



Praca oryginalna
Original paper

Kaissar Yammine, Chahine Assi

Szacowanie wzrostu na podstawie długości mostka. Metaanaliza badań korelacyjnych

Estimation of stature from sternal lengths. A correlation meta-analysis

Lebanese American University, Achrafieh, Lebanon

Streszczenie

Cel pracy: Metody oparte na dodatniej liniowej zależności pomiędzy wzrostem a kośćmi długimi są najczęściej wykorzystywane w celu szacowania wzrostu przyżyciowego w antropologii sądowej. Uważa się, że długość mostka oraz jego części może stanowić akceptowalną alternatywę w szacowaniu wzrostu w sytuacji, gdy brakuje kości długich lub zostały one uszkodzone.

Materiał i metody: Celem niniejszej metaanalizy jest ocena ilościowa dowodów dotyczących zależności pomiędzy długością mostka lub części mostka a wzrostem ciała. Przeanalizowano dziewięć badań obejmujących łącznie 1118 kości mostka.

Wyniki: Wykazano, że długość mezosternum (rękojeści wraz z trzonem) wykazuje najwyższą korelację ze wzrostem; 53,5% oraz 55,42% odpowiednio dla kobiet i mężczyzn. Drugim najlepszym parametrem jest całkowita długość mostka, dla której korelacja wynosi 44,3% dla mężczyzn oraz 55% dla kobiet. Analiza podgrup z badań autopsyjnych wykazała nawet wyższą korelację, wynoszącą 58,2%, dla długości mezosternum. Najśłabszą korelację wykazano dla długości rękojeści oraz trzonu. Z wyjątkiem długości ciała dla kobiet wykazano wyższą korelację niż dla mężczyzn pomiędzy wszystkimi innymi wartościami długości części mostka a wzrostem.

Wnioski: Chociaż długość mezosternum okazuje się parametrem najsilniej skorelowanym ze wzrostem, wszystkie długości mostka należy interpretować z ostrożnością przy szacowaniu wzrostu ciała. Stosunkowo niskie wartości uzyskanych korelacji zmuszają do postawienia pytania dotyczącego wiarygodności i nakazują ograniczyć wykorzystywanie długości mostka w sytuacjach, gdy dostępne są kości długie. Konieczne są dalsze badania na większych próbkach pochodzących z różnych populacji oraz wzięcie pod uwagę stanu połączenia części mostka.

Słowa kluczowe: mostek, wzrost, metaanaliza, korelacja.

Abstract

Aim of the study: Methods based on the positive linear relationship existing between stature and long bones are most commonly used to estimate living stature in forensic anthropology. The length of the sternum and its parts has been advanced as a plausible alternative to estimate stature when such long bones are missing or damaged.

Material and methods: This meta-analysis aims to quantify evidence on the correlation between the sternum/sternal parts length and stature. Nine studies were included with 1118 sternal bones.

Results: Analyses showed that the length of the meso-sternum (manubrium + body) yielded the best correlation with stature; 53.5% and 55.42% for men and women, respectively. The second best variable is the total sternal length with correlations of 44.3% and 55% for men and women, respectively. Subgroup analysis of autopsy studies demonstrated even a higher correlation of 58.2% for the meso-sternal length. Manubrium and body lengths showed the least correla-

tion values. Except for the body length, females exhibit a better correlation than man between all other sternal lengths and stature.

Conclusions: While the meso-sternal length is found to be the most correlated variable with stature, all sternal lengths are to be considered with caution when estimating stature. The relatively low values of the weighted correlation results should raise the question of reliability and limit the use of sternal length when long bones are available. Future research using larger samples from different populations and taking into account the fusion status of the sternum are needed.

Key words: sternum, stature, meta-analysis, correlation.

Wprowadzenie

Do określania wzrostu wykorzystuje się różne pomiary antropometryczne szkieletu. Najdokładniejsza metoda obejmuje pomiary wszystkich elementów szkieletu, które decydują o wzroście u żywych osób [1, 2]. Nie znajduje ona jednak zastosowania, gdy odzyskane szczątki ludzkie są uszkodzone lub niekompletne, jak ma to miejsce w wielu sytuacjach analizowanych w medycynie sądowej. Najczęściej wdraża się wówczas metody alternatywne, opierające się na dodatniej liniowej zależności pomiędzy wzrostem a długością różnych części ciała [3]. W tym celu wykorzystywane są najczęściej poszczególne kości długie, zwłaszcza kończyn dolnych, w odniesieniu do których uważa się, że pozwalają na najlepsze oszacowanie wzrostu. Wartości długości są używane do obliczania pochodnych z równań regresji, używanych do szacunkowej oceny wzrostu [4–8]. Najmniejszym błędem standardowym oszacowania są obciążone równania regresji wykorzystujące długość kości udowej oraz piszczeli [9]. Takie równania statystyczne opracowano dla czaszki [10, 11], łopatkii [12], kręgosłupa [13, 14], śródreżca [15, 16] oraz śródstopia [17, 18]. W ostatnim czasie zwrócono większą uwagę na możliwość szacowania wzrostu na podstawie pomiarów mostka [3, 19–26]. Mostek może być użyteczny w szacowaniu wzrostu ze względu na łatwość jego odseparowania od klatki piersiowej [24]. Zwykle jest on też nienaruszony w przypadku uszkodzonych szczątków ludzkich [20].

