

Katedra Gimnastyki AWF Wrocław
Academy of Physical Education in Wrocław, Poland

MAŁGORZATA SOBERA

***Co-operation the right and left foot during maintainig body balance
in children and adults***

**Współdziałanie prawej i lewej stopy w procesie utrzymywania równowagi
u dzieci i osób dorosłych**

Stanie w pozycji dwunożnej na całych stopach jest jedną z najbardziej podstawowych codziennych czynności, na bazie której człowiek wykonuje kolejne zadania ruchowe. Nawet podczas tak prostego stania w naturalnej pozycji pionowej można zaobserwować minimalne ruchy każdej stopy z osobna. Rozpoczynająca się w pierwszych latach życia lateralizacja ciała człowieka znajduje swoje odzwierciedlenie we wszystkich aktach ruchowych, może być przyczyną zróżnicowania udziału każdej stopy w procesie utrzymywania równowagi.

Badania procesu utrzymywania równowagi w różnych grupach wiekowych są szeroko publikowane (Newell i wsp., 1997; Riach i Starkes, 1994; Lebedowska, 1997). Jednak najczęściej analiza równowagi ciała oparta jest na przypadkowym działaniu obu stóp razem. Praca Wintera i Enga (1995) oraz Sikory (2001) dowodzi, że prawa i lewa stopa nie zawsze działają jednakowo, regulując równowagę w pionowej postawie ciała. Do podobnych wniosków doszła Sobera (2004), badając współdziałanie prawej i lewej stopy podczas stania w grupie dzieci w wieku 2-6 lat. Rozwój psychomotoryczny małych dzieci przejawia się ciągłymi zmianami w sposobie postępowania w różnych aktach ruchowych. Można spodziewać się, że również utrzymywanie równowagi w naturalnej pozycji stojącej przechodzi pewną ewolucję, związaną z rozwojem ontogenetycznym dziecka, a lateralizacja ciała i jego asymetryczność w działaniu pojawia się nawet w najbardziej podstawowych czynnościach ruchowych.

Celem niniejszej pracy jest określenie zależności jednej stopy względem drugiej podczas stania w pozycji stojącej u dzieci w wieku 2-4 lat w odniesieniu do osób dorosłych.

W pracy poszukiwano odpowiedzi na następujące pytania:

Jak współdziała wzajemnie prawa i lewa stopa podczas stania swobodnego obunóż u małych dzieci i w grupie dorosłych?

Jakie są różnice i podobieństwa w udziale prawej i lewej stopy w utrzymaniu pionowej postawy ciała pomiędzy grupą dzieci i dorosłymi?

MATERIAŁ I METODA

Badania przeprowadzono na 14 zdrowych dzieciach w wieku 2-4 lat o masie ciała 16,2 kg (+/- 1,8kg) oraz grupie 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; Lebedowska, 1997), więc nie zanotowano tych wymiarów ciała.

Badani stali w pozycji dwunożnej na dwóch platformach tensometrycznych – po jednej pod każdą stopą – przez 20 sekund. Częstotliwość próbkowania wynosiła 20 Hz. Sygnały, które generują czujniki tensometryczne platform powstają przez przemieszczający się wypadkowy punkt nacisku stopami – COP (center of pressure) – na płytę platformy. Po wzmocnieniu sygnał ten został zarejestrowany przez

komputer. Zapisywano przebieg przemieszczeń COP w funkcji czasu, w kierunku przednio-tylnym dla każdej stopy osobno. Po przeskalowaniu sygnałów wykonano obliczenia następujących wskaźników:

- rozproszenia danych (rozrzut danych) - SD [mm]
- zakres przemieszczeń COP – Z [mm]
- długość drogi przemieszczeń COP – L [mm].

Obliczono współczynnik korelacji Persony wskaźników celu zbadania związku powyższych wskaźników dla prawej stopy ze wskaźnikami dla stopy lewej (tab. 2 i 3) w obu grupach badanych. Obliczenia wykonano przy użyciu programu STATISTICA 6.0.

WYNIKI

Wyniki badań obu grup badanych przedstawia tabela 1. Rezultaty korelacji wskaźników prawej stopy z każdym wskaźnikiem lewej stopy przedstawiono w tabeli 2 dla grupy dzieci, w tabeli 3 – dla grupy dorosłych.

