

Janusz W. Błaszczyk^{1, 2}, Leszek Czerwoszcz³

¹Zakład Neurofizjologii, Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego Polskiej Akademii Nauk w Warszawie

²Wydział Fizjoterapii, Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach

³Zakład Neurobiologii Oddychania, Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej im. M. Mossakowskiego Polskiej Akademii Nauk w Warszawie

Stabilność posturalna w procesie starzenia

Postural stability in the process of aging

Abstract

Studies on postural stability aim to develop methods to diagnose defects of upholding body balance, which would decrease the number of falls increasing with age. Posturography, both static and dynamic, assesses the stability of posture. A dynamic test of the "maximal voluntary effort" sets the margin of erect posture stability. It is tantamount to Duncan's test of functional range. This margin decreases with age at the expense of an increasing safety margin. Progressing posture instability is compensated by a forward tilting of the silhouette and an asymmetrical bear on lower limbs. As a sequel of defective balance control, old subjects develop a strategy of motion slowing. The strategy often does not bring expected results and may even hamper the dynamic balance control. During rehabilitation of body balance defects one should pay attention to the training of reaction velocity. Such a training may interrupt a "vicious cycle" caused by motion slowing strategy and thus increase the quality of life of subjects in old age. Posturographic gear allows performing dynamic postural tests in a feedback manner, which is useful for the rehabilitation training. Patients may observe their center of gravity on a screen and translocate it in a defined manner with the control of accuracy. This is a sort of adoption of virtual reality, which may lead to the development of a virtual, but entirely safe sport, in which, however, physical exercise and its measurement are true.

key words: aging, posturography, postural stability, rehabilitation

Zaburzenia stabilności postawy u osób starszych jako problem społeczny

Procesom starzenia towarzyszy postępujące zwyrodnienie wszystkich układów czynnościowych i anatomicznych. Procesy inwolucyjne są następstwem miejscowego i ogólnego starzenia się tkanek oraz spowolnienia procesów biologicznych, przemiany materii, procesów reparacyjnych i regeneracyjnych. W efekcie z wiekiem obserwuje się stopniowe upośledzenie funkcji systemu ruchowego i posturalnego, od wydolności których zależy stabilność postawy. Przez długi okres życia ośro-

dkowe mechanizmy kompensacyjne skutecznie przeciwdziałają skutkom ubytku stabilności postawy, jednak w późnej starości niewydolność tych mechanizmów powoduje gwałtowny spadek i załamanie stabilności postawy. Głównym objawem niestabilności posturalnej są zaburzenia równowagi, których efektem są upadki — często o tragicznych skutkach. Problem utraty równowagi występuje u blisko 14% populacji w wieku 50–60 lat. W ciągu kolejnych 10 lat prawdopodobieństwo upadku wzrasta średnio do 22%, a w grupie osiemdziesięciolatek problem ten dotyczy już ponad 33% osób [1]. Większość upadków u osób starszych występuje w czasie poruszania się. Z wszystkich upadków 60% następuje w kierunku do przodu w wyniku potknięcia się. Mężczyźni upadają częściej w wyniku poślizgnięcia się (na bok). Wprawdzie tylko 5% upadków kończy się złamaniem, ale blisko 87% złamań u osób w starszym wieku jest spowodowanych upadkiem.

Adres do korespondencji: dr Leszek Czerwoszcz
Zakład Neurobiologii Oddychania,
Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej
im. M. Mossakowskiego PAN
ul. Pawińskiego 5, 02–106 Warszawa
tel./faks: (022) 668 54 16,
e-mail: czerwoszcz@cmdik.pan.pl
© 2005 Polskie Towarzystwo Gerontologiczne

Ryzyko upadku zakończonych śmiercią w grupie starszych osób (> 65 rż.) jest 7-krotnie wyższe niż u osób w młodym wieku, jednak jedynie 5–15% z nich powoduje poważniejsze urazy głowy, złamania, zwichnięcia i uszkodzenia tkanek miękkich. Złamania dotyczą zazwyczaj kończyn górnych, stawu biodrowego, żeber i kręgosłupa. Podczas upadku typową strategią obronną jest wykorzystanie kończyn górnych w celu ochrony głowy i tułowia. U kobiet 1/2, a u mężczyzn 1/3 urazów związanych z upadkiem dotyczy złamań kończyny górnej. Natomiast prawdopodobieństwo urazów biodra wynosi 18% u kobiet i 24% u mężczyzn. Upadki niepowodujące poważnych obrażeń ciała wywołują jednak często długotrwałe stany lękowe mające wpływ na dalszą aktywność życiową osób w starszym wieku, w tym — na postawę ciała i jego stabilność. Ogranicza to ruchliwość tych osób, co w konsekwencji prowadzi do pogłębienia niesprawności. Zjawisko utraty równowagi jest więc istotnym problemem społecznym.

Regulacja postawy ciała

Niestabilność postawy wyprostnej

Typową dla człowieka postawę wyprostną charakteryzuje pionowe ustawienie osi ciała względem niewielkiej płaszczyzny podparcia. Taka orientacja ciała w polu grawitacyjnym oraz wielosegmentowa budowa ciała, jego znaczna wysokość i mała powierzchnia podparcia powodują, że w warunkach statycznych postawa stojąca człowieka jest niestabilna. Jedynie ciągła aktywna regulacja postawy poprzez system kontroli równowagi zapewnia jej stabilność. Kontrola równowagi polega na statycznym i dynamicznym równoważeniu destabilizujących sił grawitacji i bezwładności (oraz ich momentów) poprzez pobudzenie odpowiednich grup mięśni.

Trzy wejścia systemu kontroli

System kontroli równowagi, obejmujący wiele struktur ośrodkowego układu nerwowego, można traktować jako układ sterujący o trzech wejściach, który na tej podstawie określa przestrzenne położenie ogólnego środka ciężkości ciała. W warunkach fizjologicznych informacje docierające z układu przedsionkowego, narządu wzroku oraz receptorów czucia głębokiego, rozmieszczonych w mięśniach, stawach i skórze, umożliwiają nam prawidłową orientację ciała w przestrzeni oraz utrzymanie równowagi. Zgodność i mnogość informacji docierających do ośrodkowego układu nerwowego przez poszczególne wejścia sensoryczne powodują, że upośledzenia funkcji jednego z nich są szybko i skutecznie kompensowane.

Parametrem kontrolowanym, czyli inaczej sygnałem wyjściowym tej kontroli, jest przestrzenne położenie ogólnego środka ciężkości ciała (COG, *central of gravity*). Dotyczy to zarówno położenia względem powierzchni podparcia, jak i fizjologicznych granic stabilności. Teoretyczną granicą stabilności postawy człowieka jest powierzchnia, przechodząca przez środek ciężkości, której przesunięcia mogą powodować upadek. W normalnych warunkach system kontroli równowagi zapewnia pewien margines stabilności, czyli optymalne położenie środka ciężkości ciała względem granicy stabilności.

