

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta



Katedra antropologie a genetiky člověka

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Meze a možnosti odhadu výšky těla
na základě délek ruky a nohy a jejich otisků (stop)**

**On the limits and possibilities of the stature estimating from hand and foot
measurements (hand stencils and foot impressions)**

Jiřina Havránková

Školitel: Doc. RNDr. Jaroslav Brůžek, Ph.D.

Praha 2010

Čestné prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené odborné literatury.

Praha, duben 2010

.....

Jiřina Havránková

Poděkování:

Ráda bych poděkovala svému školiteli doc. RNDr. Jaroslavu Brůžkovi PhD. za vlídný přístup, obětavost a odborné rady při vypracování této bakalářské práce. Svůj dík bych ráda vyjádřila také rodičům, kteří mě podporovali během studia i při psaní této práce.

Obsah

ABSTRAKT	4
ABSTRACT	4
1. Úvod	5
2. Význam odhadu výšky těla, vlivy na výšku	6
3. Metody využívané k měření a odhadování výšky těla	7
3.1. Odhad výšky postavy u nedospělých jedinců	7
3.2. Odhad výšky postavy u dospělých jedinců	8
4. Odhad výšky postavy na základě rozměrů nohy	16
5. Odhad výšky postavy na základě rozměrů ruky	27
6. Použití vybraných publikovaných lineárních regresních rovnic a výpočet nových regresních rovnic na základě dat naměřených na francouzských studentech	33
7. Závěr	39
Použitá literatura	40

ABSTRAKT

Bakalářská práce podává přehled metod odhadu výšky těla podle rozměrů ruky a nohy. Z přehledu vyplývá populační specifičnost regresních funkcí. Tuto skutečnost jsem ověřila na souboru 100 francouzských studentů, který jsem aplikovala na několik vybraných regresních rovnic. Pro odhad výšky postavy se ukázala nejvhodnější regresní rovnice, kterou vypočítal Agnihotri a kol (2008). Ta totiž poskytuje nejlepší výsledky odhadu v intervalu $\pm 11 - 12$ cm oproti skutečné výšce. U jedné z rovnic využívající délku levé ruky a šířku pravé ruky u mužů, je výsledek odhadu dokonce ± 6 cm oproti skutečné výšce. Závěrem jsem se pokusila vypočítat vlastní rovnice, které poskytují výsledky s chybou odhadu 6 - 7 cm u rovnic pracujících s délkou ruky a 12 - 13 cm u rovnic, které využívají šířku ruky.

Klíčová slova:

forenzní antropologie, identifikace jedince, antropometrie, odhad výšky postavy, rozměry ruky, rozměry nohy

ABSTRACT

This bachelor essay explains view of methods for stature estimation based on hand and foot dimensions. It appears from this view that regression functions are population specific. I have assessed this fact on the collection of 100 French students and I have applicated specific chosen regression equations on the exact group. For stature estimation the most suitable regression equation was the one created by Agnihotri and col. (2008). It provides the best results in an interval 11 up to 12 cms regarding the actual height. For one of the equations, which is using the length of the left hand and the breadth of the right hand of men, the results of the estimation is even 6 cms regarding the actual height. At the end, I tried to calculate my own equations, which offers the estimation results between 6 - 7 cms for the formulas working with the hand length, the estimation results is between 12 - 13 cms for the formulas using the breadth of the arm.

Key words:

forensic anthropology, personal identification, anthropometry, stature estimation, hand dimensions, foot dimensions,

1. Úvod

Mezi výškou postavy a různými částmi těla jako jsou hlava, trup, nebo horní a dolní končetiny existuje určitý vztah, který popisujeme nejčastěji jako korelaci, protože vykazuje individuální a populační variabilitu, jako většina biologických jevů. To přináší více možností při odhadu výšky. Se zvyšující se frekvencí přírodních katastrof, vražd, leteckých havárií, automobilových a vlakových neštěstí a dalších, je čím dál více zapotřebí právě metod, které dokáží z jednotlivých částí těl nebo fragmentů kostí výšku postavy odhadnout (Özaslan 2003). Právě ta totiž může být prvním indikátorem vedoucím k identifikaci jedince (Krishan, et al., 2007, Agnihotri 2008, Sen 2008). Obvyklé metody identifikace mají jen omezenou roli v případě pokročilého rozkladu těl. Ve většině případů pomáhají identifikaci jedince poznatky získané z kosterních pozůstatků, protože kosti odolávají rozkladu poměrně dlouhou dobu (Nagesh K. R., et al., 2006). Nejčastěji se výška odhaduje pomocí délek dlouhých kostí (Fully 1956, Telkkä 1950, Černý 1982). Protože se však dlouhé kosti nezachovávají vcelku zdaleka ve všech forenzních případech, byly formulovány regresní rovnice také na základě rozměrů lebky (Chiba 1998, Ryan 2007), záprstních (metakarpálních) kůstek (Musgrave 1978, Meadows 1992), fragmentů dlouhých kostí (Steele 1969, Simmons 1990, Holland 1992), kosti hlezenní (talů) a kosti patní (calcaneu) (Holland 1995, Bidmos 2006), a právě také ruky a nohy (Ozden 2005, Krishan 2007, Zeybek 2008, Sanli 2005). Využití rozměrů ruky a nohy k odhadu tělesné velikosti jedince je na místě, neboť při zahlazování stop trestných činů, při válečných konfliktech, přírodních katastrofách nebo hromadných dopravních nehodách a leteckých neštěstích, bývají nalézány končetiny oddělené od trupu. Mnohdy na místech činu nacházíme pouze stopy (otisky) rukou a nohou. V takových situacích je žádoucí zjistit výšku těla na základě nalezených pozůstatků či stop, protože právě ta může vést jako první indikátor vedoucí k identifikaci jedince.

2. Význam odhadu výšky těla, vlivy na výšku

Důvodů, proč je důležité a žádoucí odhadnout výšku těla jedince je nepochybně hned několik. Zřejmě nejdůležitějším je odhad výšky těla jako jednoho z faktorů vedoucího k identifikaci jedince, což se samozřejmě využívá hlavně ve forenzní antropologii. V tomto oboru byla navržena řada metod umožňující identifikovat totožnost člověka na různých úrovních, od obecné (věk, pohlaví, výška, etnická příslušnost) až k individuální (superprojekce, DNA...) identifikaci. Výška postavy je totiž považována za jeden z nejvýznamnějších parametrů při identifikaci jedince a je zahrnována do tzv. „velké čtyřky“ forenzní antropologie, společně s pohlavím, věkem a původem jedince (Dirkmaat 2008, Scheuer 2002). Výška těla je zajímavá i pro retrospektivní antropologické disciplíny, jako je např. prehistorie, které studují parietální umění lidí minulosti. Snaží se totiž například odhalit, kolik osob se mohlo na rytinách a kresbách podílet, jestli šlo o dospělé jedince nebo děti apod. Tito lidé totiž zanechali v jeskyních otisky nohou a na zdech zase otisky rukou a prstů. (Bednarik 2008). Odhad výšky postavy u kosterních pozůstatků je také přínosný pro pozorování toho, jak se měnila výška postavy u určité populace během několika desítek až stovek let, to znamená, jestli docházelo k sekulárnímu trendu, tedy k dosažení maximálního růstového potenciálu a tím ke zvyšování tělesné výšky, například v důsledku lepších nutričních faktorů a ekonomické situace (Arcaleni 2006, Kopecký 2005, Vignerová 2005).

Tělesná stavba je ovlivněna mnoha faktory, a to podnebím, dědičností, nutričními faktory, pohlavím, věkem a etnickou příslušností (Malina 1994, Bénéfice a kol. 2001, Damsgaard a kol. 2001). To znamená, že i velikost rukou a nohou je rozdílná u různých etnických skupin a je důležité si uvědomit, že velikost rukou a nohou neroste lineárně s výškou. Je známo, že národy žijící v chladných podmínkách jsou spíše zavalitější, protože tato stavba těla je nejvýhodnější z hlediska výdeje tepla. To znamená, že nejsou příliš vysokého vzrůstu, mají široké tělo a spíše kratší, ale zato širší nohy a ruce. Naopak lidé žijící v teplém podnebí tropického pásu, jsou vysocí a štíhlí, protože je žádoucí, aby teplo vydávali co nejvíce. Z toho vyplývá, že mají i delší a štíhlé ruce a nohy. Přesto ale nelze tvrdit, že pokud bude mít jedinec žijící v teplých podmínkách například o 10 % vyšší výšku postavy, musí mít zákonitě také o 10 % delší nebo širší ruku (nohu). Lze tedy předpokládat, že regresní rovnice sestavená na základě měření jedné populace, nebude mnoho vypovídat o populaci druhé.

