektorami są mięśnie posturalne kończyn i tułowia, wykazują ponadto niższy próg pobudliwości niż reakcje okoruchowe, większą czułość i dłuższy czas trwania. Cechy te decydują o konieczności uwzględniania ich w baterii testów otoneurologicznych.

Kliniczna ocena neurologiczna sprawności proprioceptorów również jest ograniczona, np.

przez zastosowanie badania odruchu ze ścięgna Achillesa lub odruchu rzepkowego. Nie daje ona możliwości oceny odruchów z mięśni tułowia, obręczy biodrowej czy mięśni szyi, które określiłyby sprawność proprioreceptorów biorących udział w kontroli równowagi pozostałych segmentów ciała. Badania te nie różnicują również zależnych od proprioreceptorów i od odruchów przedsionkowo-rdzeniowych reakcji odpowiedzialnych za kontrolę równowagi. Nie określają wpływu świadomości i podświadomości na symulację zaburzeń równowagi (Allum i in. 1996; Allum i Shepard 1999).

Podobnie miogenne przedsionkowe potencjały wywołane (MPPW) znalazły zastosowanie w ocenie sprawności narządu przedsionkowego, a głównie czynności narządów otolitowych. Stanowią one cenną, uzupełniającą metodę w rozpoznawaniu chorób ucha wewnętrznego i nerwu przedsionkowego (Morawiec-Bajda 1998). MPPW nie dostarczają jednak informacji o reakcjach kontrolujących postawę całego ciała ze względu na stymulację jedynie odruchów przedsionkowo-szyjnych.

Najprostszymi metodami oceny równowagi posturalnej są klasyczne próby na sprawność postawy i chodu. Wśród nich najczęściej stosowana jest próba Romberga z licznymi modyfikacjami, próby Wodaka i Fishera, próba Babińskiego-Weila (próba chodu w „gwiazdę”), próba Unterbergera (próba marszu w miejscu przy zamkniętych oczach), próba de Kleyna i Versteegha (próba „kołysania”), próba Barany’ego (próba wskazywania). Większość tych testów opiera się na orientacyjnej ocenie stanu równowagi bez konieczności korzystania ze specjalistycznej aparatury. Jakkolwiek informacje te są bardzo cenne i wnoszą do diagnostyki klinicznej wiele danych, jednak nie dostarczają wymiernych parametrów ilościowo i jakościowo opisujących ruchomość ciała.

Przełomem w rozwoju badań i rejestracji reakcji wyprostnych ciała było wprowadzenie aparatury posturograficznej. Początkowo były to urządzenia rejestrujące równowagę statyczną, takie jak kimograf, ataksjometr, statokinezyjometr, statokinezygraf (Kubiczkowa i Kubiczek-Jagielska 1999). Posturografia statyczna umożliwia pomiary wychyleń ciała podczas typowej próby Romberga (Dichgans i in. 1976; Black i in. 1982). Platforma stosowana w badaniu posturografii statycznej składa się z płaskiej, sztywnej płyty podpartej w trzech lub czterech punktach przez tyleż niezależnych mierników, które rejestrują siły nacisku stóp osoby badanej na platformę. Trzy- lub czteropunktowy pomiar umożliwia dzięki analizie komputerowej wyznaczenie rzutu środka ciężkości ciała (statokinezyjo-

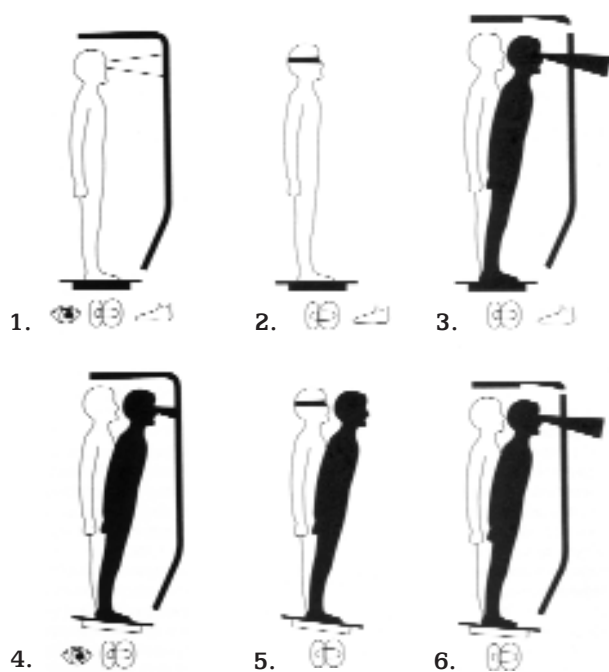
gram). Rejestracja położenia tego rzutu, dokonywana w czasie, umożliwia śledzenie i pomiar wychyleń całej sylwetki (stabilogram). Pomiary te mają jednak pewne ograniczenie, ponieważ zasięg rzutu środka ciężkości ciała jest różny u osoby wysokiej i ciężkiej, i osoby niskiej i lekkiej, pomimo takich samych wychyleń kątowych ciała. Również zapis drogi rzutu środka ciężkości pomimo niewielkiego kąta wychyleń ciała może okazać się znaczny przy wzroście ich częstotliwości. Uniknięciu błędów w interpretacji danych pomogło wprowadzenie analizy komputerowej uwzględniającej wagę i wzrost pacjenta oraz wyliczenie takich parametrów, jak prędkość wychyleń ciała, średnia wartość wychyleń, maksymalna amplituda wychyleń, pole rozwiniętej powierzchni oraz wskaźnik Romberga (stosunek pola zakreślonego przez rzut środka ciężkości na płaszczyźnie podparcia stóp, rejestrowanego przy oczach zamkniętych, do rzutu rejestrowanego przy oczach otwartych). Analiza widmowa częstotliwości wychyleń ciała pozwala na różnicowanie ataksji (Nashner 1993; Kubiczkowa i Kubiczek-Jagielska 1999).

Na początku lat siedemdziesiątych wprowadzono do badań otoneurologicznych nowe systemy służące do badań posturograficznych opartych na próbach dynamicznych. Był to posturograf firmy Tonnie Medical Electronics EKG, który umożliwiał rejestrację napięcia mięśnia piszczelowego przedniego w reakcji na skręt platformy z uniesieniem palców stóp osoby badanej do góry (Jackson 1994), oraz posturograf EquiTest wyprodukowany przez NeuroCom International Inc. umożliwiający badanie reakcji wyprostnych ciała w warunkach konfliktów sensorycznych, z zastosowaniem ruchomej platformy poruszającej się w płaszczyźnie strzałkowej oraz ruchomego otoczenia wzrokowego (Nashner 1993).

Dynamiczna posturografia komputerowa została opisana jako ilościowa metoda oceny czynności układu równowagi podczas zestawu prób statycznych i dynamicznych, które naśladują sytuacje występujące podczas codziennej aktywności pacjenta. Protokół badania pozwala na ocenę funkcji poszczególnych zmysłowych, motorycznych i biomechanicznych składowych wpływających na utrzymanie równowagi oraz umożliwia analizę zdolności danego pacjenta do efektywnego korzystania z tych składowych w kontrolowaniu równowagi ciała (cyt. za Nashner 1993). W badaniu komputerowej posturografii dynamicznej wyróżnia się dwie zasadnicze części: test organizacji zmysłowej (ang. *Sensory Organization Test – SOT*) oraz test kontroli motorycznej (ang. *Motor Control Test – MCT*).