Zmiany postawy i stabilności z wiekiem

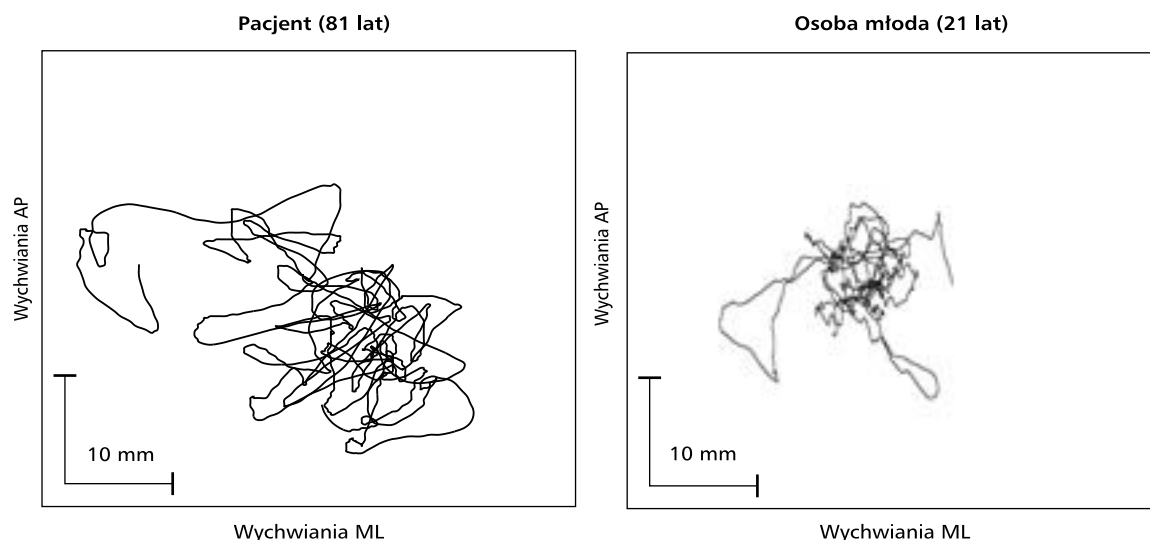
Postawa i jej stabilność zmieniają się wraz z rozwojem osobniczym — od dzieciństwa do starości. Kontrola postawy w sposób ciągły jest dostosowywana do zmieniających się warunków otoczenia. Trwalsze modyfikacje kontroli postawy obserwuje się w następstwie rozwojowych i patologicznych zmian zachodzących w organizmie. W okresie do 7.–8. roku życia następuje stopniowa stabilizacja postawy. Zwiotczenie postawy o podłożu neurohormonalnym pojawia się w okresie dojrzewania organizmu, po którym następuje przyjęcie prawidłowej, stabilnej sylwetki. Taką postawę cechuje prawidłowe napięcie mięśni oraz wykształcenie fizjologicznych krzywizn kręgosłupa. Stan ten trwa tylko do 30. roku życia, po czym następuje stopniowa degradacja funkcji układu równowagi. Rezultaty tego procesu stają się widoczne dopiero w okresie późnej starości, kiedy niewydolność systemu równowagi jest przyczyną upadków. Na tym etapie możliwości interwencji medycznej są już bardzo ograniczone.

Zastosowanie posturografii

w ocenie stabilności posturalnej

Wczesne rozpoznanie upośledzenia równowagi w połączeniu z ukierunkowaną rehabilitacją może zmniejszyć negatywne skutki niewydolności, a tym samym poprawić sprawność osób w podeszłym wieku. Dlatego trwają próby opracowania skutecznej metody diagnostycznej pozwalającej na wczesne wykrywanie ubytków równowagi jeszcze w okresie bezobjawowym. Taki cel może być zrealizowany poprzez opracowanie metody ilościowej oceny wydolności systemu kontroli stabilności postawy.

Jedną z najbardziej obiecujących metod jest posturografia, która pozwala na oszacowanie wielkości zmian granic stabilności człowieka oraz wielu stanów patologicznych upośledzających kontrolę stabilności postawy stojącej (ryc. 1). W dalszej części artykułu omówione zostaną także inne aspekty zastosowań posturografii.



Rycina 1. Porównanie wychwiania rejestrowanych w podczas swobodnej pozycji stojącej u osoby w wieku 81 lat oraz osoby młodej (wg [2]). Oznaczenia: AP (anterior-posterior) wychwiania w płaszczyźnie strzałkowej, ML (medio-lateral) wychwiania boczne

Figure 1. Comparison of elderly (aged 81) and young adults spontaneous postural sways measurements during quiet standing. [2] Abbreviations: AP (anterior-posterior) postural sways in sagittal plane, ML (medio-lateral) lateral postural sways

Stabilność postawy i metody jej oceny

Granice stabilności

Jednym z najważniejszych wyznaczników prawidłowej postawy człowieka jest jej stabilność posturalna [2], rozumiana jako odporność postawy na zakłócenia endogenne i egzogenne, których źródłem może być zarówno zmienność środowiska, jak i interakcja organizmu z otoczeniem. Dotychczas w posturografii za miarę stabilności postawy powszechnie przyjmuje się odległość środka nacisku od krawędzi stóp, przy założeniu, że obwódca stóp stanowiąca granicę powierzchni podparcia jest także granicą stabilności [3, 4]. U podstawy tak zdefiniowanego obszaru stabilności leży dość łatwe do podważenia założenie traktowania ciała człowieka jako sztywnej bryły o stałym środku ciężkości. Należy więc przypuszczać, że faktyczna granica stabilności nie pokrywa się z obwiednią powierzchni podparcia. W płaszczyźnie strzałkowej obszar zamknięty granicą stabilności obejmuje tylko nieco więcej niż połowę powierzchni podparcia. Kształt i wielkość tego obszaru zależą między innymi od budowy i wydolności organizmu. Obszar ten zależy też od wieku, wzrostu, prawidłowości postawy, siły mięśni i innych czynników. Nowy model kontroli równowagi dzieli płaszczyznę podparcia na kilka obszarów mających różny wpływ na kontrolę stabilności. Nawet najbardziej sprawny fizycznie człowiek nigdy nie osiąga hipotetycznej granicy stabilności wyznaczonej obwiednią stóp. Rze-

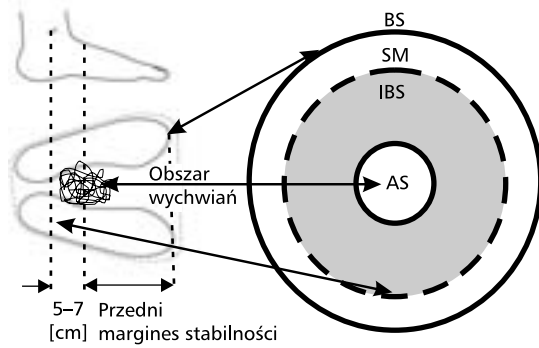
czywistą granicę stabilności postawy oddziela od granicy mechanicznej, czyli krawędzi stóp, obszar nazywany marginesem bezpieczeństwa.

Rzut środka ciężkości ciała człowieka w postawie wyprostnej znajduje się w małym, ściśle określonym obszarze powierzchni podparcia — około 5 cm do przodu w stosunku do kostki bocznej stawu skokowo-goleniowego. Utrzymanie środka ciężkości w tym obszarze nie wymaga większego wysiłku mięśni i dlatego wiąże się z minimalnym wydatkiem energetycznym. Środek ciężkości nie pozostaje w jednym punkcie, lecz wykonuje drobne przypadkowe ruchy o amplitudzie rzędu kilkunastu milimetrów [5] (ryc. 2).

Zapasy stabilności

Podstawowym problemem, jaki pojawia się podczas oceny zmian stabilności postawy w późnym wieku, jest obiektywne wyznaczenie granic i zapasu stabilności. Granicę stabilności wyznacza umowna linia, po przekroczeniu której rzut środka ciężkości ciała nie może zostać bezpośrednio przywrócony do swojego normalnego położenia i następuje upadek. Upadek jest zdefiniowany jako niekontrolowane przemieszczenie ciała, które nie może być skorygowane w ściśle określonym czasie [6]. Czas ten nie przekracza kilkadziesiątu milisekund (70–90 ms) niezbędnych dla typowej reakcji przywracania równowagi.