3. Metody využívané k měření a odhadování výšky těla

Základní technikou získávání dat ve fyzické antropologii je antropometrie, která zároveň patří k těm nejstarším. Jde o sérii měřících technik, které kvantitativně odrážejí rozměry lidského těla nebo kostry. Pokud měříme tělesné rozměry na živém jedinci, pak se jedná o antropometrii, měření na kosterních pozůstatcích označujeme jako osteometrii. (Krishan 2007). Naměřené hodnoty na živém jedinci a skeletu se přirozeně liší, což je způsobeno také tím, že živý jedinec má kosti pokryté měkkými tkáněmi (vazivem, svaly, podkožním tukem a kůží). Ještě před samotným měřením je potřeba si položit základní otázku, co chceme měřit a čeho chceme měřením dosáhnout, a také vhodně zvolit nástroje. Většina antropologických měřidel pracuje na principu posuvného měřidla a měří lineární rozměry (vzdálenosti dvou bodů). Mezi ně patří např. antropometr, posuvné či koordinátní měřidlo, dotykové měřidlo (kefalometr), thorakometr či kaliper (Kokaisl 2007). Osteometrie stále zůstává preferovanou technikou, protože je nejefektivnější při odhadování nejen výšky, ale například také pohlaví (Iscan 2005).

3.1. Odhad výšky postavy u nedospělých jedinců

Balthazard a Dervieux (Balthazard a Dervieux 1921) odhadují délku těla u lidských plodů na základě délky diafýzy kosti pažní, stehenní a holenní podle rovnic:

$$VP = 6,5 \times \text{délka diafýzy kosti pažní (v mm)} + 80 \text{ mm}$$

$$VP = 5,6 \times \text{délka diafýzy kosti stehenní (v mm)} + 80 \text{ mm}$$

$$VP = 6,5 \times \text{délka diafýzy kosti holenní (v mm)} + 80 \text{ mm}$$

Za výslednou hodnotu výšky postavy plodu se zpravidla bere průměr všech tří hodnot rovnic.

Olivier a Pineau (Olivier a Pineau 1958, 1960) vytvořili rovnice pro odhad délky těla u lidských plodů, které ovšem mohou být použity i při odhadu výšky postavy u novorozenců a dětí do dvou let. Použili délku diafýzy šesti kostí, kosti pažní, loketní, vřetenní, stehenní, holenní a lýtkové:

$$VP = 7,92 \times \text{délka diafýzy kosti pažní (v mm)} - 0,32 \pm k \times 18,0 \text{ mm}$$

$$VP = 8,73 \times \text{délka diafýzy kosti loketní (v mm)} - 1,07 \pm k \times 18,2 \text{ mm}$$

$$VP = 13,80 \times \text{délka diafýzy kosti vřetenní (v mm)} - 2,85 \pm k \times 15,9 \text{ mm}$$

$$VP = 6,29 \times \text{délka diafýzy kosti stehenní (v mm)} - 4,42 \pm k \times 18,2 \text{ mm}$$

$$VP = 7,39 \times \text{délka diafýzy kosti holenní (v mm)} - 3,55 \pm k \times 16,5 \text{ mm}$$

$VP = 7,85 \times \text{délka diafýzy kosti lýtkové (v mm)} - 2,78 \pm k \times 19,2 \text{ mm}$

Písmeno k značí v rovnicích konstantu, při $k = 2$ variabilita vypočítané délky těla zahrnuje 95% případů. Při nálezů všech kostí je lépe vypočítat průměrnou hodnotu, která je mnohem přesnější.

Olivier (Olivier 1960) uvádí Stewartovy tabulky (tab. 1) pro výpočet výšky postavy na základě délky diafýzy kosti stehenní, podle kterých je možno vypočítat výšku postavy u dětí všech věkových kategorií.

Tab. 1. Tabulka pro výpočet výšky postavy z délky diafýzy stehenní kosti (Olivier 1960)

délka stehenní kosti (mm)	výška postavy	délka stehenní kosti (mm)	výška postavy	délka stehenní kosti (mm)	výška postavy	délka stehenní kosti (mm)	výška postavy	délka stehenní kosti (mm)	výška postavy
80	50	125	79	170	101,5	230	122	320	146
85	55	130	81,5	175	103,5	240	125	330	148,8
90	58,5	135	84,5	180	105,5	250	127,5	340	151
95	61,5	140	87	185	107,5	260	130,3	350	153,8
100	64,5	145	89,5	190	109,5	270	133,3	360	156
105	67,5	150	93	195	111	280	135,8	370	158,8
110	70	155	94,5	200	114	290	138,5	380	161,8
115	73	160	96,8	210	116	300	141	390	165
120	76,5	165	99,3	220	119	310	143,5	400	170

3.2. Odhad výšky postavy u dospělých jedinců

Snad prvním, kdo se pokusil o odhad výšky postavy z délky dlouhých kostí u dospělých, byl Orfila (Orfila 1848). Použil při tom více než 50 zemřelých a 20 koster. Jeho údaje jsou založeny na empirickém určení koeficientů délek kostí, bez statistického zhodnocení variability a pochopení zákonitostí vztahů mezi délkou kostí a výškou postavy. Vytvořené koeficienty mají tedy pouze historický význam.

Dalším, kdo provedl odhad výšky postavy, byl Rollet (Rollet 1889). Ve své práci se opírá o výsledky měření na 100 pitvaných tělech (50 mužů a 50 žen) Francouzů ze špitálu v Lyonu ve věku 24-99 let. Výška postavy jedinců byla zjišťována posmrtně, způsob měření

však není publikován. Průměrná výška postavy u mužů činila 166 (152-180) cm, u žen 154 (140-172) cm. Délka těla na mrtvém neodpovídá zcela přesně výšce postavy během života. K výpočtu používal naměřené hodnoty na čerstvých kostech se zachovanými chrupavkami. Později je měřil suché, rozdíl délek byl 2 mm. Tuto hodnotu je nutno přičíst k naměřeným hodnotám. Své výsledky shrnul v tabulce, kde sestavil procentuální podíly délek čerstvých kostí k délce těla.

Údaje, které naměřil Rollet, použil k výpočtu výšky postavy Manouvrier (Manouvrier 1894). Zpracoval však údaje pouze ze 49 jedinců (24 mužů a 25 žen), aby eliminoval osoby starší šedesáti let. K výpočtu použil suché kosti. Charakteristiky studovaného souboru jsou uvedeny v tabulce (tab. 2):

Tab. 2. Charakteristika studovaného souboru (Manouvrier 1894)

	muži	ženy
počet případů	24	25
věk	24 – 59 let	25 – 58 let
délka těla	153 – 183 cm	140-171,5 cm

K naměřené hodnotě délky kosti je nutno přidat 2 mm. Pro výpočet výšky postavy vypracoval tabulky (Stloukal 1999).

Také Pearson (Pearson 1899) použil materiál Rolleta, ale výšku postavy se pokusil odhadnout na základě lineární regrese a korelace rozměrů. Před tím od délky těla mrtvých jedinců odečetl u mužů 1,2 cm a u žen 2 cm. Zpracoval pouze kosti pravé strany těla a z naměřených hodnot délky kostí odečetl 2 mm, aby mohl vypočítat tabulky pro suché kosti. Zpracoval celý materiál Rolleta (100 osob). Zjištěné délky kostí se násobí příslušným koeficientem a k tomu se připočte hodnota konstanty (tab. 3).

Tab. 3. Regresní rovnice pro muže a ženy podle Pearsona (Pearson 1899).

rovnice pro muže:	rovnice pro ženy:
$VP = 1,88 \times F + 81,31$	$VP = 1,95 \times F + 72,84$
$VP = 2,89 \times H + 70,64$	$VP = 2,75 \times H + 71,48$
$VP = 2,38 \times Tb + 78,66$	$VP = 2,35 \times Tb + 74,77$

$$VP = 3,27 \times R + 85,93$$

$$VP = 1,16 \times (F + Tb) + 71,44$$

$$VP = 1,22 \times F + 1,08 \times Tb + 71,44$$

$$VP = 1,73 \times (H + R) + 66,86$$

$$VP = 2,77 \times H + 0,19 \times R + 69,79$$

$$VP = 1,03 \times F + 1,56 \times H + 68,4$$

$$VP = 0,91 \times F + 0,6 \times Tb +$$

$$1,23 \times H - 0,19 \times R + 67,05$$

$$VP = 3,34 \times R + 81,22$$

$$VP = 1,13 \times (F + Tb) + 69,15$$

$$VP = 1,12 \times F + 1,13 \times Tb + 69,57$$

$$VP = 1,63 \times (H + R) + 69,91$$

$$VP = 2,58 \times H + 0,28 \times R + 70,54$$

$$VP = 1,34 \times F + 1,03 \times H + 67,44$$

$$VP = 0,78 \times F + 1,12 \times Tb +$$

$$1,06 \times H - 0,71 \times R + 67,47$$

VP = výška postavy, F = délka stehenní kosti, H = délka pažní kosti, Tb = délka holenní kosti, R = délka vřetenní kosti

Rozměry kostí se do rovnic dosazují v cm.

Telkkä (Telkkä 1950) zpracoval výsledky měření na kostech Finů, kteří patří k vyšším populacím, než jsou Francouzi. Měřil kosti 115 mužů a 39 žen ve věku 42 – 50 let. Průměrná výška postavy činila u mužů 169,3 cm, u žen 156,8 cm. Od zjištěné délky kostí se odečte příslušná hodnota konstanty a výsledný rozdíl se násobí příslušným koeficientem. Nakonec se k výsledku připočte další hodnota konstanty podle pohlaví, u mužů 169,4 a u žen 156,8 (tab. 4).

