

*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	<b>0,83</b>	0,08	-0,34	-0,12	0,85
Wysokość ciała	0,06	0,09	0,15	<b>-0,90</b>	-0,03	0,80
B-sy	0,02	0,00	0,06	<b>-0,83</b>	0,03	0,66
Sst-sy	-0,01	0,23	0,20	<b>-0,70</b>	-0,01	0,57
Ic-ic	-0,03	0,68	0,07	-0,07	-0,08	0,54
Thl-thl	0,02	<b>0,85</b>	-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	<b>0,76</b>	-0,10	0,04	0,07	0,71
Fałdy ramienia	-0,07	<b>0,70</b>	0,08	0,11	0,11	0,56
Fałdy łopatki	-0,11	<b>0,77</b>	-0,02	0,15	0,17	0,69
Rzut piłką lekarską w przód	0,03	0,01	<b>0,87</b>	-0,13	0,01	0,77
Rzut piłką lekarską w tył	0,01	0,06	<b>0,76</b>	-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	<b>0,76</b>	-0,02	0,05	0,72
Trójskok z miejsca	0,25	0,00	<b>0,70</b>	-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	<b>0,96</b>	0,99
WPT	<b>-0,71</b>	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	<b>0,90</b>	-0,07	0,11	-0,03	0,12	0,99
Bieg przez płotki, wariant B	<b>0,92</b>	0,02	0,03	0,02	0,01	0,89
Bieg przez płotki, wariant C	<b>0,87</b>	-0,03	0,03	0,07	0,02	0,86
Liczba kroków, wariant A	<b>-0,73</b>	0,16	-0,04	0,14	0,03	0,68
Liczba kroków, wariant B	<b>-0,79</b>	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	–	–	–	–	<b>0,021</b>	0,05
Fałdy brzucha	cm	0,014	NS	–	–	0,134	NS
Fałdy łopatki	cm	–	–	<b>0,295</b>	0,05	–	–
Rzut piłką lek. w przód	m	–0,012	NS	<b>0,097</b>	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 <sup>-1</sup>	–0,068	NS	<b>4,105</b>	0,05	<b>5,270</b>	0,05
WPT	%	<b>0,161</b>	0,001	<b>0,110</b>	0,001	<b>0,102</b>	0,001
Bieg na 25 m	s	–	–	<b>0,705</b>	0,01	–	–
Bieg na 50 m	s	<b>1,357</b>	0,001	<b>2,647</b>	0,01	<b>3,328</b>	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 strength 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*