

# **Romuald Stupnicki**

## **ANTROPOLOGIA**

### **Krótki konspekt zajęć**

Antropologia jest nauką o człowieku jako gatunku biologicznym i jego zmienności uzależnionej od środowiska biogeograficznego i społecznego. Antropologia bada pochodzenie człowieka, a więc ewolucję form ludzkich, kultury itp. Można zatem wyróżnić antropologię fizyczną (antropogenezę, antropologię populacyjną, antropologię rozwoju osobniczego czyli ontogenetyczną), antropologię społeczną i antropologię kultury.

Celem zajęć jest poznanie ewolucyjnych uwarunkowań właściwości człowieka – ontogenetycznego rozwoju fizycznego, składu i proporcji ciała, a także istotnych momentów tego rozwoju. Celem praktycznym jest nabycie umiejętności wykonywania pomiarów antropometrycznych i ich prawidłowej oceny, umiejętności prawidłowej oceny składu ciała i posługiwania się wskaźnikami antropometrycznymi, umiejętności oceny wieku rozwojowego.

W ramach zajęć z antropologii zostaną omówione cztery poniższe bloki zagadnień.

1. Podstawy statystyki, konieczne dla wyjaśnienia zjawisk i procesów rozwoju człowieka, oceny jego zmienności, oceny i posługiwania się pomiarami antropometrycznymi itp. Bez znajomości podstaw statystyki nie da się poprawnie oceniać zjawisk związanych z antropologią, stosować praktycznie antropometrię itp.

2. Wprowadzenie do antropologii, w którym zostaną przedstawione główne pojęcia antropogenezy i jej wpływu na funkcjonowanie organizmu ludzkiego, zarys budowy i składu ciała oraz ocena jego wielkości i proporcji, zarys fizycznego rozwoju osobniczego oraz najważniejsze zagadnienia socjoantropologii.

3. Antropometria, zajmująca się pomiarami ciała człowieka – długościami, obwodami, pomiarami masy ciała i różnymi zależnościami między składowymi budowy. Należy wyróżnić antropometrię statyczną (wymiary części ciała) i funkcjonalną, zajmującą się pomiarami zakresów ruchu, siągami statycznymi i dynamicznymi itp. Szczegóły techniczne dotyczące antropometrii będą praktycznie przeprowadzane na ćwiczeniach.

4. Allometria, zajmująca się odnoszeniem pomiarów poszczególnych części ciała do jego wielkości, najczęściej wyrażonej wysokością ciała. Zależności allometryczne oparte są na logarytmach pomiarów, dzięki czemu uzyskuje się dobre wyrównanie zmienności i normalizację rozkładów, a także określa się stopień proporcjonalności danej części ciała do wysokości ciała. Zastosowanie allometrii jest niezbędne do poprawnego ustalania norm antropometrycznych.

# 1. Podstawy statystyki

## Zmienne i ich pomiary

Wyróżniamy zmienne ciągłe i dyskretne (liczebności); skale liczbowe naturalne, o wartości początkowej zero, a więc jednostronnie otwarte (np. wysokość ciała), lub sztuczne (np. skala Celsjusza). Liczby mogą być bezwzględne (np. wartości pomiarów) lub względne (odniesione do innej wartości). Procenty są odniesieniem poszczególnych liczb lub liczebności do ich sumy, nie mogą zatem przekraczać wartości 100.

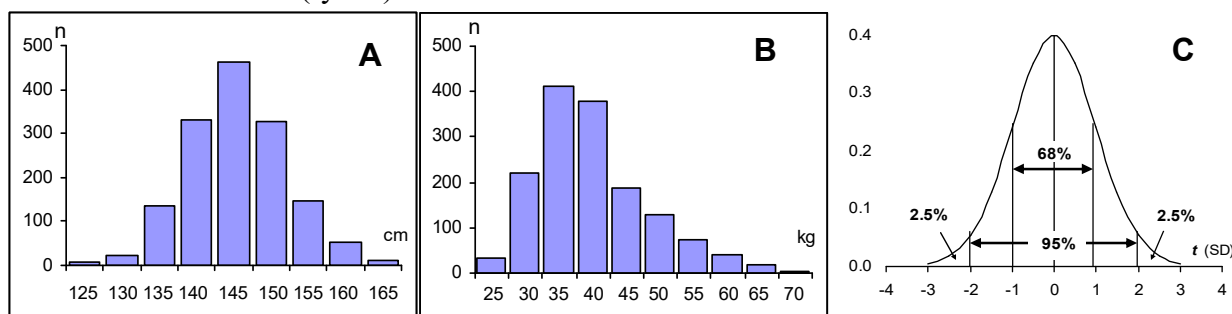
Pomiary są zawsze obciążone pewnym błędem; ponadto, pomiary zmiennych antropometrycznych, fizjologicznych itp. określają wartość mierzonej zmiennej w danym momencie, a więc stan lub ekspresję cechy, a nie „rzeczywistą” jej wartość. Należy zatem odróżnić pojęcie „cechy” (czegoś, co faktycznie „jest”) od jej „stanu” (w danym momencie), który z kolei może być zmierzony („obiektywny”), odczuwany lub pożądany.

Błędy maksymalne popełniane w pomiarach pośrednich (różnice lub stosunki pomiarów bezpośrednich):

- dla sumy lub różnicy pomiarów bezpośrednich – suma błędów pomiarów bezpośrednich;
- dla iloczynu lub ilorazu pomiarów bezpośrednich – suma błędów względnych („procentowych”) pomiarów bezpośrednich.