Powierzchnię zamkniętą granicą stabilności można podzielić na dwa obszary. W pierwszym z nich, położo-



Rycina 2. Heurystyczny model stabilności człowieka. Wyznaczona obwiednią stóp granica stabilności (BS) jest oddzielona od subiektywnej granicy stabilności (IBS) marginesem bezpieczeństwa (SM). Szerokość tego marginesu zmienia się z wiekiem oraz zależy od wydolności układu równowagi [2]

Figure 2. Heuristic model for human stability. The boundary of stability indicated by envelope of foot prints (BS) is separated from individual boundary of stability (IBS) by safety margin (SM). The width of the margin changes with age and the balance system efficiency AS (area of sways) — obszar wychwian; BS (boundary of stability) — granica stabilności; IBS (individual boundary of stability) — subiektywne granica stabilności; SM (safety margin) — margines bezpieczeństwa

nym centralnie, przywrócenie równowagi ciała odbywa się bez zmiany płaszczyzny podparcia. W odpowiedzi na niewielkie bodźce zakłócające równowagę może być przywrócona poprzez skoordynowaną aktywność mięśni stabilizujących staw skokowo-goleniowy bez konieczności odrywania stóp od podłoża. W drugim obszarze, okalającym pierwszy, w celu odzyskania równowagi niezbędna jest modyfikacja postawy, na przykład przez wykonanie wyroku. Jeśli strategia ta zawiedzie, zaburzenie równowagi kończy się upadkiem. Jak łatwo zauważyć, skuteczność wszelkich strategii przywracania równowagi zależy od wydolności systemu kontroli równowagi oraz od parametrów bodźca destabilizującego.

Kliniczne testy oceny stabilności postawy

Testy funkcjonalne pozwalają na określenie stanu systemu kontroli równowagi i ewentualnych zmian spowodowanych terapią. Testy funkcjonalne to zazwyczaj proste zadania ruchowe, których wykonanie ocenia terapeuta w skali 3- lub 5-stopniowej. W tym wypadku najbardziej przydatnym narzędziem pomiarowym jest stoper lub linijka. Istnieje wiele zestawów testów, które pozwalają na ocenę równowagi pacjenta, przy czym jakość większości spośród nich nie została jeszcze zweryfikowana.

• Ocena Mobilności

Popularnymi testami wydolności układu równowagi jest Ocena Mobilności (POAM, *Performance-Oriented Assessment of Mobility*) oraz test Tinnetiego. Obydwa testy opracowano w celu funkcjonalnej oceny równowagi u osób w starszym wieku. Test Tinnetiego składa się z 9 zadań ruchowych, których wykonanie punktowane jest w 3-stopniowej skali od 0 do 2. Wynik oceny nazywa się wskaźnikiem mobilności Tinnetiego. W skład zaproponowanej baterii zadań wchodzi takie próby, jak wstawanie z krzesła, obrót o 360 stopni, reakcja posturalna na popychanie poprzez słaby nacisk na mostek pacjenta. Ocenia się również stabilność lokomocyjną pacjenta. Zaletą testów Tinnetiego jest wysoka (sięgająca aż 85%) zgodność wyników uzyskiwanych przez różne osoby oceniające. Pozwala ona wykryć u badanych pacjentów skłonność do upadku z prawdopodobieństwem 93%.

• Funkcjonalna Skala Równowagi Berga

Inną miarą równowagi jest Funkcjonalna Skala Równowagi Berga (BFBS, *Berg Functional Balance Scal*). Skala Berga składa się z 14 zadań ocenianych w 5-stopniowej skali. W jej skład w większości wchodzi podobne testy do tych, które są stosowane w teście Tinnetiego, poszerzone o ocenę zasięgu funkcjonalnego (test Duncana), podnoszenie drobnych przedmiotów z podłogi, zwroty głowy, wchodzenie na stopień, stanie na jednej nodze. Skala Berga ma jeszcze wyższy stopień zgodności (98% zgodności wyników testu uzyskanych przez różne osoby oceniające). Charakteryzuje się niestety niższą czułością niż bateria testów Tinnetiego, ponieważ pozwala tylko w 53% zidentyfikować pacjentów ze skłonnościami do upadku. Ma natomiast wysoką specyficzność sięgającą 96% w identyfikacji osób niezagrażonych ryzykiem upadku. Prawie wszystkie kliniczne oceny równowagi wykorzystują podobne próby.

Eksperymentalne metody oceny stabilności z użyciem posturografii

Elementy modelu stabilności postawy stojącej człowieka wyznaczają główne kierunki prac eksperymentalnych, prowadzących do określenia metody oceny stabilności. Ze względów bezpieczeństwa eksperymentalne wyznaczanie granic stabilności powinno być inicjowane przez badanego, zwłaszcza w starszym wieku, gdy zakłócenie równowagi może spowodować upadek.

Maksymalne wychylenie ciała w czterech głównych kierunkach: do przodu, do tyłu i na boki spełnia wszystkie wymagania optymalnego testu. Wykonywanie pro-

stych wychyleń i ruchów na platformie posturograficznej w dużym stopniu obiektywizuje pomiar przez dokładny zapis przemieszczeń środka ciężkości w czasie. Ponadto, pomiar taki ujawnia wykonanie nieprawidłowego ruchu, na przykład z jednoczesnym zgięciem dwóch stawów, co wprawdzie daje skuteczne wychylenie, faktycznie jednak bez wystarczającego przemieszczenia środka ciężkości.

Objawy starzenia się układu równowagi

Porównanie granic stabilności w dwóch populacjach — ludzi młodych i starych — umożliwiło wykrycie zmian w kontroli równowagi w wyniku procesu starzenia. Wyniki badań potwierdzają, że postępujący z wiekiem deficyt stabilności postawy daje możliwość zmierzenia zmian zakresu i kontroli przemieszczenia środka ciężkości [7].

Maksymalne pochylenie ciała zależy od wszystkich czynników decydujących o stabilności postawy. Człowiek świadomie oraz empirycznie wyznacza granicę pochylenia w zależności od siły mięśni, szybkości swoich reakcji oraz innych czynników natury psychicznej (lęk). W czasie próby osoba badana pozostawia sobie pewien subiektywny margines bezpieczeństwa. Pozwala on na odzyskanie równowagi nawet w przypadku niekontrolowanego przekroczenia granicy maksymalnego wychylenia. Przekroczenie tej granicy powoduje uruchomienie sekwencyjnego procesu przywracania równowagi. Po wykryciu zakłócenia następuje wybór strategii odzyskiwania równowagi — odpowiedniej reakcji ruchowej, która kończy proces przywracania równowagi. Jeśli przywracanie równowagi ma się zakończyć sukcesem, to każdy element reakcji powinien się odbyć w jak najkrótszym czasie. Okres ten jest wyznaczany zarówno indywidualną szybkością procesów nerwowych, jak i parametrami biomechanicznymi ciała człowieka. Deficyt stabilności postawy u ludzi w starszym wieku może być spowodowany upośledzeniem każdego, jeśli nie wszystkich elementów łańcucha przywracania równowagi.

Badania koncentrują się na dwóch potencjalnych i ważnych przyczynach niestabilności postawy:

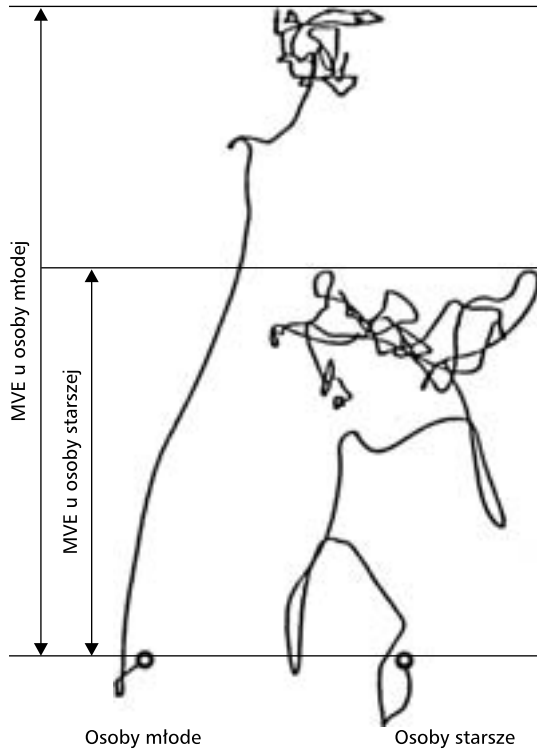
- zaburzeniach wykrywania utraty równowagi;
- niezborności i spowolnieniu ruchowym.

