

## Porównanie trzech sposobów pomiaru długości kończyn dolnych Three approaches to measure the length of lower extremities

Romuald Stupnicki, Joanna Głogowska

Wyższa Szkoła Kultury Fizycznej i Turystyki, Pruszków

### Streszczenie

*Cel pracy:* Porównanie pomiarów długości kończyn dolnych wykonanych trzema sposobami: wysokości punktów *symphision (sy)* i *trochanterion (tro)* oraz z różnicy między wysokością ciała i wysokością na siedząco.

*Material i metody:* Badano grupę 32 kobiet i 40 mężczyzn w wieku 22 – 46 lat. Pomiary wykonywano antropometrem Martina. Wyniki analizowano allometrycznie i określono różnice między poszczególnymi rodzajami pomiarów i odpowiadające im wielkości efektów.

*Wyniki:* Nie stwierdzono znamiennych różnic między kobietami i mężczyznami w pomiarach kończyn dolnych. Najmniej różniły się pomiary *tro* i *sy* (średnio o 1,9 cm), a najbardziej *tro* i *bh-sh* (średnio ok. 8,5 cm). Jedyne znamienne korelacje różnic z wysokością ciała to *tro-sy* u mężczyzn i *sy-bhsh* u kobiet ( $p < 0,05$ ).

*Wnioski:* Biorąc pod uwagę znaczne różnice między sposobami pomiarów, konieczne jest podawanie w publikacjach szczegółów pomiaru kończyn dolnych.

**Słowa kluczowe:** antropometria, długość kończyn dolnych

### Summary

*Study aim:* To compare three measurements of lower extremities: heights of symphision (*sy*) and trochanterion (*tro*), as well as the difference between standing and sitting heights (*bh-sh*).

*Material and methods:* A group of 32 women and 40 men, aged 22 – 46 years, were studied. Martin's anthropometer was used. The results were analysed allometrically, the differences between the three measurements were evaluated together with the corresponding effect sizes.

*Results:* No significant between-gender differences were noted in lower extremity measurements. Smallest difference was noted between *tro* and *sy* (1.9 cm, on average), and highest – between *tro* and *bh-sh* (about 8.5 cm, on average). The only significant correlations of differences with body height were found for *tro-sy* in men and for *sy-bhsh* in women ( $p < 0.05$ ).

*Conclusions:* Considering the marked differences between measurement techniques of lower extremities, reporting the details of measurements appears indispensable.

**Key words:** Anthropometry; Lower extremity length

### Wprowadzenie

Pomiary długości kończyn dolnych wykonuje się najczęściej dla określenia proporcji ciała, lub np. przy zabiegach ortopedycznych. W pierwszym wypadku mierzy się długość obu kończyn razem, bez rozdzielania na lewą i prawą, gdyż wystarczy to do określenia proporcji długościowych. Wykorzystuje się przy tym różne punkty antropometryczne [3,4] lub dokonuje się antroposkopowej (somatoskopowej) oceny za pomocą szablonów sylwetek dla oceny atrakcyjności fizycznej badanych osób [5], w której długość kończyn dolnych jest istotnym elementem [1].

### Introduction

Measurements of lower extremity length are usually performed for assessing body proportions or, e.g., for orthopaedic interventions. In the first case both extremities are being measured together, not the right and left separately, as being sufficient for assessing the length proportions. In such measurements, various anthropometric points are used [3,4], or an anthroposcopic (somatoscopic) appraisal is performed by employing body templates for assessing body attractiveness of subjects studied [5], the lower extremity length being the substantial element [1].

Taka ocena długości kończyn dolnych jest niewystarczająca, jeżeli trzeba ocenić asymetrię długościową, lub określić dokładne wymiary elementów kończyny dolnej np. przy zabiegach ortopedycznych. Konieczne jest wówczas posługiwanie się obrazowaniem rentgenowskim (np. [2]), a także pomiarami segmentowymi – długość części udowej, podudzia itp. [4]. Pomiary segmentowe są wprawdzie zalecane dla oceny długości kończyny dolnej [4], ale w wielu zastosowaniach tak złożone pomiary są zbędne.

Celem niniejszej pracy było porównanie pomiarów długości kończyn dolnych wykonanych trzema najczęściej stosowanymi [3] sposobami: wysokości punktów *symphision* (*sy*) i *trochanterion* (*tro*) oraz z różnicy między wysokością ciała a wysokością na siedząco. Pomiary te są wystarczające dla określenia proporcji ciała np. w sporcie lub w ocenie sylwetki.