## Rozkłady i miary statystyczne

Powszechna w przyrodzie zmienność przejawia się w tym, że np. pomiary wysokości ciała osób w tym samym wieku będą się różniły. Chcąc opisać taki zbiór danych należy zatem użyć dwóch parametrów: miary przeciętnej i miary rozrzutu. Bardziej szczegółowo można taki zbiór przedstawić w formie rozkładu (ryc. 1).



Ryc. 1. Rozkład wysokości (A) i masy ciała (B) chłopców w wieku 10.8 – 11.2 lat oraz krzywa rozkładu normalnego (C)

Na kształt rozkładu wpływa rodzaj zmiennej i współczynnik zmienności (im większy, tym rozkład bardziej skośny), a także jednorodność/niejednorodność populacji, z której pochodzą dane.

Miary przeciętne: średnia, wartość modalna (najczęstsza) i mediana (wartość środkowa uporządkowanego zbioru).

Miary rozrzutu: rozstęp zakresu wartości (różnica między wartością największą i najmniejszą), odchylenie standardowe (SD; obliczane dla rozkładu normalnego), błąd standardowy (błąd średniej arytmetycznej,  $SE = SD/\sqrt{n}$ ); pochodnymi miarami są wariancja ( $SD^2$ ) i współczynnik zmienności ( $100 \cdot SD/\text{średnia}$ ).

Średnia może być poprawnie użyta do opisu zbioru tylko wówczas, gdy pokrywa się z wartością modalną. Aby sprowadzić rozkład skośny (ryc. 1B) do postaci zbliżonej do normalnej, należy dokonać transformacji (przekształcenia) poszczególnych wartości odpowiednią funkcją (najczęściej logarytmiczną).

Podstawową miarą względną dowolnego pomiaru jest tzw. wartość unormowana (z), wyrażona w odchyleniach standardowych od wartości średniej:  $z_i = \frac{x_i - M}{SD}$ , gdzie  $x_i$  jest wartością pomiaru, a  $M$  i  $SD$  to średnia i odchylenie standardowe w danej grupie, populacji itp. W wypadku zależności, np. wysokości ciała od wieku, zmienną unormowaną oblicza się nie z  $M$  i  $SD$  odpowiedniej grupy

wiekowej, a z funkcji średniej wysokości ciała i funkcji odchylenia standardowego na wiek:

$z_i = \frac{x_i - f_M(w)}{f_{SD}(w)}$ , gdzie  $f_M(w)$  i  $f_{SD}(w)$  są wartościami funkcji średniej i odchylenia standardowego na dany wiek.

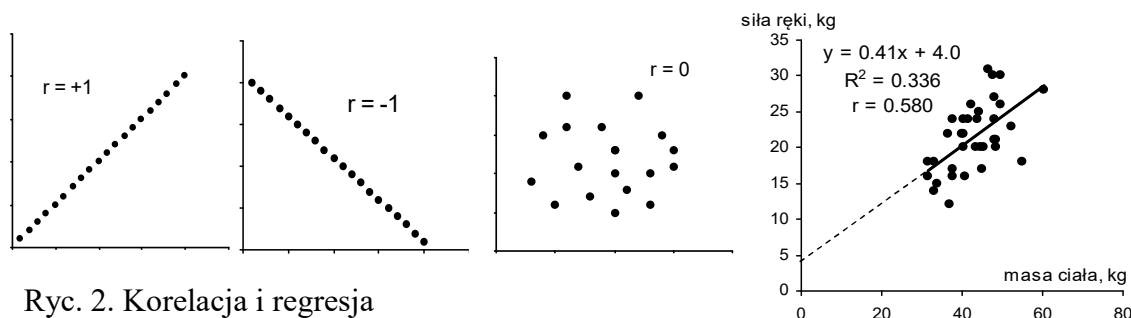
### Oceny statystyczne

Punktem odniesienia ocen statystycznych jest tzw. hipoteza zerowa – np. że nie ma różnic, nie ma zależności itp. Oceny badanego materiału dokonuje się za pomocą testów statystycznych, które określają prawdopodobieństwo, że hipoteza zerowa jest prawdziwa. Jeżeli to prawdopodobieństwo jest małe (zwykle 5%), można odrzucić hipotezę zerową, a ocenianą wartość (np. różnicę) uznać za znamienne („istotną statystycznie”). Do najpopularniejszych testów należą:

- Test *t* („Studenta”), służący do porównania średnich z dwóch grup; warunkiem stosowalności jest to, aby wariancje w obu grupach były w miarę podobne;
- Test *chi-kwadrat* służący do porównywania liczebności; jest on podstawą tzw. testów nieparametrycznych, np. gdy nie można zastosować testu *t*;
- Ocena znamienności współczynnika korelacji (oparta na teście *t*).

### Współzależności między zmiennymi

- Współczynnik korelacji (*r*) mierzy współzależność między dwiema zmiennymi (cechami), tzn. nie określa, co od czego jest zależne;
- Regresja wyraża wielkość i rodzaj zależności zmiennej *y* od zmiennej *x* (ryc. 2).



Ryc. 2. Korelacja i regresja

Wielkość współczynnika korelacji zależy od zakresu wartości! Bardzo ważną miarą jest błąd w regresji (odpowiednik SD), czyli miara odchylenia wartości od linii regresji, a nie od średniej!

