

Politechnika Opolska

**DAWID BĄCZKOWICZ, DOROTA BORZUCKA, JUSTYNA CHARAŚNA,
BOŻENA WOJCIECHOWSKA – MASZKOWSKA**

***Analysis of stabilographic parameters in standing on both legs
and in standing on hands***

**Analiza parametrów stabilograficznych w postawie stojącej obunóż
i w staniu na rękach**

WSTĘP

Człowiek w rozwoju filogenetycznym uzyskał pionową postawę ciała stając się osobnikiem dwunożnym. W swojej ewolucji kończyny dolne przystosowały się do funkcji podporowej i nośnej (lokomocyjnej), natomiast kończyny górne utraciły swoją pierwotną funkcję i ewoluowały do efektywniejszych, precyzyjniejszych i szybszych zadań ruchowych, chwytanych i manipulacyjnych [7]. Wpłynęło to na szereg zmian w statyce i dynamice ciała, ale przede wszystkim na utrzymanie pionowej pozycji, przyrost wymiaru wysokościowego oraz pełny wyprost w stawach biodrowych i kolanowych, przesunięcie położenie środka ciężkości ciała i zmniejszenie powierzchni podparcia. W następstwie tych zmian nastąpiło zmniejszenie stabilności ciała i obciążenie miednicy i stóp [1]. Człowiek równowagę w postawie stojącej obunóż zachowuje poprzez odruchowe ruchy stóp oraz synergię mięśniową równoważąc przemieszczanie się środka masy ciała. Siłami wypadkowymi na podłoże są siły nacisku stóp na powierzchnię podparcia. Punkt przyłożenia tych sił zmienia swe położenie, to znaczy przemiesza się on różnokierunkowo zgodnie ze zmieniającym się kierunkiem nacisku powierzchni podparcia na podłoże. Obraz pola powierzchni podparcia, po którym oscyluje punkt nacisku na podłoże w badaniach stabilograficznych może pośrednio stanowić miarę utrzymania równowagi ciała [5]. Utrzymanie równowagi przez człowieka było przedmiotem wielu badań biomechaników [2, 3, 4, 5, 6], którzy analizowali otrzymane wskaźniki w wybranych pozycjach równoważnych, dokonywali porównań, badali wpływy wielkości powierzchni podparcia zależne od zakłóceń zewnętrznych na przebieg procesu regulacji równowagi. O ile postawa stojąca obunóż jest naturalną pozycją człowieka, to utrzymanie równowagi w pozycji odwrotnej – w staniu na rękach jest wynikiem procesu treningowego. Regulacja stabilności postawy w staniu na rękach przebiega podobnie jak w pozycji obunóż.

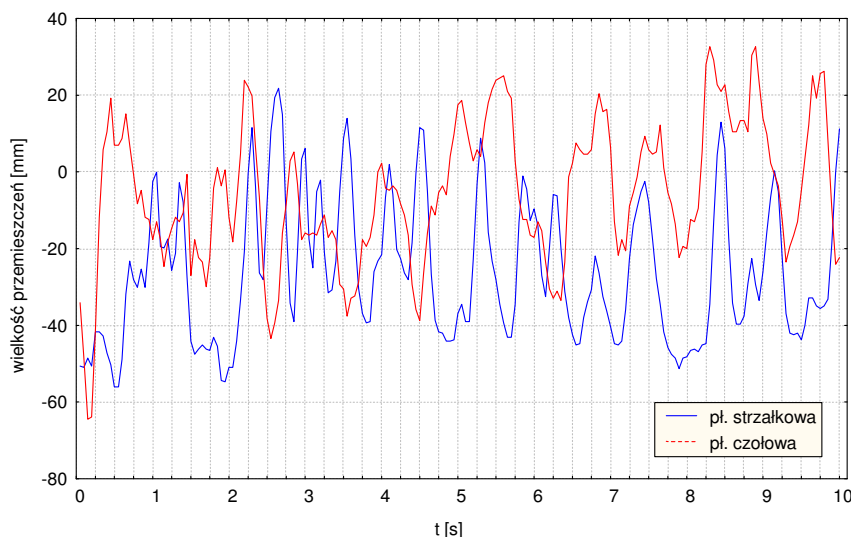
Niemowlę ludzkie ponad rok uczy się pewnego stania na nogach i ciągle tę umiejętność doskonali. Etap raczkowania kończy się zwykle po kilku miesiącach, a w drugim roku życia dziecko potrafi pionizować pozycję ciała i poruszać się pewnie na dwóch nogach. Dziecko przyjmuje pozycję wyprostną zmniejszając swoją płaszczyznę podparcia oraz unosząc środek ciężkości w miarę rozwoju [2, 3]. Spionizowanie ciała jest ściśle powiązane z uwolnieniem kończyn górnych od funkcji podporowych i wykonywaniem za ich pomocą czynności