Przeprowadzone badania zakresu maksymalnego wychylenia dostarczyły nowych informacji na temat czynników powodujących zaburzenia równowagi w okresie późnej starości [7]. Okazało się, że zarówno zakres wychylenia, jak i trajektoria ruchu środka ciężkości podczas próby maksymalnego wychylenia różniły się u osób starszych i u osób z grupy kontrolnej (ryc. 3). Osoby w starszym wieku przejawiały brak odpowied-

niej koordynacji ruchowej, co powodowało znaczną niezborność ruchu przy próbach wychylenia do tyłu oraz wyraźną skłonność do ograniczenia obszaru stabilności przy pochyleniu się do przodu lub na boki. Tylny obszar stabilności stanowi najłabsze ogniwo kontroli postawy stojącej osób w starszym wieku. Ten wynik potwierdzają liczne obserwacje z kliniki geriatrycznej, dokumentujące wyraźną tendencję do przewracania się ludzi w starszym wieku do tyłu [8].

Starsi ludzie w czasie wychylania w dowolnym kierunku wykonywali ten ruch znacznie wolniej i w sposób mniej kontrolowany niż osoby młode. Stwierdzono ponad 60-procentowy wzrost długości czasu potrzebnego na przemieszczenie rzutu środka ciężkości z pozycji normalnej do przedniej granicy stabilności. Zaobserwowano też zmianę trajektorii ruchu, z charakterystycznymi oscylacjami rzutu środka ciężkości zarówno na boki, jak i w płaszczyźnie strzałkowej. Taka niezborność jest bez wątpienia przyczyną upośledzenia kontroli położenia środka ciężkości ciała, co może skutkować niekontrolowanym przekroczeniem granicy stabilności. Dlatego strategia spowolnienia ruchowego, tak typowa dla późnego wieku, jest mechanizmem kompensacyjnym, minimalizującym skutki niezborności. W procesie realizacji ruchu występują składowe posturalne i motoryczne akty ruchowego [9]. Ponieważ kontrola stabilności postawy dotyczy przede wszystkim tułowia, czyli części ciała charakteryzującej się największą masą i bezwładnością, przygotowawcze (antycypacyjne) korekcje posturalne wykonuje się jeszcze przed rozpoczęciem zasadniczego programu ruchowego. Korekcje kompensacyjne są wyuczone i wykorzystują wcześniejsze doświadczenia z uwzględnieniem destabilizującego wpływu wykonywanego ruchu dowolnego. U osób w starszym wieku powoduje to znaczne opóźnienie w rozpoczęciu właściwego ruchu. Zazwyczaj kończyny nie są obciążone jednakowo, gdy dana osoba przygotowuje się do wykonania kroku.

W czasie realizacji właściwego programu ruchowego pojawiają się inne korekcje posturalne, zwane reaktywnymi [9]. Czasy reakcji dotyczące tych korekcji, w związku z niezbornością ruchową charakterystyczną dla późnego wieku są w znacznym stopniu wydłużone. Należy więc stwierdzić, że powstające w wyniku starzenia zmiany w organizmie powodują stopniowe zmniejszanie obszaru stabilności postawy stojącej. Spowolnienie reakcji ruchowych wydłuża czasy reakcji na bodźce zakłócające równowagę, a tym samym wymaga poszerzenia marginesu bezpieczeństwa.



Rycina 3. Pomiar granicy stabilności postawy człowieka metodą maksymalnego wychylenia do przodu (MVE, *maximal voluntary effort*). Dla porównania przedstawiono przebieg zmian położenia środka nacisku stóp (COP, *center of pressure*) u osoby młodej oraz u osoby starszej. Widać wyraźnie ograniczenie tych przemieszczeń u osoby starszej oraz towarzyszącą niezborność w wykonaniu zadania równowagi

Figure 3. Boundary of posture stability measurement by the method of maximal voluntary effect (MVE). Comparison of the foot center of pressure (COP) changes in young and elder. The limited and associate astigmatic movements are clearly seen in the graph of elder person during balance tasks.

Aktywność ruchowa jako wskaźnik niestabilności posturalnej

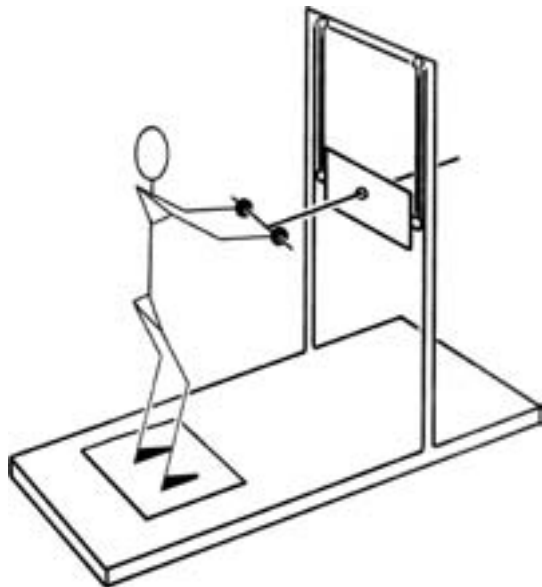
Testy ruchowe jako wskaźnik równowagi

Każda aktywność ruchowa człowieka jest źródłem przemieszczeń środka ciężkości ciała od jego położenia optymalnego. Przemieszczenie środka ciężkości w obszarze zamkniętym granicą stabilności powoduje zmniejszenie równowagi postawy. Zatem zakres i szybkość wykonywanych ruchów ograniczone są również stabilnością postawy. Pozwala to przypuszczać, że zakres przemieszczenia środka ciężkości w czasie wykonywania ruchów dowolnych może być wyznacznikiem stabilności postawy stojącej [10–12]. Aby sprawdzić tę hipotezę,

przeprowadzono badania strategii złożonych ruchów dowolnych w różnym stopniu destabilizujących postawę (wspinanie się na palce, przysiady, obroty, ruchy rąk, głowy). Założenie polegało na przyjęciu, że proces starzenia upośledza przede wszystkim wykonywanie kompleksowych programów ruchowych wymagających precyzyjnej kontroli położenia środka ciężkości [10]. Wyniki przeprowadzonych badań potwierdziły tę hipotezę. Osoby starsze charakteryzowało znaczne ograniczenie zakresu i szybkości ruchów związanych z kołysaniem i krążeniem tułowia oraz wspinaniem się na palcach. Oznacza to, że maksymalny zakres ruchów dowolnych wykonywanych przez człowieka jest ograniczony wydolnością systemu kontroli równowagi. Uzasadnia to stosowanie testów ruchowych jako dynamicznych wskaźników równowagi ciała.

Badanie funkcji przejścia

Ciało człowieka można potraktować jako system biomechaniczny ze zdefiniowanym wejściem i wyjściem. W badaniach sygnałem wejściowym była siła wytwarzana przez kontrolowany ruch ramion, a sygnałem wyjściowym — siły reakcji podłoża powstałe w wyniku ruchu ramion (ryc. 4). Ze względu na aktywną kontrolę postawy transmisję sygnału w tym systemie opisuje funkcja przejścia zależna od stanu układów: ruchowego i posturalnego. Wyniki wstępnych badań wykonanych w grupie osób młodych potwierdziły przydatność tego typu metody w ocenie stanu układu posturalnego [11]. Badanie funkcji przejścia jest czułą metodą, która pozwala na wykrywanie zmian stabilności postawy. Jest ona szczególnie przydatna jako dynamiczny sposób oceny wydolności systemu równowagi postawy u osób w starszym wieku. Zidentyfikowaną zależność pomiędzy stanem układu równowagi a biomechaniczną funkcją przejścia wykorzystano do przeprowadzenia takich badań u osób w starszym wieku. Podobnie, funkcje przejścia porównywano przy wykonywaniu cyklicznych ruchów ramion z różną siłą i z różnymi prędkościami [12]. Proces starzenia powoduje znaczne zmniejszenie wzmocnienia systemu posturalnego. Występuje również znaczące zmniejszenie maksymalnej częstotliwości wykonywanych ruchów i ich amplitudy. W następstwie zmian spowodowanych starzeniem się organizmu ludzie rozwijają „strategię spowolnienia ruchowego”, która pomaga im utrzymać równowagę statyczną, ale jednocześnie upośledza proces przywracania równowagi.