Tab. 4. Rovnice pro odhad výšky postavy podle Telkkä (Telkkä 1950)

rovnice pro muže:	rovnice pro ženy:
$VP = (H - 32,9) \times 2,8 + 169,4$	$VP = (H - 30,7) \times 2,7 + 156,8$
$VP = (R - 22,7) \times 3,4 + 169,4$	$VP = (R - 20,8) \times 3,1 + 156,8$
$VP = (U - 23,1) \times 3,2 + 169,4$	$VP = (U - 21,3) \times 3,3 + 156,8$
$VP = (F - 45,5) \times 2,1 + 169,4$	$VP = (F - 41,8) \times 1,8 + 156,8$
$VP = (T - 36,2) \times 2,1 + 169,4$	$VP = (T - 33,1) \times 1,9 + 156,8$
$VP = (Fi - 36,1) \times 2,5 + 169,4$	$VP = (Fi - 32,7) \times 2,3 + 156,8$

VP = výška postavy, H = délka pažní kosti, R = délka vřetenní kosti, U = délka loketní kosti, F = délka stehenní kosti, T = délka holenní kosti, Fi = délka lýtkové kosti

Od výsledné hodnoty, která udává délku těla mrtvého jedince, je nutno odečíst 2 cm, abychom dostali výšku postavy jedince zaživa.

Příkladem metod pro výpočet výšky postavy na základě rozměrů různých kostí je metoda podle Fully (1956). Fully vypočítal regresní rovnici pro výpočet tělesné výšky postavy na základě studia koster změřených Francouzů ve II. světové válce (102 jedinců), a pro její výpočet použil těchto rozměrů:

- 1) basion – bregmatická výška lebky
- 2) přední výška těla čepovce
- 3) součet předních výšek obratlových těl
- 4) výška prvního křížového obratle
- 5) celková délka kosti stehenní v přirozeném postavení
- 6) celková délka kosti holenní
- 7) výška nohy – projektivní výška spojené kosti hlezenní a patní v anatomické poloze

Při výpočtu se všechny rozměry sčítají. Získanou hodnotu součtu je nutno zvětšit o konstantu, která je závislá na hodnotě součtu:

do 153,5 cm je nutno připočítat 10 cm

od 153,6 do 165,4 cm je nutno připočítat 10,5 cm

nad 165,5 cm je nutno připočítat 11,5 cm

Autor na kontrolní skupině potvrdil, že chyba výpočtu nepřevyšuje 3,5 cm a u 80 % jedinců ani 2,0 cm. Nevýhodou této metody je nutnost dobrého zachování celé kostry.

Proto se Fully a Pineau (Fully a Pineau 1960) pokusili metodu aplikovat i na kostry neúplně zachovalé. Vycházeli z rozšířeného materiálu 164 mužů, mezi nimi bylo 45% Francouzů a 27% Italů. Průměrný věk byl kolem 40 let, průměrná výška postavy kolem 170 cm. Vypočítali a sestavili do tabulky procentuální podíl výšky jednotlivých obratlů od horního i dolního konce páteře, takže je možno délku páteřního sloupce zjistit na základě výšky zachovaných obratlů (tab. 5).

Tab. 5. Procentuální podíly výšky jednotlivých obratlů od horního i dolního konce páteře (Fully a Pineau 1960)

Obratel	% individual.	% kumulované do L5	% kumulované do C2	Obratel	% individual.	% kumulované do L5	% kumulované do C2
C 2	7,800	7,800	100,000	Th 7	4,190	48,410	55,780
C 3	2,890	10,590	92,200	Th 8	4,240	52,650	51,590
C 4	2,730	13,320	89,410	Th 9	4,350	57,000	47,350
C 5	2,660	15,980	86,680	Th 10	4,610	61,610	43,000
C 6	2,650	18,630	84,020	Th 11	4,960	66,570	38,390
C 7	2,950	21,580	81,370	Th 12	5,230	71,800	33,430
Th 1	3,410	24,990	78,420	L 1	5,530	77,330	28,200
Th 2	3,610	28,590	75,010	L 2	5,620	82,950	22,670
Th 3	3,720	32,310	71,410	L 3	5,660	88,610	17,050
Th 4	3,830	36,140	67,690	L 4	5,630	94,240	11,390
Th 5	3,980	40,120	63,860	L 5	5,760	100,000	5,760
Th 6	4,100	44,220	59,880				

Dále vypočítali regresní rovnice pro výpočet délky celého páteřního sloupce (DP) od druhého krčního k pátému bedernímu obratli ze součtů předních výšek různých úseků páteře:

$$DP = 7,12 \times (V_{Th\ 1 - Th3}) + 13,9 \pm 1,50 \text{ cm}$$

$$DP = 6,53 \times (V_{Th\ 5 - Th7}) + 10,34 \pm 1,42 \text{ cm}$$

$$DP = 5,59 \times (V_{Th\ 10 - Th12}) + 8,86 \pm 1,45 \text{ cm}$$

$$DP = 3,21 \times (V_{Th\ 5 - Th7}) + (V_{L\ 1 - L3}) + 3,48 \pm 0,96 \text{ cm}$$

$$DP = 2,87 \times (V_{Th\ 10 - Th12}) + (V_{L\ 1 - L3}) + 4,75 \pm 1,13 \text{ cm}$$

Původní rovnici pro výpočet výšky těla živého člověka upravili tak, aby nebylo nutno používat různé konstanty:

$$\text{výška živého jedince} = 0,98 \times \text{výška skeletu} + 14,63 \pm 2,04 \text{ cm nebo}$$

výška živého jedince = výška skeletu + $10,8 \pm 2,05$ cm

Dále vytvořili regresní rovnice a tabulky pro výpočet výšky těla živého jedince z délky kosti stehenní (F) nebo kosti holenní (T) a součtu předních výšek bederních obratlů:

výška skeletu = $2,09 \times F + (V_{L1-L5}) + 42,67 \pm 2,35$ cm

výška skeletu = $2,32 \times T + (V_{L1-L5}) + 48,63 \pm 2,54$ cm

Všechny rovnice platí pro obě pohlaví, pro všechny etnické skupiny a pro obě strany těla.

Všechny rozměry, včetně výšek obratlů, se do rovnic dosazují v cm.

Z českých autorů vypočítali regresní rovnice pro odhad výšky postavy Černý a Komenda (Černý a Komenda 1982). K výpočtu použili délky pažních a stehenních kostí na pitevním materiálu z let 1933-39 z Prahy a Plzně. Soubor tvoří 148 mužů a 104 žen české a německé národnosti. Průměrný věk mužů byl 54,7 let (25-87 let), průměrný věk žen 52,6 let (25-86 let).

Tab. 6. Průměrné hodnoty měření (v cm) (Černý a Komenda 1982)

	muži		ženy	
	pravá strana	levá strana	pravá strana	levá strana
počet případů	128	124	102	89
největší délka pažní kosti (cm)	32,79	32,43	30,37	29,95
největší délka kosti stehenní (cm)	44,94	45,13	41,7	41,74
délka těla (cm)	167,22	167,5	155,29	154,83

K výpočtu se používá největší délka kosti pažní a stehenní obou stran těla. Naměřené hodnoty se dosazují v cm. Protože délka těla byla zjišťována posmrtně, je nutno při zjišťování výšky postavy živých jedinců od vypočtené délky postavy odečíst 1 – 2 cm. Výpočet na základě délky obou kostí je pouze statisticky nevýznamně přesnější než výpočet provedený na základě délky jedné z kostí. Variační šíře výšky postavy je podmíněna délkou obou kostí pouze z 65 %, zbytek variační šíře je způsoben jinými faktory. Výpočet pro muže je přesnější, než výpočet pro ženy. Je třeba mít na paměti, že uvedené rovnice (tab. 7) mohou vykazovat u mladších jedinců, než je věkový průměr souboru, na kterém byly stanoveny, hodnoty poněkud nižší, u starších jedinců naopak hodnoty poněkud vyšší.