Kość mostka składa się anatomicznie z trzech części; rękojeści, trzonu oraz wyrostka mieczykowatego. Badacze zajmujący się zależnościami pomiędzy wzrostem a długością mostka wyprowadzili swoje równania, wykorzystując cztery często podawane pomiary: całkowitą długość mostka, włączając wyrostek mieczykowaty

Introduction

Various anthropometric measurements of the skeleton are used in determining stature. The most accurate method consists of measuring all skeletal elements that contribute to the height of living subjects [1, 2]. However, such method is not applicable when recovered human remains are damaged or incomplete as is the case in many forensic scenarios. Methods based on the positive linear relationship existing between stature and the length of various parts of the body are the most commonly employed alternatives [3]. To this, individual long bones, mainly those of the lower limbs, are the most commonly used and are thought to yield the best stature estimation; length values are used to compute the derivation of regression equations for the estimation of stature [4–8]. Regression formulae with the lowest standard error of the estimate are those using length values of the femur and tibia [9]. Such statistical equations has been devised for the cranium [10, 11], scapula [12], vertebra [13, 14], metacarpals [15, 16], metatarsals [17, 18]. Recently, stature estimation from sternal measurements has received more attention [3, 19–26]. The sternum may be useful in stature estimation because it is easily dissected from the rib cage [24], and is usually intact in case of mutilated human remains [20].

The sternum bone is divided anatomically in three parts; the manubrium, the body and the sternal xiphoid. Authors looking at the relationship between stature and sternum length derived their equation using four common reported measurements: the total sternal length including the sternal xiphoid (TL), the manubrium length (ML),

(TL), długość rękkości (ML), długość trzonu (BL) oraz długość tzw. mezosternum (rękkości + trzonu; MSL). Nieliczni badacze korelowali wzrost z pierwszym oraz trzecim segmentem mostka płodowego [27].

Z historycznego punktu widzenia Strauch, cytowany w pracy Dwighta [28], wykazał, że długość mostka wynosi 1/7,78 wysokości ciała u mężczyzn oraz 1/8,04 u kobiet. Cytowany w tym samym źródle [28] Korber nie stwierdził stałej zależności pomiędzy długością tej kości a wzrostem. Jednak autorzy dziewiętnastowieczni oraz z początków XX wieku [28, 29] wraz ze współczesnymi badaczami wykazali ścisły związek pomiędzy wzrostem a długością mostka, przy czym kierunek zmienności tej ostatniej był taki sam jak wzrostu. Dwight [28] stwierdził, że zmienność długości rękkości jest bardzo niewielka, podczas gdy zmienność długości innych części, i w konsekwencji długości całkowitej, jest większa. Ponadto zmienność ta jest większa u mężczyzn niż u kobiet. Wykazano, iż całkowita długość mostka wynosi 1/10 wysokości ciała, a zmienność całkowitej długości mostka jest powiązana z wartościami wysokości ciała [30].

Celem badania jest ilościowa ocena metodą metaanalizy danych dotyczących zależności pomiędzy długością mostka i jego poszczególnych części a wzrostem. Innymi słowy, jest to próba określenia ważnego współczynnika korelacji, aby rzucić nieco światła na wiarygodność długości mostka lub jego części w szacowaniu wzrostu ciała w antropologii sądowej.

Metody

Ramy niniejszego przeglądu wyznacza lista kontrolna przeglądów anatomicznych i metaanaliz (CARMA) [31].

Strategia wyszukiwania i identyfikacja badań

Przegląd systematyczny objął prace zindeksowane w bazach Medline, Embase, Scielo, EBSCO oraz Google Scholar od początku do listopada 2016 r. Aby zidentyfikować możliwie największą liczbę adekwatnych badań, użyto następującej kombinacji zero-jedynkowej terminów o szerokim znaczeniu: [(*sternum OR sternal*) AND (*stature OR height*)*]. W celu identyfikacji dawnych prac dotyczących analizowanego zagadnienia przeszukano także cyfrowe zbiory National Library of Medicine, www.persée.fr

the body length (BL) and the meso-sternum (manubrium + body) length (MSL). Few authors correlated stature with the first and the third Sternabrae [27].

Historically, Strauch cited in Dwight [28], found that the length of the sternum was 1/7.78 of the height in man and 1/8.04 in woman. Korber, also cited in Dwight [28], found no constant relation between the length of the bone and the height. However, other authors of the 19th and early 20th centuries [28, 29] along with recent researchers found a close relationship between stature and sternal length where the latter varies in the same direction as the height value. Dwight [28] reported that the variation in the length of the manubrium is very slight while the variation of the different parts, and consequently of the totals, is higher and it is greater among men than among women. The total sternal length has been reported to represent the 1/10th of the height with variations following height values [30].

The aim of this study is to produce quantitative evidence in the form of a meta-analysis to assess the relationship between length of the sternum or its different parts with stature. In other terms, it is an attempt to yield a weighted correlation coefficient in order to shed some light on the reliability of sternal length or lengths of its parts to estimate stature in forensic anthropology.

Methods

The Checklist for Anatomical Reviews and Meta-Analysis (CARMA) served as the framework for this review [31].

Search strategy and identification of studies

A number of electronic databases such as Medline, Embase, Scielo, EBSCO, and Google Scholar were used for a systematic literature search and that from inception to November 2016. The Boolean combination used included broad terms to locate a maximum of relevant papers and was as follows; [(*sternum OR sternal*) AND (*stature OR height*)*]. The Digital Collections of the National Library of Medicine, www.persée.fr, and www.gallica.fr were also searched in an attempt to locate old relevant

oraz www.gallica.fr. Sprawdzono odniesienia źródłowe i usunięto powtarzające się pozycje.

