

---

ANNALES  
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA  
LUBLIN - POLONIA

VOL.LX, SUPPL. XVI, 510

SECTIO D

2005

---

Katedra Teorii i Metodyki Sportów Indywidualnych\*,  
Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie,  
Chair of Theory and Teaching Methodology of Individual Sports\*,  
Academy of Physical Education in Krakow,  
Al. Jana Pawła II 78, 31-578 Kraków  
Katedra Teorii i Metodyki Gier Sportowych i Rekreacyjnych\*\*,  
Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie,  
Chair of Theory and Teaching Methodology of Sports and Recreational Games\*\*,  
Academy of Physical Education in Krakow,

STANISŁAW STERKOWICZ\*, STANISŁAW ŻAK\*\*

*During longitudinal studies on 162 boys aged 8 to 15 years from Krakow,  
their basic indices of physi*

---

**Zmiany budowy somatycznej i składu ciała w wieku rozwojowym chłopców**

W grupach osobników w tym samym wieku chronologicznym spotykamy jednostki o zróżnicowanych wielkościach biologicznych świadczących o zaawansowaniu rozwojowym (Przewęda 1981, Żak 1991). Niewątpliwie na efekty działalności ruchowej dzieci i młodzieży w wieku szkolnym wpływa biologiczne prawo o nierozzerwalności struktury, dojrzałości i funkcji. W ocenie i treningu młodocianych występuje więc konieczność uwzględniania momentu wystąpienia skoku pokwitaniowego wysokości ciała PHV (Żak i Sterkowicz 2004).

W ocenie budowy somatycznej i pośrednio stanu odżywienia wykorzystuje się różne wskaźniki ujmujące relacje masy i wysokości ciała. Do powszechnie stosowanych należy wskaźnik masy ciała BMI. Wskaźniki składu ciała, tj. procentowy udział tkanki tłuszczowej PF oraz beztuszczowej FFM korelują z BMI, dlatego nie wiadomo jak właściwie interpretować BMI. Ostatnio zwrócono uwagę na konieczność obiektywizacji zjawisk rozwojowych przez stosowanie relatywizacji PF i FFM u dzieci (Wells 2001) oraz dorosłych (Hattori i wsp. 1999).

Celem niniejszej pracy jest wyjaśnienie kwestii jak zmienia się z wiekiem budowa i skład ciała w ujęciu relatywnym u chłopców.

**MATERIAŁ**

Materiał stanowiły podstawowe pomiary antropometryczne z badań ciągłych 162 chłopców w wieku od 8-15 lat, których dokładniejszą charakterystykę przedstawiono we wcześniejszej pracy (Żak i Sterkowicz 2004).

**METODA**

Body Mass Index obliczono wg wzoru (za Gołąb i Chrzanowska 2000):  $BMI = \text{masa ciała (kg)} / \text{wysokość ciała}^2 (\text{m})$ . Masę tkanki tłuszczowej FM obliczono według równań regresji Garna (1957), przystosowanych do populacji krakowskiej przez Żaka (1991), natomiast masę tkanki beztuszczowej FFM oszacowano na podstawie różnicy między ogólną masą ciała i masą tłuszczu. Powyższe wartości wyrażono także w procentach odzwierciedlających ich udział w składzie ciała.

Wskaźniki masy tłuszczu (FMI) i masy ciała beztuszczowego (FFMI), które wytrącają wpływ wielkości ciała, wyprowadzono zgodnie z wzorami (Hattori i wsp. 1997):

$$FMI (kg/m^2) = FM/Wysokość\ ciała^2$$

$$FFMI (kg/m^2) = FFM/Wysokość\ ciała^2$$

W weryfikacji hipotez statystycznych zastosowano dwuczynnikową ANOVA z interakcją. Pierwszym czynnikiem głównym (1-Grupa) był moment wystąpienia skoku pokwitaniowego wysokości ciała PHV (3 poziomy, tj. grupa W – o przyspieszonym rozwoju biologicznym w wieku między 12 a 13 lat (n = 32), grupa N1 – między 13 a 14 rokiem życia (n = 62), grupa N2 – PHV zaobserwowano między 14 a 15 rokiem życia (n = 68). Drugi czynnik (2-Wiek) stanowił wiek, w którym powtarzano pomiary (8 poziomów).