Rycina 4. Przykład posturografii dynamicznej. Pacjent, stojąc na platformie, wykonuje kontrolowane ruchy rąk. Za pomocą platformy posturograficznej mierzy się zakres wymuszonych wychwiał postawy
Figure 4. Dynamic posturography example. A patient, standing on the platform, performs supervised arms movements. The range of applied postural sways is measured by means of the posturography platform

Wychwiania postawy jako wtórny czynnik upośledzający kontrolę równowagi u osób starszego wieku

Postępująca niewydolność układu nerwowo-mięśniowego powoduje u osób w starszym wieku wzrost progów aktywności układów sensorycznych oraz zwiększenie niekontrolowanego pobudzenia mięśni.

Drżenie i sztywność mięśni

W obrazie klinicznym tych zmian dominują wzrost drżenia w aparacie ruchowym oraz zwiększona sztywność mięśni. W rezultacie zmieniają się warunki kontroli stabilności postawy. W zapisie zmian położenia środka nacisku stóp na podłoże u osób w starszym wieku obserwuje się charakterystyczny wzrost amplitudy oscylacji [13]. Ten z natury przypadkowy bodziec ruchowy może z kolei wywoływać na wejściach sensorycznych sygnały zakłócające, powodując dalsze upośledzenie kontroli równowagi. Ze względu na charakterystyki częstotliwościowe układu wzrokowego i przedsionkowo-ślimakowego przyjmuje się, że szum związany ze zwiększonymi wychwianiami postawy wpływa głównie na wejścia proprioceptywne [14].

Strategie kompensacyjne poprawiające kontrolę równowagi u osób w starszym wieku

Głównym zadaniem systemu kontroli stabilności postawy jest utrzymanie optymalnej odległości rzutu środka ciężkości ciała od granicy stabilności. Jeśli założy się pełną symetrię ciała, to rzut środka ciężkości powinien wypadać dokładnie w centrum powierzchni podparcia. Asymetrie anatomiczne ciała w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej, rozmieszczenie wejść sensorycznych oraz różne właściwości biomechaniczne ciała w poszczególnych kierunkach powodują, że rzut środka ciężkości na powierzchnię podparcia nie znajduje się w centrum tego pola. Z kolei wszelkie zmiany obszaru stabilności powstałe w procesie starzenia powinny powodować korekcję normalnego położenia środka ciężkości ciała. W ten sposób można kompensować deficyt stabilności postawy.

Pochylenie do przodu

Degradacja tylnej granicy stabilności u osób w starszym wieku powoduje odsunięcie środka ciężkości od tej granicy, czyli przemieszczenie do przodu w stosunku do jego normalnego położenia [15, 16]. Umożliwiło to stwierdzenie istnienia kompensacyjnej modyfikacji postawy w obrębie stawu skokowego. U osób w starszym wieku ubytek stabilności postawy jest kompensowany przez około 1-centymetrowe odsunięcie środka ciężkości od tylnej granicy stabilności. Zmiana ta jest realizowana głównie poprzez przodozgięcie stopy. Horak opisuje, że mechanizm ten jest odpowiednikiem strategii stawu skokowego [17].

Trudności w rozpoznawaniu zmian kąta zgięcia stawu skokowo-goleniowego

U osób w starszym wieku obecne są również trudności w wykrywaniu niewielkich zmian kąta stawu skokowo-goleniowego (nieprzekraczających 1°). Oznacza to, że układ nerwowy nie rozpoznaje w tym zakresie zmian kąta stawu, który ma największy wpływ na położenie środka ciężkości w postawie stojącej. Jest to, bez wątpienia, główna przyczyna zwiększonego kołysania postawy w późnym okresie życia.

Opis badania posturograficznego

Platforma posturograficzna jest płytą o niewielkich rozmiarach (50×50 cm) wyposażoną w czujniki tensometryczne rejestrujące siły nacisku oraz momenty sił wywieranych na podłoże przez stopy pacjenta. Cztery podpory z czujnikami, umieszczone

w narożnikach platformy, rejestrują przemieszczenia środka ciężkości ciała badanej osoby w płaszczyźnie platformy. Wartości przemieszczeń, po przetworzeniu na postać cyfrową, są rejestrowane w systemie komputerowym oraz prezentowane na bieżąco na monitorze. Na podstawie tych parametrów komputer wylicza położenie środka nacisku stóp (COP, *center of pressure*), który w warunkach statycznych jest rzutem środka ciężkości ciała (COG) na płaszczyznę podparcia. Wykres wychwiał środka nacisku nosi nazwę statokinezyjogramu. Zamienienie stosuje się pojęcie posturogramu lub stabilogramu. Po badaniu komputer oblicza standardowe parametry każdego pomiaru, automatycznie przeprowadza podstawowe analizy zarejestrowanych sygnałów oraz podaje wynik badania. Te same dane mogą być także użyte do zaawansowanych analiz matematycznych.

Badanie nie wymaga żadnego przygotowania pacjenta. Rejestracje przeprowadza się w różnych warunkach — standardowo w pozycji stojącej, przy oczach otwartych i zamkniętych (ryc. 5). Osoba badana podczas badania standardowego nie porusza się.

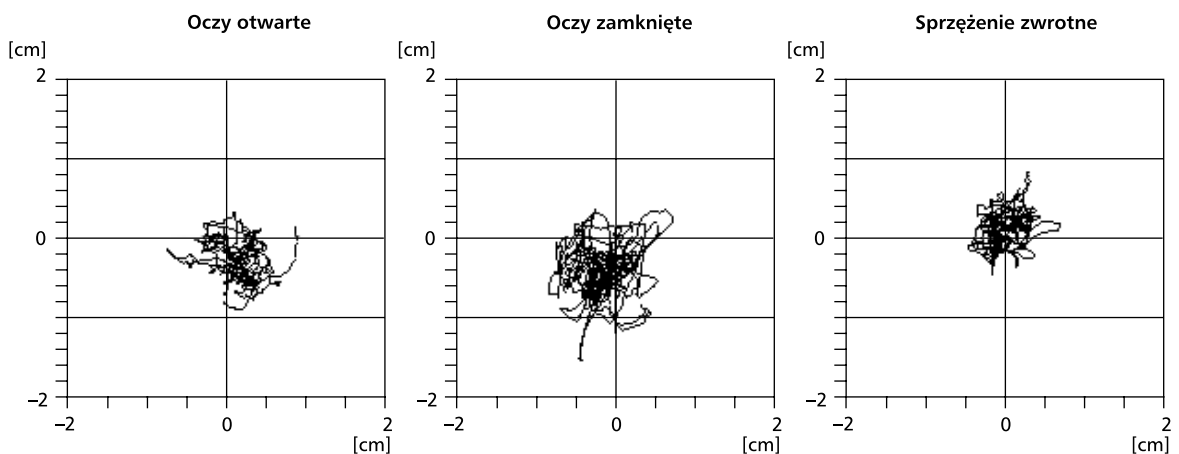
W przypadku badania z użyciem wzrokowego sprzężenia zwrotnego przez wizualizację punktu chwilowego położenia środka ciężkości na ekranie monitora, jak na mapie [18], możliwe jest wykonanie badania koordynacji wzrokowo-ruchowej. Monitor znajduje się na wysokości osi oczu osoby badanej, przy spojrzeniu na wprost. Obserwacja położenia własnego środka ciężkości umożliwia utrzymywanie go w zadanym miejscu przez świadome ruchy, korygujące jego położenie.