manualnych. Wykonywanie różnych zadań rękoma w sposób świadomy i kontrolowany, odbywa się często na bazie odruchowego ustawienia ciała w określonej pozycji [2, 7]. Analogicznie do procesów pierwotnych takich jak nauka chodu, biegu, stanie na rękach jest pozycją przyjmowaną odruchowo. Permanentne doskonalenie (poprzez ciągłe naturalne powtarzanie) umiejętności stania na rękach prowadzi do zautomatyzowania tej czynności [2]. Stanie na rękach podobnie jak wiele ludzkich mechanizmów odruchowych (chód, bieg, chwyt), jest możliwe do wyuczenia. Mechanizmy odruchowe wyzwalane przez człowieka, które są swoistym regulatorem procesu regulacji równowagi w postawach równoważnych, ale odwróconych względem siebie, mogą być podobne [4]. Celem pracy jest opis parametrów biomechanicznych zabezpieczających proces zachowania równowagi ciała w postawie stojącej obunóż i w staniu na rękach.

MATERIAŁ I METODA BADAWCZA

W przeprowadzonych badaniach udział wzięło 22 zawodników i zawodniczek gimnastyki sportowej, w wieku 11-15 lat na poziomie II i III klasy sportowej z Nyskiego Towarzystwa Gimnastycznego. Stan zaawansowania sportowego umożliwił wszystkim zawodnikom udział w przeprowadzonych badaniach. Jako pierwsze zadanie, które wykonywali zawodnicy było stanie obunóż przez okres 10 sekund. Następną próbą była próba wykonania stania na rękach i utrzymania tej pozycji przez okres 10 sekund. W badaniu posłużono się platformą stabilograficzną (metoda opisana przez M. Golemę, 2002), sprzężoną ze wzmacniaczem, przetwornikiem analogowo-cyfrowym i komputerem oraz programem komputerowym AS 31 (do rejestracji przebiegu zadania). Rejestrowano przemieszczanie się punktu wypadkowej siły nacisku stóp lub dłoni na powierzchnię podparcia w płaszczyznach: strzałkowej i czołowej w funkcji czasu. Częstotliwość próbkowania wynosiła 20 Hz. Zapis rejestrowano dla każdego zawodnika w osiągniętej przez niego stabilnej pozycji.

Jako wyniki badań otrzymano wykresy zarejestrowanej oscylacji punktu przyłożenia wypadkowej siły nacisku na podłoże (COP) w badanych zadaniach w staniu na nogach i w staniu na rękach.



Rys. 1 Przykładowy zapis zmian położenia punktu przyłożenia wypadkowej siły nacisku na podłoże podczas wykonywania stania na rękach

Proces utrzymywania równowagi opisano obliczonymi wartościami następujących parametrów:

1. Zmienność przemieszczeń krzywej stabilogramu. Obliczono ją dla każdego stabilogramu z ciągu czasowego utworzonego z szeregu 200 wartości współrzędnych. Wartością, współrzędnych jest odległość punktu przyłożenia wypadkowej siły nacisku stopami na podłoże od osi zerowej.
2. Zakres przemieszczeń COP (Z) w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej. Jest to różnica pomiędzy wartością maksymalną i minimalną współrzędnych.
3. Prędkość średnia przemieszczeń krzywej stabilogramu. Jest to iloraz długości krzywej stabilogramu przez czas pomiaru.

WYNIKI

Dla wybranych parametrów stania swobodnego obunóż i stania na rękach obliczono średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe dla badanej grupy oraz sprawdzono istotność różnic między wielkościami w obu badaniach. W tabeli 1 podano wartości średnie arytmetyczne dla wybranych parametrów i odchylenie standardowe, do obliczenia osiągniętych wartości posłużono się programem Statistica.