W teście organizacji zmysłowej oceniana jest zdolność osoby badanej do utrzymania równowagi w trakcie zmieniających się warunków stymulowania narządów zmysłu biorących udział w kontroli prawidłowej postawy oraz w warunkach tzw. konfliktów sensorycznych. Oznacza to badanie z dopływem sprzecznych ze sobą informacji z narządów zmysłu. Pacjent poddawany jest sześciu próbom, podczas których oceniana jest czynność poszczególnych narządów zmysłu: wzroku, proprioreceptorów i narządu przedsionkowego. Bodźce odbierane przez te narządy są wyłączone, zniekształcane bądź niespodziewanie wprowadzane w celu oceny ich sprawności (ryc. 1). Próby, które wchodziły w skład testu organizacji zmysłowej są kombinacją zmiennych warunków dopływu informacji receptorowej. Część prób przeprowadzanych jest z zamkniętymi oczami lub z towarzyszącymi ruchami rotacyjnymi platformy, lub zmianami położenia otoczenia wzrokowego. Parawan otaczający z trzech stron stojącego na platformie pacjenta ozdobiony jest wzorami, które pozwalają na ustabilizowanie spojrzenia. Może on przechylać się do przodu, tworząc złudzenie ruchu otoczenia przy stabilnym podłożu lub stabilnego otoczenia wzrokowego przy faktycznym jego ruchu wraz z podłożem.

Pierwsze trzy próby, wykonywane podczas badania, dostarczają podstawowych informacji o równowadze pacjenta. Powierzchnia podparcia jest ustalona, zmieniają się natomiast informacje



Ryc. 1. Schemat testu organizacji zmysłowej. (wg Nashnera 1993).

z narządów wzroku (oczy otwarte, oczy zamknięte, zmiana położenia otoczenia wzrokowego). Różnice w stabilności sylwetki ciała obserwowane podczas tych prób wskazują czy pacjent wymaga prawidłowego widzenia do utrzymania równowagi i czy może hamować niezgodne z rzeczywistością informacje wzrokowe. Opierając się na obserwacjach Dienera (1988), przy ustabilizowanej powierzchni podstawy to informacja płynąca z proprioreceptorów stóp dominuje kontrolę równowagi. W takich warunkach mogą nie ujawnić się zaburzenia związane z dopływem informacji z narządu wzroku i narządu przedsionkowego. W celu stworzenia warunków oceny sprawności tych narządów zmysłu przeprowadzane są trzy kolejne próby z zastosowaniem ruchomej płaszczyzny podparcia, zaburzającej informację płynącą z narządu czucia głębokiego. Próby również przeprowadzane są w trzech różnych warunkach wzrokowych (oczy otwarte, oczy zamknięte, ruchome otoczenie wzrokowe). Próby 5 i 6 pozwalają na izolowaną ocenę narządu przedsionkowego, który w warunkach konfliktów sensorycznych eliminuje niezgodne z rzeczywistością informacje z narządu czucia głębokiego i wzroku (Nashner 1993; Jackson 1994).

Podczas każdej próby ocenia się odchylenia środka ciężkości (COG) od stanu równowagi. Tak dobrany układ prób zapewnia możliwość obiektywnej oceny sprawności i zaburzeń czynności poszczególnych narządów zmysłu, które biorą udział w kontroli równowagi. Brak zgodności informacji dopływających z jednego lub kilku narządów zmysłu powoduje w grupie normy hamowanie niezgodnych z rzeczywistością bodźców i powstawanie prawidłowych, adekwatnych do zaistniałych bodźców odpowiedzi motorycznych i strategii ruchowych. W grupie patologii pojawia się natomiast brak możliwości efektywnego korzystania z narządów zmysłu lub brak możliwości selekcjonowania informacji zgodnych z rzeczywistością.

Test organizacji zmysłowej pozwala zatem na ocenę właściwego wykorzystywania informacji zmysłowych stanowiących podstawę do kontroli równowagi w różnych sytuacjach stwarzanych przez środowisko: ograniczonej informacji wzrokowej, miękkiego, niestabilnego podłoża, konfliktu informacji wzrokowych i przedsionkowych. Niezdolność do korzystania z informacji napływających z narządów zmysłu może być przyczyną braku stabilności postawy. Zaburzenie interpretacji informacji płynących z narządów zmysłu, tzn. organizacji zmysłowej, powoduje zaburzenia wychyleń środka ciężkości oraz stosowanie niewłaściwej strategii ruchowej.

W teście kontroli motorycznej oceniana jest zdolność osoby badanej do wykonywania ruchów korekcyjnych ciała w odpowiedzi na niespodziewane zmiany położenia płaszczyzny podparcia. Oceniana się zatem sprawność odruchowych reakcji posturalnych. Test składa się z kilkakrotnie powtarzanych prób, podczas których pacjenta poddaje się skrętom lub przesunięciom platformy do przodu i do tyłu. Prowadzona jest rejestracja symetrii nacisku stóp na podłoże, oznaczana jest latencja reakcji, czyli czas pomiędzy przesunięciem platformy a początkiem odpowiedzi posturalnej, oraz amplituda tej odpowiedzi. Oceniana jest ponadto strategia ruchowa przyjmowana przez sylwetkę, adaptacja układu równowagi do powtarzanych prób, symetria odpowiedzi całego ciała oraz mięśni kończyn dolnych (EMG).

Odruchowe reakcje posturalne stanowią pierwszą linię obrony przed upadkiem w warunkach niespodziewanie działających destabilizujących bodźców. Aby odpowiedź była skuteczna, musi być w czasie i nasileniu skoordynowana w obu kończynach dolnych (nieobciążona stopa nie bierze udziału w reakcji). Jeżeli odpowiedzi pomiędzy stopami są niesymetryczne, rośnie ryzyko niestabilności postawy, szczególnie podczas chodu, kiedy mniej sprawna noga jest obciążana. Natomiast jeżeli rośnie latencja odpowiedzi lub maleje jej amplituda, maleje równocześnie skuteczność reakcji posturalnej i zwiększają się wychylenia ciała. Znaczenie diagnostyczne rejestrowanych odpowiedzi posturalnych rośnie szczególnie w połączeniu z rejestracją EMG. Wydłużone latencje odpowiedzi mięśniowych świadczą o zaburzeniach mięśniowo-szkieletowych lub zaburzeniach przewodnictwa w długich pętlach odruchowych, szczególnie w ich części zstępującej.

Test kontroli motorycznej poza oceną stanu normy lub patologii służy również do wykrywania symulacji zaburzeń równowagi. Wygórowane, zależne od woli odpowiedzi mają długą latencję oraz różnią się w kolejnych powtórzeniach testu.