Parametry statokinezyjogramu

- Długość krzywej — długość drogi (*path length*), jaką przebywa COG. Upośledzenie kontroli równowagi postawy zazwyczaj przejawia się wydłużeniem tej drogi. Dodatkowych informacji na temat stabilności postawy można uzyskać, analizując poszczególne składowe drogi, czyli osobno wychwylenia w płaszczyźnie strzałkowej (X) i w płaszczyźnie czołowej (Y).
- Zakres wychwiał (*sway range*) — w płaszczyźnie X i Y. Poszczególne zakresy definiuje się jako różnice między skrajnymi odchyleniami środka ciężkości wzdłuż odpowiedniej osi.
- Pole powierzchni rozwiniętej statokinezyjogramu — analiza obwiedni polega na połączeniu liniami skrajnych punktów statokinezyjogramu. Uzyskuje się wówczas wielobok o nieregularnym kształcie. Komputer oblicza pole powierzchni tej figury.
- Promień — w celu uproszczenia analizy wpisuje się punkty wychwiał w okrąg lub elipsę. Wymiary geometryczne tych figur, na przykład promień okręgu opisanego albo długości promieni i nachylenie osi elipsy, są kolejnymi ważnymi wskaźnikami jakości kontroli równowagi.
- Prędkość średnia — podczas przemieszczenia COG w zadaniu złożonym oraz oddzielnie obliczana w składowych X, Y.

Metody analizy danych

Posługując się komputerowym zapisem statokinezyjogramu, można wykonywać dowolne analizy jego kształtu oraz porównywać zapisy dokonywane w różnych warunkach pomiarowych. Niektóre analizy z czasem



Rycina 5. Przykład standardowego badania z trzema pomiarami przy oczach pacjenta otwartych lub zamkniętych oraz ze sprzężeniem zwrotnym [18]. Zamknięcie oczu zazwyczaj zwiększa zakres wychwiał

Figure 5. Standard test example performed by patient with his/her eyes opened (left graph), closed (middle) or with feedback control (right) [18]. Usually eyes closing increases sways range

stają się standardem i zalicza się je do rutynowych badań medycznych, inne mają jedynie aspekt eksperymentalny.

Do powszechnie uznanych już metod analitycznych można zaliczyć:

- procentowo przedstawianą ilość czasu przebywania COG w każdej z czterech ćwiartek układu współrzędnych X, Y, przy oczach otwartych i zamkniętych. Wartości te pozwalają ustalić rozkład obciążenia kończyn dolnych badanej osoby i określić preferencje naturalnej postawy badanego w zakresie kierunku wychyleń;
- analizę częstotliwościową stabilogramu metodą szybkiej transformacji Fourniera (FFT, *Fast Fourier Transformation*), rejestrowanego w różnych warunkach. W wyniku analizy można uzyskać charakterystykę częstotliwości osobniczych (naturalnych) przemieszczeń środka ciężkości.

Nową metodą związaną z udziałem bodźca wzrokowego w stabilizacji postawy jest ocena parametru „Koordynacja”, określającego skuteczność korygowania postawy badanego. Metoda polega na wyznaczeniu czasu utrzymania środka ciężkości w obrębie centralnego, nieruchomego kwadratu w trakcie pomiaru ze sprzężeniem zwrotnym. Parametr ten można także wyznaczać w celu oceny dokładności wykonania zadań posturalnych w układzie ze sprzężeniem zwrotnym w trakcie treningu rehabilitacyjnego (patrz poniżej).

Za nadal eksperymentalną metodę analityczną można uważać zaawansowaną matematycznie analizę fraktalną [19]. Prace prowadzące do zbudowania czułych metod analizy z pomiarów w posturografii wciąż trwają, ponieważ standardowa parametryzacja nie opisuje w dostateczny sposób zmienności stabilogramów.

Posturografia dynamiczna

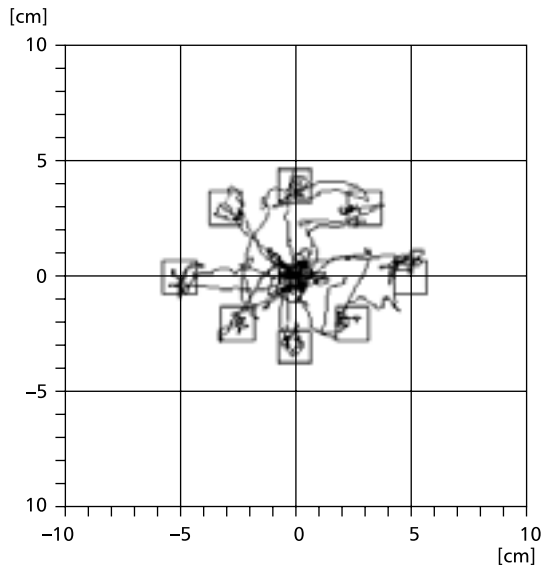
Stosowany standard pomiarowy opiera się na pomiarach statycznych w pozycji wyprostnej. W takim przypadku (powstałe i ugruntowane) mechanizmy kompensacyjno-adaptacyjne nie pozwalają na precyzyjne wykrycie obecnych już zaburzeń stabilności, dotyczących różnorodnych funkcji i czynności życiowych. Naturalne w takiej sytuacji jest wprowadzenie do badania elementów ruchu w postaci prowokacji destabilizujących statyczne położenie, zmuszających badaną osobę do automatycznej reakcji przywracającej równowagę. Pojawienie się bodźca jest nieoczekiwane. „Test kontroli motorycznej” (MCT, *Motor Control Test*) stosuje się w celu oceny zdolności osoby badanej do reakcji na prowokację posturalną [20].

Innymi przyczynami ograniczającymi przydatność statycznej posturografii są zgodność oraz redundancja (nadmiar) informacji, które docierają w określonym porządku do ośrodkowego układu nerwowego przez różne wejścia sensoryczne. Upośledzenie jednego z wejść często jest skutecznie kompensowane przez pozostałe. Tylko odpowiednie wykonanie badania może ujawnić ewentualnie występujący deficyt. W tym celu opracowano zestaw testów, określanych wspólną nazwą jako „test organizacji zmysłowej” (SOT, *Sensory Organization Test*) [20]. W testach tych stymulowane są jednocześnie lub wybiórczo zmysły uczestniczące w kontroli równowagi. W niektórych próbach występuje specjalnie zaprogramowany konflikt bodźców sensorycznych, poszczególne wejścia otrzymują sprzeczne informacje. Sytuacje takie zdarzają się także w życiu codziennym, co może wywołać zaburzenie równowagi, a nawet upadek. Bateria testów dynamicznych, spełniająca powyższe założenia, jest wykonywana za pomocą aparatury posturograficznej NeuroCom.

Testy i zadania dynamiczne

Inne spojrzenie na dynamikę w posturografii prezentuje aparatura Pro-Med. Platforma w tym przypadku jest nieruchoma. Pacjent może obserwować chwilowe położenia swojego środka ciężkości (COG), na ekranie monitora w odpowiedniej skali — jak na mapie. Przypisany temu punktowi obiekt graficzny porusza się na ekranie zgodnie z ruchami COG. Na ekranie mogą się znajdować lub pojawiać nieoczekiwane także inne obiekty (ryc. 6). Są one kolejnymi celami dla położenia COG. Zadaniem pacjenta jest trafienie do takiego celu, przez odpowiednie wychylenie swojego ciała oraz utrzymanie tej pozycji przez określony czas. Zadanie to przypomina sterowanie kursorem myszki na ekranie, z tym że zaangażowane są całkowicie inne mięśnie i dodatkowo kontrolowana równowaga posturalna. Wykonywanie tych zadań wymaga włączenia głównie zmysłu wzroku, zależy od koordynacji wzrokowo-ruchowej. W przypadku wad wzroku utrudniających widzenie testy te nie będą wiarygodne.