### Normy, ich tworzenie i stosowanie

Pojęcia „normy” używa się zarówno w sensie aksjologicznym („jak powinno być”), jak i opisowym (statystycznym; „jak jest”). Ponieważ najczęściej nie da się określić aksjologicznej normy jakiejś cechy, np. w antropologii lub w medycznych badaniach laboratoryjnych, bo nie wiadomo dokładnie „jak powinno być”, lepiej używać terminu „wartości referencyjne”, a więc stwierdzone u osób np. „klinicznie zdrowych”. W antropologii, a zwłaszcza w antropometrii, należy ponadto pamiętać o tym, że nie należy ustalać „przedziałów referencyjnych” dla każdej cechy oddzielnie (np. wysokość i masa ciała, długość ramienia itp.), lecz tylko w odniesieniu do wysokości ciała (zob. rozdział „Allometria”). Klasycznym przykładem norm opisowych są siatki centylowe (ryc. 7), które dają obraz populacji pod względem danej cechy.

### Literatura uzupełniająca

1. Stupnicki R. (2015) Podstawy Biostatystyki. Wyd. AWF, Warszawa.

<https://platforma.awf.edu.pl/Materials/Details/NTU5YTM2N2RjZWQyNWYyYzcyMzU3NTEy>

## 2. Wprowadzenie do antropologii

### *Rys ewolucyjny*

Ok. 1.3 – 1.8 mln lat temu (epoka *Homo erectus*, *Homo ergaster*) prawdopodobnie zaczęto używać ognia i złożonych narzędzi; Azja i Europa zostały zasiedlone. Ok. 300 000 lat temu wyłonił się neandertalczyk (wyginął ok. 30 000 lat temu, w końcu średniego paleolitu), *Homo sapiens* pojawił się ok. 250 000 lat temu (dolny paleolit). Ok. 30 000 lat temu rozpoczął się okres uprawy roślin, udomowienia zwierząt, a więc osiadły tryb życia. Licząc 5 – 6 pokoleń na stulecie, okres osiadły to ok. 1500 – 2000 pokoleń. Ponad milion (do 2.5 mln?) lat trwał okres łowiecko-zbieracki (ponad 50 000 pokoleń!), który wykształcił wytrzymałość – człowiek był jedynym gatunkiem, który mógł gonić zwierzę tak długo, aż zostało upolowane lub padło z wyczerpania; warunkiem było wykształcenie się utraty ciepła całą powierzchnią ciała – poza człowiekiem występuje to tylko u konia i owcy. Do dziś meksykańscy Indianie Tarahumara potrafią biec na zawodach 160 km bez zatrzymania!

W toku wędrówek wykształcały się adaptacje do środowiska i w efekcie rasy i odmiany człowieka. Adaptacje dotyczyły np. pigmentacji, owłosienia, zdolności pocenia się, wielkości i siły ciała itp., powstawały także różne kultury. Ewolucja kultury uległa ogromnemu przyspieszeniu, gdy w toku doskonalenia sposobów komunikacji powstała mowa. Opisano ok. 6 000 języków w obrębie ok. 30 grup językowych – jedną z nich jest „nasza” grupa języków indoeuropejskich.

### *Budowa ciała*

Szczegółową budową ciała zajmuje się anatomia, natomiast antropologia skupia się na wymiarach i proporcjach ciała. W skład funkcjonalnej budowy ciała wchodzi: rusztowanie (szkielet), zarządzanie funkcjami życiowymi (mózg i układ nerwowy), układ ruchu (mięśnie), powłoki ciała, narządy wewnętrzne, wymiana gazowa (układ oddechowy), zaopatrzenie organizmu w źródła energii (układ krwionośny). Mózg człowieka dorosłego to tylko ok. 2.5% masy ciała, zużywa on jednak aż ok. 20% całego zapotrzebowania energetycznego w postaci glukozy.

### *Skład ciała*

Można tu wyróżnić dwie podstawowe kategorie: A) składniki funkcjonalnie niezbędne i B) zasoby rezerwy energetycznej (tkanka tłuszczowa).

A – woda (ok. 73% beztłuszczowej masy ciała), tkanka kostna (zwykle 15 – 19% masy ciała), mięśnie szkieletowe (zwykle ok. 40% masy ciała) oraz pozostałe narządy.

B – tłuszcz podstawowy, narządowy, niezbędny do prawidłowego funkcjonowania organizmu; stanowi ok. 4% masy ciała u mężczyzn i ok. 12% u kobiet. Nadmiar tłuszczu może prowadzić do wielu poważnych schorzeń, dlatego kontrola zawartości tłuszczu w organizmie i jej ocena są niezwykle istotne. W toku ewolucji tłuszcz był gromadzony, aby zapewnić przeżycie w okresach niedoboru pożywienia, niedobór ruchu oznaczał zatem: idą ciężkie czasy, oszczędzaj energię, odkładaj tłuszcz. Jeżeli obecnie mało się ruszasz, organizm przestawia się na „tryb oszczędnościowy” i wtedy sama dieta nie pomaga w odchudzaniu się.