Kryteria wyboru badań

Analiza objęła badania, w których długość mostka oceniano na podstawie rentgenogramów, skanów MRI/CT lub w wyniku preparowania. Z analizy wykluczono badania, w których szacowanie wzrostu było przeprowadzane poprzez pomiar jamy szpikowej mostka. Pierwszorzędowym punktem końcowym badania było określenie wartości współczynnika korelacji pochodnego równania określającego zależność wzrostu od długości mostka lub jego części. Drugorzędowe punkty końcowe zdefiniowano jako ważone wartości długości mostka lub jego różnych części oraz błąd standardowy wartości korelacji. Nie nałożono żadnych ograniczeń w zakresie czasu opublikowania pracy ani wieku osób objętych badaniem. Badanie dotyczyło publikacji w językach angielskim, francuskim lub niemieckim. Początkowo analizowano tytuły oraz streszczenia. Gdy dana praca wydawała się dotyczyć pierwszorzędowego punktu końcowego, pozyskiwano jej pełny tekst.

Pozyskiwanie i analiza danych

Pozyskane dane obejmowały rozmiar próby, podstawową charakterystykę próbek, długość mostka i jego różnych części, wartości współczynnika korelacji oraz wartości błędów standardowych, jeśli były dostępne. Analizę przeprowadzono przy użyciu pakietu StatsDirect v2.7.8 (Altrincham, United Kingdom). Łączona średnia wielkość ważona efektu została obliczona dla wartości antropometrycznych. Wykorzystując testy Hedgesa-Olkin (modele o efekcie ustalonym oraz losowym) oraz Schmidta-Huntera przeprowadzono analizę korelacji w celu obliczenia ważonego współczynnika korelacji (r). Tam, gdzie było to możliwe, przeprowadzono analizę czułości poprzez analizę podgrup pochodzących z badań anatomicznych, w których dane uzyskano w wyniku preparowania tkanek.

Wyniki

Wyniki wyszukiwania

Zidentyfikowano 220 prac w bazach elektronicznych. Wstępny przegląd abstraktów pozwolił na wybranie 30 prac do dalszej analizy. Na podstawie analizy pełnych

manuscripts. The references were checked and duplicates were deleted.

Criteria for study selection

Studies measuring the sternal length using roentgenograms, MRI/CT Scans or via dissection were included. We excluded studies where stature estimation was conducted via sternal of medullar cavity measurement. The primary outcome is set to be the correlation coefficient value of the derived equation devising stature from sternal, or parts of the sternum, lengths. Secondary outcomes were defined as the weighted length values of the sternum or its different parts and the standard error of the correlation values. No restriction was imposed on date or age. Search was limited to papers written in English, French or German languages. Titles and abstracts were initially screened and full-text articles were obtained when the primary outcome was thought to be reported.

Data extraction and analysis

Data extracted included sample size, basic characteristics of specimen, length of the sternum and its different parts, correlation coefficient values, and standard error values when available. Analysis was performed using StatsDirect v2.7.8 (Altrincham, United Kingdom). Pooled weighted mean effect size was calculated for anthropometric values. Correlation analysis was conducted to compute the weighted correlation coefficient (r) using the Hedges-Olkin (both fixed-and random-effects models) and the Schmidt-Hunter tests. When possible, sensitivity analysis was conducted via a subgroup analysis of the anatomical studies by dissection.

Results

Search results

Electronic search yielded 220 hits. Initial abstract screening revealed 30 potentially relevant papers. Full manuscript checking results in 9 relevant papers meeting the inclusion criteria. Reasons for exclusion were as follow; 13

tekstów ustalono, że 9 prac spełnia kryteria włączenia do badania. Powody wyłączenia prac z analizy były następujące: 13 prac dotyczyło związku pomiędzy wiekiem a wzrostem ciała, w 3 pracach nie podano wartości współczynnika r , 2 prace były w języku chińskim, w jednym badaniu, wyprowadzając równania, stosowano pomiar jamy szpikowej mostka, zaś dwa badania były duplikatami. Analiza piśmiennictwa nie doprowadziła do zidentyfikowania innych prac mogących wchodzić w zakres zainteresowania. Ogółem w analizie uwzględniono 9 badań

papers reported the relationship between age and stature, three papers did not report the r value, two papers were written in Chinese, one study used measurement of the sternal medullary cavity to derive equations, and two were duplicates. Reference checking did not reveal additional papers of relevance. In total, nine studies were included with 1118 participants/specimens, 752 males and 366 females (Table I). Anthropological and cor-

Tabela I. Charakterystyka badań objętych metaanalizą
Table I. Characteristics of included studies

Badania Studies	Populacja Population	Rodzaj badania Study type	Wiek (\pm SD) Age (\pm SD)	Rozmiar próby Sample size	Mężczyźni Male	Kobiety Female
Macaluso i Lucena 2014 Macaluso and Lucena 2014	Hiszpanie Spain	kliniczne (radiologiczne) clinical (radiological)	57 \pm 17.4	92	50	42
Marinho i wsp. 2012 Marinho <i>et al.</i> 2012	Portugalczyki Portugal	sekcyjne cadaveric	52.89 \pm 15.6	45	45	0
Menezes i wsp. 2009 Menezes <i>et al.</i> 2009	Indianie południowo- amerykańscy South Indian	sekcyjne cadaveric	38.94 \pm 13.96	35	35	0
Menezes i wsp. 2011 Menezes <i>et al.</i> 2011	Indianie południowo- amerykańscy South Indian	sekcyjne cadaveric	28.85 \pm 4.42	40	0	40
Chandrakant i wsp. 2015 Chandrakant <i>et al.</i> 2015	Indianie południowo- amerykańscy South Indian	sekcyjne cadaveric	19–80 (range)	117	67	50
Tumram i wsp. 2015 Tumram <i>et al.</i> 2015	Indianie środkowo- amerykańscy Central Indians	sekcyjne cadaveric	21–70 (range)	92	92	0
Singh i wsp. 2011 Singh <i>et al.</i> 2011	Indianie północno- zachodni Northwest Indians	sekcyjne cadaveric	36 \pm 16	343	252	91
Yonguc i wsp. 2015 Yonguc <i>et al.</i> 2015	Turcy Turkish	sekcyjne cadaveric	33 \pm 5.4	95	65	30
Zhang i wsp. 2015 Zhang <i>et al.</i> 2015	Chińczycy Chinese	kliniczne (skany tomografii komputerowej) clinical (CT scan)	48 \pm 12.2	259	146	113