Bardziej skomplikowane zadania polegają na wyznaczaniu sekwencji celów dla COG; cele pojawiają się w sposób regularny, co pomaga pacjentowi w ich osiągnięciu, lub przypadkowo. Stopień trudności osiągnięcia takiego celu zależy od jego odległości od środka układu XY (pozycji wyjściowej, inaczej spoczynkowej) oraz od wzajemnej odległości kolejnych celów. Kolejnymi cechami zadań posturograficznych są czas dojścia do celu i czas utrzymania się w celu. Można założyć, że szybsze zmiany położenia sprawiają badanej



Rycina 6. Trening w warunkach sprzężenia zwrotnego. Pacjent musi w określonym czasie przemieścić COG kolejno do ośmiu punktów rozproszonych we wszystkich kierunkach wokół położenia spoczynkowego. Zarówno czas wykonania ruchu jak i zakres oraz kierunek wychyleń można dopasować do umiejętności pacjenta

Figure 6. Feedback control exercise. The patient task is to match him or herself in eight points, which are dispersed around the static state. The time of movement, the range and direction of sways may be adjusted to ones abilities

osobie więcej trudności. Krótkiego lub długiego czasu utrzymania się w celu nie można jednoznacznie uznać za komplikację. W wypadku wyznaczenia celu odległego od położenia równowagi dłuższe przebywanie w silnym wychyleniu może badanemu sprawiać trudności. Sytuacja przedstawia się odmiennie w wypadku celów bliskich od położenia równowagi — wówczas przeszkodą może być krótki czas utrzymania się w celu ze względu na konieczność szybko wykonania kolejnego ruchu.

Kolejnym rozszerzeniem zadań jest wprowadzenie celów ruchomych jako bodźców prowokujących do wykonywania bardziej złożonych ruchów — na przykład śledzenie ruchomego obiektu poruszającego się po określonej trajektorii lub przejście przez labirynt. Wszystkie powyższe zadania można wykonywać z akcentem na czas, na dokładność lub na oba parametry jednocześnie. W pierwszym przypadku cele pojawiają się zgodnie z określonym harmonogramem czasowym, ocenie zaś podlega dokładność wykonania zadania. W drugim pacjent sam określa, kiedy kolejny cel zostanie mu pokazany, jeśli odpowiednio precyzyjnie osiągnie cel poprzedni i dostatecznie długo w nim się utrzyma. Nie istnieją znane autorom opracowania

określające zależność zdolności do wykonywania powyższych zadań od wieku pacjenta, a także od innych czynników wpływających na koordynację wzrokowo-ruchową.

Możliwe jest wzbogacenie zestawu mierzonych parametrów o pomiar aktywności mięśni przez powierzchniową rejestrację obwodni elektrotromiogramu (EMG, *electromyography*). Aktywność ta może być mierzona jednocześnie na obu nogach z dwóch mięśni. Interesujące wydaje się też skrzyżowanie prób na platformie posturograficznej z badaniem metodą elektronystagmografii (ENG, *electronystagmography*). Aparatura posturograficzna Pro-Med umożliwia wykonywanie takich prób, co może wskazywać na jej potencjalną przydatność w diagnostyce otolaryngologicznej.

Wirtualna rzeczywistość

W posturografii dynamicznej stosuje się bodźce oddziałujące na różne wejścia sensoryczne. Bodźce wizualne mogą wywoływać zaburzenia układu równowagi, zarówno przez przekazanie nie zawsze prawdziwej informacji o pionie, jak i przez sprowokowanie oczopląsu w wyniku stymulacji optokinetycznej. Powolna zmiana obrazu pionu może zostać uznana przez badanego za odchylenie i spowodować reakcję posturalną [20]. Jak wykazują prace, w wypadku zastosowania złożonego, a jednocześnie zbliżonego do rzeczywistego obrazu za pomocą technik wykorzystywanych w tworzeniu tak zwanej wirtualnej rzeczywistości można wywołać istotne zaburzenie posturalne. Sugestia tego typu bodźców jest silniejsza, jeżeli zastosuje się specjalne okulary z wmontowanymi ekranami (HMD, *Head Mounted Display*) [21–23].

Rehabilitacja ruchowa na platformie

Innym zastosowaniem posturografii o stale niedocenianym znaczeniu jest rehabilitacja. Proces rehabilitacji można tu rozumieć jako wspomaganie naturalnych procesów regeneracyjnych organizmu po przebytych urazie lub operacji, ale również jako kompensowanie utraty zdolności do wykonywania określonych funkcji lub zdolności przez wyćwiczenie nowych lub wzmocnienie potencjalnie istniejących, ale zanikających mechanizmów regulacji. Ma to znaczenie zwłaszcza w przypadku występowania rozmaitych dysfunkcji neurologicznych, w zakresie zdolności ruchowych, koordynacji, a także w zakresie obniżenia sprawności układu równowagi, wynikających z wystąpienia zawrotów głowy pochodzenia obwodowego.

Rehabilitacja polegająca na powtarzaniu, zaprogramowanym i kontrolowanym ruchu jest pojęciem zbliżonym do treningu. Przeprowadzanie ćwiczeń bez-

pośrednio na platformie posturograficznej wydaje się idealnym rozwiązaniem, umożliwiającym jednocześnie zadawanie ćwiczenia i kontrolę jego wykonania. Testy dynamiczne dla rehabilitacji ruchowej nie różnią się zasadniczo od opisanych już wcześniej dynamicznych zadań o charakterze diagnostycznym. Ponieważ każde zadanie jest bezpośrednio po wykonaniu oceniane przez swoisty zestaw parametrów — czas, dokładność, skala trudności — możliwa staje się ocena postępów rehabilitacji.

Wizja przyszłości

Obserwując postęp techniki komputerowej, można przewidzieć, że stosunkowo niewielkim kosztem możliwe stanie się skonstruowanie w niedługim czasie aparatury pozwalającej na trening rehabilitacyj-

ny osób starszych lub o ograniczonych zdolnościach ruchowych. Ideą jest tu powiązanie możliwości rejestracji aktualnego położenia COG i wyświetlania prawie rzeczywistego, wirtualnego obrazu sterowanego za pomocą ruchów osoby badanej na platformie posturograficznej. W ten sposób, na przykład, jazda na wirtualnej deskorolce może się stać bezpiecznym sportem rehabilitacyjnym. Nie występuje tu niebezpieczeństwo urazu w wyniku upadku. Ćwiczenie może być skuteczne ze względu na potencjalnie dużą motywację osób biorących w nim udział, wywołaną nastrojem zmieniających się pięknych widoków, dużą szybkością i atmosferą rywalizacji. Dodatkowym atutem byłaby możliwość jednoznacznej oceny wyników testu — dokładności i czasu wykonania.

Streszczenie

Celem badań nad stabilnością posturalną jest opracowanie metody diagnostycznej pozwalającej na wczesne wykrywanie zaburzeń równowagi, co zapobiegałoby wzrastającej z wiekiem liczbie przypadków utraty równowagi. Posturografia statyczna i dynamiczna są metodami oceny stabilności postawy człowieka. W ocenie dynamicznej „test maksymalnego pochylecia ciała” pozwala na wyznaczenie marginesu stabilności postawy stojącej. Jest on odpowiednikiem testu zasięgu funkcjonalnego Duncana. Margines ten w procesie starzenia stopniowo zmniejsza się kosztem zwiększenia marginesu bezpieczeństwa. Postępująca niestabilność jest kompensowana narastającym pochyleciem sylwetki do przodu oraz niesymetrycznym obciążaniem kończyn dolnych. W konsekwencji upośledzenia kontroli równowagi u ludzi w starszym wieku rozwija się strategia spowolnienia ruchowego. Strategia ta zazwyczaj nie przynosi oczekiwanych korzyści, a wręcz przeciwnie, utrudnia dynamiczną kontrolę równowagi. Dlatego w procesie rehabilitacji osób z ubytkiem równowagi należy zwrócić uwagę na trening szybkości reakcji. Pozwoli on na przełamanie zjawiska „błędnego koła” wywołanego strategią spowolnienia, a tym samym przyczyni się do podniesienia jakości życia osób w podeszłym wieku. Aparatura posturograficzna umożliwi wykonywanie dynamicznych zadań posturalnych w układzie sprzężenia zwrotnego, co można stosować w treningu rehabilitacyjnym. Pacjenci mogą obserwować na ekranie chwilowe położenie swojego środka ciężkości i przemieszczać go w określony sposób oraz kontrolować jego dokładność. Można w tym wypadku postużyć się wirtualną rzeczywistością, co może prowadzić do powstania wirtualnego, całkowicie bezpiecznego sportu, gdzie prawdziwy jest wysiłek fizyczny i jego pomiar.