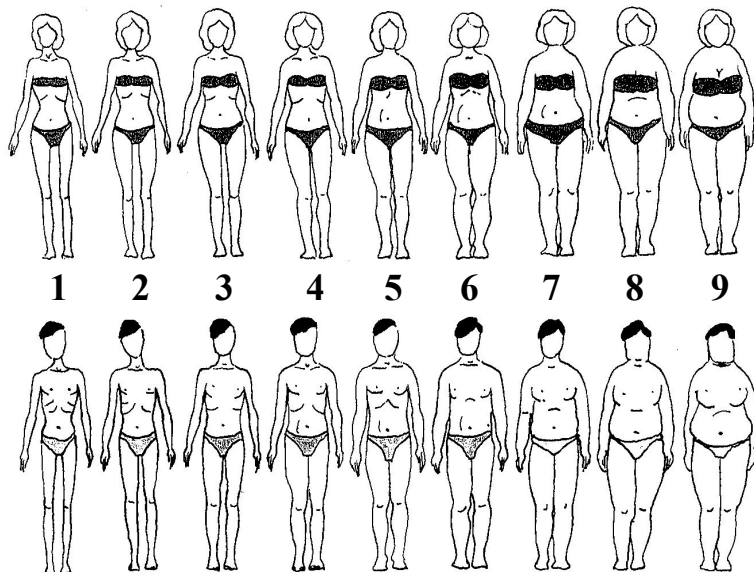
### *Antroposkopowa ocena proporcji i wielkości ciała*

Oceny takiej dokonuje się „na oko” – po prostu widać, czy ktoś jest wysoki, niski, szczupły lub tęgi. Ocenę taką można znacznie zobiektywizować stosując szablony sylwetek (zwykle 9, od najchudszej do otyłej; zob. ryc. 3). Badany dokonuje samooceny („ma”) wskazuje sylwetkę, jaką chciałby mieć („chce”), dokonuje się ponadto oceny zewnętrznej („zewnętrzna”), a następnie analizuje się wszystkie różnice między ocenami. Dokładnymi pomiarami wielkości i masy ciała zajmuje się antropometria (następny rozdział).

### *Rozwój i dojrzewanie*

Wzrastanie w okresie postnatalnym trwa zwykle ok. 18 lat, ale w pewnych okolicznościach może być znacznie wydłużone lub skrócone. Ostateczna wysokość ciała jest bardzo silnie uwarunkowana genetycznie, przy czym wydaje się, że warunki wzrastania mogą tylko ograniczyć potencjał genetyczny, a nie zwiększyć go. Wzrastanie odbywa się niejednostajnie – naprzemienne okresy

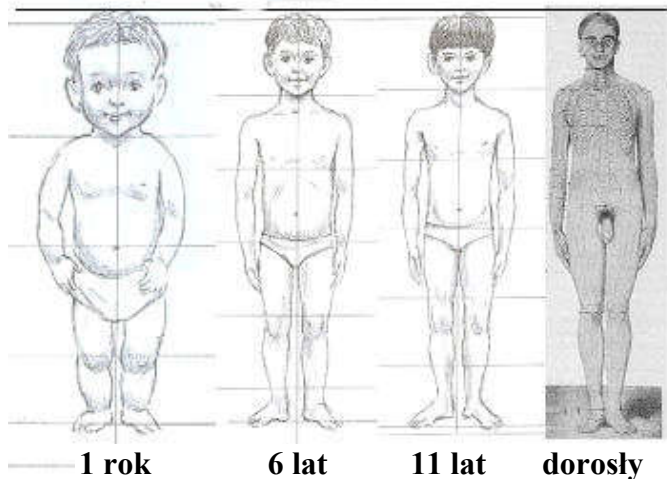
przyspieszenia i zastoju mogą trwać po parę tygodni. Okres pokwitania (dojrzwania płciowego) wiąże się z tzw. skokiem pokwitaniowym wzrastania (ok. 12 lat u dziewcząt, ok. 14 lat u chłopców; istnieją znaczne zróżnicowanie indywidualne). W trakcie wzrastania zmienia się nie tylko wielkość, ale także proporcje ciała (zob. ryc. 4).



Ryc. 3. Szablony sylwetek do antroposkopowej oceny ciała

Wyróżnia się następujące okresy ontogenezy: prenatalny (płodowy) i postnatalny (noworodkowy – pierwsze 4 tygodnie, niemowlęcy – pierwszy rok, wczesne dzieciństwo 2 – 3 lata, przedszkolny, szkolny, młodzieńczy 16 – 20 lat, dojrzałości do 40 – 50 r. życia i starzenia się).

Szczególne miejsce w rozwoju zajmuje okres przedszkolny; w wieku 4 – 5 lat niezwykle intensywnie rozwija się mózg, zużywając aż  $\frac{2}{3}$  całej energii z glukozy, prowadząc do znacznego opóźnienia wzrastania i dojrzwania człowieka w porównaniu z innymi gatunkami zwierząt.



Ryc. 4. Zmiany proporcji ciała z wiekiem

Bardzo ważna jest ocena dojrzałości płciowej, np. wg skali Tannera (owłosienia łonowego), wystąpienia pierwszej miesiączki (menarche; określa się metodą retrospektywną lub *status quo* – metoda probitów), pojawienia się zarostu, mutacji głosu itp.

#### *Antropologia społeczna (socjoantropologia)*

Socjoantropologia zajmuje się wpływem warunków zewnętrznych na rozwój, wymiary i proporcje ciała oraz na dojrzwianie. Czynnikiemami zewnętrznymi są np. warunki życia, liczba rodzeństwa, wykształcenie rodziców itp. Ważnym działem socjoantropologii są tzw. trendy sekularne, czyli długookresowe zmiany np. wysokości ciała, tempa dojrzwiania itp.