## Material i metody

### Badane osoby

Badaną grupę stanowiły 32 kobiety i 40 mężczyzn, zaocznych studentów kierunku wychowanie fizyczne, w wieku 22 – 46 lat. Pomiary zostały przeprowadzone w trakcie zajęć z antropometrii. Wszyscy badani wyrazili na to zgodę.

### Metody badań

Pomiary wysokości ciała i długości kończyn dolnych wykonywano w pozycji stojącej za pomocą antropometru Martina (GPM, Vitako, Polska) z dokładnością 0,1 cm; badani byli ubrani w stroje gimnastyczne. Mierzono odległości od podłoża do następujących punktów: *sy* (*symphision*) i *tro* (*trochanterion*) - po lewej stronie ciała, oraz *v* (*vertex*). Wysokość siedzeniową (*sh*; *sitting height*) mierzono w pozycji siedzącej na ławie o wysokości 30 cm, głowa w pozycji frankfurckiej, stopy oparte na podłodze, kąty w wymienionych stawach mniejsze niż proste, plecy i głowa oparte o ścianę [7]. Długość kończyny dolnej obliczano z różnicy między wysokością ciała (*bh*) i *sh*. Obliczono wskaźnik wysokościowy, jako stosunek *sh* do wysokości ciała.

Such an assessment of lower extremity length is, however, insufficient when the length asymmetry is to be determined or when exact dimensions of lower extremity elements are needed, e.g. for surgical procedures. In that latter case, roentgen imaging (see e.g. [2]) and segmental measurements (upper and lower leg measurements, etc.) are indispensable [4]. Inasmuch such segmental measurements were recommended for determining lower extremity length [4], they are inessential in many applications.

The aim of this study was to compare lower extremity measurements performed by three most frequent techniques [3]: by measuring heights of the following points: *symphision* (*sy*), *trochanterion* (*tro*), and as the difference between body height and sitting height. Those measurements are considered sufficient for assessing body proportions or in sports.

## Material and methods

### Subjects

A group of 40 male and 32 female physical education outdoor students, aged 22 – 46 years, were studied. The measurements were conducted at anthropometry classes. All subjects consented to the study.

### Methodology

Martin's anthropometre (GPM, Vitako, Poland) was used to measure body height and lower extremity length in standing position with 0.1 cm accuracy. The subjects were dressed in sport clothing. The heights from the body to *v* (*vertex*; *bh*), and to *sy* (*symphision*) and *tro* (*trochanterion*) were measured, the latter two on the left side of the body. For measuring sitting height (*sh*), the subject was sitting on a bench 30 cm high, head in the Frankfort plane, angles at the knee and hip joints less than 90°, back and head rested against the wall [7]. The length of lower extremities was computed as the difference between standing height and sitting height (*bh-sh*). The sitting height ratio was computed (*sh/bh*).

Pomiary długości kończyny dolnej poddano analizie allometrycznej odniesionej do wysokości ciała [6] i oceniono znamienność odchyżeń współczynników równań logarytmicznych od jedności. Następnie dla wszystkich pomiarów wyznaczono arytmetyczne równania liniowe i odpowiednie błędy w regresji. Obliczono średnie różnice między różnymi pomiarami długości kończyny dolnej, a dla tych różnic wyznaczono tzw. wielkości efektów (*Effect Size* [8]). W analizie różnic wykorzystano analizę regresji, jedno-kierunkową analizę wariancji i test *t* dla danych niezależnych. Poziom prawdopodobieństwa  $p \leq 0,05$  uznano za znamienny.

## Wyniki

W tabeli 1 przedstawiono dane somatyczne badanych, w tabelach 2 i 3 – allometryczne (logarytmiczne) i odpowiednie równania arytmetyczne (nielogarytmiczne) regresji długości kończyny dolnej (cm) na wysokość ciała (cm), zaś w tabeli 4 – średnie różnice między poszczególnymi pomiarami długości kończyny dolnej (cm) i odpowiadające tym różnicom wielkości efektu.

The lower extremity measures were processed allometrically against body height [6]. The significances of deviations of the logarithmic equations coefficients from unity were determined. Next, arithmetic linear regressions and the corresponding regression errors were computed for all measurements. Moreover, mean differences between the three approaches to measure lower extremity length were computed and the corresponding effect sizes [8]. The differences were subjected to regression analysis, one-way ANOVA, correlation calculus, and *t*-test for independent data. The level of  $p \leq 0.05$  was considered significant.

## Results

Somatic data of subjects were presented in Table 1, the allometric (logarithmic) equations and the corresponding arithmetic (non-logarithmic) regressions of lower extremity length (cm) vs. body height (cm) – in Tables 2 and 3, and mean differences between lower extremity measurements (cm) with the respective effect sizes – in Table 4.

