

Academy of Physical Education in Wrocław, Poland
Małgorzata Sobera – Katedra Gimnastyki AWF Wrocław

MAŁGORZATA SOBERA

Body balance in natural stance position of young children and adults

Równowaga ciała w naturalnej pozycji stojącej u małych dzieci i osób dorosłych

Badania równowagi ciała dzieci w różnych etapach rozwoju ontogenetycznego były przedmiotem dociekań kilku autorów (Lebiedowska, 1997; Riach i Starkes, 1994; Sobera i Siedlecka, 2003; Sobera, 2004). Stanie w naturalnej pozycji stojącej jest procesem dynamicznym, chociaż trudno zauważyć wyraźne ruchy poszczególnych części ciała szczególnie, gdy obserwuje się osoby dorosłe, które mają za sobą kilkunastoletni trening stania obunóż. U małych dzieci w wieku 2-4 lat, które niedawno nauczyły się przyjmować pozycję stojącą, ruchy w głównych stawach ciała podczas stania obunóż są bardziej zauważalne. Celowym wydaje się być porównanie procesu utrzymywania równowagi u małych dzieci i u osób dorosłych.

Utrzymanie równowagi podczas stania, bez wykonania kroku, jest możliwe wtedy, gdy rzut środka masy ciała (COG - center of gravity) przemieszcza się wewnątrz anatomicznej powierzchni podparcia stóp (Błaszczyk i wsp., 1993). Stopy natomiast wykonują mikroruchy w stawach skokowych, naciskając na podłoże w kierunku zgodnym z ruchem COG, ale w większym zakresie. Wypadkowy punkt przyłożenia siły nacisku stóp na podłoże (COP - center of pressure) jest tożsamy z wypadkowym punktem przyłożenia siły reakcji podłoża (Golema, 1987). Przebieg oscylacji COP w funkcji czasu można bardzo dokładnie zbadać i zarejestrować, a na podstawie uzyskanego sygnału wnioskować o procesach regulacji i sterowania układem ruchu podczas stania. Kuczyński (2001) nazywa różnicę przebiegów COP-COG „sygnałem korekcyjnym stóp”. Na podstawie przebiegu COP w funkcji czasu można określić wskaźniki stabilności, które służą analizie szczegółowej procesu utrzymywania równowagi.

Można założyć, że wskaźniki te różnicują grupy wiekowe badanych i pozwolą opisać prawidłowości rządzące regulacją ciała w naturalnej pozycji stojącej, charakterystyczne dla danej grupy wiekowej.

W toku badań poszukiwano odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy prawa stopa wykonuje takie same ruchy naciskając na podłoże jak lewa w obrębie każdej z grup badanych?
2. Jakie są różnice stabilności ciała pomiędzy grupą małych dzieci i dorosłymi?

MATERIAŁ I METODA

W badaniach brało udział 14 zdrowych dzieci w wieku 2-4 lat o masie ciała 16,2 kg (+/-1,8kg) oraz grupa 26 studentów studiów stacjonarnych AWF we Wrocławiu w wieku 20-22 lata o średniej masie ciała 68,91 kg (+/-5,67kg). Wysokość ciała badanych nie wpływa na wyniki badań (Sobera i Siedlecka, 2003; Lebiedowska, 1997), więc nie zanotowano tych wymiarów ciała. Nie podzielono również badanych na grupy płci, gdyż wcześniejsze badania dowodzą, że nie ma różnicy pomiędzy dziewczętami a chłopcami w wykonaniu zadania stania swobodnego (Lebiedowska i Syczewska, 2000).

Badani stali w pozycji dwunożnej na dwóch platformach tensometrycznych – po jednej pod każdą stopą – przez 20 sekund. Częstotliwość próbkowania wynosiła 20 Hz. Sygnał odbierany z czujników tensometrycznych platform, po wzmocnieniu został zarejestrowany przez komputer. Zapisywano

przebieg przemieszczeń COP w kierunku przednio-tylnym dla każdej stopy osobno. Po przeskalowaniu sygnałów wykonano obliczenia następujących wskaźników ilościowych:

- rozproszenia danych (rozrzut danych) - SD [mm] w płaszczyźnie strzałkowej
- zakres przemieszczeń COP – Z [mm] w płaszczyźnie strzałkowej
- prędkość przemieszczeń COP – V [mm/s].