Tabela II. Dane morfometryczne i korelacyjne
Table II. Sternal morphometric and correlation data

Badania Studies	Wzrost skorygowany (cm) \pm SD Corrected stature (cm) \pm SD		Rozmiar próbki Sample size		Całkowita długość mostka (cm) \pm SD Total sternal length (cm) \pm SD		Współczynnik korelacji (r) [SE w cm] Correlation (r) [SE in cm]		Długość rękojści (cm) \pm SD Manubrium length (cm) \pm SD		Współczynnik korelacji (r) [SE w cm] Correlation (r) [SE in cm]		Długość ciała (cm) \pm SD Body length (cm) \pm SD		Współczynnik korelacji (r) [SE w cm] Correlation (r) [SE in cm]		Rękojeść + trzon (cm) \pm SD Manubrium + body (cm) \pm SD		Współczynnik korelacji (r) [SE w cm] Correlation (r) [SE in cm]	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Macaluso i Lucena 2014 Macaluso and Lucena 2014	164,4 \pm 6,67	152,1 \pm 6,2	50	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,73 \pm 1,2	13,33 \pm 1,14	0,391 [6,2]	0,461 [5,56]	-	-
Marinho i wsp. 2012 Marinho et al. 2012	167,9 \pm 6,90	-	45	-	20,39 \pm 1,42	-	0,329 [6,59]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Menezes i wsp. 2009 Menezes et al. 2009	166,47 \pm 7,22	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,20 \pm 1,34	-	0,638 [5,64]	-	-	
Menezes i wsp. 2011 Menezes et al. 2011	-	155,88 \pm 5,27	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,12 \pm 1,7	-	0,639 [4,11]	-	-	
Chandrakhan i wsp. 2015 Chandrakhan et al. 2015	167,4 \pm 7,7	155,7 \pm 8,1	67	50	-	-	-	4,89 \pm 0,67	4,37 \pm 0,42	0,52 [9,75]	0,44 [10,25]	9,07 \pm 1,53	7,88 \pm 1,43	14 \pm 1,72	12,2 \pm 1,62	0,65 [8,67]	-	-	-	
Tumram i wsp. 2015 Tumram et al. 2015	160,8 \pm 8,8	-	92	-	-	-	-	4,65 \pm 0,6	-	0,44 [7,9]	-	9,89 \pm 0,87	-	14,59 \pm 1,0	-	0,55 [7,4]	-	-	-	
Singh i wsp. 2011 Singh et al. 2011	168,1 \pm 7,19	156,3 \pm 6,98	252	91	16,88 \pm 1,64	14,3 \pm 1,24	0,282 [6,93]	5,21 \pm 0,52	4,72 \pm 0,52	0,2 [7,08]	0,245 [6,82]	9,41 \pm 1	7,85 \pm 1,02	14,6 \pm 1,14	12,5 \pm 1	0,264 [6,97]	0,223 [6,83]	0,316 [6,65]	-	
Yonguc i wsp. 2015 Yonguc et al. 2015	173,1 \pm 6,3	160,2 \pm 6,7	95	30	20,96 \pm 1,89	17,9 \pm 1,6	0,673	5,3 \pm 0,62	4,83 \pm 0,54	0,594	0,669	11,7 \pm 0,86	9,7 \pm 0,95	16,7 \pm 1,2	14,5 \pm 1,1	0,560	0,371	0,721	0,739	
Zhang i wsp. 2015 Zhang et al. 2015	166,6 \pm 6,3	157,1 \pm 6,5	146	113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,8 \pm 1,4	12,9 \pm 1,0	-	0,459 [4,76]	0,541 [6,73]	-	

obejmujących 1118 uczestników/próbek: 752 mężczyzn oraz 366 kobiet (tab. I). Dane antropologiczne i korelacyjne z każdego z 9 badań przedstawiono w tabeli II.

Metaanalizy antropometryczne

Wzrost

W ośmiu badaniach [3, 20, 21, 23–27] obejmujących łącznie 752 mężczyzn uzyskano wartość średniej ważonej (SD) wynoszącą $166,84 \pm 7,1$ cm.

W siedmiu badaniach [3, 22, 23, 25–27] obejmujących łącznie 366 kobiet uzyskano wartość $156,2 \pm 6,6$ cm.

Całkowita długość mostka

W pięciu badaniach [3, 20, 23–25] obejmujących łącznie 534 mężczyzn stwierdzono długość $17,7 \pm 1,43$ cm.

W czterech badaniach [3, 22, 23, 25] obejmujących łącznie 203 kobiety stwierdzono długość $14,9 \pm 1,42$ cm.

Długość rękojęści

W trzech badaniach [23–25, 27] obejmujących łącznie 506 mężczyzn stwierdzono długość $5,01 \pm 0,6$ cm.

W trzech badaniach [23, 25] obejmujących łącznie 171 kobiet stwierdzono długość $4,64 \pm 0,5$ cm.

Długość trzonu

W tych samych badaniach, w których określano długość rękojęści, podawano także długość trzonu; wartości ważone wynosiły odpowiednio $10,01 \pm 1,06$ cm i $8,47 \pm 1,13$ cm dla mężczyzn oraz kobiet.