## WYNIKI

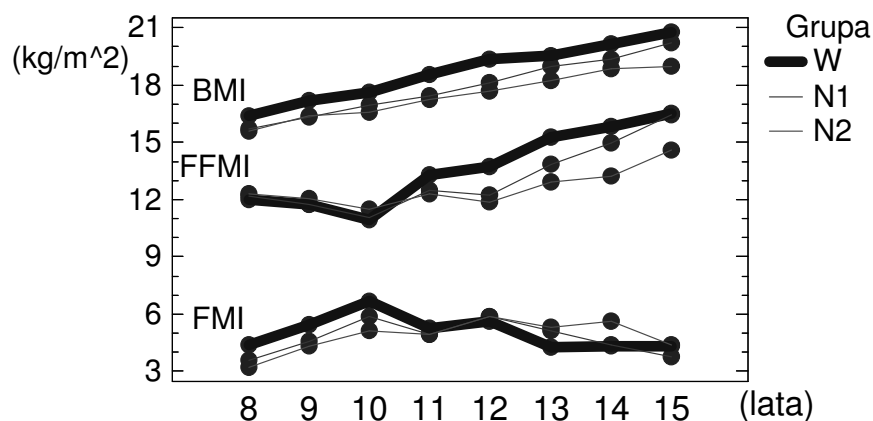
Wiek chłopców w chwili pierwszego badania wynosił  $\bar{Me} = 8\text{ lat}$  ( $\bar{x} = 7,97 \pm (SD)0,38$  roku), natomiast przy ósmym pomiarze –  $\bar{Me} = 15\text{ lat}$  ( $\bar{x} = 14,97 \pm 0,38$ ) roku. Zaobserwowano naturalny rozwój badanych w zakresie masy od  $25,88 \pm 4,66$  do  $57,00 \pm 11,27$  kg, podczas gdy wysokość ciała rozwijała się od  $1,28 \pm 0,06$  do  $1,69 \pm 0,08$  m. W początkowym pomiarze wartości BMI wahały się od 11,51 do 24,32 kg/m<sup>2</sup>, zaś w ostatnim – od 14,10 do 28,71 kg/m<sup>2</sup>. Średnie wskaźnika BMI wzrastały również w kolejnych badaniach od 15,77 do 19,80 kg/m<sup>2</sup>. Jednocześnie występował przyrost tkanki tłuszczowej, której masa średnio wynosiła 5,90 kg (22,8%) w wieku 8 lat i była najwyższa, tj. 12,86 kg (32,11%) w wieku 12 lat. W następnych trzech latach odnotowano wahania masy tłuszczu 12,03; 12,81; 11,89 kg (odpowiednio 26,67; 25,05; 20,86%). Rozwój beztuszczowej masy ciała postępował od 19,98 kg (77,2%) w wieku 8 lat do 45,11 kg (79,14%) w wieku 15 lat.

W tabeli 1 przedstawiono wyniki analizy wariancji wskaźników BMI, FMI i FFMI chłopców w zależności od wieku wystąpienia PHV (1-Grupa) i czynnika czasu (2-Wiek).

**Tabela 1. Analiza wariancji BMI, FMI, FFMI w zależności od wieku wystąpienia PHV (1-Grupa), czynnika czasu (2-Wiek) i ewentualnej interakcji czynników 1\*2**

Czynniki	Body Mass Index		Fat Mass Index		Fat Free Mass Index	
	F	Poziom p	F	Poziom p	F	Poziom p
1- Grupa	3,70	0,026	0,16	0,852	10,56	0,001
2-Wiek	282,67	0,001	44,07	0,001	232,73	0,001
1*2	3,18	0,001	8,45	0,001	15,82	0,001

Czynnik grupy, odzwierciedlający wiek wystąpienia PHV, wpływał istotnie statystycznie na poziom BMI oraz FFMI. Czynnik wieku/czasu nie tylko silnie oddziaływał na średnie wartości wszystkich trzech wskaźników antropometrycznych, lecz modyfikował również średnie grup wyodrębnionych stosownie do tempa rozwoju osobniczego, tj. W, N1 i N2. Istotny statystycznie efekt interakcji przedstawiono na ryc.1.