Obliczono średnie wartości tych wskaźników oraz sprawdzono istotności różnic pomiędzy lewą a prawą nogą w obrębie poszczególnych grup wiekowych. Kolejnym etapem obliczeń było poszukiwanie różnic pomiędzy wskaźnikami stabilności dzieci i osób dorosłych. Obliczenia oraz rysunki wykonano przy użyciu programu STATISTICA 5.0.

WYNIKI

W tabeli 1 zestawiono wszystkie wartości średnie w/w wskaźników stabilności dla prawej i lewej stopy w obu grupach badanych. Wielkości te poddano testowaniu testem t-Studenta na istotność różnic pomiędzy wskaźnikami prawej i lewej stopy w obrębie każdej z grup badawczych.

W grupie dzieci 2-4 lat nie zanotowano żadnych istotnych statystycznie różnic pomiędzy wskaźnikiem zmienności, zakresem i prędkością przebiegu COP prawej i lewej stopy w kierunku przednio-tylnym. Oznacza to, że prawa i lewa stopa działa podobnie podczas stania obunóż, przemieszczając wypadkowy punkt nacisku w płaszczyźnie strzałkowej

**Tabela 1. Średnie wartości wskaźników stabilności ciała obu badanych grup.
W nawiasach okrągłych podano odchylenie standardowe**

Grupa badanych	SD [mm] prawa st.	SD [mm] lewa st.	Z COP [mm] prawa st.	Z COP [mm] lewa st.	VCOP [mm/s] prawa st.	V COP [mm/s] lewa st.
Dzieci N=14	5,47 (1,94)	6,32 (2,29)	27,45 (11,06)	32,27 (12,41)	10,62* (4,29)	12,63* (5,65)
Dorośli N=26	5,25 (2,61)	5,89 (2,36)	23,53 (10,62)	26,05 (12,41)	7,48* (2,94)	8,62* (2,67)

istotne na poziomie $p < 0,05$

Oznacza to, że prawa i lewa stopa działa podobnie podczas stania obunóż, przemieszczając wypadkowy punkt nacisku w kierunku przednio-tylnym w podobny sposób. Dorośli także nie wykazują żadnych istotnych statystycznie różnic pomiędzy wskaźnikami stabilności prawej i lewej stopy.

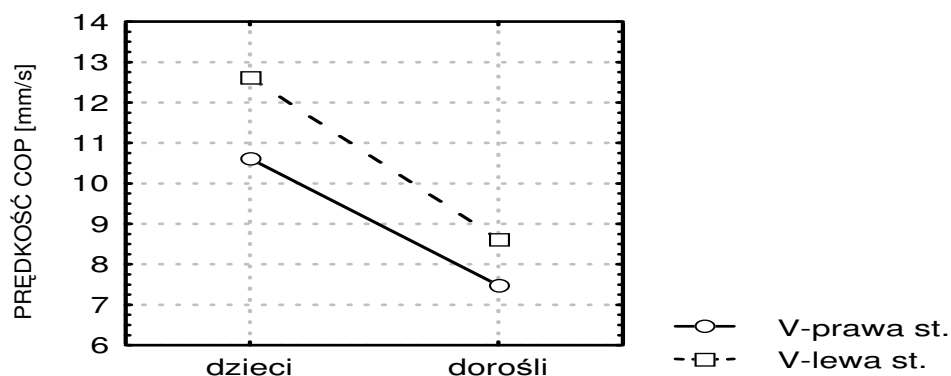
Wskaźnik zmienności przemieszczeń COP prawej i lewej stopy przybiera niemal identyczne średnie wartości u dzieci i w grupie studentów (tab.1). Ten fakt dowodzi, że zmienność przemieszczania nacisku w kierunku przednio-tylnym każdej stopy z osobna jest taka sama u małych dzieci, które już swobodnie stoją w pionowej pozycji, jak u osób dorosłych. Wielkość przemieszczeń COP w przód i w tył prawej i lewej stopy jest nieco większa w grupie dzieci niż u dorosłych, ale różnice te nie spełniają warunku istotności (tab.1).