### Literatura uzupełniająca

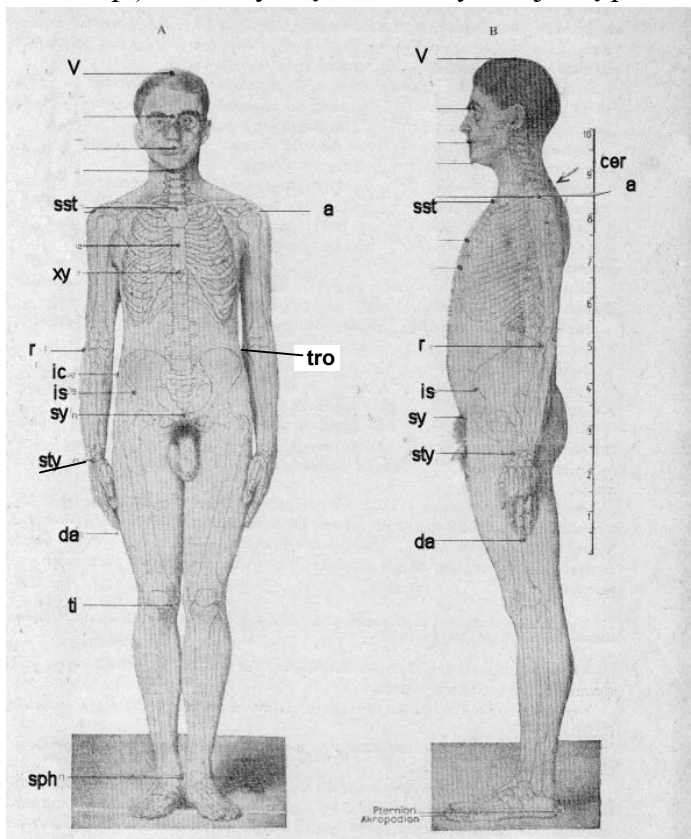
2. Charzewski J. (1999) Antropologia. AWF Warszawa.
3. Łaska-Mierzejewska T. (1999) Antropologia sportowa. COS Warszawa.
4. Wolański N. (2005) Rozwój biologiczny człowieka. PWN Warszawa.

## 3. Antropometria

### Pomiary antropometryczne (antropometria statyczna)

W antropometrii wyróżnia się 3 płaszczyzny ciała: czołową (ryc. 4, lewa sylwetka), strzałkową, dzielącą ciało na lewą i prawą połowę oraz płaszczyzny poziome.

Przedstawione na ryc. 4 punkty antropometryczne służą do pomiarów długościowych ciała (wysokość) i jego części (długości kończyn i segmentów kończyn). Poza tym wyróżnia się pomiary szerokości (stawów, barków, miednicy itp.) i obwodów (segmentów kończyn, klatki piersiowej, talii itp.). Pomiary części ciała wykonuje się po lewej stronie.



Ryc. 4. Punkty antropometryczne

- v – vertex
- a – akromion
- cer – cervicale
- sst – suprasternale
- xy – xyfoidale
- r – radiale
- ic – iliocristale
- is – iliocostale
- sy – symfyzion
- tro – trochanterion
- sty – stylion
- da – daktylion
- ti – tibiale
- sph – sphyrion
- b – baza (podłoże, poziom zerowy)

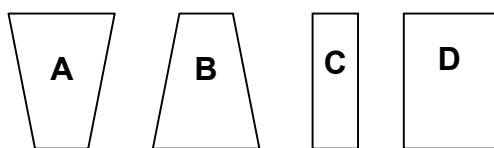
Do pomiarów ciała służą następujące przyrządy:

- antropometr (do pomiarów wysokości ciała, rozpiętości ramion itp.)
- taśma metryczna (metalowa; do pomiarów obwodów)
- cyrkiel kabłąkowy duży (do mierzenia średnic ciała i długości segmentów kończyn; zasięg do 50 cm)
- cyrkiel kabłąkowy mały (do mierzenia szerokości stawów; zasięg do 30 cm)
- fałdomierz (do mierzenia grubości fałdów skórno-tłuszczowych).

Wysokość ciała należy mierzyć bez obuwia w tzw. pozycji frankfurckiej: ciało wyprostowane, głowa ustawiona prosto (niezadarta, nieopuszczona). Pomiary odpowiadające poszczególnym punktom antropometrycznym mierzy się od podłoża (b). Długości kończyn i ich segmentów mierzy się z różnic, np. długość kończyny górnej = a - da. Długość kończyny dolnej = sy (wysokość do spojenia łonowego), niekiedy spotyka się pomiar [tro].

### Ocena budowy ciała

Budowę ciała (np. smukła – normalna – krępa lub tęża) określa się antroposkopowo (zob. ryc. 3), a bardziej dokładnie za pomocą wskaźników antropometrycznych: wagowo-wzrostowych lub szerokościowo-wysokościowych (wskaźniki proporcji). Ponadto stosuje się wskaźniki proporcji długościowych, np. kończyn lub ich segmentów. Podstawowe formy budowy ciała oparte na proporcji szerokości barków i bioder przedstawiono na ryc. 5.



