

JUSTYNA WESOŁOWSKA

**STRUKTURA WEWNĘTRZNA
PARAMETRÓW SPRAWNOŚCI MOTORYCZNEJ
I BUDOWY SOMATYCZNEJ 13–14-LETNICH UCZENNIC**

**Internal structure of motoric fitness and somatic build parameters
of 13–14 year-old schoolgirls**

Słowa kluczowe: analiza czynnikowa, analiza regresji, budowa somatyczna, sprawność fizyczna

Key words: factor analysis, regression analysis, somatic build, physical fitness

1. Wstęp

Bieg przez płotki jest konkurencją bardzo trudną i bez wątpienia złożoną technicznie. W celu zmniejszenia liczby zmiennych diagnostycznych zastosowano analizę czynnikową i regresji. Przeprowadzono redukcję 30 zmiennych opisujących sprawność motoryczną oraz parametry antropometryczne badanych dziewcząt.

W fazie wstępnej zamieniono destymulanty na stymulanty, dokonując transformacji czasów w biegach płaskich i przez płotki na prędkości. Istotność poszczególnych czynników, zawierających grupę parametrów mających cechy wspólne, określono za pomocą procentowego udziału w wariancji wspólnej.

Zastosowana analiza pozwala na ustalenie hierarchii wyróżnionych czynników ze względu na procent wyjaśnianej przez nie wariancji wspólnej.

Celem pracy jest określenie wewnętrznej struktury w obrębie możliwości motorycznych i predyspozycji somatycznych 13–14-letnich gimnazjalistek za pomocą analizy czynnikowej i regresji.

2. Materiał i metody badań

W badaniach prowadzonych w latach 2003–2005 uczestniczyły dziewczęta, które nigdy nie miały styczności z biegami przez płotki. Materiał badawczy stanowiły uczennice szczecińskich szkół gimnazjalnych w wieku 13–14 lat ($n = 124$).

Pomiary antropometryczne objęły podstawowe parametry, takie jak: masa ciała, wysokość ciała (V-B), długość kończyny dolnej (B-sy) i tułowia (sst-sy), szerokość bioder (ic-ic), barków (a-a) oraz klatki piersiowej (thl-thl), głębokość klatki piersiowej (xi-ths), obwód uda, fałdy skórno-tłuszczowe – brzucha, łopatki, ramienia. Powyższe pomiary wykorzystano do obliczenia wskaźników Rohrera, długości kończyny dolnej, tułowia, barkowo-wzrostowego oraz biodrowo-wzrostowego.

Przeprowadzono następujące testy oceniające poziom sprawności fizycznej: bieg na 25 i 50 m, rzut piłką lekarską oburącz z dołu w przód i oburącz w tył ponad głowę, skok w dal i trójskok z miejsca oraz wyskok dosiężny, skłon tułowia w przód i wykrok nogą atakującą na drabinki. Wyboru testów dokonano na podstawie wcześniejszych prac z zakresu zdolności kondycyjnych płotkarzy [1, 2, 6].

Długość i częstotliwość kroków na dystansie 25 oraz 50 m określono na podstawie filmu nagranego kamerą VHS. Obliczono ilość kroków, następnie ich długość, a ze wzoru ($f = n/s$) obliczono ich częstotliwość [3, 5].

Bieg przez płotki odbywał się na dystansie 50 m z ustawionymi 5 płotkami. Realizowano trzy warianty biegu: wariant A – standardowy, wariant B – z podwyższonymi płotkami oraz wariant C – ze zwiększonymi odległościami między nimi.

W ocenie wyników wykorzystano wielowymiarową analizę statystyczną. W pierwszym etapie zastosowano analizę czynnikową, oceniając liczbę czynników na podstawie wartości własnej powyżej 1 oraz udziału w wariancji wyjaśnianej na poziomie powyżej 5%. Ładunki czynnikowe oceniono na podstawie rotacji varimax. W interpretacji wykorzystano ładunki czynnikowe o wartości co najmniej 0,7. W drugim etapie analizy wykorzystano analizę regresji wielorakiej.