Zmniejszona zdolność do adaptacji i osiągnięcia równowagi podczas powtarzających się ruchów platformy świadczy o większej niestabilności ciała i zwiększonej podatności na upadki. Oceniany jest również rodzaj i skuteczność strategii przyjmowanych w celu utrzymania równowagi. Strategia stawu skokowego jest uważana za tę, która zapewnia większą stabilność przy niewielkich zmianach położenia platformy, podczas gdy strategia stawu biodrowego jest skuteczna przy większych zakłóceniach, aż do konieczności wykonania kroku lub innych stabilizujących postawę ruchów. Tak więc podczas

testu ocenia się, czy przyjmowana strategia jest adekwatna do nasilenia stosowanego bodźca. (Nashner 1993; Jackson 1994).

Posturografia dynamiczna poza rejestracją reakcji w warunkach konfliktów sensorycznych umożliwia również wprowadzenie dodatkowych bodźców wpływających na ujawnienie zaburzeń równowagi, np.: stymulacji narządu przedsionkowego prądem galwanicznym (diagnostyka uszkodzeń błędnikowych i pozabłędnikowych) (Fitzpatrick i in. 1994a), zastosowania ujemnego lub dodatniego ciśnienia na błonę bębenkową (diagnostyka przetoki perylimfatycznej) (Black i in. 1990), zmiany pozycji głowy (diagnostyka *cervical vertigo*) (Kubiczkowa i Kubiczek-Jagielska 1999; Alund i in. 1993), odchylenia głowy do tyłu (zmniejszenie wpływu narządu przedsionkowego) (Norre 1995), pochyleń głowy na bok (diagnostyka jednostronnego uszkodzenia przedsionkowego) (Barin i in. 1992), zastosowania wibracji na mięśnie łydek (Karlberg i Magnusson 1998), również w połączeniu z oziębieniem podeszwy części stóp (El-Kahky i in. 2000) (zwiększenie czułości badania posturograficznego przez zaburzenie informacji zmysłowych z proprioceptorów kończyn dolnych). Badanie, jak wspomniano, może być wzbogacone o rejestrację elektromiograficzną odpowiedzi z mięśni kończyn dolnych i tułowia. Obserwowane reakcje mięśniowe korygujące i stabilizujące postawę, powstałe w odpowiedzi na dany bodziec, przesunięcie lub skręt platformy mają określoną kolejność, zakres i latencje (Allum i Shepard 1999). Interpretacja tych zapisów pomaga w identyfikacji uszkodzenia w pętlach odruchowych kontrolujących postawę.

Pomiary EMG przeprowadzane są najczęściej z mięśni:

- piszczelowego przedniego,
- płaszczkowatego (rejestrowana większa czułość zapisu proprioceptywnego odruchu rozciągania niż z mięśnia brzuchatego łydki, przy identyfikacji zaburzeń czucia głębokiego w dystalnych częściach kończyn dolnych (Nardone i in. 1990),
- brzuśca przyśrodkowego mięśnia brzuchatego łydki (zmiany latencji, 90 ms, są bardziej czułe na zaburzenia w obrębie ośrodkowego układu nerwowego (Diener i Dichgans 1986),
- przykręgosłupowych okolicy lędźwiowej,
- czworogłowego uda (przy podejrzeniu zaburzeń w obrębie czucia głębokiego),
- prostowników szyi

Technika zapisu elektromiograficznego, towarzysząca badaniu posturografii dynamicznej, jest stosowana w badaniach pacjentów z uszko-

dzeniem narządu przedsionkowego, w reakcji na skręt platformy (Allum i Honegger 1998; Bloem i in. 2000), bądź jej przesunięcie do przodu lub do tyłu (Nashner i Horak 1986).

W celu zwiększenia możliwości diagnostycznych posturografii dynamicznej, szczególnie w wykrywaniu deficytu przedsionkowego, wprowadzono platformy przesuwające się lub odchylające się nie tylko w płaszczyźnie strzałkowej, a zatem wykonujące ruch do przodu lub do tyłu, ale również w płaszczyźnie czołowej, tzn. poruszające się na boki (Carpenter i in. 1999; Huang i in. 2001). Stanie w kołyszącej łodzi lub jadącym autobusie to przykłady sytuacji, które mogą nieoczekiwanie wyzwolić wielokierunkowe zaburzenia równowagi. Wiadomo również, że zaburzenia przedsionkowe w większości przypadków są jednostronne, a pacjent podczas próby Romberga wykazuje tendencję do upadku w stronę uszkodzonego błędnika (Black i in. 1988). Skłoniło to badaczy do sformułowania przypuszczenia, że zaburzenia równowagi szybciej ujawnią się u tych chorych podczas prób dynamicznych, prowadzących do przechylenia ciała w bok. Dlatego, aby zwiększyć czułość posturografii dynamicznej jako wiarygodnego narzędzia w rozpoznawaniu uszkodzeń przedsionkowych, wprowadzono platformy generujące bodźce pobudzające układ równowagi w kierunku, w którym zaburzenia ujawniają się najłatwiej, tzn. w płaszczyźnie czołowej.

Wiadomo ponadto, że receptory stawowe (Rothwell 1994) i przedsionkowe (Tomko i in. 1981) dostarczają informacji o kierunku ruchów, które działają nie tylko w płaszczyźnie strzałkowej. Bodźce wpływające na sylwetkę w środowisku naturalnym mają również charakter wielokierunkowy, zatem aby ocenić rzeczywistą sprawność układu równowagi oraz określić mechanizmy, które nią sterują (reakcje korygujące i stabilizujące postawę), należy w warunkach doświadczalnych również stosować wielokierunkowe zaburzenia (Carpenter i in. 1999; Allum i in. 2003).

Większość poruszających się wielokierunkowo platform posturograficznych działa pod wpływem napędu mechanicznego. Nowością techniczną ostatnich lat jest poruszająca się wielokierunkowo platforma o napędzie grawitacyjnym (Commissaris i in. 2002). Metalowa platforma zawieszona jest na linach nad układem magnesów. Nagłe usunięcie działania pola magnetycznego z okolicy trzech boków platformy powoduje jej przechylenie w stronę przyciągającego ją magnesu. Regulacja napięcia lin utrzymujących platformę pozwala na regula-

cję stopnia jej wychylenia od 0,5 do 19°. Poza wychyleniami w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej możliwa jest regulacja wpływu wszystkich magnesów na platformę, co pozwala na jej ruchy również w płaszczyźnie osiowej. Kolejną nowością techniczną wprowadzaną przez badaczy fińskich jest zastosowanie wirtualnej rzeczywistości jako metody dostarczającej zmiennych bodźców wzrokowych w badaniu posturograficznym (Tossavainen i in. 2003).

Powstały również systemy do badań posturograficznych, które łączą łatwość wykonania testów klinicznych (np. próba Romberga) z jakościową oceną zaburzeń równowagi, dokonywaną podczas klasycznego badania posturografii dynamicznej z wykorzystaniem ruchomej platformy. Możliwość rejestracji i liczenia parametrów amplitudy i prędkości kątowych wychyleń ciała dzięki czujnikom umocowanym na tułowiu pacjenta wyklucza konieczność zastosowania ruchomej platformy i pozwala na wymierną i powtarzalną ich ocenę. Protokół badania zawiera zestaw statycznych i dynamicznych prób (w tym próby chodu) z zastosowaniem konfliktów sensorycznych (próby przy otwartych i zamkniętych oczach, wykonywane na miękkim i twardym podłożu, ze skrętami i skłonami głowy (Allum i in. 2001; Held-Ziółkowska 2003).