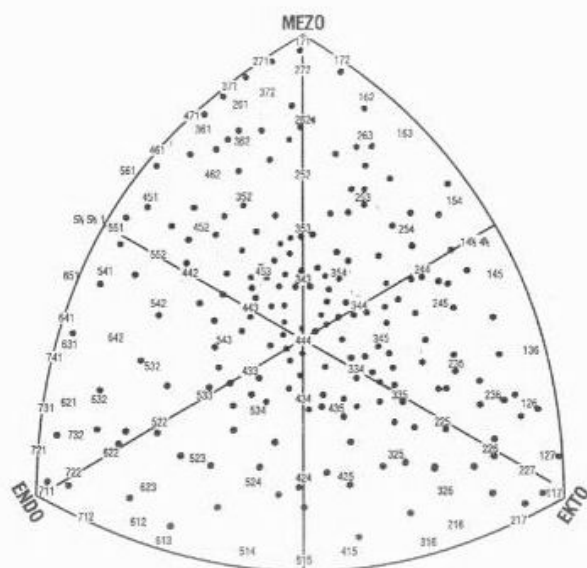
Ryc. 5. Podstawowe formy budowy ciała oparte na proporcji szerokości barków i bioder

Do najczęściej używanych wskaźników wagowo-wzrostowych należą BMI (*Body Mass Index*) i wskaźnik smukłości (WS):  $BMI = \frac{m (kg)}{w^2 (m)}$ ,  $WS = \frac{w (cm)}{\sqrt[3]{m (kg)}}$ , gdzie  $m$  – masa ciała, a  $w$  – wysokość ciała.

BMI jest powszechnie stosowany do porównywania różnych populacji pod względem proporcji wagowo-wzrostowych, natomiast nie powinien być stosowany w ocenie indywidualnej, bo jego wielkość zależy od wielu czynników. Dodatkowo, w okresie wzrastania prawidłowa ocena proporcji za pomocą wskaźnika BMI jest mocno problematyczna.

Do oceny proporcji ciała służą wskaźniki odnoszone do wysokości ciała (długości kończyn, obwodu talii lub bioder itp.), wskaźniki „międzypomiarowe” (stosunek obwodów talii i bioder, klatki piersiowej we wdechu i wydechu itp.) i inne. Wskaźniki takie muszą być stosowane ostrożnie, bowiem badane relacje nie zawsze są ściśle proporcjonalne. Poprawna konstrukcja wskaźników powinna być oparta na metodzie allometrycznej (zob. następny rozdział).

Do oceny budowy ciała służą tzw. czynniki budowy wykorzystywane do ustalenia somatotypu metodą Heath-Carter. Czynniki budowy to endomorfia (miara otłuszczenia), mezomorfia (miara masywności ciała) i ektomorfia (miara smukłości ciała). Wartości tych czynników, wyrażone w skali punktowej, są nanoszone na trójosiowy wykres (ryc. 6). Metoda ta jest dość szeroko stosowana w sporcie, ale jej znaczenie jest głównie opisowe, a nie np. prognostyczne.



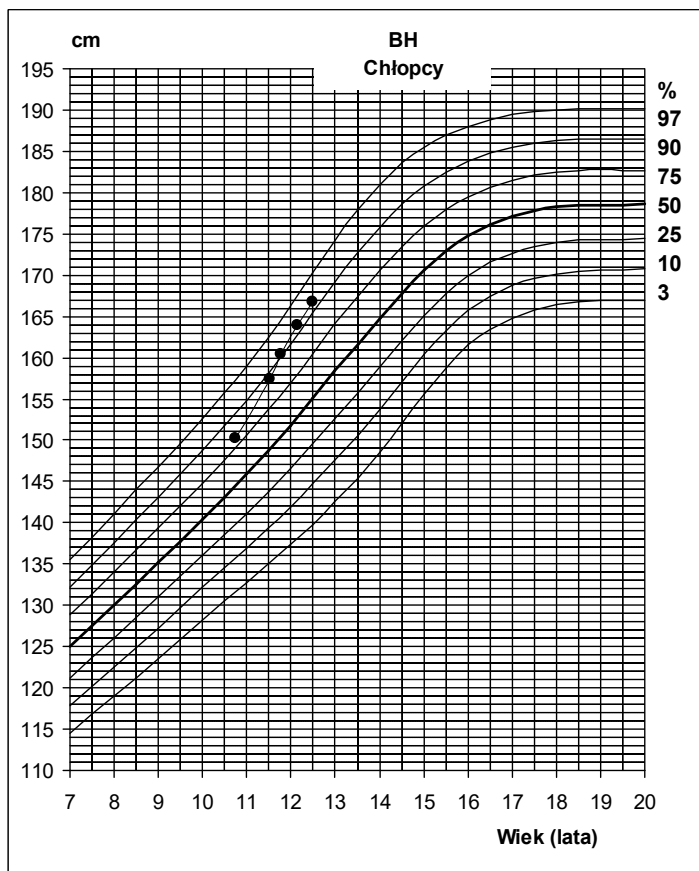
Ryc. 6. Somatotyp Heath-Carter osób nieuprawiających sportu

### Ocena rozwoju ontogenetycznego

Ocena ta obejmuje cały okres życia – od urodzenia do późnej starości, jest więc dynamiczną oceną wysokości ciała, proporcji ciała (por. ryc. 4), składu ciała itp. Ze względu na znaczne indywidualne zróżnicowanie pod względem tempa rozwoju trudno operować „normami”, a główną metodą oceny są siatki centylowe. Przykład takiej siatki dla wysokości ciała młodzieży szkolnej pokazano na ryc. 7. Należy zwrócić uwagę na to, że „normy” opisowe w postaci siatek centylowych czy punktowych wartości (średnia  $\pm x$  odchyłeń standardowych) mogą być poprawnie stosowane tylko do wysokości ciała i cech niezależnych od wielkości ciała (wiek menarche, stopień względnego

otłuszczenia itp.). Pozostałe cechy powinny być oceniane w funkcji wielkości ciała, jak opisano w następnym rozdziale.