Redukcję zmiennych objaśniających przeprowadzono metodą analizy regresji krokowej postępującej, maksymalizującej współczynnik korelacji wielorakiej. W procesie estymacji parametrów strukturalnych modelu metodą najmniejszych kwadratów oceniono istotność statystyczną parametrów. Dopasowanie regresji do danych empirycznych oceniono za pomocą odchylenia standardowego składnika resztowego, współczynnika zmienności oraz współczynnika determinacji liniowej.

3. Wyniki i ich omówienie

Zgodnie z metodologią przyjętą w analizie, dokonano transformacji czasów w biegach płaskich i przez płotki na prędkości. Przyjmując warunek procentowego udziału w wariancji wspólnej powyżej 5%, zostało wyróżnionych pięć czynników o łącznym procencie wariancji w wysokości 62%. Jest to bardzo ważne, bowiem zaledwie kilka czynników wyjaśniło badany problem w tak dużym stopniu.

Zastosowanie analizy czynnikowej, oprócz redukcji i hierarchizacji zmiennych, miało na celu wskazanie optymalnego zestawu testów oceniających badane osoby. Mając na uwadze znaczenie doboru prób oceniających zarówno sprawność fizyczną, jak i budowę somatyczną, przeanalizowano wskaźniki trafności i stwierdzono w większości wypadków ich stosunkowo wysokie wartości (tabela 1). Może to świadczyć o poprawnym doborze zmiennych.

Wśród uczennic szczecińskiego gimnazjum wyłoniono pięć czynników. Pierwszym z nich jest czynnik biegu przez płotki, który ma 19% udziału w wariancji wspólnej. Czynnik ten został utworzony przez wszystkie wyniki biegów przez płotki (wariant A, B i C), które charakteryzował wysoki ładunek czynnikowy (0,90; 0,92 i 0,87). Ważną rolę odgrywała także średnia ilość wykonywanych kroków między płotkami podczas biegu przez standardowe i podwyższone płotki. Istotny wkład miał też poziom techniki płotkarskiej (-0,71).

Czynnikiem o największym nasyceniu ładunkami związanymi z grubością fałdów skórno-tłuszczowych oraz masą ciała, w skład którego weszła również szerokość klatki piersiowej, jest czynnik masy ciała. Ma on 16% udziału w wariancji wspólnej. Wszystkie zmienne wchodzące w skład tego czynnika wyróżniała wielkość ładunków przekraczająca 0,70.

Trzecim czynnikiem jest czynnik siły eksplozywnej (12%) – posiada on największe ładunki w grupie parametrów określających wielkość siły dynamicz-

nej kończyn górnych i dolnych. Tworzą go więc próby, których cechą charakterystyczną jest zdolność do pokonywania oporu zewnętrznego kosztem wysiłku mięśniowego.

Kolejny czynnik mający największe ładunki w grupie parametrów długościowych – to czynnik wysokości ciała (8%). Cechą reprezentatywną będzie wysokość ciała z wysokim ładunkiem czynnikowym rzędu $-0,90$. W czynniku tym istotny był wkład proporcji ciała, określonej przez długość kończyny dolnej oraz tułowia (przy poziomach ładunków $-0,83$ i odpowiednio $-0,70$).

Ostatni, piąty czynnik został określony za pomocą jednego parametru. Zmienna ta, określająca liczbę kroków wykonanych w jednostce czasu, ma jednak bardzo wysoki ładunek czynnikowy ($0,96$), zdecydowanie wyróżniająca się na tle innych parametrów i prób. Pozwala nam to na określenie tego czynnika jako czynnika częstotliwości kroków, którego udział w wariancji wspólnej wynosi 7%.

Rezultaty analizy czynnikowej w zdecydowany sposób dowiodły, że bieg na 50 m przez płotki w wykonaniu nietreningujących 13–14-letnich dziewcząt to konkurencja, w której o wynikach decyduje przede wszystkim technika pokonania płotka oraz związany z nią rytm biegu i częstotliwość kroków. Istotną rolę odgrywają tu również takie czynniki jak siła o charakterze eksplozywnym i podstawowe parametry antropometryczne (długościowe i związane z masą ciała).