Badanie posturografii dynamicznej jest czułym narzędziem diagnostycznym do rejestracji i oceny reakcji posturalnych, u których podstaw leżą odruchy przedsionkowo-rdzeniowe i miotatyczne. Test organizacji zmysłowej pozwala na ocenę dróg wstępujących reakcji odruchowych, badających czynność narządów receptorowych. Natomiast test kontroli motorycznej ocenia drogi zstępujące tych odruchów, poprzez badanie czynności narządów efektorowych, czyli mięśni, oraz strategii ruchowych. Badanie posturograficzne jest ponadto użyteczne w ocenie stosownego w danym przypadku leczenia. Pozwala na ukierunkowanie i monitorowanie rehabilitacji przedsionkowej oraz procesów kompensacji przedsionkowej.

Ograniczeniem w stosowaniu tych badań jest ich mała dostępność i znaczny koszt. Ponadto ocena sprawności układu równowagi odbiega w klasycznym badaniu posturograficznym od realiów życia codziennego, co ma szczególne znaczenie w ocenie stabilności postawy w grupie starszych osób. Skomplikowana technika badania, element zaskoczenia związany z nagłymi ruchami platformy, a przede wszystkim ograniczone możliwości oceny równowagi dynamicznej oraz oceny reakcji ruchowych ciała we wszystkich płaszczyznach, w których one zachodzą,

sprawiają, że komputerowa posturografia dynamiczna nie jest badaniem całkowicie wyczerpującym potrzeby diagnostyki równowagi posturalnej. Z tego względu nie maleje znaczenie

prosty testów klinicznych oceny postawy i chodu jako tanich i powtarzalnych badań, które mogą dostarczyć wiele cennych informacji o równowadze ciała. ●

Komentarz do tego artykułu możesz przedstawić na stronie  
[www.magazynorl.pl](http://www.magazynorl.pl)

## PIŚMIENNICTWO

- Allum J.H.J., Huwiler F., Honegger F. (1996) Identifying cases of non-organic vertigo using dynamic posturography. *Gait and Posture* 4, 52-61.
- Allum J.H.J., Honegger F. (1998) Interactions between vestibular and proprioceptive inputs triggering and modulating human balance-correcting responses differ across muscles. *Exp. Brain Res.* 121, 478-494.
- Allum J.H.J., Shepard N.T. (1999) An overview of the clinical use of dynamic posturography in the differential diagnosis of balance disorders. *J. Vest. Res.* 9(4), 223-252.
- Allum J.H.J., Adkin A.L., Carpenter M.G., Held-Ziółkowska M., Honegger F., Pierchała K. (2001) Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests: effects of a unilateral vestibular deficit. *Gait and Posture* 14, 227-237.
- Allum J.H.J., Carpenter M.G., Honegger F. (2003) Directional aspects of balance corrections in man. *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.* 22(2), 37-47.
- Alund M., Ledin T., Odkvist L., Larsson S.E. (1993) Dynamic posturography among patients with common neck disorders: a study of 15 cases with suspected cervical vertigo. *J. Vestib. Res.* 3(4), 383-389.
- Barin K., Seitz C.M., Welling D.B. (1992) Effect of head orientation on the diagnostic sensitivity of posturography in patients with compensated unilateral lesions. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 106, 355-62.
- Black F.O., Wall C. III (1982) Normal subject postural sway during the Romberg test. *Am. J. Otolaryngol.* 3, 309-318.
- Black F.O., Shupert C.L., Horak F.B., Nashner L.M. (1988) Abnormal postural control associated with peripheral vestibular disorders. W: Pompeiano O., Allum J.H.J. (red.) *Progress in brain research.* Elsevier Science Publishers, Amsterdam 76, 263-275.
- Black F.O., Lilly D.J., Peterka R.J., Shupert C.L. i in. (1990) The dynamic posturographic pressure test for the presumptive diagnosis of perilymph fistulas. *Neurol. Clin.* 8, 361-373.
- Bloem B.R., Allum J.H.J., Carpenter M.G., Honegger F. (2000) Is lower leg proprioception essential for triggering human automatic postural responses? *Exp. Brain Res.* 130, 375-391.
- Carpenter M.G., Allum J.H.J., Honegger F. (1999) Directional sensitivities of stretch reflex and balance corrections for normal subjects in the roll and pitch planes. *Exp. Brain Res.* 129, 93-113.
- Commissaris D.A., Nieuwenhuijzen P.H., Overeem S., de Vos A., Duysens J.E., Bloem B.R. (2002) Dynamic posturography using a new movable multidirectional platform driven by gravity. *J. Neurosci. Methods.* 113(1), 73-84.
- Dichgans J., Mauritz K.H., Allum J.H.J., Brandt T. (1976) Postural sway in normals and ataxic patients: Analysis of the stabilizing and destabilizing effects of vision. *Agressologie* 17, 15-24.
- Diener H.C., Dichgans J. (1986) Long-loop reflexes and posture. W: Bles W., Brandt T. (red.) *Disorders of posture and gait.* Elsevier Science, Amsterdam 41-51.
- Diener H.C., Horak F.B., Nashner L.M. (1988) Influence of stimulus parameters on human postural responses. *J. Neurophysiol.* 59, 1888-1905.
- El-Kahky A.M., Kingma H., Dolmans M., De Jong I. (2000) Balance control near the limit of stability in various sensory conditions in healthy subjects and patients suffering from vertigo or balance disorders: Impact of sensory input on balance control. *Acta Otolaryngol.* 120, 508-516.
- Fitzpatrick R., Burke D., Gandevia S.C. (1994) Task-development reflex responses and movement illusions evoked by galvanic vestibular stimulation in standing humans. *J. Physiol.* 478, 363-372.
- Halmagyi G.M., Curthoys I.S., Cremer P.D. (1990) The human horizontal vestibular-ocular reflex to high-acceleration stimulation before and after unilateral vestibular neurectomy. *Exp. Brain Res.* 81, 479-490.
- Held-Ziółkowska M. (2003) Ocena użyteczności nowej metody posturografii dynamicznej w diagnostyce zaburzeń równowagi. Rozprawa na stopień doktora medycyny. AM w Warszawie.
- Huang Q.M., Hodges P.W., Thorstensson A. (2001) Postural control of the trunk in response to lateral support surface translations during trunk movement and loading. *Exp. Brain Res.* 141, 552-559.
- Jackson C.A. (1994). *Dynamic posturography.* W: Jackler R.K., Brackmann D.E. (red.) *Neurotology.* Mosby, St. Louis 241-248.
- Karlberg M., Magnusson M. (1998) Head movement restriction and postural stability in patients with compensated unilateral vestibular loss. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 79, 1448-1450.
- Kubiczkowa J., Kubiczek-Jagielska M. (1999) *Posturografia w ocenie sprawności układu równowagi.* W: Janczewski G. (red.) *Biblioteczka Prospera Meniere'a Vol.3.* Solvay Pharma, Warszawa.
- Morawiec-Bajda A. (1998) Obiektywna ocena sprawności narządów przedsionkowych uzyskiwana na podstawie miogennych przedsionkowych potencjałów wywołanych. Rozprawa hab. AM, Łódź.
- Nardone A., Canna T., Schieppatti M. (1990) Different activations of the soleus and gastrocnemius muscles in response to various types of stance perturbation in man. *Exp. Brain Res.* 80, 323-332.
- Nashner L.M. (1993) *Computerized dynamic posturography.* W: Jacobson G.P., Newman C.W., Kartush J.M. (red.) *Handbook of balance function testing.* Mosby Year Book, St. Louis 280-305.
- Norre M.E. (1995) Head extension effect in static posturography. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 104, 570-573.
- Paige G.D., Sargent E.W. (1991) Visually-induced adaptive plasticity in the human vestibulo-ocular reflex. *Exp. Brain Res.* 84, 25-34.
- Rothwell J. (1994) *Control of human voluntary movement.* Chapman Hall, London 103-117.
- Tomko D.L., Peterka L.J., Schor R.H. (1981) Responses to head tilt in cat eighth nerve afferents. *Exp. Brain Res.* 41, 216-221.
- Tossavainen T., Juhola M., Pyykko I., Aalto H., Toppila E. (2003) Development of virtual reality stimuli for force platform posturography. *Int. J. Med. Inf.* 70, 277-283.