słowa kluczowe: posturografia, stabilność posturalna, starzenie, rehabilitacja

PIŚMIENNICTWO

1. Teret S.P., Baker S.P., Defrancesco S.: *Report of the National Conference on Injury Control*. US Public Health Service. Department of Health and Human Services. 1981.
2. Błaszczyk J.W.: *Biomechanika Kliniczna*. PZWL 2004; 192–232.
3. Koozekanani S.H., Stockwell C.W., McGhee R.B., Firoozmant F.: *On the role of dynamic models in quantitative posturography*. IEEE Trans. Biomed. Eng. 1980; 27: 605–609.
4. Maki B.E., Holiday P.J., Fernie G.R.: *A posture control model and balance test for the prediction of relative postural stability*. IEEE Trans. Biomed. Eng. 1987; 34: 797–810.
5. Kubickowa J., Szkup K.: *Statokineziometria, technika i zastosowanie*. Otolaryng. Pol. 1974; 38: 279–286.
6. Isaacs B.: *Clinical and laboratory studies of falls in old people*. Clinics in Geriatric Medicine 1 (3). Saunders W.B., Philadelphia 1985.
7. Błaszczyk J.W., Lowe D.L., Hansen P.D.: *Ranges of postural stability and their changes in the elderly*. Gait Posture 1994; 2: 11–17.
8. Cummings S.R., Nevitt M.C.: *A hypothesis: The causes of the hip fractures*. J. Gerontol. 1989; 44: 107–111.
9. Massion J.: *Movement, Posture and Equilibrium: Interaction and Coordination*. Prog. Neurobiol. 1992; 38: 35–56.
10. Błaszczyk J.W., Hansen P.D., Lowe D.L.: *Evaluation of the postural stability in man: Movement and posture interaction*. Acta Neurobiol. Exp. 1993; 53: 155–160.
11. Błaszczyk J.W., Piórko A., Lowe D.H., Hansen P.D.: *Body transfer function as a potential measure of postural stability in man*. Biocyber. Biomed. Engin. 1994; 14: 97–107.
12. Błaszczyk J.W., Kubickowa J., Hansen P.D., Lowe D.H.: *Sensory-motor dysfunction related to postural instability in the elderly*. W: Taguchi K., Igarashi M., Mori S. (red.). *Vestibular and Neural Front Excerpta Medica* 1994; 1070: 131–134.

13. Błaszczyk J.W.: *Kontrola stabilności postawy*. Kosmos 1993; 42: 473–486.
14. Błaszczyk J.W., Lowe D.L., Hansen P.D.: *Postural sway and perception of the upright stance stability borders*. Perception 1993; 22: 1333–1341.
15. Błaszczyk J.W., Lowe D.L., Hansen P.D.: *Age-related changes in the perception of support surface inclination during quiet stance*. Gait Posture 1993; 1: 161–165.
16. Błaszczyk J.W., Hansen P.D., Lowe D.L.: *Accuracy of the passive ankle positioning during quiet stance in young and elderly subjects*. Gait Posture 1993; 1: 211–215.
17. Horak F.B., Shupert C.L., Mirka A.: *Components of Postural Dyscontrol in the Elderly: A Review*. Neurobiol Aging 1989; 10: 727–738.
18. Olton J.: *Posturograf. System, badania i oceny układu równowagi koordynacji wzrokowo-ruchowej — Instrukcja*. Pro-Med 2004.
19. Błaszczyk J.W., Klonowski W.: *Postural stability and fractal dynamics*. Acta Neurobiol. Exp. 2001; 61: 105–112.
20. Nasher L.M.: *Computerized dynamic posturography*. W: Jacobsen G.P., Newman C.W., Kartush J.M. (red.). *Handbook of Balance Function Testing*. Mosby-Year Book 1993; 280–305.
21. Lott A.: *The Effect of Two Types of Virtual Reality on Voluntary Center of Pressure Displacement*. Cyber. Psychology Behavior 2003; 6: 477–485.
22. Tossavainen T., Juhola M., Pyykkö I., Aalto H., Toppila E.: *Development of virtual reality stimuli for force platform posturography*. Intern. J. Med. Inform. 2003; 70: 277–284.
23. Tossavainen T., Juhola M., Pyykkö I., Toppila E., Aalto H., Honkavaara P.: *Towards virtual reality stimulation in force platform posturography*. Medinfo 2001; 10: 854–857.

Małgorzata Fedyk-Łukasik

Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego
w Krakowie

Leki beta-adrenolityczne w niewydolności serca u osób starszych

Beta-blocker therapy of heart failure in elderly patients

Abstract

Beta-blocker therapy plays a major role in the treatment of cardiovascular diseases. Due to their properties β -blockers were used for many years in hypertension, ischaemic heart disease and arrhythmias. Recently some trials revealed effectiveness of some of these agents in heart failure. The results show that long-term β -blocker therapy in patients with chronic heart failure was able to prevent or partially reverse progressive left ventricular dilatation, even in NYHA III and IV patients. In consequence this therapy induces clinical and hemodynamic improvement, with increasing survival and quality of life. Heart failure in the elderly is recognized as a national public health priority; however, clinical diagnosis and therapy can be problematic in elderly people because of comorbidity and polytherapy. Studies show that β -blockade is very effective and safe way of chronic heart failure management, in elderly patients also. In spite of evidence β -adrenolitics are still underused.

key words: heart failure, beta-blockade, elderly

Wstęp

Leki β -adrenolityczne stosuje się od ponad 40 lat. Znaczenie tych preparatów podkreśla fakt, że za ich odkrycie w 1988 roku prof. Jamesowi Blackowi przyznano nagrodę Nobla w dziedzinie medycyny. Od momentu ich pierwszego zastosowania w leczeniu nadciśnienia tętniczego do dnia dzisiejszego znaczenie β -adrenolityków uległo ewolucji. Udokumentowano ich skuteczność w leczeniu choroby niedokrwiennej serca i zaburzeń rytmu serca. Największa zmiana zaszła w stosunku do niewydolności serca, którą początkowo uważano za bezwzględne przeciwwskazanie do ich stosowania, a obecnie β -adrenolityki należą do podstawowych leków stosowanych w tym schorzeniu. U podstaw tych zmian leżą coraz głębsza wiedza na temat patofizjologii niewydolności serca oraz wyniki wielkich programów badawczych. Objęły one tak-

że populację osób starszych i udowodniły, że leki β -adrenolityczne przynoszą nie mniejsze korzyści w tej grupie wiekowej (po 65 rż.) niż u osób młodszych. Znaczenie tych badań jest tym większe, że wraz z wiekiem wzrasta częstość niewydolności serca. U osób starszych współistnieje ona z różnymi schorzeniami i może być przez nie maskowana, co prowadzi do późniejszego rozpoznania i być może większego zaawansowania choroby. Dodatkowe utrudnienie u osób w podeszłym wieku wiąże się z terapią, a raczej z wielochorobowością i związaną z tym koniecznością polipragmazji. Wyniki badań klinicznych upoważniają do bezpiecznego stosowania β -adrenolityków w tej grupie chorych przy uwzględnieniu zasad ich wprowadzania, zwiększania dawek, modyfikacji przy występowaniu objawów dekomensacji niewydolności serca lub objawów niepożądanych oraz ewentualnego odstawienia leków.

Klasyfikacja leków beta-adrenolitycznych

Leki blokujące receptory β -adrenergiczne nie stanowią grupy jednorodnej farmakologicznie. Klasyfikuje się je ze względu na:

Adres do korespondencji: lek. med. Małgorzata Fedyk-Łukasik
Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii
Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego
w Krakowie
ul. Śniadeckich 10, 31–531 Kraków
tel.: (012) 424 88 02, e-mail: m_fedyk@mp.pl
© 2005 Polskie Towarzystwo Gerontologiczne