Tabela 1. Średnie wartości wskaźników stabilności ciała uzyskane w płaszczyźnie przednio-tylnej obu badanych grup. W nawiasach okrągłych podano odchylenie standardowe

Badani	Grupa dzieci N=14			Grupa dorosłych N=26		
	SD [mm]	Z COP [mm]	LCOP [mm]	SD [mm]	Z COP [mm]	LCOP [mm]
Prawa stopa	5,47 (1,94)	27,45 (11,06)	215,60 (94,92)	5,25 (2,61)	23,53 (10,62)	149,60 (58,85)
Lewa stopa	6,32 (2,29)	32,27 (12,41)	252,58 (112,94)	5,89 (2,36)	26,05 (12,41)	172,32 (53,42)

*istotne na poziomie $p < 0,05$

Zarówno grupie dzieci jak i u dorosłych nie zanotowano istotnych różnic wskaźników stabilności pomiędzy prawą i lewą stopą.

Tabela 2. Korelacje wewnątrzgrupowe wskaźników stabilności otrzymane w grupie dzieci (N=14). Podano tylko wartości korelacji istotne na poziomie $p < 0,05$

Wskaźniki	SD prawa st.	SD lewa st.	Z prawa st.	Z lewa st.	L prawa st.	L lewa st.
SD prawa st.	1,00	0,57	0,95		0,79	
SD lewa st.		1,00	0,63	0,92		0,89
Z prawa st.			1,00	0,57	0,76	
Z lewa st.				1,00		0,94
L prawa st.					1,00	
L lewa st.						1,00

Współczynniki korelacji wzajemnej wskaźników prawej i lewej stopy, przedstawione w tabeli 2, wykazują istotne związki pomiędzy prawą i lewą stopą zanotowane w grupie dzieci. Wskaźnik zmienności prawej stopy koreluje ze wskaźnikiem zmienności lewej stopy, zakresem oscylacji i długością drogi COP prawej stopy. Wskaźnik zmienności przemieszczeń COP lewej stopy wykazuje wysoką zależność z zakresem prawej i lewej stopy oraz z długością drogi COP lewej stopy. Zakres oscylacji COP prawej stopy jest ściśle związany z zakresem oscylacji COP lewej stopy i z długością drogi punktu nacisku prawej stopy.

Tabela 3. Korelacje wewnątrzgrupowe wskaźników stabilności otrzymane w grupie studentów (N=26). Podano tylko wartości korelacji istotne na poziomie $p < 0,05$

Wskaźniki	SD prawa st.	SD lewa st.	Z prawa st.	Z lewa st.	L prawa st.	L lewa st.
SD prawa st.	1,00		0,97		0,70	
SD lewa st.		1,00		0,94		0,58
Z prawa st.			1,00		0,80	
Z lewa st.				1,00		0,71
L prawa st.					1,00	
L lewa st.						1,00

Zakres oscylacji COP lewej stopy silnie koreluje z długością drogi punktu nacisku tej samej stopy. Nie zanotowano relacji pomiędzy długością drogi przemieszczeń COP prawej i lewej stopy.

Nieco mniej zależności wskaźników prawej i lewej stopy obserwuje się w grupie dorosłych (tab. 3). Wskaźnik zmienności prawej stopy nie koreluje z SD lewej stopy, ale wykazuje istotny związek z zakresem oscylacji COP i z długością drogi COP prawej stopy. Podobne relacje dotyczą wskaźników lewej stopy. Zakres przemieszczeń COP prawej stopy wykazuje związek tylko z długością drogi oscylacji COP tej samej stopy, ale nie zanotowano związku zakresu COP pomiędzy prawą i lewą stopą. Takie same relacje zachodzą w przypadku lewej stopy. Nie zanotowano związku pomiędzy długością drogi przemieszczeń COP prawej i lewej stopy.

DYSKUSJA

Brak istotnych różnic pomiędzy średnimi wartościami wskaźników stabilności prawej i lewej stopy, zarówno w grupie małych dzieci jak i młodych dorosłych osób, wskazuje na spójne działanie prawej i lewej stopy w obu grupach badanych. Bardzo podobne wyniki badań przedstawiła Sobera i Siedlecka (2003). W badaniach tych zanotowano różnice wartości wskaźników zmienności i zakresu przemieszczeń COP pomiędzy wiekowymi grupami dzieci tylko w przypadku płaszczyzny bocznej ruchów COP. Braku istotnych różnic w ilościowych wskaźnikach stabilności ciała pomiędzy tak różnymi wiekowo grupami badanych, jak małe dzieci i dorośli, może być dowodem na to, że wymiary antropometryczne ciała nie mają wpływu na realizację zadania utrzymywania równowagi w pozycji stojącej.