# RÓWNOWAGA STATYCZNA I DYNAMICZNA CIAŁA

## Część 3.

### Metody oceny równowagi posturalnej – próby kliniczne na sprawność postawy i chodu

dr med. Marta Held-Ziółkowska

#### POSTURAL STABILITY

Part 3. Evaluation of postural stability  
– clinical stand and gait tests.

It is very important to evaluate vestibulospinal pathways in patient with balance disorders. While moving-platform posturography can assess vestibulospinal function, the costs and time required to perform this may limit its clinical use. A clinical office vestibulospinal evaluation that could be done quickly and inexpensively would be of benefit. There are presented foam posturography, performance-oriented assessment of mobility by Tinetti and other test for clinical evaluation of postural stability.

(Mag. ORL, 2006, V, 2, 53–57)

#### KEY WORDS:

postural stability, stand and gait tests, foam posturography

Zaburzenia stanu równowagi ciała są częstym zjawiskiem w codziennej aktywności każdego człowieka. Są one jedną z częściej zgłaszanych dolegliwości w gabinetach lekarzy rodzinnych. Specjalistyczna diagnostyka tych dolegliwości przeprowadzana jest w wyspecjalizowanych ośrodkach, które dysponują odpowiednim sprzętem i wykształconą kadrą lekarzy i laborantów. Podobnie leczenie pacjenta, rehabilitacja i ocena procesów kompensacji wymaga odpowiednio przygotowanego zaplecza. Ograniczona dostępność centrów diagnostycznych powoduje, że pacjent jest często niewłaściwie leczony, leczony z opóźnieniem bądź bezzasadnie poddany skomplikowanemu i drogiemu procesowi diagnostycznemu. Z tego względu nie maleje zainteresowanie i ciągłe wykorzystywanie w diagnostyce otoneurologicznej prostych i powtarzalnych prób oceniających równowagę statyczną i dynamiczną, które charakteryzują w sposób ilościowy zaburzenia równowagi.

Najprostszymi metodami oceny równowagi posturalnej są klasyczne próby na sprawność postawy i chodu. Pierwszą odnotowaną w piśmiennictwie metodą był wprowadzony przez Romberga w 1853 roku test oceniający równowagę podczas spokojnego stania przy oczach otwartych i zamkniętych (cyt. za Nashner 1993). Według założeń Romberga test ten, stosowany do dnia dzisiejszego w praktyce klinicznej, ma na celu identyfikację obwodowego uszkodzenia somatosensorycznego, w tym przedśionkowego (Nashner 1993). Wprowadzane w kolejnych latach modyfikacje testu, np. przy ustawieniu kończyn stopa przed stopą lub przy równoczesnym skręcie głowy, zwiększyły wartość kliniczną próby. Badania przeprowadzone z zastosowaniem różnych modyfikacji próby Romberga

PRACA RECENZOWANA

Katedra i Klinika Otolaryngologii AM w Warszawie  
Kierownik: prof. dr hab. med. Kazimierz Niemczyk  
ul. Banacha 1a, 02-097 Warszawa

nad ich użytecznością w różnicowaniu patologii przedsionkowej od normy, wskazały na szczególną wartość próby stania na dwóch nogach z oczami otwartymi na miękkim podłożu (El-Kashlan i in. 1998).

Próba Romberga poza diagnostyką uszkodzeń receptorowych może być wykorzystywana również w innym aspekcie. Wykonanie próby Romberga w różnych jej modyfikacjach (z oczami otwartymi i zamkniętymi, na twardym i na miękkim podłożu) może być użyteczne w wykrywaniu przypadków symulacji zaburzeń równowagi. W takich przypadkach można zaobserwować charakterystyczne, nadmierne wychylenia ciała podczas łatwiejszych testów (przy otwartych oczach, na stabilnym, twardym podłożu). Natomiast w próbach o zwiększonym stopniu trudności obecne są prawidłowe reakcje posturalne (Cervette i in. 1995).

W piśmiennictwie pojawiło się wiele sugestii o możliwości wykorzystania testów klinicznych do oceny równowagi statycznej i dynamicznej (Shumway-Cook i Horak 1986; Furman 1995; O'Neil i in. 1998). Istnieje jednak niewiele badań, które selekcjonują testy spełniające warunki prób przesiewowych w ocenie zaburzeń równowagi. Dlatego istotne jest, aby przy opracowaniu miarodajnego protokołu badania czynności układu równowagi uwzględnić próby, które wykluczają lub wskazują na działanie poszczególnych narządów zmysłu, a szczególnie obwodowego narządu przedsionkowego.

### **Próby statyczne i półstatyczne**

Pacjenci z zaburzeniami w obrębie obwodowej części narządu przedsionkowego często prezentują zaburzenia równowagi podczas prób klinicznych, szczególnie w okresie braku pełnej kompensacji uszkodzenia. Aby je zróżnicować, stosuje się modyfikacje prób statycznych, utrudniając je przez redukcję bądź zaburzenie bodźców płynących z narządu wzroku oraz z proprioceptorów kończyn dolnych. Jednym z takich zestawów jest test opracowany przez Horak (1987) oraz Shumway-Cook i Horak (1986) – kliniczny test zależności zmysłowych i równowagi (ang. *Clinical Test of Sensory Interaction and Balance* – CTSIB). Jest on odpowiednikiem testu organizacji zmysłowej stosowanego w badaniu posturografii dynamicznej. Składa się z sześciu prób statycznych, z których trzy pierwsze wykonywane są podczas spokojnego stania na twardej powierzchni, kolejno przy oczach otwartych, oczach zamkniętych oraz po założeniu na głowę papierowej kuli z zaznaczonymi poziomymi liniami imitującymi horyzont (oryginalnie papie-