Długość mezosternum

W pięciu badaniach [21, 23, 25–27] obejmujących łącznie 560 mężczyzn stwierdzono długość $14,86 \pm 1,36$ cm. W tych samych badaniach, z wyjątkiem pracy Menezes i wsp. [21], obejmujących 284 kobiety stwierdzono wartość $13,02 \pm 1,2$ cm.

Metaanalizy korelacji

Wyniki ogólne

Korelację ze wzrostem ciała obliczano dla każdej długości mostka lub części mostka, korzystając z danych przedstawionych w wyżej wymienionych badaniach.

relation data reported in each of the 9 studies are shown in Table II.

Anthropometric meta-analyses

Stature

Eight studies [3, 20, 21, 23–27] totalizing 752 male subjects yielded a weighted mean (SD) of 166.84 ± 7.1 cm.

Seven studies [3, 22, 23, 25–27] totalizing 366 female subjects yielded a value of 156.2 ± 6.6 cm.

Total sternal length

Five studies [3, 20, 23–25] totalizing 534 male subjects yielded a length of 17.7 ± 1.43 cm.

Four studies [3, 22, 23, 25] totalizing 203 female subjects yielded a length of 14.9 ± 1.42 cm.

Manubrium length

Three studies [23–25, 27] totalizing 506 male subjects yielded a length of 5.01 ± 0.6 cm. Three studies [23, 25] totalizing 171 female subjects yielded a length of 4.64 ± 0.5 cm.

Body length

The same studies reporting manubrium length reported body length values with weighted values of 10.01 ± 1.06 cm and 8.47 ± 1.13 cm for male and females, respectively.

Meso-sternum length

Five studies [21, 23, 25–27] totalizing 560 male subjects yielded a length of 14.86 ± 1.36 cm. The same studies but that of Menezes *et al.* [21] with a total of 284 female subjects yielded a value of 13.02 ± 1.2 cm.

Correlation meta-analyses

Overall results

Correlation with stature was computed for each sternal/sternal part length with the data

Z wyjątkiem długości trzonu, dla której stwierdzono najniższe wartości korelacji, wzrost ciała w większym stopniu korelował ze wszystkimi innymi pomiarami w populacji kobiet niż u mężczyzn. Dla wartości MSL, a następnie TSL wykazano wyższe wartości korelacji ze wzrostem ciała u obu płci, jednak w teście Hedgesa-Olkina (wariant dla efektów losowych) wykazano najbardziej spójną korelację dla długości mezosternum, uwzględniając płeć uczestników. Szczegółowe wyniki metaanalizy przedstawiono w tabeli III.

Analiza czułości

Analiza czułości oparta na podgrupie badań autopsyjnych została zastosowana w odniesieniu do długości mezosternum. Dla trzech innych części mostka ogólne

provided from the same above studies. Besides body length which showed the least correlation values, stature was more correlated to all other measurements in the female populations rather than in males. The MSL, followed by the TSL, showed the higher correlation values with stature in both gender. However, the Hedges-Olkin random-effects test for the the meso-sternum length showed the most consistent sex-based correlation. Details of the meta-analytical results are shown in Table III.

Sensitivity analysis

Sensitivity analysis based on the subgroup of cadaveric studies have been applied to the meso-

Tabela III. Wyniki korelacji z metaanalizy
Table III. Correlation meta-analytical results

Korelacja ze wzrostem Correlation with stature		Test Hedgesa-Olkina (efekty losowe) Hedges-Olkin random-effects test			Niespójność (Hedges-Olkin) Inconsistency (Hedges-Olkin)
		Zbiorcza korelacja Pooled correlation	CI	Z (P)	I2
Całkowita długość mostka Total sternal length	Mężczyźni Male	0,443	0,141–0,670	2,8 ($p < 0,005$)	85,6%
	Kobiety Female	0,550	0,009–0,840	1,99 ($p = 0,04$)	–
	Razem Total	0,476	0,267–0,642	4,1 ($p < 0,0001$)	82,2%
Długość rękojeści Manubrium length	Mężczyźni Male	0,417	0,146–0,629	2,93 ($p = 0,003$)	88,2%
	Kobiety Female	0,467	0,039–0,782	1,81 ($p = 0,07$)	84,5%
	Razem Total	0,442	0,277–0,582	4,9 ($p < 0,0001$)	82%
Długość trzonu Body length	Mężczyźni Male	0,362	0,153–0,540	3,30 ($p = 0,001$)	79,4%
	Kobiety Female	0,259	0,082–0,420	2,84 ($p = 0,004$)	0%
	Razem Total	0,353	0,234–0,462	5,5 ($p < 0,0001$)	61%
Długość mezosternum Meso-sternum length	Mężczyźni Male	0,535	0,404–0,643	6,9 ($p < 0,0001$)	77%
	Kobiety Female	0,554	0,421–0,663	7,0 ($p < 0,0001$)	60,1%
	Razem Total	0,542	0,454–0,620	10,1 ($p < 0,0001$)	69,8%

Tabela IV. Wyniki metaanalizy dotyczącej czułości (jedynie badania autopsyjne)
Table IV. Results of sensitivity meta-analysis (only cadaveric studies)

Korelacja ze wzrostem Correlation with stature		Test Hedgesa-Olkina (efekty losowe) Hedges-Olkin random effects test			Niespójność (Hedges-Olkin) Inconsistency (Hedges-Olkin)
		Zbiorcza korelacja Pooled correlation	CI	Z (P)	I ²
Długość mezosternum Meso-sternum length	Mężczyźni Male	0,579	0,394–0,719	5,3 ($p < 0,0001$)	84,2%
	Kobiety Female	0,590	0,367–0,749	4,54 ($p < 0,0001$)	75,4%
	Razem Total	0,582	0,455–0,685	7,5 ($p < 0,0001$)	78,9%

wartości metaanalityczne przedstawione w tabeli III były już określone na podstawie samych badań autopsyjnych. Wartości korelacji dla podgrupy autopsyjnej okazały się nawet wyższe i wynosiły odpowiednio 57,9% oraz 59% dla mężczyzn oraz kobiet (tab. IV).