Tab. 7. Regresní rovnice pro výpočet délky postavy (Černý a Komenda 1982)

rovnice	korelační koeficient mezi výškou postavy výpočtem a měřením
muži – pravá strana těla	
$VP = 53,31 + 3,474 \times H + 4,38 \text{ cm}$	0,781
$VP = 60,04 + 2,385 \times F + 4,21 \text{ cm}$	0,801
$VP = 49,59 + 1,559 \times H + 1,48 \times F + 4,02$	0,820
muži – levá strana těla	
$VP = 62,23 + 3,246 \times H + 4,35$	0,761
$VP = 62,57 + 2,325 \times F + 4,15$	0,785
$VP = 54,58 + 1,418 \times H + 1,483 \times F + 3,98$	0,804
ženy – pravá strana těla	
$VP = 40,58 + 3,777 \times H + 4,99$	0,718
$VP = 51,46 + 2,49 \times F + 4,44$	0,785
$VP = 42,62 + 0,979 \times H + 1,989 \times F + 4,38$	0,791
ženy – levá strana těla	
$VP = 39,64 + 3,846 \times H + 5,16$	0,660
$VP = 58,54 + 2,307 \times F + 4,51$	0,754
$VP = 50,61 + 0,765 \times H + 1,948 \times F + 4,47$	0,759

VP = výška postavy, H = délka pažní kosti, F = délka stehenní kosti

Hodnoty výšky postavy, zjišťované podle jednotlivých autorů se někdy dosti významně liší. Černý (Černý 1958) uvádí nejnižší hodnoty výšky postavy u stejných jedinců metodou Manouvriera, vyšší hodnotu metodou podle Telkkä a nejvyšší podle Trotterové a Gleserové. V jednotlivých případech jsou rozdíly ve výpočtech až 13,4 cm. Hodnota individuálních rozdílů závisí na pozici jedince ve variační řadě. Všeobecně lze říci, že na krajních hodnotách variační řady jsou rozdíly větší než uprostřed řady. Mezipohlavní rozdíl ve výšce postavy je např. podle Manouvrierovy metody v průměru 10,4 m, podle metody podle Telkkä 12,1 cm a podle metody Trotterové a Gleserové 11,5 cm (Stloukal a kol. 1999).

Pro hodnoty výšky postavy u různých populací byly vypracovány srovnávací kategorie, které jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Tab. 9. Kategorie výšky postavy

(Manouvrier 1893):			(Martin, Saller 1957)	
(cm)	muži	ženy	muži	ženy
Trpasličí			x - 129	x - 120
velmi malá			130 - 149	121 - 139
Malá	x - 159	x - 148	150 - 159	140 - 148
Prostřední	160 - 163	149 - 152	160 - 163	149 - 152
Střední	164 - 166	153 - 155	164 - 166	153 - 155
Nadstřední	167 - 169	156 - 158	167 - 169	156 - 158
Vysoká	170 - 179	159 - 167	170 - 179	159 - 167
Velmi vysoká	180 - x	168 - x	180 - 199	168 - 186
Obrovitá			200 - x	187 - x

4. Odhad výšky postavy na základě rozměrů nohy

Rovnice pro odhad výšky postavy na základě rozměrů metatarsálních kostí (tab. 10 a 11) vytvořil Byers (Byers a kol. 1989). Materiál pro tuto studii sestával ze 130 konzervovaných a suchých koster. 108 (57 mužů a 51 žen) z nich bylo původem Euro-američanů, zbylých 22 (13 mužů a 9 žen) Afro-američanů. Metatarsální kosti byly měřené na obou stranách kostry.

Tab 10. Lineární regresní rovnice pro odhad výšky postavy z naměřených délek jednotlivých metatarsálních kostí (vše uvedeno v mm) (Byers a kol. 1989)

muži	ženy	kombinovaná
1. $S = 815 + 14,3 \times \text{Met1} \pm 64,2$	$S = 783 + 13,9 \times \text{Met1} \pm 56,1$	$S = 634 + 16,8 \times \text{Met1} \pm 65,4$
2. $S = 873 + 11,1 \times \text{Met2} \pm 69,8$	$S = 791 + 11,5 \times \text{Met2} \pm 54,8$	$S = 675 + 13,4 \times \text{Met2} \pm 65,4$
3. $S = 909 + 11,2 \times \text{Met2} \pm 68,1$	$S = 836 + 11,9 \times \text{Met2} \pm 59,7$	$S = 720 + 13,6 \times \text{Met2} \pm 67,6$
4. $S = 910 + 11,6 \times \text{Met4} \pm 68$	$S = 835 + 11,9 \times \text{Met4} \pm 59,9$	$S = 715 + 14,0 \times \text{Met4} \pm 68,5$
5. $S = 952 + 10,6 \times \text{Met5} \pm 70,9$	$S = 922 + 10,2 \times \text{Met5} \pm 63,6$	$S = 768 + 12,8 \times \text{Met5} \pm 71,2$

S = výška postavy, Met1 = 1.metatarsus, Met2 = 2.metatarsus, Met3 = 3.metatarsus, Met4 = 4.metatarsus, Met5 = 5.metatarsus

Tab. 11. Smíšené regresní rovnice pro odhad výšky na základě rozměrů metatarsálních kostí (Byers a kol. 1989)

bez rozdílu pohlaví a etnické příslušnosti: $S = 573 + 10,9 \times \text{Met1} + 6,3 \times \text{Met4} \pm 61,8$ mm

pro všechny muže: $S = 737 + 10,4 \times \text{Met1} + 4,6 \times \text{Met4} \pm 61,3$ mm

pro Euro-americké ženy: $S = 558 + 9,1 \times \text{Met1} + 7,4 \times \text{Met2} \pm 48,4$ mm

S = výška postavy, Met1 = délka 1. metatarsu, Met4 = délka 4. metatarsu

Pokud jsou k dispozici rozměry 1. a 2., nebo 1. a 4. metatarsu, je nejlepší použít právě smíšenou regresní rovnici, protože vede k nejpřesnějším výsledkům.

Také Bidmos (Bidmos 2008) vypracoval regresní rovnice pro odhad výšky postavy pomocí rozměrů metatarsálních kostí (tab. 12). Použil data získaná měřeními 226 kompletních koster, které rozdělil na původní obyvatele jižní Afriky (60 mužů a 53 žen) a na Evropany přistěhované do jižní Afriky (58 mužů a 55 žen).

Tab. 12. Lineární regresní rovnice pro odhad výšky postavy (Bidmos 2008)

muži	ženy
původní obyvatelé J Afriky	
1. $S = 92,67 + 0,96 \times M1 \pm 4,16 \text{ cm}$	$S = 64,97 + 1,30 \times M1 \pm 4,79 \text{ cm}$
2. $S = 80,62 + 0,96 \times M2 \pm 4,14 \text{ cm}$	$S = 61,99 + 1,13 \times M2 \pm 4,81 \text{ cm}$
3. $S = 91,75 + 0,87 \times M3 \pm 4,22 \text{ cm}$	$S = 71,04 + 1,05 \times M3 \pm 4,94 \text{ cm}$
4. $S = 107,42 + 0,64 \times M4 \pm 4,76 \text{ cm}$	$S = 74,50 + 1,03 \times M4 \pm 5,12 \text{ cm}$
5. $S = 102,31 + 0,83 \times M5_F \pm 4,50 \text{ cm}$	$S = 82,43 + 1,03 \times M5_F \pm 5,38 \text{ cm}$
$S = 103,92 + 0,68 \times M5_P \pm 4,28 \text{ cm}$	$S = 95,39 + 0,69 \times M5_P \pm 5,80 \text{ cm}$
Evropané přistěhovaní do J Afriky	
1. $S = 100,49 + 0,91 \times M1 \pm 5,71 \text{ cm}$	$S = 63,57 + 1,39 \times M1 \pm 4,22 \text{ cm}$
2. $S = 84,00 + 0,96 \times M2 \pm 4,97 \text{ cm}$	$S = 69,98 + 1,07 \times M2 \pm 4,28 \text{ cm}$
3. $S = 87,41 + 0,98 \times M3 \pm 5,16 \text{ cm}$	$S = 78,78 + 1,01 \times M3 \pm 4,54 \text{ cm}$
4. $S = 88,65 + 0,98 \times M4 \pm 5,24 \text{ cm}$	$S = 81,00 + 1,00 \times M4 \pm 4,56 \text{ cm}$
5. $S = 97,73 + 0,96 \times M5_F \pm 5,26 \text{ cm}$	$S = 89,89 + 0,97 \times M5_F \pm 4,86 \text{ cm}$
$S = 97,19 + 0,83 \times M5_P \pm 5,54 \text{ cm}$	$S = 96,61 + 0,74 \times M5_P \pm 4,79 \text{ cm}$

S = výška postavy, M1 = délka 1. metatarsu, M2 = délka 2. metatarsu, M3 = délka 3. metatarsu,

M4 = délka 4. metatarsu, M5_F = funkční délka 5. Metatarsu, M5_P = morfologická délka 5. metatarsu

Všechny délky metatarsálních kostí kromě délky 4. metatarsu a morfologické délky 5. metatarsu ukazují silnou korelaci s kosterní výškou. Jak je vidět z výsledků uvedených v tabulce, přesnost odhadu výšky podle rozměrů metatarsálních kostí osciluje v intervalu plus minus pět cm. To znamená, že délky metatarsálních kostí mohou být použity pro poměrně přesný odhad výšky postavy, odhad se pohybuje v rozmezí ± 5 cm oproti skutečné výšce.

Atamturk a Duyar (Atamturk a Duyar 2008) vytvořili rovnice pro odhad výšky postavy na základě délky nohy, délky stopy, šířky stopy, pohlaví a věku (tab. 13). Tyto údaje byly naměřeny na 516 dobrovolnících (253 mužů a 263 žen) mezi 17,6 – 82,9 roky.