Tab. 1 Wartości średnich arytmetycznych i odchyłeń standardowych badanych parametrów

	stanie na nogach		stanie na rękach	
	płaszczyzna strzałkowa	płaszczyzna czołowa	płaszczyzna strzałkowa	płaszczyzna czołowa
zmienność [mm]	3.95±2.25	2.57±1.10	15.48±5.94	8.19±4.34
zakres [mm]	16.98±8.00	12.18±5.61	61.76±23.07	44.35±27.57
średnia prędkość [mm/s]	7.55±5.63	5.20±2.72	39.76±14.32	18.72±8.24

Parametrem pierwszym różnicującym badane pozycje jest zmienność przemieszczeń, wyrażona w milimetrach. Analiza wyników wykazuje znaczną różnicę w jej wartościach między płaszczyznami i między staniem na rękach, a staniem obunóż. W staniu na rękach, różnica tego parametru między płaszczyznami wynosi 7.3, a wstaniu obunóż 1.4. Porównując płaszczyznę strzałkową w staniu na rękach do płaszczyzny strzałkowej w staniu na nogach, różnica wynosi 11.5. Mniejsza różnica – 5.6, jest między staniem na nogach, a staniem na rękach w płaszczyźnie czołowej. Uzyskane wartości drugiego parametru, którym jest zakres przemieszczeń, również znacząco charakteryzują stanie obunóż i stanie na rękach. W obu badanych postawach ciała, w płaszczyźnie strzałkowej uzyskano wartości wyższe w stosunku do płaszczyzny czołowej. Różnica wartości zakresu między płaszczyznami w staniu na nogach wynosi 4.8, a w staniu na rękach – 17.4. Natomiast porównanie uzyskanych wartości zakresu przemieszczeń, w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej w staniu na rękach do wartości w tych samych płaszczyznach, ale w staniu obunóż, wykazuje różnicę dla płaszczyzny czołowej 32.1, a dla płaszczyzny strzałkowej 44.7. Ostatnim badanym parametrem, jest średnia prędkość przemieszczeń, wyrażona w milimetrach/sekundę. Bardzo dużą różnicę zaobserwowano w staniu na rękach w płaszczyźnie strzałkowej do płaszczyzny czołowej, której wartość wynosi 21.0. Natomiast różnica w średniej prędkości między płaszczyznami w staniu na nogach wynosi 2.3.

W płaszczyźnie strzałkowej i czołowej, parametr ten, znacznie różnicuje stanie na rękach od stania obunóż, jej wartość wynosi odpowiednio 32.2 i 13.5.

DYSKUSJA

Wyniki badań wyraźnie pokazują, że w płaszczyźnie czołowej uzyskane parametry stabilograficzne są niższe niż w płaszczyźnie strzałkowej, zarówno w staniu obunóż jak i w staniu na rękach. Fakt ten znajduje swoje uzasadnienie w tym, że człowiek ma dwa punkty podparcia ciała w osi poprzecznej, natomiast w płaszczyźnie strzałkowej ciało oparte jest na jednej osi. Sytuację tę można porównać do dwóch łańcuchów biokinematycznych, przy czym w płaszczyźnie czołowej mamy do czynienia ze strukturą łańcucha biokinematycznego zamkniętego, a w płaszczyźnie strzałkowej z łańcuchem biokinematycznym otwartym. Wyższe wartości wszystkich parametrów w staniu na rękach w stosunku do uzyskanych wartości w staniu obunóż, można interpretować, brakiem wykształconych odpowiednich mechanizmów odruchowych w procesie regulacji równowagi w odwróconej pionowej pozycji ciała. Podobne wyniki w swoich badaniach uzyskała M. Sobera [5, 6]. Proces regulacji równowagi ciała w staniu obunóż, kształtowany i doskonalony na przestrzeni tysięcy lat jest wysoko rozwinięty. Ten zautomatyzowany nawyk ruchowy człowieka, uwarunkowany jest poprzez uruchamianie mechanizmów odruchowych, realizowanych wg odpowiedniego (dla danego człowieka) programu, a „jakość” programu, uzależniona jest od poziomu wytrenowania i rozwoju osobniczego. Stanie na rękach nie jest pozycją codzienną człowieka, ale poziom sportowy gimnastyków warunkuje zdolność wykonania tego zadania ruchowego. Jest to postawa wyuczona (przyjęta sztucznie) i między innymi, dlatego występują takie duże dysproporcje między uzyskanymi wartościami badanych parametrów. Jak wykazują wyniki badań, nawet przy wyuczonej postawie, takiej jak stanie na rękach, proces regulacji równowagi ciała jest trudniejszy niż w staniu obunóż.

WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych badań, stwierdzono, że w staniu na rękach są wyraźnie większe wartości parametrów stabilograficznych, co prawdopodobnie spowodowane jest brakiem odpowiednio wykształconych mechanizmów odruchowych w procesie regulacji równowagi ciała dla funkcji podporowo – lokomocyjnych rąk.

PIŚMIENNICTWO

1. Fidelus K.: Biomechaniczna analiza postawy, Wychowanie Fizyczne i Sport, nr 2, 1961.
2. Golema M.: Charakterystyka procesu utrzymania równowagi ciała człowieka w obrazie stabilograficznym, Studia i Monografie, AWF, Wrocław, 2002 r.
3. Golema M., Stachowska M.: Sposób wykorzystania powierzchni podparcia stóp na podłożu przez gimnastyczki podczas wykonywania trudnych zadań równoważnych, Materiały XIII Szkoły Biomechaniki Poznań 1996, Monografia nr 330, AWF Poznań 1996 r.
4. Kuczyński M.: Regulacja pozycji pionowej człowieka: Od metod oceny do mechanizmów, „Człowiek i Ruch”, nr 2 (2), 2000 r., s. 34-44.
5. Sobera M.: Utrzymanie równowagi podczas postawy stojącej i stania na rękach, „Człowiek i ruch” nr 2 (4) 2001 r., s. 61.
6. Sobera M., Piestrak P., Sojka-Krawiec K.: Badania stabilograficzne w testach motorycznych, [w:] Wybrane zagadnienia biomechaniki sportu (red. Cz. Urbaniak), Warszawa 2001, s. 145 – 149.
7. Waloński N.: Rozwój biologiczny człowieka, cz. II, PWN, Warszawa 1986.

STRESZCZENIE

Podjęte badania miały na celu opis parametrów biomechanicznych zabezpieczających proces zachowania równowagi ciała w postawie stojącej obunóż i w staniu na rękach. Badania przeprowadzono na grupie 22 zawodników i zawodniczek gimnastyki sportowej, w wieku 11-15 lat na poziomie II i III klasy sportowej z Nyskiego Towarzystwa Gimnastycznego. W badaniu, posłużono się platformą stabilograficzną, sprzężoną ze wzmacniaczem, przetwornikiem analogowo-cyfrowym i komputerem oraz programem komputerowym AS 31, do rejestracji przebiegu zadania. Analiza wybranych parametrów (zmiennosc krzywej stabilogramu, zakres przemieszczeń COP i prędkość średnia przemieszczeń krzywej stabilogramu), opisujących proces utrzymania równowagi w staniu na rękach w porównaniu z analogicznymi wielkościami w staniu swobodnym obunóż, dowodzi, iż różnice te są istotne statystycznie na poziomie $p < 0,01$. Poziom sportowy gimnastyków warunkuje zdolność wykonania stania na rękach, ale w konsekwencji proces stabilności układu równowagi człowieka w tej pozycji jest trudniejszy niż ma to miejsce w staniu obunóż, która jest naturalną pozycją człowieka, kształtowaną w procesie jego rozwoju ewolucyjnego.

SUMMARY

The study was undertaken in order to determine the biomechanical parameters ensuring the balance of the body in standing on both legs and in standing on hands. The study was performed on 22 male and female gymnasts aged 11 – 15 years at the level of II and III sport class from the Nysa Gymnastic Society. The measurements were performed with the use of stabilographic platform connected to an amplifier, an analogue-digital converter and a computer. A computer program AS 31 was used to register the course of the test. Analysis of chosen parameters (variability of the stabilogram's curve, transpositions of the COP range, mean speed of the stabilogram's curve transpositions) describing the process of maintaining balance in standing on hands compared to corresponding parameters in free standing on two legs revealed statistically significant ($p < 0,01$) differences. Trained gymnasts are capable of performing the standing on hands, but maintaining balance in this position is much more difficult than in standing on two legs, which is a natural, evolutionally developed position of man.