Wyniki dotyczące średniego błędu standardowego (SE)

Średnie wartości SE (\pm SD) ważonych wartości korelacji pomiędzy wzrostem a całkowitą długością mostka, długością rękojeści, trzonu oraz mezosternum wynosiły odpowiednio 6,23 \pm 1,23, 7,26 \pm 0,56, 7,43 \pm 0,92 oraz 6,17 \pm 0,64.

Dyskusja

Niniejsza metaanaliza stanowi pierwszą próbę ilościowej oceny dowodów naukowych dotyczących możliwości wykorzystania różnych długości mostka w szacowaniu wzrostu u ludzi.

Z wyjątkiem długości ciała, u kobiet wykazano lepszą niż u mężczyzn korelację pomiędzy różnymi długościami mostka a wzrostem. Długość mezosternum to zmienna wykazująca największy dodatni związek ze wzrostem, i to zarówno u mężczyzn, jak i kobiet, przy użyciu dowolnego testu statystycznego. Wartości korelacji okazały się najwyższe dla MSL; 53,5% dla mężczyzn oraz 55,42% dla kobiet. Drugą najlepszą zmienną do szacowania wzrostu była TSL, dla której wartości korelacji wynoszą co najmniej 44,3% u mężczyzn i 55% u kobiet. Dla długości rękojeści i trzonu wykazano najniższe współczynniki korelacji. Średnie wartości błędu standardowego ważonych wyników korelacji okazały się najniższe dla MSL, a następnie dla

sternum length. For the three other sternal parts, the overall meta-analytical values showed in Table III were already drawn from cadaveric studies only. The correlation for the autopsy subgroup showed an even higher values; 57.9% and 59% for men and women, respectively (Table IV).

Mean standard error (SE) results

The mean SE (\pm SD) of the weighted correlation values between stature and total sternal, manubrium, body and meso-sternum lengths were 6.23 \pm 1.23, 7.26 \pm 0.56, 7.43 \pm 0.92, and 6.17 \pm 0.64, respectively.

Discussion

This meta-analysis is the first attempt to quantify evidence from the literature on the usefulness of the different sternal lengths in estimating stature in humans.

Except for the body length, females exhibit a better correlation than man between the different sternal lengths and stature. The length of the meso-sternum is the variable having the highest positive relationship with stature and that for both men and women using any statistical test. The correlation values were found to be the highest for the MSL; 53.5% for men and 55.42% for women. The second best variable for stature estimation was the TSL with correlation values of at least 44.3% in males and 55% in females. Manubrium and body lengths showed the least correlation coefficients. The mean SE values of the weighted correlation results were the lowest for the MSL followed by that of the TSL. Our findings

TSL. Nasze wyniki sugerują, że szacując wzrost należy ostrożnie interpretować wyniki pomiaru długości mostka. Mimo że dla mezosternum korelacja okazuje się najwyższa, to i tak nie przekracza ona 60%.

Błędy regresji dla długości mostka są niemal dwukrotnie większe niż dla długości kości udowej [32–34], niemal 1,5 raza większe niż dla kości piszczelowej [34–36] i kości ramiennej [32–34] i są podobne jak w przypadku kości ręki i stopy [37]. Długość łopatki, a w szczególności wymiar podłużny łopatki, wykazuje korelację ze wzrostem na poziomie do 74% [38]. Porównując wartości błędów korelacji i regresji z wartościami uzyskiwanymi dla innych kości, zwłaszcza kości długich, dla długości mostka wykazywane są najniższe wartości korelacji i najwyższe wartości błędów standardowych. Na podstawie niniejszej metaanalizy należy stwierdzić, że długość mostka nie powinna być uznawana za wiarygodną metodę szacowania wzrostu. Jednak w sytuacji, w której brakuje danych z pomiarów kości długich, najważniejszym parametrem korelującym ze wzrostem jest długość mezosternum.

Badanie ma kilka ograniczeń. Niewielka liczba badań (9) spełniała kryteria włączenia do analizy, jednak łączna liczba 1118 mostków może być traktowana jako reprezentatywna w określaniu kierunku korelacji i wartości referencyjnych dla przyszłych badań antropologicznych. Jedynie w 7 spośród 9 badań wykorzystywano pomiary dokonane na zwłokach. W 2 badaniach długości mostka były uzyskane na osobach żywych, co może być źródłem błędu systematycznego. Analiza podgrupy obejmującej pomiary dokonane na zwłokach prowadzi jednak do wniosków zgodnych z ogólnymi wynikami metaanalizy, a mianowicie że długość MSL najlepiej koreluje ze wzrostem. Ponad połowę zbiorczej próbki stanowił materiał pochodzący z populacji Indian, co może być źródłem dodatkowego błędu systematycznego, wzięwszy pod uwagę różnice w proporcjach ciała występujące u ludzi o różnym pochodzeniu. Z wyjątkiem tureckiego badania autorstwa Yonguc i wsp. [25] wartości wzrostu z wszystkich pozostałych badań wypadają porównywalnie korzystnie. Co więcej, modele regresji opracowane dla konkretnej populacji niekoniecznie muszą się sprawdzać w innych populacjach. Tym niemniej równania regresji jako takie mogą nie być swoiste dla konkretnej populacji, ale swoiste dla populacji o podobnych proporcjach ciała [20]. Należy zauważyć, że w pomiarach odnotowano pewne różnice metodologiczne; w badaniu Marinho i wsp. [20] podano jedynie wartość TSL. Jako że niekiedy brakuje wyrostka miedzykowatego, wartości korelacji uzyskane na podsta-

suggest that sternal length should be used with caution when estimating stature. While being the highest, the correlation with the meso-sternum couldn't exceed the value of 60%.