Tab. 13. Regresní rovnice pro odhad výšky postavy (Atamturk a Duyar 2008)

$$S = 38,903 + 5,295 \times FL \pm 5,142 \text{ cm}$$

$$S = 62,208 + 4,211 \times FL + 4,981 \times \text{Sex} \pm 4,835 \text{ cm}$$

$$S = 72,862 + 3,957 \times FL + 5,070 \times \text{Sex} + (-0,111 \times \text{Age}) \pm 4,580 \text{ cm}$$

$$S = 64,279 + 1,847 \times FL + 2,423 \times \text{FPL} + 4,165 \times \text{Sex} - 0,111 \times \text{Age} \pm 4,456 \text{ cm}$$

$$S = 60,688 + 1,794 \times FL + 2,286 \times \text{FPL} + 0,888 \times \text{FPB} + 3,896 \times \text{Sex} - 0,116 \times \text{Age} \pm 4,430 \text{ cm}$$

S = výška postavy, FL = délka nohy, Sex = pohlaví, Age = věk, FPL = délka stopy, FPB = šířka stopy

Podle výsledků této studie má nejvyšší korelaci s výškou postavy délka nohy a délka stopy, a to jak u mužů, tak u žen, i když u žen byl korelační koeficient nižší. Přestože se u všech rovnic pohyboval interval přesnosti okolo \pm pěti cm, jako nejlepší byla vyhodnocena poslední rovnice, která zahrnuje délku nohy, délku stopy, šířku stopy, pohlaví i věk. Rovnice pak byly vyzkoušeny na kontrolní skupině (110 lidí). Podle této zkoušky je nejpřesnější rovnice čtvrtá, pracující s délkou nohy, délkou stopy, věkem a pohlavím.

Jasuja (Jasuja 1993) vypracoval rovnice, pomocí kterých se dá odhadnout výška postavy na základě délky kroku člověka při normální chůzi (tab. 14). Materiál získal měřením 283 dospělých mužů z Indie.

Tab. 14. Rovnice pro odhad výšky postavy na základě délky kroku (Jasuja 1993)

$$\text{délka kroku pravé nohy} \quad S = 157,3 + 0,213 \times \text{SL} \pm 5,97 \text{ cm}$$

$$S = 157,5 + 0,206 \times \text{SL} \pm 5,99 \text{ cm}$$

$$\text{délka kroku levé nohy} \quad S = 157,5 + 0,203 \times \text{SL} \pm 5,97 \text{ cm}$$

$$S = 159,1 + 0,176 \times \text{SL} \pm 5,97 \text{ cm}$$

S = výška postavy, SL = délka kroku

Tato studie nepokrývá variabilní druhy chůze a může být použita pouze pro normální chůzi člověka. Výsledky ukazují, že délka stopy může být použita pro odhad výšky těla, ideálně v kombinaci s délkou nohy.

Krishan (Krishan 2008) vypočítal rovnice pro odhad výšky těla na základě délky stop – a to pět rovnic, užívající délky mezi patou a jednotlivými prsty (tab. 15). Jako materiál použil hodnoty získané od 1040 mužů mezi 18 – 30 lety ze severní Indie.

Tab. 15. Rovnice pro odhad výšky postavy podle délky mezi patou a jednotlivými prsty (Krishan 2008)

	regresní rovnice pro levou stopu	regresní rovnice pro pravou stopu
délka T1	$S = 84,013 + 3,689 \times T1 \pm 2,12 \text{ cm}$	$S = 87,214 + 3,510 \times T1 \pm 2,16 \text{ cm}$
délka T2	$S = 77,783 + 3,864 \times T2 \pm 2,16 \text{ cm}$	$S = 91,303 + 3,361 \times T2 \pm 2,15 \text{ cm}$
délka T3	$S = 89,146 + 3,520 \times T3 \pm 2,27 \text{ cm}$	$S = 84,953 + 3,613 \times T3 \pm 2,30 \text{ cm}$
délka T4	$S = 88,013 + 3,869 \times T4 \pm 2,33 \text{ cm}$	$S = 94,414 + 3,627 \times T4 \pm 2,32 \text{ cm}$
délka T5	$S = 87,753 + 3,985 \times T5 \pm 2,35 \text{ cm}$	$S = 94,572 + 3,869 \times T5 \pm 2,31 \text{ cm}$

S = výška postavy, T1 – T5 = délka mezi patou a 1. – 5. Prstem

Výsledky této práce ukazují, že délka nohy a otisků skutečně silně koreluje s výškou postavy. Z toho vyplývá, že délka nohy a stop je významným parametrem regresních rovnic, které se používají v odhadu výšky postavy.

Další prací zabývající se odhadem výšky těla na základě délky nártních (metatarsálních) kostí (tab. 16) je studie Cordeirové (Cordeiro a kol. 2009). Hodnoty pro výpočet rovnic byly získány z 220 metatarsů, konkrétně u 110 prvních metatarsů a u 110 druhých metatarsů získaných během pitev provedených v Národním institutu medicíny v Portugalsku.

Tab. 16. Rovnice pro odhad výšky postavy podle délky metatarsálních kostí (Cordeiro a kol. 2009)

regresní rovnice pro muže:

$$S = 963,949 + 11,678 \times F1 \pm 57,0 \text{ mm}$$

$$S = 834,630 + 11,563 \times F2 \pm 47,2 \text{ mm}$$

$$S = 865,335 + 12,317 \times M1 \pm 55,3 \text{ mm}$$

$$S = 817,849 + 11,374 \times M2 \pm 47,1 \text{ mm}$$

S = výška postavy, F1(F2) = fyziologická délka 1.(2.) metatarsu, M1(M2) = maximální délka 1.(2.) metatarsu

regresní rovnice pro ženy:

$$S = 919,146 + 12,006 \times F1 \pm 43,5 \text{ mm}$$

$$S = 957,350 + 9,488 \times F2 \pm 47 \text{ mm}$$

$$S = 871,260 + 11,970 \times M1 \pm 46,9 \text{ mm}$$

$$S = 961,592 + 9,117 \times M2 \pm 47,6 \text{ mm}$$

S = výška postavy, F1(F2) = fyziologická délka 1.(2.) metatarsu, M1(M2) = maximální délka 1.(2.) metatarsu

regresní rovnice bez rozdílu pohlaví:

$$S = 887,530 + 12,826 \times F1 \pm 55,2 \text{ mm}$$

$$S = 798,894 + 11,990 \times F2 \pm 47,6 \text{ mm}$$

$$S = 816,157 + 13,007 \times M1 \pm 53,7 \text{ mm}$$

$$S = 790,041 + 11,689 \times M2 \pm 47,5 \text{ mm}$$

S = výška postavy, F1(F2) = fyziologická délka 1.(2.) metatarsu, M1(M2) = maximální délka 1.(2.) metatarsu

Odhadem výšky postavy na základě délek kosti patní (calcaneu) a kosti hlezenní (talu) se zabývá ve své práci Holland (Holland 1995). K vytvoření regresních rovnic použil data získaná měřeními 100 koster (50 mužů a 50 žen). Dalších 20 koster sloužilo jako kontrolní materiál. Vzorek se skládal z amerických bělochů a černocho, proto bylo vypočítáno velké množství rovnic, např. zvlášť pro bělochy, zvlášť pro všechny ženy, zvlášť pro černocho....

Jako příklad může posloužit tab. 17:

Tab. 17. Rovnice vypočítané pro všechny muže, pro všechny ženy a pro všechny kostry, bez rozdílu pohlaví a etnické příslušnosti (Holland 1995)

rovnice pro muže bez rozdílu etnické příslušnosti:

$$S = 98,47 + 1,271 \times PCAL \pm 5,44 \text{ cm}$$

$$S = 109,66 + 1,045 \times MTAL \pm 6,07 \text{ cm}$$

$$S = 82,14 + 1,039 \times PCAL + 0,489 \times MTAL \pm 5,33 \text{ cm}$$

S = výška postavy, PCAL = posteriorní (zadní) délka calcaneu, MTAL = maximální délka talu

rovnice pro ženy bez rozdílu etnické příslušnosti:

$$S = 97,55 + 0,854 \times MCAL \pm 5,52 \text{ cm}$$

$$S = 87,27 + 1,405 \times PCAL \pm 4,72 \text{ cm}$$

$$S = 109,99 + 0,951 \times MTAL \pm 5,89 \text{ cm}$$

$$S = 81,76 + 0,669 \times MCAL + 0,543 \times MTAL \pm 5,35 \text{ cm}$$

$$S = 80,37 + 1,275 \times PCAL + 0,252 \times MTAL \pm 4,72 \text{ cm}$$

S = výška postavy, MCAL = maximální délka calcaneu, PCAL = posteriorní (zadní) délka calcaneu, MTAL = maximální délka talu

rovnice bez rozdílu pohlaví a etnické příslušnosti:

$$S = 77,37 + 1,150 \times MCAL \pm 6,25 \text{ cm}$$

$$S = 76,91 + 1,617 \times PCAL \pm 5,22 \text{ cm}$$

$$S = 85,95 + 1,411 \times MTAL \pm 6,18 \text{ cm}$$

$$S = 73,84 + 0,160 \times MCAL + 1,448 \times PCAL \pm 5,22 \text{ cm}$$

$$S = 68,56 + 0,644 \times MCAL + 0,836 \times MTAL \pm 5,69 \text{ cm}$$

$$S = 69,89 + 1,230 \times PCAL + 0,495 \times MTAL \pm 5,02 \text{ cm}$$

S = výška postavy, MCAL = maximální délka calcaneu, PCAL = posteriorní (zadní) délka calcaneu, MTAL = maximální délka talu

Z výsledků této práce vyplývá, že délka kosti patní a kosti hlezenní lineárně souvisí s výškou postavy a příliš nezáleží na pohlaví ani etnické příslušnosti. Jinými slovy, rovnice bez rozdílu etnické příslušnosti nebo i pohlaví mají zhruba stejně přesný odhad výšky postavy jako rovnice vytvořené pro specifitější skupinu.