**Tab. 1.** Średnie wartości ( $\pm$ SD i zakresy) danych somatycznych badanych osób  
**Table 1.** Mean values ( $\pm$ SD and ranges) of somatic variables

Zmienna Variable	Kobiety - Women n = 32	Mężczyźni - Men n = 40
Wiek (lata) / Age (years)	26.3 $\pm$ 4.2 (22 – 37)	28.3 $\pm$ 5.9 (23 – 46)
Wysokość ciała / Body height (cm)	169.0 $\pm$ 9,8 (154.5 – 174.4)	181.1 $\pm$ 6.6 (162.8 – 194.4)
Masa ciała / Body mass (kg)	63.8 $\pm$ 11.8 (46.7 – 90.7)	81.7 $\pm$ 8.2 (71.6 – 111.4)
BMI	22.4 $\pm$ 2.7 (18.6 – 28.1)	24.1 $\pm$ 4.4 (21.8 – 30.2)
SHR ( <i>sh/bh</i> )	0.539 $\pm$ 0.021 (0.505 – 0.580)	0.525 $\pm$ 0.011 (0.502 – 0.549)***

SHR – Wskaźnik wysokościowy / Sitting height ratio; \*\*\*  $p < 0.001$

Nie stwierdzono znamiennej różnicy między kobietami i mężczyznami w proporcjach wagowo-wzrostowych (wskaźnik BMI), natomiast wysoce znamienna różnica ( $p < 0,001$ ) wystąpiła we wskaźniku wysokościowym (SHR), czyli w stosunku wysokości siedzeniowej (*sh*) do wysokości ciała (*bh*). Kobiety miały przeciętnie znamienne krótsze nogi niż mężczyźni (zob. tab. 1).

No significant gender-related difference was found in the weight-height relation (BMI), while a highly significant ( $p < 0.001$ ) difference was found for the sitting height ratio, i.e. the ratio of sitting height (*sh*) to standing height (*bh*). That means, that women had, on the average, shorter legs than men (see Table 1).

**Tab. 2.** Równania allometryczne (regresje logarytmów pomiarów na logarytm wysokości ciała [h]) i błędy współczynników regresji

**Table 2.** Allometric equations (regression of measurement logarithms vs. body height [h] logarithm) and regression coefficient errors

Zmienna Variable	Kobiety - Women n = 32	Mężczyźni - Men n = 40
Symphysion (sy)	$\log(\text{sy}) = 0.845 \cdot \log(\text{h}) + 0.047 \pm 0.098$	$\log(\text{sy}) = 1.020 \cdot \log(\text{h}) - 0.340 \pm 0.115$
bh-sh	$\log(\text{bh-sh}) = 1.484 \cdot \log(\text{h}) - 1.414 \pm 0.129^{***}$	$\log(\text{bh-sh}) = 1.202 \cdot \log(\text{h}) - 0.780 \pm 0.099^*$
Trochanterion (tro)	$\log(\text{tro}) = 0.885 \cdot \log(\text{h}) - 0.033 \pm 0.077$	$\log(\text{tro}) = 1.208 \cdot \log(\text{h}) - 0.754 \pm 0.122$

bh-sh – Różnica między wysokością ciała (bh) i wysokością na siedząco (sh)

Współczynnik regresji znamienne różny od 1,000: \*  $p < 0.05$ ; \*\*\*  $p < 0.001$

bh-sh – Difference between body height (bh) and sitting height (sh)

Regression coefficient significantly different from 1.000: \*  $p < 0.05$ ; \*\*\*  $p < 0.001$

**Tab. 3.** Równania regresji pomiarów długości kończyny dolnej na wysokość ciała (h)

**Table 3.** Regression equations for lower extremity length measurements vs. body height (h)

Zmienna Variable	Kobiety - Women n = 32	Mężczyźni - Men n = 40
Symphysion (sy)	$\text{sy} = 0.503 \cdot \text{h} \pm 2.6$	$\text{sy} = 0.509 \cdot \text{h} \pm 2.4$
bh-sh	$\text{bh-sh} = 0.67 \cdot \text{h} - 35 \pm 2.9$	$\text{bh-sh} = 0.57 \cdot \text{h} - 17 \pm 2.1$
Trochanterion (tro)	$\text{tro} = 0.514 \cdot \text{h} \pm 2.1$	$\text{tro} = 0.63 \cdot \text{h} - 20 \pm 2.6$