Ryc. 1. Średnie wartości wskaźników FMI, FFMI i BMI w grupach chłopców o różnym tempie rozwoju biologicznego (wykres interakcji)

Na wykresie obserwuje się hierarchię wartości średnich BMI zgodną z wiekiem wystąpienia PHV oraz konsekwentny przyrost średnich grupowych BMI w kolejnych latach rozwoju chłopców. Charakterystyczne są początkowe różnice między średnimi grup W i N2, które zwiększają się jeszcze w okresie rozwojowym od 10-12 roku życia oraz w wieku 15 lat. Wtedy znacznie zmniejsza się także różnica między grupami W i N1.

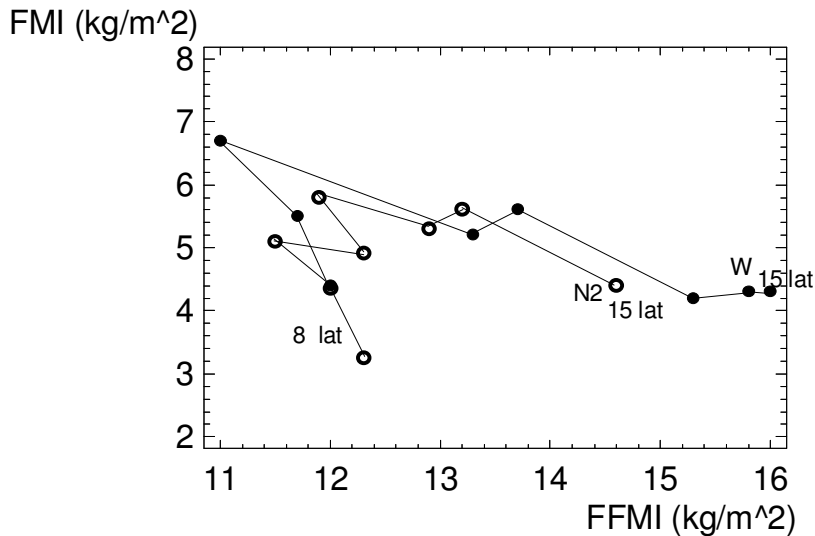
Linie obrazujące zmiany FFMI w wieku od 7 do 10 lat posiadają bardzo zgodny przebieg, wskazujący na zmniejszanie się wartości wskaźnika beztłuszczowej masy ciała. Dopełniającą informację wnosi jednoczesna analiza poziomu wskaźnika FMI, którego wartość się zwiększa. Przyrost wartości BMI wynika więc z narastającego otłuszczenia chłopców w tym pierwszym okresie obserwacji.

Odwrotny trend w rozwoju FFMI obserwujemy później, kiedy począwszy od 12. roku życia uwydatnia się znaczna przewaga grupy W nad grupą N2. To zjawisko, aczkolwiek mniej wyraźne, występuje między grupami N1 i N2 w 13. roku życia. Zwiększające się z czasem rozwarstwienie między grupami N1 i N2, spowodowane naturalnym rozwojem, skutkuje zanikiem różnic między grupami W i N1 w wieku 15 lat.

Z kolei w zakresie wskaźnika FMI, który przyjmuje największe wartości u 13 i 14-latków z grupy N2, zauważa się podobne wartości średnie jak u chłopców 15-letnich z grupy W. Jak widać na ryc. 1, grupa N1 wcześniej niż grupa N2 upodobniła się pod tym względem do grupy W.

#### OMÓWIENIE WYNIKÓW

Otrzymane wyniki składają do ich uogólnionej graficznej prezentacji. Przebieg zjawiska zmian rozwojowych w zakresie składu ciała chłopców syntetycznie zilustrowano na ryc. 2.



**Ryc. 2. Wykres składu ciała chłopców o wcześniejszym (grupa W) i późniejszym (grupa N2) wystąpieniu PHV (wykres składu ciała opracowany na podstawie wartości FFMI i FMI wyznaczonych w kolejnych latach życia chłopców w wieku od 8 do 15 lat)**