Wysoki poziom wskaźnika trafności w przypadku szybkości biegowej, biegu przez płotki w warunkach standardowych oraz częstotliwości kroków i wskaźnika poziomu techniki może świadczyć o trafnym ich zastosowaniu, bowiem zmienne te wyjaśnione są w 99%.

Oceny biegu przez płotki, wykorzystując powyższą metodę statystyczną, podjęli się wcześniej Iskra [3] i Iskra i wsp. [4]. Analiza czynnikowa pozwoliła sformułować następujący wniosek: „Technikę biegu przez płotki charakteryzuje harmonia ruchu górnych (kończyny górne i tułów) oraz dolnych (kończyny dolne) części ciała” [4, s. 51].

W poszukiwaniu najbardziej trafnych i informacyjnych parametrów określających poziom biegu przez płotki zwykle uwzględnia się dużą ich grupę. W celu wyodrębnienia najbardziej słusznych zmiennych kształtujących wynik, w drugim etapie wielowymiarowej analizy danych zastosowano metodę analizy regresji (tabela 2).

Tabela 1

Struktura czynnikowa z rotacją varimax parametrów budowy somatycznej
i sprawności fizycznej uczennic gimnazjum

Parametr	Czynnik					WT*
	1	2	3	4	5	
Masa ciała	-0,13	0,83	0,08	-0,34	-0,12	0,85
Wysokość ciała	0,06	0,09	0,15	-0,90	-0,03	0,80
B-sy	0,02	0,00	0,06	-0,83	0,03	0,66
Sst-sy	-0,01	0,23	0,20	-0,70	-0,01	0,57
Ic-ic	-0,03	0,68	0,07	-0,07	-0,08	0,54
Thl-thl	0,02	0,85	-0,01	-0,08	-0,11	0,74
a-a	0,03	0,69	0,12	-0,22	-0,08	0,58
xi-ths	-0,15	0,66	-0,03	0,08	-0,02	0,57
Obwód uda	-0,18	0,55	-0,17	-0,17	-0,19	0,52
Fałdy brzucha	-0,06	0,76	-0,10	0,04	0,07	0,71
Fałdy ramienia	-0,07	0,70	0,08	0,11	0,11	0,56
Fałdy łopatki	-0,11	0,77	-0,02	0,15	0,17	0,69
Rzut piłką lekarską w przód	0,03	0,01	0,87	-0,13	0,01	0,77
Rzut piłką lekarską w tył	0,01	0,06	0,76	-0,32	0,00	0,77
Wykrok na drabinkę	-0,07	-0,12	0,64	-0,33	0,02	0,62
Skłon tułowia	-0,07	-0,10	0,20	-0,07	-0,08	0,23
Skok w dal z miejsca	0,28	0,08	0,76	-0,02	0,05	0,72
Trójskok z miejsca	0,25	0,00	0,70	-0,01	0,18	0,72
Wysok dotiężny	0,03	-0,02	0,57	0,17	0,00	0,41
Długość kroku biegowego	0,43	0,02	0,29	0,04	-0,65	0,99
Częstotliwość kroków	0,11	-0,06	0,09	0,00	0,96	0,99
WPT	-0,71	0,06	0,17	0,09	0,32	0,99
Bieg na 25 m (m/s)	0,61	0,02	0,25	0,07	0,42	0,64
Bieg na 50 m (m/s)	0,55	-0,05	0,38	0,05	0,56	0,99
Bieg przez płotki, wariant A	0,90	-0,07	0,11	-0,03	0,12	0,99
Bieg przez płotki, wariant B	0,92	0,02	0,03	0,02	0,01	0,89
Bieg przez płotki, wariant C	0,87	-0,03	0,03	0,07	0,02	0,86
Liczba kroków, wariant A	-0,73	0,16	-0,04	0,14	0,03	0,68
Liczba kroków, wariant B	-0,79	0,16	-0,17	0,04	-0,01	0,79
Liczba kroków, wariant C	-0,63	0,15	-0,07	0,06	-0,06	0,57
Wariancja wyjaśniana	5,61	4,94	3,69	2,54	2,12	18,9
Udział w wariancji wspólnej	0,19	0,16	0,12	0,08	0,07	0,62