Regression errors for the length of the sternum are almost twice of that for the length of the femur [32–34], almost 1.5 times of that of tibia [34–36] and humerus [32–34] and are quite similar to those of the hand and foot [37]. Scapular length and particularly the longitudinal scapular length showed a correlation of up to 74% with stature [38]. When comparing correlation and regression errors values with other bones, mainly the long bones, sternal lengths are found to yield the least correlation and the highest standard errors. Based on the results of this meta-analysis, sternal length should not be considered as a reliable method to estimate stature. However, in case where data from long bones is not available, the length of the meso-sternum is to be considered the most appropriate part to correlate to stature.

Some limitations are present in this study. The number of studies meeting the criteria is low with only 9 included studies; however, the pooled sample of 1118 sternums could be fairly considered as representative in order to locate correlation directions and reference values for future anthropological research. Only seven studies out of nine reported measurements on cadavers. Though such might induce bias to our results since sternal lengths from two studies were performed on living subjects, the “cadaveric” subgroup analysis confirmed the results of the overall meta-analysis in that the MSL length has the best correlation with stature. On the other hand, more than half of the pooled sample is from Indian ancestry; this would add bias knowing the existence of differences in body proportions between ancestries. However and besides that of the included Turkish study of Yonguc *et al.* [25], stature values of all other studies compare favorably. More, regression models developed from a specific population may not be applicable to others. Nevertheless, regression equations may not be population-specific per se, but specific to populations who share similar body proportions [20]. It should also be noted that some methodological differences were noted in measurements; the study of Marinho *et al.* [20] reported

wie pomiaru TSL mogą być obciążone błędem systematycznym. Jednostka osiąga sylwetkę osoby dorosłej ok. 18. roku życia, jednak zrośnięcie się segmentów mostka następuje w wieku późniejszym, bez ściśle określonej chronologii. Jedynie Chandrakanth i wsp. [27] analizowali wpływ zjawiska zrośnięcia rękojeści z trzonem oraz wyrostka mieczykowatego z trzonem na szacowanie wzrostu. Autorzy wykazali, że wzrost ciała koreluje istotnie lepiej, gdy części mostka są zrośnięte częściowo, a jeszcze lepiej, gdy są zrośnięte całkowicie.

Niniejsza metaanaliza morfologiczna wykazała, iż długość kości mostka może stanowić dodatkowe narzędzie do szacowania wzrostu w antropologii sądowej w razie braku dostępności kości długich, ich zdekompletowania lub gdy są one słabo zachowane. Długość mezosternum (rękojeści wraz z trzonem) stanowi najlepszy parametr dostępny spośród pomiarów mostka, który może służyć do szacowania wzrostu. Wskazane są dalsze badania obejmujące próbki o większej liczbie oraz pochodzące z różnych populacji, a także uwzględnianie stanu zrośnięcia poszczególnych części mostka.

Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

only one value and that of the TSL. Knowing that the xiphoid process could be sometimes missing, correlation values drawn from the TSL could be biased. Lastly, while an individual attains adult stature at around 18 years of age, fusion of sternal segments occur at a later age without following a definite chronology. Only the included paper of Chandrakanth *et al.* [27] studied the impact of the fusion of the manubriosternal and xiphisternal joints on stature estimation, and found that stature is significantly better correlated when sternal parts are partially or even better, when totally fused.

This morphological meta-analysis demonstrates that the length of the sternal bone might be an additional tool for stature estimation in forensic anthropology when long bones are not available, incomplete or in poor condition. The findings shows that the meso-sternal length (manubrium and body) is the best sternal variable for stature estimation. Future research using larger samples from different populations and taking into account the fusion status of the sternum are needed.

The authors declare no conflict of interest.

Piśmiennictwo

References

1. Fully G. Une nouvelle méthode de détermination de la taille. *Ann Med Leg* 1956; 40: 266-273.
2. Raxtor MH, Auerbach BM, Ruff CB. Revision of the fully technique for estimating statures. *Am J Phys Anthropol* 2006; 130: 374-384.
3. Macaluso PJ Jr, Lucena J. Stature estimation from radiographic sternum length in a contemporary Spanish population. *Int J Legal Med* 2014; 128: 845-851.
4. Agnihotri AK, Kachhwaha S, Jowaheer V, Singh AP. Estimating stature from percutaneous length of tibia and ulna in Indo-Mauritian population. *Forensic Sci Int* 2009; 187: 109.e1-109.e3.
5. Celbis O, Agritmis H. Estimation of stature and determination of sex from radial and ulnar bone lengths in a Turkish corpse sample. *Forensic Sci Int* 2006; 158: 135-139.
6. Dayal MR, Steyn M, Kuykendall KL. Stature estimation from bones of South African whites. *S Afr J Sci* 2008; 104: 124-128.
7. De Mendonca MC. Estimation of height from the length of long bones in a Portuguese adult population. *Am J Phys Anthropol* 2000; 112: 39-48.
8. Lundy JK. Regression equations for estimating living stature from long limb bones in the South African Negro. *S Afr J Sci* 1983; 79: 337-338.
9. Scheuer L. Application of osteology to forensic medicine. *Clin Anat* 2002; 15: 297-312.
10. Kalia S, Shetty SK, Patil K, Mahima VG. Stature estimation using odontometer and skull anthropometry. *Indian J Dent Res* 2008; 19: 150-154.
11. Krishan K, Kumar R. Determination of stature from cephalo-facial dimensions in a North Indian population. *J Leg Med* 2007; 9: 128-133.
12. Burke RM. Can we estimate stature from the scapula? A test considering sex and ancestry. Thesis, BSc, University of Idaho 2005.
13. Nagesh KR, Kumar GP. Estimation of stature from vertebral column length in South Indians. *Leg Med (Tokyo)* 2006; 8: 269-272.