Sen a Ghosh (Sen a Ghosh 2008) vytvořili rovnice pro odhad výšky na základě délky a šířky nohy, a také věku jedince (tab. 18 a 19). Použili hodnoty naměřené na 350 jedincích (175 mužů a 175 žen) z Indie ve věku 18 - 50 let.

Tab. 18. Lineární regresní rovnice pro odhad výšky postavy na základě délky a šířky nohy (v cm) (Sen a Ghosh 2008)

muži: $S = 83,518 + 3,282 \times FL$

$$S = 84,041 + 3,264 \times RFL$$

$$S = 84,076 + 3,255 \times LFL$$

$$S = 106,863 + 5,596 \times FB$$

$$S = 108,874 + 5,394 \times RFB$$

$$S = 106,004 + 5,674 \times LFB$$

ženy: $S = 67,009 + 3,707 \times FL$

$$S = 68,642 + 3,638 \times \text{RFL}$$

$$S = 68,663 + 3,632 \times \text{LFL}$$

$$S = 122,602 + 2,998 \times \text{FB}$$

$$S = 116,860 + 3,633 \times \text{RFB}$$

$$S = 113,675 + 3,979 \times \text{LFB}$$

bez rozdílu pohlaví: $S = 38,849 + 5,061 \times \text{FL}$

$$S = 39,737 + 5,029 \times \text{RFL}$$

$$S = 39,979 + 5,009 \times \text{LFL}$$

$$S = 78,856 + 8,161 \times \text{FB}$$

$$S = 74,517 + 8,617 \times \text{RFB}$$

$$S = 72,996 + 8,761 \times \text{LFB}$$

S = výška postavy, FL = délka nohy, FB = šířka nohy,

RFL (LFL) = délka pravé (levé) nohy. RFB (LFB) = šířka pravé (levé) nohy

Tab. 19. Smíšené regresní rovnice pro odhad výšky na základě délky a šířky nohy a věku (v cm) (Sen a Ghosh 2008)

muži: $S = 78,584 + 2,498 \times \text{FL} + 2,518 \times \text{FB} - 0,036 \times \text{Age}$

$$S = 79,507 + 2,554 \times \text{RFL} + 2,283 \times \text{RFB} - 0,032 \times \text{Age}$$

$$S = 78,981 + 2,428 \times \text{LFL} + 2,643 \times \text{LFB} - 0,037 \times \text{Age}$$

ženy: $S = 66,865 + 3,737 \times \text{FL} + 0,314 \times \text{FB} - 0,116 \times \text{Age}$

$$S = 66,698 + 3,587 \times \text{RFL} + 0,730 \times \text{RFB} - 0,120 \times \text{Age}$$

$$S = 66,705 + 3,510 \times \text{LFL} + 0,896 \times \text{LFB} - 0,117 \times \text{Age}$$

bez rozdílu pohlaví: $S = 37,527 + 4,045 \times \text{FL} + 2,750 \times \text{FB} - 0,037 \times \text{Age}$

$$S = 37,272 + 3,889 \times \text{RFL} + 3,160 \times \text{RFB} - 0,037 \times \text{Age}$$

$$S = 37,914 + 3,792 \times \text{LFL} + 3,328 \times \text{LFB} - 0,040 \times \text{Age}$$

S = výška postavy, FL = délka nohy, FB = šířka nohy, RFL (LFL) = délka pravé (levé) nohy.

RFB (LFB) = šířka pravé (levé) nohy, age = věk

Rovnice byly vyzkoušeny na jiné etnické skupině severního Bengálska, Tato populace měla o několik centimetrů vyšší průměrnou výšku. Přesto výsledky ukazují, že i na tuto skupinu se dají rovnice použít, aniž by došlo k příliš velkým odchylkám od skutečné výšky.

Další rovnice pro odhad výšky těla (tab. 20) vypočítal Agnihotri (Agnihotri a kol. 2007). Jako materiál byla použita data naměřená na 250 studentech (125 mužů a 125 žen) mezi 18 – 30 lety.

Tab. 20. Regresní rovnice pro odhad výšky postavy (Agnihotri a kol. 2007)

lineární regresní rovnice pro muže:

$$S = 68,586 + 4,036 \times \text{RFL}$$

$$S = 55,695 + 4,417 \times \text{RFL} + 0,489 \times \text{Age}$$

S = výška postavy, RFL = délka pravé nohy, Age = věk

lineární regresní rovnice pro ženy:

$$S = 77,059 + 3,536 \times \text{RFL}$$

S = výška postavy, RFL = délka pravé nohy

smíšená regresní rovnice pro obě pohlaví:

$$S = 67,568 + 3,862 \times \text{RFL} - 3,393 \times \text{Sex} + 0,437 \times \text{Age}$$

S = výška postavy, RFL = délka pravé nohy, Sex = pohlaví, Age = věk

Kanchan (Kanchan a kol. 2008) vytvořili rovnice pro odhad výšky postavy na základě měření délky a šířky nohy (tab. 21 a 22) u 200 subjektů (100 mužů a 100 žen).

Tab. 21. Lineární regresní rovnice pro odhad výšky postavy (Kanchan a kol. 2008)

muži: $S = 93,269 + 2,819 \times \text{RFL} \pm 3,878 \text{ cm}$

$$S = 90,275 + 2,930 \times \text{LFL} \pm 3,842 \text{ cm}$$

$$S = 132,130 + 3,530 \times \text{RFB} \pm 5,426 \text{ cm}$$

$$S = 131,134 + 3,576 \times \text{LFB} \pm 5,440 \text{ cm}$$

ženy: $S = 103,270 + 2,365 \times \text{RFL} \pm 4,398 \text{ cm}$

$$S = 105,200 + 2,287 \times \text{LFL} \pm 4,427 \text{ cm}$$

$$S = 84,186 + 8,289 \times \text{RFB} \pm 3,077 \text{ cm}$$

$$S = 95,390 + 7,072 \times \text{LFB} \pm 3,714 \text{ cm}$$

bez rozdílu pohlaví: $S = 91,271 + 2,883 \times \text{RFL} \pm 4,157 \text{ cm}$

$$S = 91,411 + 2,878 \times \text{LFL} \pm 4,157 \text{ cm}$$

$$S = 101,879 + 6,457 \times \text{RFB} \pm 4,777 \text{ cm}$$

$$S = 106,123 + 5,971 \times \text{LFB} \pm 4,847 \text{ cm}$$

S = výška postavy, RFL = délka pravé nohy, LFL = délka levé nohy,

RFB = šířka pravé nohy, LFB = šířka levé nohy

Tab. 22. Smíšené regresní rovnice pro odhad výšky postavy na základě délky a šířky nohy a věku (Kanchan a kol. 2008)

muži: $S = 96,002 + 3,088 \times \text{RFL} - 0,982 \times \text{RFB} \pm 3,861 \text{ cm}$

$$S = 96,135 + 3,106 \times \text{RFL} - 1,005 \times \text{RFB} - 0,011 \times \text{Age} \pm 3,877 \text{ cm}$$

$$S = 90,984 + 2,974 \times \text{LFL} - 0,186 \times \text{LFB} \pm 3,860 \text{ cm}$$

$$S = 90,869 + 3,012 \times \text{LFL} - 0,193 \times \text{LFB} - 0,022 \times \text{Age} \pm 3,864 \text{ cm}$$

ženy: $S = 71,225 + 0,887 \times \text{RFL} + 7,395 \times \text{RFB} \pm 2,964 \text{ cm}$

$$S = 71,142 + 0,886 \times \text{RFL} + 0,886 \times \text{RFB} - 0,008 \times \text{Age} \pm 2,978 \text{ cm}$$

$$S = 78,485 + 1,140 \times \text{LFL} + 5,953 \times \text{LFB} \pm 3,549 \text{ cm}$$

$$S = 78,481 + 1,140 \times \text{LFL} + 5,954 \times \text{LFB} - 0,0002 \times \text{Age} \pm 3,567 \text{ cm}$$

bez rozdílu pohlaví: $S = 86,114 + 2,137 \times \text{RFL} + 2,501 \times \text{RFB} \pm 3,974 \text{ cm}$

$$S = 87,673 + 2,187 \times \text{LFL} + 2,190 \times \text{LFB} \pm 3,997 \text{ cm}$$

S = výška postavy, RFL = délka pravé nohy, RFB = šířka pravé nohy,

LFL = délka levé nohy, LFB = šířka levé nohy, Age = věk

Výsledky této práce ukazují, že výška postavy se dá odhadnout pomocí regresních rovnic i v případě, že neznáme pohlaví určované osoby. Opět dává přednost smíšené regresní rovnici před lineární.