* - Wskaźnik trafności

WPT - wskaźnik poziomu techniki

Tabela 2

Analiza regresji wielorakiej zmiennej zależnej czasu biegu przez płotki
w trzech jego wariantach (uczennice gimnazjum, 13–14 lat)

ZMIENNA NIEZALEŻNA	j.m.	ZMIENNA ZALEŻNA					
		Czas w biegu przez płotki wariant A		Czas w biegu przez płotki wariant B		Czas w biegu przez płotki wariant C	
		parametr strukturalny modelu	p	parametr strukturalny modelu	p	parametr strukturalny modelu	p
Ic-ic	cm	–	–	–0,024	NS	–0,034	NS
Thl-thl	cm	–	–	–0,066	NS	–0,085	NS
Obwód uda	cm	–	–	–	–	0,021	0,05
Fałdy brzucha	cm	0,014	NS	–	–	0,134	NS
Fałdy łopatki	cm	–	–	0,295	0,05	–	–
Rzut piłką lek. w przód	m	–0,012	NS	0,097	0,05	–	–
Rzut piłką lek. w tył	m	–	–	–	–	0,093	NS
Skłon tułowia	cm	–0,001	NS	–	–	–	–
Skok w dal z miejsca	cm	–	–	–	–	0,005	NS
Wyskok dosiężny	cm	0,003	NS	–	–	–0,023	NS
Długość kroku bieg.	m	–	–	7,819	NS	10,212	NS
Częstotliwość kroków	s ⁻¹	–0,068	NS	4,105	0,05	5,270	0,05
WPT	%	0,161	0,001	0,110	0,001	0,102	0,001
Bieg na 25 m	s	–	–	0,705	0,01	–	–
Bieg na 50 m	s	1,357	0,001	2,647	0,01	3,328	0,01
Wyraz wolny	–	–3,933	0,001	–43,224	NS	–54,319	NS
DOPASOWANIE REGRESJI							
Odchylenie standar- dowe składnika resztowego	s	0,07163	–	0,459	–	0,574	–
Odchylenie standar- dowe składnika resz- towego w przeciętnej wartości zmiennej zależnej	%	0,63%	–	4,01%	–	5,02%	–
Współczynnik determinacji	%	99,50%	0,001	78,90%	0,001	67,80%	0,001

WPT – wskaźnik poziomu techniki

W analizie wykorzystano wyniki 12 prób sprawnościowych oraz 12 parametrów somatycznych opisujących 13–14-letnie gimnazjalistki. Zgodnie z metodologią dokonano redukcji zmiennych metodą regresji krokowej postępującej oraz dokonano estymacji i weryfikacji istotności parametrów strukturalnych modeli.

Bieg przez płotki w warunkach standardowych został zdeterminowany aż w 99,5% jedynie przez dwie zmienne: czas biegu na 50 m oraz wskaźnik poziomu techniki. Tak wysoki procent, osiągnięty przez te zmienne, świadczy o ich olbrzymiej roli. Szybkość oraz technika są to dwie podstawowe cechy, które należy rozwijać ze szczególną troską już u początkujących płotkarek.

Obydwa te parametry służą do oceny biegu przez płotki również w pozostałych wariantach. Wzmocnione są dodatkowo przez zmienne – czas biegu na 25 m (w wariacie B) i częstotliwość kroków. Istotność czynnika związanego z liczbą wykonywanych kroków w czasie wzrasta wraz ze zwiększeniem wysokości płotka oraz dystansu dzielącego poszczególne płotki. Świadczy to o tym, iż w miarę stawiania większych wymagań, wzrasta rola częstotliwości ruchów w pokonaniu swoistego „toru przeszkód” przez nietrenujące dziewczęta.

Spośród 24 parametrów, które wzięto pod uwagę w ocenie skuteczności biegu płotkarskiego w trzech wariantach przepisów, 9 nie wykazało żadnego, nawet nieistotnego wpływu. Były to przede wszystkim zmienne określające budowę ciała, tj. masę i wysokość ciała, długość kończyn dolnych i tułowia, szerokość barków i głębokość klatki piersiowej oraz grubość fałdów skórno-tłuszczowych ramienia. Wyniki próby gibkościowej (wykrok na drabince) oraz mocy kończyn dolnych (trójskok z miejsca) nie tylko nie weszły w skład równania regresji, ale też nie wykazały nawet minimalnego wpływu na zmienną zależną.