rowego lampionu japońskiego). Jej zadaniem jest ograniczenie widzenia rzeczywistego otoczenia bez potrzeby zamykania oczu. Trzy kolejne próby są powtórzeniem poprzednich w odniesieniu do bodźców wzrokowych oraz przedsionkowych. Różnią się tym, że pacjent, zamiast na twardym podłożu, stoi na miękkim piankowym materacu (ang. *foam posturography*). Podczas próby wykonywanej przy zamkniętych oczach oceniana jest zdolność utrzymania równowagi bez dopływu bodźców wzrokowych. Konflikt pomiędzy informacjami dopływającymi z narządu wzroku i narządu przedsionkowego wywołwany jest dzięki zastosowaniu papierowej kuli, papierowego lampionu japońskiego zakładanego pacjentowi na głowę. Poziome bambusowe pasma, stanowiące szkielet lampionu, stwarzają złudzenie widzenia horyzontu jako punktu odniesienia w przestrzeni. Podobnie jak przy zastosowaniu ruchomego otoczenia wzrokowego w komputerowej posturografii dynamicznej, przy ruchach głowy otoczenie wzrokowe, stanowiące wnętrze lampionu, pozostaje stabilne. Zaburzenie bodźców płynących z proprioceptorów kończyn dolnych osiągnane jest poprzez zastosowanie miękkiego gąbkowego materaca. Podczas każdej z prób, trwających 30 s, oblicza się ilość i kierunek wychyleń ciała oraz ocenia przyjmowaną strategię ruchową.

W piśmiennictwie pojawiły się sugestie, że taka technika badania może być równie skuteczna w wykrywaniu nieskompensowanych deficytów przedsionkowych jak posturografia dynamiczna opracowana przez Naschnera (Weber i Cass 1993; El-Kashlan i in. 1998). Oryginalna technika posturografii dynamicznej w teście organizacji zmysłowej wykorzystuje ruchy platformy jedynie w płaszczyźnie strzałkowej, tzn. do przodu lub do tyłu, oraz rejestruje odchylenia kątowe tułowia zachodzące również w tej płaszczyźnie. Niestabilność ciała w płaszczyźnie strzałkowej stwierdza się u pacjentów z uszkodzeniami przedsionkowymi (Brandt i Daroff 1980), jednak wiadomo, że zaburzenia równowagi u tych pacjentów objawiają się wychyleniami tułowia głównie w płaszczyźnie czołowej, tzn. na boki, a upadki następują zwykle na stronę uszkodzonego przedsionka. Stwierdzono również, że testy statyczne zwiększają poziom czułości w wykrywaniu zaburzeń równowagi u starszych osób, jeżeli są wzbogacone o możliwość rejestracji wychyleń tułowia w płaszczyźnie czołowej, np. z zastosowaniem rejestracji wideo (Benvenuti i in. 1999). Obserwacja takich wychyleń podczas prób statycznych z zastosowaniem miękkiej płaszczyzny podparcia jest

badaniem znacznie prostszym i mniej kosztownym w porównaniu z wysoką ceną specjalistycznej aparatury oraz znacznymi kosztami jej eksploatacji. Jak wykazały badania Webera i Cassa (1993), testy posturograficzne pacjentów z zaburzeniami równowagi wykonywane na miękkim materacu, według protokołu CTSIB, w porównaniu z klasyczną posturografią dynamiczną prezentują wysoką czułość (95%) i specyficzność (90%). W badaniu El-Kashlana i in. (1998), w którym porównano wartość CTSIB z testem organizacji zmysłowej, specyficzność CTSIB w różnicowaniu osób zdrowych i pacjentów z jednostronnym uszkodzeniem obwodowego narządu przedsionkowego wynosiła 87%, a czułość 60%.

Istotne jest jednak to, iż podczas CTSIB równowaga oceniana jest jedynie w aspekcie prób statycznych, podczas gdy wiadomo, że większość upadków jest wynikiem niespodziewanych sytuacji związanych z aktywnością ruchową (Speechely i Tinetti 1990; Lipsitz i in. 1991).

Do grupy testów statycznych zaliczana jest również próba utrzymania prawidłowej postawy stojącej podczas działania bodźca destabilizującego sylwetkę w okolicy talii (popchnięcie lub pociągnięcie przez asystę) (ang. *Postural Stress Test*) (Wolfson i in. 1986) oraz zestaw ośmiu prób obejmujących stanie na dwóch i na jednej nodze przy oczach otwartych i zamkniętych, po 30 s każda (ang. *Timed Balance Test*) (Bohannon i in. 1984).

Stanie na jednej nodze oraz chód metodą stopa za stopą zaliczane są niekiedy do wspólnej grupy, a chód metodą stopa za stopą jest określany jako próba półstatyczna (Allum 2001). Powodem wspólnej kwalifikacji obu testów jest boczna redukcja płaszczyzny podparcia i spoczywanie ciężaru ciała zawsze na jednej stopie. Zmniejszenie płaszczyzny podparcia wpływa na zwiększenie wychyleń ciała, co widoczne jest zwłaszcza podczas prób wykonywanych z zamkniętymi oczami. W takich warunkach szczególnej wartości nabiera kontrola postawy przez narząd przedsionkowy. Pacjenci z uszkodzeniem w obrębie narządu przedsionkowego mają podczas tych prób duże trudności z zachowaniem równowagi (Horak 1987). Według badań El-Kashlana (1998) najistotniejszą cechą, będącą wykładnikiem zaburzeń w obrębie narządu przedsionkowego, jest czas wykonywania próby, szczególnie w warunkach redukcji bodźców wzrokowych. Jednak nie tylko sprawność narządu przedsionkowego wpływa na wynik próby. Jak wykazały testy kliniczne, duże znaczenie ma również sprawność mięśni i stawów kończyn

dolnych, a szczególnie mięśnia czworogłowego uda. Osłabienie siły tego mięśnia u osób starszych, skłonnych do upadków, wpływa na znaczne skrócenie czasu trwania próby stania na jednej nodze (Hurley i in. 1998; Thapa i in. 1994). Z tego powodu znaczenie tej próby w ocenie sprawności narządu przedsionkowego jest ograniczone, a wartość próby mogłaby ulec zmianie w sytuacji określenia istotnie znamienych różnic w charakterystyce wychyleń ciała u osób z zaburzeniami przedsionkowymi i u tych z osłabieniem czynności mięśnia czworogłowego uda (Allum i in. 2001).

Próby stania na jednej nodze wykorzystywane są w wielu protokołach badań układu równowagi. Według Lichtensteina (1990) stanie na jednej nodze jest najistotniejszą próbą w pomiarach wychyleń tułowia ponieważ, 20 do 40% chodu wykonywane jest na jednej nodze.

### **Próby dynamiczne**

Odrębną grupę testów klinicznych stanowią testy dynamiczne. Ich znaczenie w ocenie układu równowagi jest szczególne, ponieważ jak żadna inna metoda badania są zbliżone do sytuacji występujących w codziennej aktywności pacjenta, w których pojawiają się zaburzenia równowagi, jak np. chodzenie w ciemnościach, chodzenie po zatłoczonej ulicy, w jadącym autobusie, przejście przez wąskie drzwi czy wchodzenie i schodzenie za schodów (Krebs i in. 1993).