Bidmos (Bidmos 2006) vypracoval rovnice, pomocí kterých se dá odhadnout výška postavy pomocí velikosti kosti patní (calcaneu). Měření bylo provedeno na 85 kostrách evropského původu z jižní Afriky, změřeno bylo několik údajů o kosti patní: její maximální

délka, střední šířka, maximální výška, výška jejího těla a další. Uvedeny jsou jen rovnice s těmito čtyřmi údaji (tab. 23 a 24).

Tab. 23. Regresní rovnice pro odhad výšky postavy (Bidmos 2006)

rovnice pro odhad výšky u žen:

$$S = 52,51 + 1,25 \times \text{MAXL} \pm 4,59 \text{ cm}$$

$$S = 99,34 + 1,34 \times \text{BH} \pm 5,55 \text{ cm}$$

$$S = 84,23 + 1,65 \times \text{MIDB} \pm 5,72 \text{ cm}$$

$$S = 99,64 + 1,09 \times \text{MAXH} \pm 5,80 \text{ cm}$$

S = výška postavy, MAXL = maximální délka kosti patní, BH = výška těla kosti patní,

MIDB = střední šířka kosti patní, MAXH = maximální výška kosti patní

rovnice pro odhad výšky u mužů:

$$S = 84,65 + 0,87 \times \text{MAXL} \pm 4,56 \text{ cm}$$

$$S = 99,36 + 1,50 \times \text{BH} \pm 5,07 \text{ cm}$$

$$S = 103,48 + 1,29 \times \text{MIDB} \pm 5,88 \text{ cm}$$

$$S = 120,05 + 0,80 \times \text{MAXH} \pm 5,70 \text{ cm}$$

S = výška postavy, MAXL = maximální délka kosti patní, BH = výška těla kosti patní,

MIDB = střední šířka kosti patní, MAXH = maximální výška kosti patní

Tab. 24. Smíšené regresní rovnice pro odhad výšky postavy (Bidmos 2006)

smíšené regresní rovnice pro ženy:

$$S = 43,29 + 0,35 \times \text{MIDB} + 0,63 \times \text{BH} + 0,90 \times \text{MAXL} \pm 4,20 \text{ cm}$$

$$S = 47,16 + 1,00 \times \text{MAXL} + 0,67 \times \text{BH} \pm 4,28 \text{ cm}$$

$$S = 46,51 + 0,50 \times \text{MIDB} + 1,08 \times \text{MAXL} \pm 4,55 \text{ cm}$$

S = výška postavy, MAXL = maximální délka kosti patní, BH = výška těla kosti patní,

MIDB = střední šířka kosti patní, MAXH = maximální výška kosti patní

smíšené regresní rovnice pro muže:

$$S = 77,18 + 0,64 \times \text{MAXL} + 0,69 \times \text{BH} \pm 4,37 \text{ cm}$$

$$S = 80,66 + 0,28 \times \text{MAXH} + 0,76 \times \text{MAXL} \pm 4,51 \text{ cm}$$

S = výška postavy, MAXL = maximální délka kosti patní, BH = výška těla kosti patní,

MIDB = střední šířka kosti patní, MAXH = maximální výška kosti patní

Tato studie opět ukázala, že smíšené regresní rovnice vedou k výsledkům s nižšími odchylkami a jsou tedy k odhadu výšky postavy nejlepší.

Různé lineární nebo smíšené regresní rovnice pro odhad výšky postavy se objevují např v práci Zeybeka a Demirogla (Zeybek a Demirogl 2008), Ozdena a kol. (Ozden a kol. 2005) nebo Rohrenové. Ten ovšem v rovnicích používá i proměnné jako jsou velikost bot nebo délka otisků bot, které do této bakalářské práce zahrnuty nejsou. Dále kupříkladu Jasuja (Jasuja a kol. 1997) se zabývá odhadem výšky těla na základě délky kroků při rychlé a normální chůzi. Zajímavá je také studie Krishana (Krishan 2007), která se zaměřuje na specifikující charakteristiku stop v kriminalistice nebo Fesslerera (Fessler 2005), který se zabývá tím, jestli jsou proporce, jako např. délka nohy, pohlavně dimorfní.

5. Odhad výšky postavy na základě rozměrů ruky

Regresní rovnice pro výpočet výšky postavy na základě délek ruky a nohy (tab. 25, 26) vytvořili např. Krishan a Sharma (Krishan a Sharma 2007). K výpočtu použili data získaná měřeními na živých jedincích, konkrétně na 246 studentech severoindické populace mezi 17 – 20 lety. Zaznamenána byla váha a výška každého jedince a čtyři naměřené hodnoty: délka a šířka ruky a délka a šířka nohy. Do studie byli zahrnuti jen praváci, všichni jedinci byli zdraví a bez jakýchkoli deformit.

Tab. 25. Regresní rovnice pro odhad výšky postavy (Krishan a Sharma 2007)

muži	ženy
$S = 88,243 + 4,39 \times HL$	$S = 81,314 + 4,42 \times HL$
$S = 68,085 + 4,054 \times FL$	$S = 71,941 + 3,703 \times FL$
$S = 135,240 + 3,47 \times FB$	$S = 135,419 + 2,37 \times FB$

S = výška, HL = délka ruky, FL = délka nohy, FB = šířka nohy

Tab. 26. Smíšené regresní rovnice pro odhad výšky postavy (Krishan a Sharma 2007)

muži	ženy
$S = 83,39 + 3,03 \times HL + 1,88 \times HB - 1,73 \times FL + 5,91 \times FB$	$S = 84,96 + 3,53 \times HL + 2,17 \times HB - 1,59 \times FL + 3,57 \times FB$
$S = 109,04 + 2,19 \times HL + 2,31 \times HB$	$S = 94,79 + 2,91 \times HL + 1,89 \times HB$
$S = 99,59 + 1,51 \times FL + 3,29 \times FB$	$S = 79,36 + 2,60 \times FL + 2,11 \times FB$

S = výška, HL = délka ruky, HB = šířka ruky, FL = délka nohy, FB = šířka nohy

V této studii vykazují výsledky u mužů vyšší průměrnou hodnotu než výsledky u žen. Tento statisticky významný rozdíl může být způsoben tím, že ženy dosahují dospělosti dříve než muži. Dále z ní vyplývá, že délka nohy má vyšší korelační koeficient s výškou postavy než ostatní hodnoty. Podle této studie je tedy délka nohy nejlepším parametrem pro zjištění výšky postavy. Smíšené regresní rovnice jsou považovány za lepší nástroj pro výpočet výšky postavy.

Další regresní rovnice pro odhad výšky postavy (tab. 27) vypočítal Agnihotri (Agnihotri a kol. 2008). Jako materiál použil hodnoty naměřené na 250 mladých a zdravých studentech (125 mužů a 125 žen) z Indie a Mauricia ve věkové skupině 18 - 30 let.

Tab. 27. Regresní rovnice pro odhad výšky postavy (Agnihotri a kol. 2008)

lineární regresní rovnice pro muže:

$$\text{model 1: } S = 94,835 + 4,187 \times \text{LHL}$$

$$\text{model 2: } S = 78,992 + 3,365 \times \text{LHL} + 3,711 \times \text{RHB}$$

lineární regresní rovnice pro ženy:

$$\text{model 1: } S = 74,404 + 4,945 \times \text{LHL}$$

$$\text{model 2: } S = 66,366 + 4,031 \times \text{LHL} + 3,177 \times \text{RHB}$$

S = výška postavy, LHL = délka levé ruky, RHB = šířka pravé ruky

Stejně jako v předchozím případě, i v této studii se u mužů objevuje vyšší průměrná hodnota než u žen, což se opět může spojovat s tím, že dívky dospívají dříve než chlapci. Závěr této práce ukazuje, že model 1, tzn. rovnice využívající pouze délku levé ruky, je lepší a přesnější pro výpočet výšky postavy než rovnice používající délku levé ruky a zároveň šířku pravé ruky. Délka levé ruky je zde považována za primární kritérium pro výpočet výšky postavy.

Také Habib a Kamal (Habib a Kamal 2010) vypočítali rovnice pro odhad výšky postavy. Změřili výšku, délku ruky a délku článků prstů u 159 zdravých mladých egyptských studentů (77 žen a 82 mužů). Nutno zmínit, že palec do studie zahrnut nebyl, protože má, na rozdíl od ostatních prstů, variabilní ohebnost, a tím může být změřená délka zkreslená. Uvádím pouze rovnice týkající se délky celé ruky a smíšenou rovnici zahrnující i rozměr ukazováku (tab. 28). Jednotlivé rovnice užívající rozměry každého článku každého prstu uvedeny nejsou.