Na wykresie zaznaczono zmiany zachodzące w składzie ciała chłopców w wieku od 8 do 15 lat. Średnie trzech kolejnych wartości FMI ukazują znaczny przyrost otłuszczenia chłopców w obydwóch grupach, przy czym w grupie W zmienność FMI jest nieco większa niż w N2. W czwartym pomiarze odpowiadającym 11. rokowi życia występuje zasadnicza zmiana składu ciała w grupie W spowodowana dużym zmniejszeniem się otłuszczenia oraz przyrostem wskaźnika ciała bez tłuszczowego (FFMI). Ten proces obserwuje się następnie między 12. a 13. rokiem życia, po czym wskaźniki FFMI sięgają wartości dorosłych mężczyzn nie uprawiających sportu (Hattori 1999). W grupie N2, która wystartowała z wyższego poziomu FFMI, przy niższym FMI, zaobserwowano podobną lokalizację składu ciała pod względem otłuszczenia, jak w grupie W. Chłopcy z grupy N2 prawdopodobnie zyskują przyrost wartości FFMI w kolejnych trzech latach życia (dane spoza pola obserwacji). Przedstawiona analiza pozwala wyłumaczyć najlepsze rezultaty grupy W na tle N1 i N2 w teście maksymalnej pracy anaerobowej, który przeprowadziliśmy w tej samej próbie chłopców (Sterkowicz i Żak 2003).

#### WNIOSKI

Stwierdzono, że:

1. Zróżnicowanie tempa rozwoju biologicznego na podstawie momentu wystąpienia PHV istotnie wpływa na budowę i skład ciała.
2. Wskaźnik BMI stosowany w diagnozie stanu odżywienia, a także efektów treningu fizycznego powinien być uzupełniony oceną składu ciała (w tych samych jednostkach).
3. Szczególnie przydatna w ocenie zjawisk rozwojowych okazuje się metoda graficzna.

#### PIŚMIENNICTWO

1. Garn S.M. Roentgenogrametric determination of body composition. Human Biology, 1957, Vol. 29.
2. Gołąb S., Chrzanowska M. (red.) Przewodnik do ćwiczeń z antropologii. Podręczniki i Skrypty AWF w Krakowie, Kraków 2000, nr 2.
3. Hattori K. i wsp. Hierarchical differences in body composition of professional Sumo wrestlers. Annals of Human Biology 1999., Vol. 26, No.2, s. 179-184.
4. Przewęda R. Rozwój somatyczny i motoryczny. WS i P, Warszawa 1981.

5. Sterkowicz S., Żak S. Influence of peak height velocity on maximal anaerobic work (MAW) in boys. *Człowiek i Ruch/Human Movement*, 2003 nr 2, s. 5-10.
6. Wells J.C.K. A critique of the expression of pediatric body composition data. *Arch Dis Child* 2001; 85:67-72 ( July ).
7. Żak S. Zdolności kondycyjne i koordynacyjne dzieci i młodzieży z populacji wielkomiejskiej na tle wybranych uwarunkowań somatycznych i aktywności ruchowej. Wydawnictwa Monograficzne AWF w Krakowie, Kraków 1991, nr 43.
8. Żak S., Sterkowicz S. Wytrzymałość biegowa oraz wydolność tlenowa w okresie progresywnego rozwoju chłopców. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin-Polonia, Sectio D, Medicina*, Lublin 2004, Vol. LIX, Suppl. XIV, N6, s.512-518.

#### STRESZCZENIE

W badaniach longitudinalnych 162 chłopców krakowskich w wieku od 8 do 15 lat określono podstawowe wskaźniki rozwoju fizycznego oraz zmierzono grubość 3 fałdów skórno-tłuszczowych (pod łopatką, na brzuchu, na ramieniu). Następnie oszacowano masę tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej oraz obliczono wskaźniki znormalizowane na wielkość ciała. Analiza wariancji wykazała istotny wpływ momentu wystąpienia PHV oraz wieku na wartość BMI, FFMI i FMI. Stwierdzono, że zróżnicowane tempo rozwoju biologicznego na podstawie momentu wystąpienia PHV istotnie wpływa na budowę i skład ciała. Wskaźnik BMI stosowany w diagnozie stanu odżywienia, a także efektów treningu fizycznego powinien być uzupełniony oceną składu ciała (w tych samych jednostkach).

#### SUMMARY

Cal development were determined as well as the thickness of 3 skin fat folds was measured (under shoulder blade, on abdomen, and arm). Afterwards, fat and fat-free tissue mass was estimated as well as standardized indices for body size were calculated. The ANOVA analysis demonstrated a crucial influence on the starting moment of PHV as well as the impact of the age on the value of BMI, FFMI and FM. It was found that diversification rate of biological development on the basis of the starting moment of PHV has a crucial influence on body build and composition. BMI index applied to diagnose nutritional status, and also the results of physical training should be supplemented by evaluation of body composition (expressed in same units).