Stosowanie testów dynamicznych ma ogromne znaczenie w selekcji osób skłonnych do upadków, co jest szczególnie istotne w grupie osób starszych. Znaczenie tych testów podkreśla w swoich pracach Tinetti (1986 1988). Opracowała ona protokół badania maksymalnie zbliżony do codziennej aktywności pacjenta, zawierający próby statyczne (stanie z oczami otwartymi i zamkniętymi) oraz liczne próby dynamiczne, łatwe do wykonania dla osoby o ograniczonej sprawności ruchowej. Test Tinetti (ang. *Performance-Oriented Assessment of Mobility Test*) służy jakościowej ocenie sprawności ruchowej osób starszych, u których zaburzenia równowagi są częstym problemem. Zawiera on próbę siadania na krześle, swobodne wstawanie i możliwe szybkie powstawanie z pozycji siedzącej, skręt wokół własnej osi o 360°, zdejmowanie przedmiotu z wysoko zawieszanej półki, podnoszenie przedmiotu z podłogi, chód swobodny i możliwe szybki oraz próby wykonywane podczas stania ze złączonymi stopami, tzn. skręty głowy na boki przy równoczesnym patrzeniu do góry, możliwie dalekie wychylenie całego ciała do tyłu

oraz próba utrzymania równowagi przy słabym pchnięciu w mostek przez asystę. Podczas prób oceniana jest sprawność, precyzja i czas ich wykonania. Testami, które uznano za najbardziej reprezentatywne w ocenie skłonności do upadków, jak i świadczące o postępowaniu procesów kompensacji w ocenie skuteczności prowadzonych zabiegów rehabilitacyjnych, były skręty głowy na boki podczas swobodnego stania oraz wychylenie do tyłu (Tinetti 1986).

Protokół Tinetti jest szybką oraz łatwą do oceny metodą, która określa sprawność układu równowagi. Trwa jednak dyskusja, czy jest on przydatny w wykrywaniu miernie nasilonych zmian świadczących o obecności patologii (El-Kaslan i in. 1998; Whitney i in. 1998). Przeważa pogląd, że test ten daje jedynie wskazówkę o istnieniu lub braku zaburzeń równowagi, lecz nie wyznacza granicy pomiędzy normą a patologią. Zatem mimo dodatniego wyniku testu konieczna jest dalsza ocena w celu wykrycia przyczyn zaburzeń równowagi. Według Horak (1997) protokół Tinetti ma niską czułość i specyficzność.

Wśród testów dynamicznych stosowane są również inne próby, począwszy od chodu na wprost z oczami otwartymi oraz zamkniętymi, chód po miękkim podłożu, chód ze skrętem głowy w jednym kierunku, ze zmiennymi skrętami głowy w płaszczyźnie pionowej i na boki, wchodzenie i schodzenie ze stopnia lub schodów (Reuben i Siu 1990), powstanie z krzesła i wykonanie kilku kroków (ang. *get-up and go test*) (Mathias i in. 1986) oraz wiele innych. W ocenie tych prób znamiennej rolę odgrywa czas ich trwania, zejście podczas chodu z wyznaczonego toru oraz utrata równowagi. Badana jest ich wartość w ocenie skłonności osób starszych do upadków oraz istnienia uszkodzenia przedśionkowego. Za najbardziej czuły wskaźnik oceniający równowagę u pacjentów z uszkodzeniem w obrębie narządu przedśionkowego Evans i Krebs (1999) uważają prędkość chodu.

Szczególnej wartości testy te nabierają w ocenie sprawności ruchowej osób starszych. Badania prowadzone w tej grupie wiekowej w celu wyselekcjonowania osób podatnych na upadki udowodniły, że im bardziej test zbliżony jest do codziennej aktywności pacjenta, tym jest skuteczniejszy w wykrywaniu sytuacji zagrażających upadkiem. Na uwagę zasługuje również fakt, że wysokospecjalistyczne metody oceny czynności narządu równowagi, z zastosowaniem skomplikowanego sprzętu, wzbudzają często przestrasz i niechęć u starszych osób, co rzutuje na jakość wyników badania (Means i in. 1996).

W ocenie sprawności ruchowej poza pojedynczo stosowanymi próbami lub ich połączeniami, jak np. test Tinetti (1986), proponowane są „tory przeszkód” (ang. *obstacle course testing*), łączące w sobie ciągi prób dynamicznych, oceniane jako całość. Means i in. (1996) proponują tor składający się z ciągu 12 prób przypominających czynności i sytuacje zaczerpnięte z życia codziennego, jak chód po różnych rodzajach podłoża, przejście przez dwa rodzaje schodów, otwarcie i zamknięcie drzwi, siadanie i powstawanie z krzesła. Badanie rejestrowane jest na taśmie wideo, a zapis poddawany specjalistycznej ocenie według ustalonych kryteriów.

Istnieją również techniki oparte na ultradźwiękowej rejestracji ruchów pacjenta, jednak, podobnie jak technika zapisu wideo wymagają zastosowania odpowiedniego sprzętu do rejestracji oraz czasochłonnej oceny otrzymanego zapisu (Patla i in. 1990).

Pomimo wykorzystywania czułych testów posturograficznych oceniających równowagę statyczną i dynamiczną istnieje stale potrzeba stosowania prostych, powtarzalnych badań oceniających ilościowo zaburzenia równowagi. Przyczynia się do tego ograniczony dostęp do skomputeryzowanych metod posturograficznych, który wynika z wysokich kosztów aparatury oraz konieczności dysponowania wykwalifikowaną kadrą techniczną. Kliniczne próby na sprawność postawy i chodu orientacyjnie oceniają sprawność reakcji posturalnych i nie dają takich możliwości oceny ilościowej i jakościowej zaburzeń w obrębie reakcji posturalnych, jak klasyczne badanie posturograficzne. Jednak właśnie ze względu na swoją prostotę naśladują warunki życia codziennego i dzięki temu pozwalają na ujawnienie zaburzeń równowagi w sytuacjach zbliżonych do codziennej aktywności pacjenta. Natomiast analityczna ocena biomechanicznych składowych ruchu, pomiar kątów ustawienia stawów, napięcia mięśni czy częstości stawianych kroków, z zastosowaniem licznych czujników i kamer, niewiele mówi o zachowaniu pacjenta w jego naturalnym środowisku.