14. Pelin C, Duyar I, Kayahan EM, Zağyapan R, Ağildere AM, Erar A. Body height estimation based on dimensions of sacral and coccygeal vertebrae. *J Forensic Sci* 2005; 50: 294-297.
15. Meadows L, Jantz RL. Estimation of stature from metacarpal length. *J Forensic Sci* 1992; 37: 147-154.
16. Zaher JF, El-Ameen NFM, Seedhom AE. Stature estimation using anthropometric measurements from computed tomography of metacarpal bones among Egyptian population. *Egypt J Forensic Sci* 2011; 1: 103-108.
17. Bidmos MA. Metatarsals in the estimation of stature in South Africans. *J Forensic Leg Med* 2008; 15: 505-509.
18. Cordeiro C, Muños-Barús JI, Wasterlain S, Cunha E, Vieira DN. Predicting adult stature from metatarsal length in a Portuguese population. *Forensic Sci Int* 2009; 193: e1-e4.
19. Laurin LP, Jobin V, Bellemare F. Sternum length and rib cage dimensions compared with bodily proportions in adults with cystic fibrosis. *Can Respir J* 2012; 19: 196-200.
20. Marinho L, Almeida D, Santos A, Cardoso HF. Is the length of the sternum reliable for estimating adult stature? A pilot study using fresh sterna and a test of two methods using dry sterna. *Forensic Sci Int* 2012; 220: 292.e1-4.
21. Menezes RG, Kanchan T, Kumar GP, Rao PP, Lobo SW, Uysal S, Krishan K, Kalthur SG, Nagesh KR, Shettigar S. Stature estimation from the length of the sternum in South Indian males: a preliminary study. *J Forensic Leg Med* 2009; 16: 441-443.
22. Menezes RG, Nagesh KR, Monteiro FN, Kumar GP, Kanchan T, Uysal S, Rao PP, Rastogi P, Lobo SW, Kalthur SG. Estimation of stature from the length of the sternum in South Indian females. *J Forensic Leg Med* 2011; 18: 242-245.
23. Singh J, Pathak RK, Chavali KH. Skeletal height estimation from regression analysis of sternal lengths in a Northwest Indian population of Chandigarh region: a postmortem study. *Forensic Sci Int* 2011; 206: 211.e1-8.
24. Tumram NK, Parchake SB, Bardale RV, Dixit PG. Estimation of height from the length of the sternum in an adult Indian population. *Med Sci Law* 2015; pii: 0025802415595057.
25. Yonguc GN, Kurtulus A, Bayazit O, Adiguzel E, Unal I, Demir S, Acar K. Estimation of stature and sex from sternal lengths: an autopsy study. *Anat Sci Int* 2015; 90: 89-96.
26. Zhang K, Luo YZ, Fan F, Zheng JQ, Yang M, Li T, Pang T, Zhang J, Deng ZH. Stature estimation from sternum length using computed tomography-volume rendering technique images of western Chinese. *J Forensic Leg Med* 2015; 35: 40-44.
27. Chandrakanth HV, Kanchan T, Krishan K. Effect of fusion status of sternum in stature estimation. A study from South India. *J Forensic Leg Med* 2015; 36: 90-95.
28. Dwight T. Sternum as an Index of Sex, Height, and Age. *J Anat Physiol* 1890; 24: 527-535.
29. Demonet E. Recherches sur la capacité vitale absolue et relative suivant le sexe et suivant certaines dimensions du corps. *Bull Mém. Soci d'anthropologie de Paris* 1905; 6: 5-100.
30. Catritsis E. Recherches sur l'indice thoracique. *Bull Mém Soci d'anthropologie de Paris* 1949; 10: 37-49.
31. Yammine K. Evidence-based anatomy. *Clin Anat* 2014; 27: 847-852.
32. Trotter M, Gleser GC. Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes. *Am J Phys Anthropol* 1952; 10: 463-514.
33. Mendonca MC. Estimation of height from the length of long bones in a Portuguese adult population. *Am J Phys Anthropol* 2000; 112: 39-48.
34. Ross AH, Konigsberg LW. New formulae for estimating stature in the Balkans. *J Forensic Sci* 2002; 47: 165-167.
35. Duyar I, Pelin C. Body height estimation based on tibia length in different stature groups. *Am J Phys Anthropol* 2003; 122: 23-27.
36. Duyar I, Pelin C, Zagyapan R. A new method of stature estimation for forensic anthropological application. *Anthropol Sci* 2006; 114: 23-27.
37. Sanli SG, Kizilkanat ED, Boyan N, Ozsahin ET, Bozkir MG, Soames R, Erol H, Oguz O. Stature estimation based on hand length and foot length. *Clin Anat* 2005; 18: 589-596.
38. Giurazza F, Del Vescovo R, Schena E, Cazzato RL, D'Agostino F, Grasso RF, Silvestri S, Zobel BB. Stature estimation from scapular measurements by CT scan evaluation in an Italian population. *Leg Med (Tokyo)* 2013; 15: 202-208.

Adres do korespondencji

Kaissar Yammine
 Lebanese American University
 Zahar Street
 11-3288 Achrafieh, Lebanon
 e-mail: cesaryam@gmail.com

Address for correspondence

Kaissar Yammine
 Lebanese American University
 Zahar Street
 11-3288 Achrafieh, Lebanon
 e-mail: cesaryam@gmail.com