Wskaźnik prędkości oscylacji COP wykazuje znaczące różnice pomiędzy grupą dzieci i grupą dorosłych (rys. 1). Większa wartość wskaźnika prędkości oscylacji COP u dzieci niż u dorosłych może wydać się zastanawiająca ze względu na oczywiste różnice w wymiarach stóp małych dzieci i osób dorosłych, a tym samym – różnice w wielkości anatomicznej powierzchni podparcia.

DYSKUSJA

Nie zanotowano istotnych różnic pomiędzy jakimikolwiek z wymienionych w pracy wskaźnikami prawej i lewej stopy w obrębie jednej grupy badanych. Fakt ten sugeruje podobny sposób regulacji równowagi poprzez nacisk każdą stopą z osobna u dzieci w wieku 2-4 lat jak i u dorosłych.

Rezultaty niniejszych badań są częściowo spójne z dotychczasowymi, zwłaszcza w przypadku wielkości zakresu przemieszczeń COP i wskaźnika zmienności. Wskaźnik ten wykazuje podobne tendencje jak w badaniach dużej grupy dzieci w wieku od 2 do 6 lat, gdzie wszystkie grupy wiekowe dzieci wykazały jednorodność w przemieszczaniu COP w płaszczyźnie strzałkowej (Sobera, 2003). Riach i Starkes (1994) stwierdzili, że wskaźnik zmienności u dzieci 4-7 lat jest wyższy niż u 8-latków i osób dorosłych, przy czym dopiero 8-letnie dzieci wykazały się najniższą zmiennością położenia COP ze wszystkich badanych przez autorów grup wiekowych. Niemniej różnice w grupie badanych dzieci są niewielkie, chociaż wykazują tendencję spadkową w stosunku do młodszych dzieci.



Rys. 1. Wartości prędkości przemieszczeń COP prawej i lewej stopy w kierunku przednio-tylnym w obu grupach badanych

Rezultaty maksymalnego wychylenia punktu nacisku stóp na podłoże w przód i w tył u dzieci w wieku 6-18 lat otrzymane przez Lebedowską (1997) dowodzą, że zakres przemieszczeń wypadkowego COP obu stóp w przód i w tył ma prawie taki sam wymiar – 25,3 mm – jak średnia wartość amplitudy przemieszczeń COP prawej i lewej stopy badanych dzieci (27,45 i 32,27mm) chociaż wiekowa grupa badanych przez tą autorkę dzieci różni się od wieku małych dzieci 2-4 lat, badanych w tej pracy. Przytoczone wyniki badań oraz przedstawione w niniejszej pracy pozwalają stwierdzić, że ilościowe wskaźniki stabilności - zmienność i zakres przemieszczeń COP – nie różnicują wyraźnie grup wiekowych. Do innych wniosków doszli Newell i wsp. (1997), którzy porównywali stanie obunóż na jednej platformie sił w grupach dzieci 3- i 5-letnich, studentów i osób starszych. Dzieci 3-letnie wykazały najwyższe wartości pola powierzchni podparcia stóp, a młodzi dorośli – najniższe ze wszystkich badanych grup. Pole powierzchni oscylacji COP jest jednak innym wskaźnikiem stabilności ciała i zawiera dane również o wychyleniach ciała w płaszczyźnie przednio-tylnej i w bocznej, które w ogólnym wymiarze przemieszczeń COP może mieć istotne znaczenie.

Wskaźnik prędkości przemieszczeń COP prawej i lewej stopy nie różni się zasadniczo w obrębie każdej grupy badanych, natomiast różnice te są znaczne w przypadku porównania VCOP prawych i lewych stóp dzieci i osób dorosłych (rys.1). Dzieci wykazały większą prędkość oscylacji COP niż osoby dorosłe. Do podobnych wniosków doszli Riach i Starkes (1994), którzy stwierdzili, że dzieci 4-7 lat szybciej przemieszczają COP podczas regulacji równowagi ciała niż dzieci 8-13 lat, które osiągają podobne wartości prędkości COP jak osoby dorosłe. Dzieci młodsze niż w pracy w/w autorów (2-4 lat, wykazują dwa razy mniejsze wartości wskaźnika prędkości COP prawej i lewej stopy. Przyczyną takiej różnicy wyników może być fakt, że Riach i Starkes (1994) obliczyli całkowitą drogę przemieszczeń COP – łącznie z oscylacją w kierunkach bocznych, a niniejszej pracy wzięto pod uwagę przemieszczenia w kierunku przedni-tylnym.