W tym dziale mieści się również prognozowanie ostatecznej (dorosłej) wysokości ciała. Wykorzystuje się tu różne wzory zawierające m.in. wzrost rodziców, lub metody oparte na siatkach centylowych, jak pokazano na przykładzie (ryc. 7).



Ryc. 7. Siatka centylowa wysokości ciała chłopców polskich. Czarnymi punktami zaznaczono przebieg wzrastania jednego chłopca.

### Antropometria funkcjonalna

W odróżnieniu od antropometrii statycznej, antropometria funkcjonalna zajmuje się pomiarami w różnych pozycjach ciała, w fazach ruchu itp. Przykłady, to siągi poziomy i pionowy, siąg w wysokości pionowym, zakresy ruchu w stawach itp. Dane te są wykorzystywane we wzornictwie przemysłowym, w treningu sportowym, w rehabilitacji itp.

### Literatura uzupełniająca

5. Stupnicki R. (2014) Relacje wagowo-wzrostowe i stosowanie wskaźnika BMI u dzieci i młodzieży. *Zeszyty Naukowe WSKFiT* (2015) 10:41-47 [www.wskfit.pl/zeszyty-naukowe](http://www.wskfit.pl/zeszyty-naukowe) (**obowiązkowe!**)
6. Stupnicki R. (2016) Pomiary i normy w antropometrii. *Zeszyty Naukowe WSKFiT* (2016) 11:13-20 (**obowiązkowe!**)
7. Łaska-Mierzejewska T. (1997) *Zeszyt do ćwiczeń z antropologii*. AWF Warszawa.
8. Malinowski A., Bożiłow W. (1997) *Podstawy antropometrii. Metody, techniki, normy*. PWN, Warszawa-Łódź.
9. R. Stupnicki, R. Przewęda, K. Milde (2002) *Centylowe siatki sprawności fizycznej polskiej młodzieży wg testów EUROFIT*, wyd. AWF Warszawa.



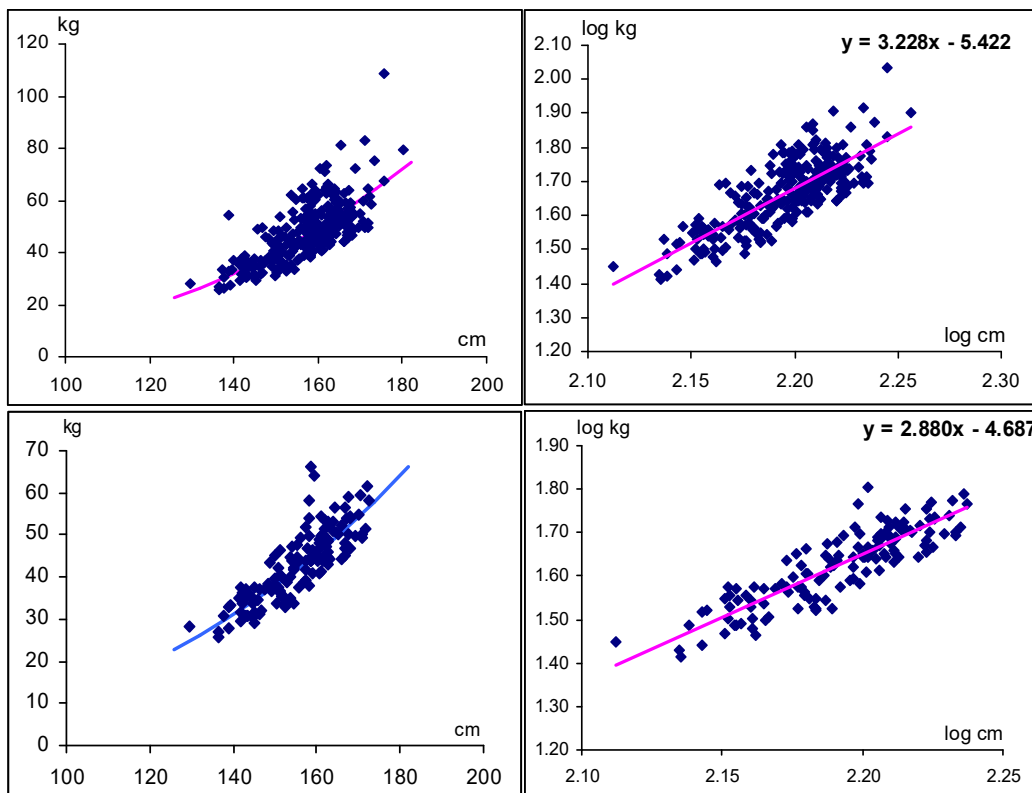
## 4. Allometria

### Podstawy allometrii

Powszechnie stosowany, zwłaszcza w klinikach i w sporcie, sposób oceny prawidłowości budowy ciała polega na odnoszeniu poszczególnych pomiarów do odpowiednich średnich wartości dla populacji w danym wieku. Konsekwencją takiego podejścia jest przyjęcie założenia, że poszczególne części ciała, a więc i ich wymiary, rozwijają się niezależnie od siebie. Pogląd taki jest oczywiście błędny i nie wymaga polemiki. Ocena swoistych dla danego gatunku proporcji ciała powinna być oparta na odnoszeniu poszczególnych wymiarów do **wielkości ciała**, której najlepszą miarą u człowieka będzie jego największy wymiar długościowy – wysokość ciała.