**Tab. 4.** Średnie różnice ( $m \pm \text{SE}$ ) między pomiarami długości kończyny dolnej mężczyzn (M) i kobiet (F) i odpowiednie wielkości efektów (ES) oraz korelacje Pearsona z wysokością ciała

**Table 4.** Mean differences ( $\pm \text{SE}$ ) between measurements of lower extremity length in men (M) and women (F), corresponding effect sizes (ES), and Pearson's correlations with body height

Różnice Differences	M (n = 40)			F (n = 32)		
	$m \pm \text{SE}$	ES	$r_{\text{bh}}$	$m \pm \text{SE}$	ES	$r_{\text{bh}}$
sy-bhsh	$6.1 \pm 0.4$	1.45 vl	-0.129	$7.0 \pm 0.7$	1.27 vl	-0.639***
tro-sy	$1.9 \pm 0.3$	0.41 s	0.390*	$1.9 \pm 0.5$	0.35 s	0.113
tro-bhsh	$8.0 \pm 0.4$	1.80 vl	0.181	$8.8 \pm 0.6$	1.96 vl	-0.549**

„Wielkość efektu”: s – mała; vl – bardzo duża; wszystkie różnice są wysoce znamienne ( $p < 0,001$ ) i różnią się znamienne ( $p < 0,001$ ); \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$

“Effect size”: s – small; vl – very large; All differences are highly significant ( $p < 0.001$ ) and differ significantly ( $p < 0.001$ ); \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$

Analiza równań allometrycznych wykazała, że współczynniki regresji logarytmicznych dla pomiarów *sy* i *tro* nie różniły się znacząco od jedności (tab. 2), zatem można było zastosować arytmetyczne równania liniowe przechodzące przez zero (tab. 3).

Regresje *bh-sh* na wysokość ciała kobiet i mężczyzn były znacząco wykładnicze (tab. 2). Niemniej jednak wyznaczono dla nich równania liniowe, a wyniki w zakresie wysokości ciała 140 – 185 cm dla kobiet i 155 – 200 cm dla mężczyzn różniły się od wyników otrzymanych z równań logarytmicznych nie więcej niż o 3 mm, zatem dla wygody rachunkowej pokazano je w tabelicy 3 jako proste równania liniowe.

Średnie indywidualne różnice między pomiarami *sy*, *tro* i *bh-sh* okazały się wysoce znaczące ( $p < 0,001$ ) i równie znacząco różniły się między sobą. Jak można było oczekiwać, najmniej różniły się pomiary *tro* i *sy* (średnio o 1,9 cm), a najbardziej *tro* i *bh-sh* (średnio od 6,1 do 8,8 cm). Nie stwierdzono znaczących różnic między kobietami i mężczyznami w różnicach między pomiarami (tab. 4), w przeciwieństwie do korelacji między różnicami pomiarów a wysokością ciała: u mężczyzn jedynie korelacja między różnicą *tro-sy* a wysokością ciała okazała się znacząca, u kobiet natomiast było odwrotnie.

## Dyskusja

Z punktu widzenia anatomii kośćca, najlepszą miarą długości kończyny dolnej powinien być pomiar wysokości trochanterion (*tro*), jest on jednak rzadko wykonywany ze względu na trudne wyznaczenie tego punktu na powierzchni ciała [3]. Powszechnie zalecany jest pomiar wysokości spojenia łonowego (*symphysion*, *sy*), który niewiele różni się od wysokości *tro* (por. tab. 4), może jednak również narażać na trudności w wyznaczeniu tego punktu, a także opory badanych osób. Wydaje się, że z praktycznego punktu widzenia najlepsza jest ocena długości kończyny dolnej jako różnicy między wysokością ciała i wysokością siedzeniową (*bh-sh*), pod warunkiem, że ten ostatni pomiar jest wykonywany właściwie [7].

The analysis of allometric regression coefficients showed that those for *sy* and *tro* vs. body height did not differ significantly from unity (Table 2), so they had been converted to arithmetic linear regressions with zero origin (no regression constant; see Table 3).

The regressions of *bh-sh* vs. body height proved significantly exponential for men and women. Nonetheless, linear regressions were computed, as the results in the body height range 155 – 200 cm (men) or 140 – 185 cm (women) did not differ from those obtained from logarithmic regressions by more than 3 mm, thus, for easy computations, they were shown in Table 3 as simple linear equations.