Zależności liczbowe wskaźników stabilności prawej i lewej stopy w grupie dzieci układają się inaczej niż u dorosłych. Wskaźnik zmienności i zakres prawej stopy u dzieci wykazuje zależność odpowiadającemu wskaźnikowi stopy lewej. Prawa i lewa stopa wykazuje wysoką, dodatnią korelację wzajemną w przebiegu przemieszczeń punktu nacisku w płaszczyźnie strzałkowej u małych dzieci (Sobera, 2004). Wyniki niniejszej pracy wykazują brak zależności pomiędzy wskaźnikami prawej i lewej stopy w grupie dorosłych. Sikora (2001) otrzymała również niską wartość współczynnika korelacji wzajemnej pomiędzy wartościami wskaźników zmienności prawej i lewej kończyny dolnej u dorosłych badanych. Może to świadczyć o pewnej ewolucji współpracy prawej i lewej stopy podczas stania od podobnych przemieszczeń punktu nacisku obu stóp do nie związanych ze sobą ruchów w stawie skokowym. Winter i Eng (1995) dowodzą, że nie ma współpracy mięśni stawu skokowego w czasie przenoszenia obciążenia stopy prawej na lewą kierunku bocznym przez osoby dorosłe. Dobrze rozwinięta w wieku dorosłym lateralizacja ruchów prawej i lewej kończyny dolnej może przejawiać się w postaci niezależnych przemieszczeń punktu COP prawej i lewej stopy (Winter i Eng, 1995). W obu grupach badanych obserwuje się korelacje pomiędzy różnymi wskaźnikami obliczonymi dla stopy prawej i lewej (tab.2 i 3).

Nie zanotowano zależności pomiędzy wskaźnikiem długości drogi przemieszczeń COP prawej i lewej stopy, zarówno w grupie dzieci jak i u dorosłych. Natomiast istnieją związki – w obu grupach badanych – pomiędzy długością drogi COP i wskaźnikiem zmienności i/lub zakresu tej samej stopy. Oznacza to, że zmienność i zakres przemieszczeń COP ma wpływ na długość drogi jaką punkt COP pokonuje w tym samym czasie trwania próby. Jednak długość drogi COP jednej stopy nie wpływa na długość drogi COP stopy drugiej. Wskaźnik ten prawdopodobnie jest nośnikiem, innej niż zmienność i zakres, informacji o mechanizmie regulacji równowagi. Pośrednio można wnioskować o sprawności systemu nerwowego, którego efektem działania jest prędkość przemieszczania COP podczas utrzymywania równowagi.

PODSUMOWANIE

Zarówno dzieci 2-4 letnie jak i dorośli przemieszczają punkt nacisku stopy prawej i lewej w kierunku przednio-tylnym w podobny sposób. Wiek, a tym samym wymiary ciała, nie różnicują wskaźników stabilności prawego i lewego punktu podparcia.

Zależności pomiędzy wskaźnikami stabilności stopy prawej i lewej u dzieci oraz ich brak u dorosłych badanych mogą świadczyć o pewnej ewolucji współpracy prawej i lewej stopy podczas stania od podobnych przemieszczeń punktu nacisku obu stóp u dzieci do nie związanych ze sobą ruchów w stawie skokowym, przejawiających się przemieszczaniem punktu nacisku stóp na podłoże.

Wskaźnik długości drogi COP prawdopodobnie jest nośnikiem, innej niż zmienność i zakres, informacji o mechanizmie regulacji równowagi. Pośrednio można wnioskować o sprawności systemu nerwowego podczas utrzymywania równowagi.

PIŚMIENNICTWO

1. 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.
2. Lebedowska M., Syczewska M. Invariant sway properties in children. *Gait and Posture*, 2000, 12, pp. 200-204.
3. Newell K.M., Slobounov S.M., Slobounova B.S., Molenaar P.C.M. Short-term non-stationarity and the development of postural control. *Gait and Posture*, 1997, 6, pp. 56-62.
4. 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. Sikora A. Analiza przebiegu stabilogramów różnicujących udział obu kończyn dolnych w procesie utrzymywania równowagi. *Człowiek i Ruch*, 2001, 2(4), str. 51-54.
5. 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.
6. 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 niniejszej pracy jest określenie zależności jednej stopy względem drugiej podczas stania w pozycji stojącej u dzieci w wieku 2-4 lat w odniesieniu do osób dorosłych. 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, długość drogi przemieszczeń COP. Zależności pomiędzy wskaźnikami stabilności stopy prawej i lewej u dzieci oraz ich brak u dorosłych badanych mogą świadczyć o pewnej ewolucji współpracy prawej i lewej stopy podczas stania od podobnych przemieszczeń punktu nacisku obu stóp do nie związanych ze sobą ruchów w stawie skokowym.

SUMMARY

The purpose of the study is define the conection of stabilographic parameters in children aged 2-4 years and adults. The investigation of the oscilating 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 parametres: variance, amplitude, length of path of COP were calculated. The results indicate that the right and left foot interacts each other in children but not – in adults. There are no correlations of the path length right and left COP either in children or in adults.