W skład zmiennych niezależnych, opisujących w sposób statystycznie istotny badaną współzależność, weszła próba rzutu piłką lekarską w przód i grubość fałdu skórno-tłuszczowego łopatkki w przypadku wariantu B oraz obwodu uda w wariacie C. Wszystkie te zmienne są destymulantami w stosunku do czasu biegu przez płotki. Zaskakuje fakt, iż zwiększenie siły eksplozywnej kończyn górnych w wypadku biegu przez wyższe płotki spowoduje pogorszenie wyniku końcowego tego biegu.

Przedstawione powyżej równanie regresji wskazuje na bieg przez płotki jako na konkurencję typowo szybkościową o wysokich wymaganiach technicznych.

Wnioski

1. Wyniki analizy czynnikowej dowiodły, że bieg na 50 m przez płotki w wykonaniu nietreningujących 13–14-letnich dziewcząt to konkurencja, w której o wynikach decyduje przede wszystkim technika pokonania płotki oraz związany z nią rytm biegu i częstotliwość kroków.
2. Wysoki poziom wskaźnika trafności w przypadku szybkości biegowej, biegu przez płotki w warunkach standardowych oraz częstotliwości kroków i wskaźnika poziomu techniki może świadczyć o trafnym ich zastosowaniu, bowiem zmienne te wyjaśnione są w 99%.
3. Bieg przez płotki w warunkach standardowych został zdeterminowany aż w 99,5% jedynie przez dwie zmienne: czas biegu na 50 m oraz wskaźnik poziomu techniki. Tak wysoki procent, osiągnięty przez te zmienne, świadczy o ich olbrzymiej roli.
4. Przedstawione równanie regresji wskazuje na bieg przez płotki jako na konkurencję typowo szybkościową o wysokich wymaganiach technicznych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dawson B.T., Nevill M.E., Lakomy H.K.A., Nevill A.M., Hazeldine R.J.: *Modelling the relationships between isokinetic muscle strenght and sprint running performance*. Journal of Sports Sciences 1998, 16, s. 257–265.
- [2] Harrison D.: *Conditioning programs for hurdlers*. W: *The Hurdles. Contemporary theory, technique and training* (red. J. Jarver). Tafnews Press, Mountain View 1997, s. 25–28.
- [3] Iskra J.: *Morfologiczne i funkcjonalne uwarunkowania rezultatów w biegach przez płotki*. AWF, Katowice 2001.
- [4] Iskra J., Waśkiewicz Z., Bacik B.: *Próba zastosowania analizy czynnikowej do oceny parametrów kinematycznych kroku płotkowego*. Antropomotoryka 2003, 25, s. 47–52.
- [5] Paruzel M.: *Długość i częstotliwość sprinterskiego kroku biegowego a budowa somatyczna nietreningujących dziewcząt i chłopców*. W: *Lekkoatletyka w teorii i praktyce* (red. K. Prusik). AWF, Gdańsk 2003, s. 301–304.
- [6] Sparrey K.R.: *Identifying and developing elite hurdles in the United States*. Track Coach 1997, 141, s. 4505–4510.

**INTERNAL STRUCTURE OF MOTORIC FITNESS
AND SOMATIC BUILD PARAMETERS OF 13–14 YEAR-OLD SCHOOLGIRLS**

Summary

In order to establish internal structure of motoric fitness and somatic build among 13–14 year-old schoolgirls a factor and regression analyses were made. The results of 12 fitness tests and 12 somatic parameters were used.

The results of factor analysis proved that 50 m hurdling is the discipline in which a technique of clearance the hurdles, running rhythm and frequency of strides are crucial to results. A very important factor is also the explosive force along with basic anthropometric parameters.

Hurdling was determined in 99,5% within standard conditions only by 2 variables: time of the run (50 m) and technique level index. Such a high percentage, which was achieved by these variables proved that they are very important. Speed and technique are two primary features which should be developed among young hurdling women.

Translation: Ryszard Szczoczarz