PODSUMOWANIE

Nie ma zasadniczych różnic w sposobie nacisku prawą i lewą stopą podczas utrzymywania równowagi w postawie stojącej zarówno u dzieci w wieku 2-4 lat jak i u dorosłych. Przemieszczanie punktu nacisku stopy prawej i lewej w kierunku przednio-tylnym odbywa się w podobny sposób, co do zmienności i amplitudy, w obrębie obu grup badanych.

Ilościowe wskaźniki stabilności ciała – zmienność i amplituda punktu nacisku stóp na podłoże – nie różnicują małych dzieci i osób dorosłych. Zasadnicza różnica w sposobie regulacji równowagi postawy stojącej zawiera się w prędkości przemieszczeń punktu nacisku stopami na podłoże, co może odzwierciedlać sprawność centralnego systemu nerwowego, który niewątpliwie różni się w opisywanych powyżej grupach badanych.

PIŚMIENNICTWO

1. Błaszczyk J. i wsp. Postural sway and perception of the upright stance stability borders. *Perception*, 1993, nr 22, pp. 1333-1341.
2. Golema M. Stabilność pozycji stojącej. *Studia i Monografie AWF we Wrocławiu*, 1987, 17.
3. Kuczyński M. Sterowanie lepko-sprężyste w układzie równowagi człowieka. *Człowiek i Ruch*, 2001, nr 2(4), str. 33-38
4. Lebedowska M.K. Metody oceny wybranych parametrów narządu ruchu oparte na biomechanicznych modelach procesu rozwojowego dzieci w wieku 6-18 lat. Cz. 3. Wskaźniki funkcji utrzymywania równowagi. *Post. Rehab.*, 1997, Tom XI, z. 1, s. 21-27.
5. Lebedowska M., Syczewska M. (2000) Invariant sway properties in children. *Gait and Posture*, 12, pp. 200-204.
6. Newell K.M. i wsp. Short-term non-stationarity and the development of postural control. *Gait and Posture*, 1997, No 6, pp. 56-62.
7. Riach C.L., Starkes J.L. Velocity of center of pressure excursions as an indicator of postural control systems in children. *Gait and Posture*, 1994, vol. 2, pp. 167-172.
8. Sobera M., Siedlecka B. Badania rozwoju równowagi u dzieci w wieku 3-6 lat. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 2003, Vol.5, Suppl. 1, pp. 448-454.
9. Sobera M. Współzależność prawej i lewej stopy podczas utrzymywania równowagi ciała w pozycji dwunożnej u małych dzieci. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 2004, Vol.6, Suppl. 1, pp. 438-444.

STRESZCZENIE

Celem pracy jest porównanie wskaźników stabilności ciała dzieci w wieku 2-4 lat (N=14) i osób dorosłych (N=26). Badanie oscylacji punktu nacisku prawej i lewej stopy (COP) w funkcji czasu było podstawą analizy mechanizmów utrzymywania równowagi ciała. Do badań wykorzystano dwie platformy tensometryczne, po jednej pod każdą stopą. Zadaniem badanych było stanie w pozycji stojącej obunóż na platformach przez 20 sekund. Rejestrowano przebieg punktu nacisku stopy prawej i lewej w funkcji czasu (COP). Obliczono wskaźniki stabilności ciała: zmienność, amplitudę i prędkość przemieszczeń COP. Stwierdzono, że ilościowe wskaźniki stabilności ciała – zmienność i amplituda punktu nacisku stóp na podłoże – nie różnicują skrajnych grup wiekowych osób badanych. Zasadnicza różnica w sposobie regulacji równowagi postawy stojącej zawiera się w prędkości oscylacji COP.

SUMMARY

The purpose of the study is comparison of stabilographic parameters in children aged 2-4 years (N=14) and adults (N=26). The investigation of the oscillating right and left foot center of pressure (COP) signals was the basis to analyze mechanisms of maintenance body balance. Two force platforms – one under each foot - were used for recording the COP displacement. The task was free standing on platforms for 20 second. The parameters: variance, amplitude and velocity of COP were calculated. The results indicate that the quantitative parameters – variance and amplitude – do not differentiate the group of young children and adults. The main difference in strategy of postural control is the velocity of displacement COP.