Bezpośrednie odnoszenie wymiarów poszczególnych części ciała do wysokości ciała może jednak prowadzić do błędnych ocen, zwłaszcza wówczas, gdy zależność między danym wymiarem a wysokością ciała nie jest liniowa (na przykład zależność masy od wysokości ciała). Najlepszym sposobem oceny prawidłowości budowy ciała, opartym na odnoszeniu poszczególnych wymiarów do wielkości ciała, jest allometria, która umożliwia śledzenie proporcjonalności budowy ciała w danym momencie, jak również w trakcie rozwoju, co ma ogromne znaczenie diagnostyczne w klinice zaburzeń rozwojowych, w sporcie itp. Analiza allometryczna polega na odnoszeniu pomiarów antropometrycznych nie do przeciętnych wartości w populacji, lecz do wiodących wymiarów ciała danej osoby (wysokości ciała itp.) nie bezpośrednio, lecz w formie potęgowej:  $y = c \cdot x^b$  (zob. [5]) która po przekształceniu logarytmicznym daje równanie liniowe:  $\log(y) = \log(c) + b \cdot x$ . Odnosząc **logarytmy** wymiarów części ciała do **logarytmu** wysokości ciała można ocenić stopień proporcjonalności mierzonej wielkości do wysokości ciała.

Jako przykład może służyć masa ciała odniesiona do wysokości ciała (ryc. 8). Jak widać, bezpośrednia zależność jest krzywoliniowa, natomiast po zlogarytmowaniu uzyskuje się zależności liniowe. Z równań tych zależności wynika, że masa ciała jest proporcjonalna do wysokości ciała podniesionej do potęgi 3,228 lub 2,880. W pierwszym wypadku dotyczy to wszystkich badanych dziewcząt, a w drugim tylko tych, u których zawartość tkanki tłuszczowej była w prawidłowych granicach.



Ryc. 8.  
Górne wykresy: zależność masy (kg) od wysokości ciała (cm) u dziewcząt w wieku 11 – 15 lat ( $n = 263$ ) oraz zależność allometryczna (log kg na log cm).  
Dolne wykresy: te same zależności, ale wyznaczone dla dziewcząt o prawidłowej zawartości tkanki tłuszczowej ( $n = 135$ ).

### Normy antropometryczne

Jedyną poprawną „normą” antropometryczną dla określonej populacji, np. młodzieży polskiej, jest wysokość ciała. Wszystkie pozostałe pomiary powinny być allometrycznie odnoszone do wysokości ciała, ew. niekiedy do innych miar, jeżeli potrzebne jest rozpatrywanie proporcji. Na przykład, długość przedramienia może być odniesiona do wysokości ciała (proporcje ogólne) lub do długości kończyny górnej (proporcje szczegółowe). Obwody mogą być odnoszone do masy ciała, bo znaczny udział w obwodach może mieć odłożenie tkanki tłuszczowej.

Poza wysokością ciała tylko te cechy mogą być odniesione bezpośrednio do pomiarów w populacji, które nie są zależne od wysokości ciała, a i to pod pewnymi warunkami. Jako przykład może służyć względna (procentowa) zawartość tkanki tłuszczowej (%F) z tym, że za „normę” nie mogą służyć wartości oparte na pomiarach w niewyselekcjonowanej populacji, a wartości uznane za prawidłowe. W każdym razie %F nie będzie odnoszony do wysokości ciała, natomiast normy dla tych cech i wskaźników, które mogą być zależne od %F, należy ustalać dla populacji wyselekcjonowanej ze względu na prawidłową zawartość tkanki tłuszczowej.

Ocena proporcji ciała jest niezbędna w wielu dziedzinach – w sporcie, w klinicznej ocenie zaburzeń wzrastania, we wzornictwie przemysłowym itp. Odnoszenie indywidualnych pomiarów antropometrycznych do średnich w populacji może dawać wypaczone wyniki i prowadzić do błędnych ocen i decyzji. Zastosowanie allometrii pozwala uniknąć tych trudności. Przykłady pomiarów kończyny dolnej (*sy*) u trzech chłopców pokazano w tabeli. Jak widać, różnice między odnoszeniem do norm wiekowych i norm allometrycznych są ogromne: chłopcy uznani za normalnych pod względem długości kończyn dolnych na podstawie norm wiekowych są zdecydowanie krótkonodzy wg norm allometrycznych.

Wiek	Pomiary (cm)		Norma allometryczna		Norma wiekowa (dzieci warszawskie)	
	wys. ciała	długość kończ. dolnej ( <i>sy</i> )	z	Centyl	z	Centyl
7.9	148.9	62.7	<b>-4.31</b>	<0.1	<b>-0.43</b>	33
9.2	148.9	66.7	<b>-3.03</b>	0.1	<b>-0.68</b>	25
17.3	195.0	87.7	<b>-3.22</b>	<0.1	<b>-1.54</b>	6

### Literatura uzupełniająca

10. R.Stupnicki, P.Tomaszewski (2012) Allometric assessment of somatic specificities. *Pediatric Endocrinology, Diabetology and Metabolism* 18(4):143-146.

11. Stupnicki R. (2012) Somatic measurements and their use in establishing reference values. *Biomedical Human Kinetics* 4:70-75.