Kliniczne próby na sprawność postawy i chodu są łatwo dostępnym narzędziem diagnostycznym w warunkach każdego gabinetu laryngologicznego. Ponadto powtarzalność tych testów pozwala na wykorzystanie ich w monitorowaniu procesów kompensacji czy skuteczności prowadzonej terapii, w tym postępowania rehabilitacyjnego. ●

- Allum J.H.J., Adkin A.L., Carpenter M.G., Held-Ziółkowska M., Honegger F., Pierchała K. (2001) Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests: effects of a unilateral vestibular deficit. *Gait and Posture* 14, 227-237.
- Benvenuti F., Mecacci R., Gineprari I., Bandinelli S., Benvenuti E., Ferrucci L. i in. (1999) Kinematic characteristics of standing disequilibrium: reliability and validity of a posturographic protocol. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 80, 278-287.
- Bohannon R.W., Larkin P.A., Cook A.C., Gear J., Singer J. (1984) Decrease in timed balance test scores with aging. *Phys. Ther.* 64, 1067-1070.
- Brandt T., Daroff R.B. (1980) The multisensory physiological and pathological vertigo syndromes. *Ann Neurol*, 7, 195-203.
- Cervette M.J., Puetz B., Marion M.S., Wertz M.L., Muentner M.D. (1995) Aphysiologic performance on dynamic posturography. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 112, 676-688.
- 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.
- Evans M.K., Krebs D.E. (1999) Posturography does not test vestibulospinal function. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 120, 164-173.
- Furman J.M. (1995) Role of posturography in the management of vestibular patients. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 112, 8-15.
- Horak F.B. (1987) Clinical measurement of postural control in adults. *Physical. Ther.* 67, 1881-5.
- Horak F.B. (1997) Clinical assessment of balance disorders. *Gait Posture* 6, 76-84.
- Hurley M.V., Rees J., Newman D.J. (1998) Quadriceps function, proprioceptive acuity and functional performance in healthy young, middle-aged and elderly subjects. *Age Aging* 27, 55-62.
- Krebs D.E., Gill-Body K.M., Riley P.O. (1993) Double-blind, placebo-controlled trial of rehabilitation for bilateral vestibular hypofunction: Preliminary report. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 109, 735-41.
- Lichtenstein M.J., Burger M.C., Shields S.L., Shiavi R.G. (1990) Comparison of biomechanics platform measures and videotaped measures of gait with a clinical mobility scale in elderly women. *J. Gerontol.* 45, M49-M54.
- Lipsitz L.A., Jonsson P.V., Kelly M.M., Koestner J.S. (1991) Causes and correlates of recurrent falls in ambulatory frail elderly. *J. Gerontol. Med. Sci.* 46, M114-M122.
- Mathias S., Nayak U.S.L., Isaacs B. (1986) Balance in elderly patients: the „get-up and go” test. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 67, 387-389.
- Means K.M., Rodell D.E., O’Sullivan P.S. (1996) Use of an obstacle course to assess balance and mobility in the elderly: a validation study I. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 75, 88-95.
- Nashner L.M. (1993) Computerized dynamic posturography. W: Jacobson G.P., Newman C.W., Kartush J.M. (red.) *Handbook of balance function testing.* Mosby Year Book, St. Louis 280-305.
- O’Neil D.E., Gill-Body K.M., Krebs D.E. (1998) Posturography changes do not predict functional changes. *Amer. J. Otol.* 19, 797-803.
- Patla A., Frank J., Winter D. (1990) Assessment of balance control in the elderly: major issues. *Physiother. Can.* 42, 89-97.
- Reuben D.B., Siu A.L. (1990) An objective measure of physical function of elderly outpatients: the physical performance test. *J. Am. Geriatr. Soc.* 38, 1105-1112.
- Shumway-Cook A., Horak F.B. (1986) Assessing the influence of sensory interaction on balance: suggestion from the field. *Physical. Ther.* 66, 1548-1550.
- Speechely M., Tinetti M. (1990) Assessment of risk and prevention of falls among elderly persons: Role of the physiotherapist. *Physioter. Can.* 42, 75-78.
- Thapa P.B., Gideon P., Fought R.L., Kormicki M., Ray W.A. (1994) Comparison of clinical and biomechanical measures of balance and mobility in elderly nursing home residents. *J. Am. Geriatr. Soc.* 42, 493-500.
- Tinetti M.E. (1986) Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J. Am. Geriatr. Soc.* 34, 119-126.
- Tinetti M.E., Ginter S.F. (1988) Identifying mobility dysfunctions in elderly patients: standard neuromuscular examination or direct assessment? *JAMA* 259, 1190-3.
- Weber P.C., Cass S.P. (1993) Clinical assessment of postural stability. *Am. J. Otol.* 14, 566-569.
- Whitney S.L., Poole J.L., Cass S.P. (1998) A review of balance instruments for older adults. *Am. J. Occup. Ther.* 52, 666-71.
- Wolfson L.I., Whipple R., Amerman P., Kleinberg A. (1986) Stressing the postural response: a quantitative method for testing balance. *J. Am. Geriatr. Soc.* 34, 845-850.

Komentarz do tego artykułu możesz przedstawić na stronie  
[www.magazynorl.pl](http://www.magazynorl.pl)

# Nowe studia w Akademii Medycznej

## AUDIOFONOLOGIA

### – studia licencjackie



**Akademia Medyczna w Warszawie ogłasza nabór kandydatów na AUDIOFONOLOGIĘ**

**– nowootwartą specjalność w ramach studiów licencjackich na kierunku Zdrowie Publiczne.**

**Założeniem jest wykształcenie kadry pomocniczej dla laryngologów, audiologów, foniatrów oraz surdologopedów, kompetentnej w przeprowadzaniu diagnostyki i rehabilitacji narządu słuchu i mowy za pomocą nowoczesnych technik.**

● **Studia licencjackie w specjalności audiofonologia trwają 3 lata.**

Łączna ogólna liczba godzin zajęć w czasie studiów wynosić będzie 2610.

● **Nauczane przedmioty tworzą bloki:**

kształcenia ogólnego, przedmiotów podstawowych, kierunkowych oraz specjalistycznych łącznie z praktyką zawodową.

● **Absolwent studiów** na poziomie licencjatu uzyskuje tytuł licencjata Zdrowia Publicznego ze specjalnością – audiofonolog.

● **Najważniejsze przedmioty specjalistyczne:** rozwój mowy dziecka, metody wspomagające komunikację i wychowanie słuchowe, zaburzenia porozumiewania się językowego, logorytmika, pedagogika specjalna dzieci niesłyszących i słabo słyszających, biologiczne podstawy zachowania, psychologia osób słabo słyszających, wprowadzenie do akustyki, wprowadzenie do psychoakustyki, elementy fizyki z elektroniką, budowa i obsługa aparatów słuchowych,

aparaty słuchowe – dopasowanie, dopasowanie komputerowe, nowoczesne systemy leczenia głuchoty i niedosłuchu (implanty, protezy wszczepialne), otoplastyka, trening słuchowy, genetyka i poradnictwo genetyczne, patologia słuchu, głosu, mowy i równowagi, metody badania narządu słuchu, równowagi i procesu komunikatywnego, terapia habituacyjna osób z zaburzeniami słuchu i równowagi, kinezyterapia.

● **Absolwenci studiów w specjalności audiofonologia** uzyskują wiedzę teoretyczną i umiejętności praktyczne w zakresie diagnostyki czynności narządu słuchu i równowagi, neurologicznych uwarunkowań rozwoju procesu komunikatywnego oraz poznawczego, techniki medycznej odnośnie metod wspomagania słuchu, równowagi, mowy, elektrofizjologii narządu słuchu i mowy, budowy, zasad działania, eksploatacji i konserwacji oraz doboru aparatów słuchowych oraz innych systemów wspomagających narząd słuchu i równowagi, a także operowania ich systemami oprogramowania.

**Informacja i rekrutacja:**

**informacji udziela Dział Organizacji Nauczania – Rekrutacji AM w Warszawie  
tel. 022 5720 998**

**[www.amwaw.edu.pl](http://www.amwaw.edu.pl)**