Mean individual differences between the *sy*, *tro* and *bh-sh* measurements, as well as the differences among those means, proved highly significant ( $p < 0.001$ ). As expected, mean values of *tro* and *sy* differed least (by 1.9 cm, on average), highest difference was found for *tro* and *bh-sh* (by 6.1 – 8.8 cm, on average). No significant gender-related differences between those measurements were noted (Table 4), in contrast to coefficients of correlations between measurement differences and body height. In men, only the correlation *tro-sy* vs. body height proved significant, in women only the other two correlations were significant.

## Discussion

Regarding the skeleton anatomy, the best measure of the lower extremity length would be the trochanterion (*tro*) height. That approach is, however, rarely used due to some difficulties in locating that point on the body [3]. The most recommended is the height of pubic symphysis (*symphysion*, *sy*), as it does not differ much from the *tro* height (cf. Table 4), but it may also be difficult in locating it and, additionally, the subjects may have qualms about such measurements. From the practical point of view, estimation of the lower extremity length from the difference between standing and sitting heights (*bh-sh*) is the best one, provided the *sh* measurement is properly performed [7].

Wielkość  $bh-sh$  różni się wprawdzie znacznie od wysokości  $tro$  lub  $sy$ , ale dobrze oddaje proporcje ciała postrzegane antroposkopowo. Ponadto, stosunek wysokości siedzeniowej do wysokości ciała ( $sh/bh$ ; wskaźnik SHR) jest często stosowany jako miara proporcji długościowej, a zatem jako miara względnej długości kończyn dolnych [1].

Podane w tabeli 3 równania mogą być przydatne w określaniu proporcji długościowych, należy jednak pamiętać, że pomiary  $tro$  i  $sy$  mogą być obciążone znacznym błędem [3]. Proporcje te mają zastosowanie np. w sporcie, mimo że niektórzy autorzy zalecają stosowanie tam pomiarów segmentowych [9]. Biorąc pod uwagę różne zalecenia dotyczące sposobu pomiaru kończyn dolnych, a także znaczne różnice między sposobami pomiarów, konieczne jest podawanie w publikacjach szczegółów dotyczących sposobu pomiaru kończyn dolnych, co niekiedy jest traktowane przez autorów zbyt ogólnikowo.

The  $bh-sh$  measure differs markedly from either  $tro$  or  $sy$  heights, but well reflects the visually perceived body proportions. Moreover, the sitting height ratio ( $sh/bh$ ; SHR) is widely used as a measure of body height proportion and, thus, as a measure of the relative length of lower extremities [1].

The equations shown in Table 3 may prove useful in estimating body height proportions. It ought to be, however, remembered that the measuring error of  $tro$  and  $sy$  heights may be fairly high [3]. Body height proportions are widely used e.g. in sports, where some authors recommend also segmental measurements [9]. Considering the diversity of recommended approaches to measure the length of lower extremities, as well as marked differences between various measurements, detailed descriptions of measurement technique in published reports are indispensable, as it is often made too superficially.

## Piśmiennictwo - References

1. Bogin B., Varela-Silva M.I. (2010) Leg length, body proportion and health: a review with a note on beauty. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 7(3):1047-1075.
2. Kato M., Warashina H. (2019) The measurement of limb length discrepancy with full-length radiograph before total hip arthroplasty. *Orthopaedic Proceedings* - online. [www.boneandjoint.org.uk](http://www.boneandjoint.org.uk)
3. Malinowski A., Wolański N. (1988) Metody badań w biologii człowieka. Wybór metod antropologicznych. PWN, s. 128-134.
4. National Health and Nutrition Examination Survey III (1988) Body Measurements (Anthropometry). Westad Inc., Rockville MD.
5. Sorokowski P. (2009) Długość nóg jako wyznacznik atrakcyjności fizycznej i sukcesu reprodukcyjnego człowieka. [www.depot.ceon.pl](http://www.depot.ceon.pl)
6. Stupnicki R. (2012) Somatic measurements and their use in establishing reference values. *Biomedical Human Kinetics* 4:70-75.
7. Stupnicki R., Głogowska J. (2018) Ocena różnych sposobów pomiaru wysokości siedzeniowej. Assessment of various approaches to measure sitting height. *Physical Activity and Health* 13:27-34.
8. Sullivan G.M., Feinn R. (2012) Using effect size – or why the  $p$  value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education* 4(3):279-282.
9. Tenforde A.S., Borgstrom H.E., Outerleys J., Davis I.S. (2019) *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 49(4): 280-283.

Otrzymano: 17.05.2019

Przyjęto: 31.05.2019

© Wyższa Szkoła Kultury Fizycznej i Turystyki im. Haliny Konopackiej, Pruszków

ISSN 2544-1639

Adres autora: [rstupnicki@wskfit.pl](mailto:rstupnicki@wskfit.pl)