Tab. 28. Rovnice pro odhad výšky postavy podle délky ruky a délky ukazováku (Habib a Kamal 2010)

regresní rovnice pro muže:

regresní rovnice pro ženy

$$S = 57,70 + 6,06 \times \text{RHL} \pm 5,3 \text{ cm}$$

$$S = 101,13 + 3,39 \times \text{RHL} \pm 4,77 \text{ cm}$$

$$S = 63,49 + 5,74 \times \text{LHL} \pm 5,48 \text{ cm}$$

$$S = 90,15 + 4,01 \times \text{LHL} \pm 4,54 \text{ cm}$$

S = výška postavy, RHL = délka pravé ruky, LHL = délka levé ruky

smíšené regresní rovnice pro ženy:

$$S = 85,95 + 3,21 \times \text{LHL} + 8,12 \times \text{RI2} \pm 4,35 \text{ cm}$$

$$S = 85,34 + 8,2 \times \text{LHL} + 9,72 \times \text{RI2} + 5,16 \times \text{RHL} \pm 4,22 \text{ cm}$$

S = výška postavy, LHL = délka levé ruky, RHL = délka pravé ruky, RI2 = délka 2. článku ukazováku na pravé ruce

Další rovnice pro výpočet výšky postavy na základě délky ruky se objevuje v práci Rastogiho (Rastogi a kol. 2008). Studie zahrnovala 500 studentů mezi 20 – 30 lety ze severní a jižní části Indie (tab. 29 a 30). Byla změřena šířka ruky a dvě délky ruky, jedna mezi distálním ohybem zápěstí a špičkou prostředníku, druhá mezi středním bodem inter-styloidní linie a špičkou prostředníku.

Tab. 29. Lineární regresní rovnice pro severní a jižní Indii (Rastogi a kol. 2008)

lineární regresní rovnice pro severní Indii:

strana	muži	ženy
pravá	$S = 81,343 + 4,782 \times \text{HL1} \pm 5,00$	$S = 80,200 + 4,607 \times \text{HL1} \pm 4,24$
levá	$S = 80,241 + 4,835 \times \text{HL1} \pm 4,97$	$S = 83,356 + 4,427 \times \text{HL1} \pm 4,38$
pravá	$S = 74,691 + 4,866 \times \text{HL2} \pm 4,99$	$S = 73,374 + 4,754 \times \text{HL2} \pm 4,11$
levá	$S = 72,178 + 5,008 \times \text{HL2} \pm 4,96$	$S = 76,089 + 4,613 \times \text{HL2} \pm 4,17$
pravá	$S = 98,547 + 9,077 \times \text{HB} \pm 5,74$	$S = 97,058 + 8,570 \times \text{HB} \pm 5,40$
levá	$S = 110,499 + 7,677 \times \text{HB} \pm 5,97$	$S = 96,678 + 8,778 \times \text{HB} \pm 5,36$

S = výška postavy, HL1 = 1. délka ruky, HL2 = 2. délka ruky, HB = šířka ruky

lineární regresní rovnice pro jižní Indii:

strana	muži	ženy
pravá	$S = 69,006 + 5,469 \times \text{HL1} \pm 4,85$	$S = 83,044 + 4,450 \times \text{HL1} \pm 3,76$
levá	$S = 74,380 + 5,186 \times \text{HL1} \pm 5,04$	$S = 84,432 + 4,373 \times \text{HL1} \pm 3,90$
pravá	$S = 65,979 + 5,323 \times \text{HL2} \pm 4,83$	$S = 79,953 + 4,398 \times \text{HL2} \pm 3,65$
levá	$S = 69,154 + 5,177 \times \text{HL2} \pm 4,94$	$S = 76,598 + 4,597 \times \text{HL2} \pm 3,70$
pravá	$S = 84,340 + 10,808 \times \text{HB} \pm 5,71$	$S = 114,988 + 6,028 \times \text{HB} \pm 4,72$
levá	$S = 85,503 + 10,767 \times \text{HB} \pm 5,73$	$S = 116,789 + 5,892 \times \text{HB} \pm 4,73$

S = výška postavy, HL1 = 1. délka ruky, HL2 = 2. délka ruky, HB = šířka ruky

Tab. 30. Smíšené regresní rovnice pro severní a jižní Indii (Rastogi a kol. 2008)

smíšená regresní rovnice pro severní Indii:

muži	pravá strana	$S = 74,352 + 2,342 \times HL1 + 2,247 \times HL2 + 1,030 \times HB \pm 5,01$
	levá strana	$S = 74,259 + 2,488 \times HL1 + 2,665 \times HL2 - 0,322 \times HB \pm 4,96$
ženy	pravá strana	$S = 69,296 - 0,246 \times HL1 + 4,784 \times HL2 + 1,077 \times HB \pm 4,13$
	levá strana	$S = 70,069 - 0,693 \times HL1 + 4,961 \times HL2 + 1,639 \times HB \pm 4,18$
smíšená regresní rovnice pro jižní Indii:		
muži	pravá strana	$S = 56,592 + 3,797 \times HL1 + 0,711 \times HL2 + 3,667 \times HB \pm 4,73$
	levá strana	$S = 60,153 + 0,366 \times HL1 + 3,896 \times HL2 + 3,431 \times HB \pm 4,89$
ženy	pravá strana	$S = 79,273 + 0,451 \times HL1 + 3,955 \times HL2 + 0,130 \times HB \pm 3,67$
	levá strana	$S = 76,341 + 0,335 \times HL1 + 4,289 \times HL2 + 0,021 \times HB \pm 3,72$

Podle výsledků této práce je lineární regrese užívající délku ruky více přínosná než rovnice užívající šířku ruky a smíšená regresní rovnice poskytuje lepší výsledky než lineární regrese. Přesnější výsledky také přinesla rovnice užívající délku ruky měřenou mezi středním bodem inter-styloidní linie a špičkou prostředníku.

Sanli (Sanli a kol. 2005) použili k vytvoření rovnic pro odhad výšky postavy data získaná měřením 155 dospělých Turků (80 mužů a 75 žen) mezi 17 – 23 roky. Byla změřena jejich výška, délka ruky a délka nohy. Ze všech vytvořených rovnic byly vybrány ty nejlepší – pro obě pohlaví dohromady, zvláště pro ženy a zvláště pro muže (tab. 31).

Tab. 31. Regresní rovnice pro odhad výšky postavy bez rozdílu pohlaví a pro ženy a muže zvláště (Sanli a kol. 2005)

smíšená lineární regresní rovnice pro obě pohlaví zároveň:

$$S = 372,39 + 3,32 \times HL + 2,58 \times FL \text{ mm}$$

smíšená lineární regresní rovnice pro ženy:

$$S = 743,11 + 2,38 \times FHL + 1,73 \times FFL \text{ mm}$$

smíšená lineární regresní rovnice pro muže:

$$S = 439,52 + 3,29 \times MHL + 2,38 \times MFL \text{ mm}$$

S = výška postavy, HL = délka ruky, FL = délka nohy, FHL (MHL) = délka ruky u žen (mužů),
FFL (MFL) = délka nohy u žen (mužů)

Výsledky ukazují, že pro nejpřesnější odhad výšky postavy je nejlepší použít smíšené lineární regresní rovnice pracující s délkou ruky i nohy zároveň.

Lineární regresní rovnice pro odhad výšky (tab. 32) vypočítal také Saxena (Saxena 1984). Použil k tomu hodnoty získané měřením 100 nigerijských studentů (pouze mužů) mezi 20 – 30 lety. Měření bylo provedeno ve fixním čase, mezi 14. a 16. hodinou, to proto, aby eliminoval možnou chybu způsobenou měnící se výškou těla během dne. Změřena byla délka ruky, šířka nohy, délka chodidla a výška těla.

Tab. 32. Regresní rovnice pro odhad výšky těla (Saxena 1984)

odhad podle délky pravé ruky	$S = 92,2409 + 3,9465 \times RHL \text{ cm}$
odhad podle délky levé ruky	$S = 70,2426 + 5,0596 \times LHL \text{ cm}$
odhad podle šířky pravé ruky	$S = 90,4531 + 3,5623 \times RHB \text{ cm}$
odhad podle šířky levé ruky	$S = 97,9845 + 3,1698 \times LHB \text{ cm}$
odhad podle délky pravého chodidla	$S = 67,4929 + 3,9755 \times RSL \text{ cm}$
odhad podle délky levého chodidla	$S = 78,3388 + 3,5449 \times LSL \text{ cm}$

S = výška těla, RHL = délka pravé ruky, LHL = délka levé ruky, RHB = šířka pravé ruky, LHB = šířka levé ruky
RSL = délka pravého chodidla, LSL = délka levého chodidla

Rastogi (Rastogi a kol. 2009) určili rovnice pro odhad výšky postavy na základě délek prostředníku (tab. 33). Výchozím materiálem byla data získaná od 500 dobrovolníků ze severní a jižní Indie. Byla změřena výška těla a délka prostředníku levé i pravé ruky.

Tab. 33. Lineární regresní rovnice pro odhad výšky postavy u severoindické a jihoindické populace (Rastogi a kol. 2009)

lineární regresní rovnice pro severní Indii:

muži	pravá ruka	$S = 117,204 + 6,820 \times MFL \pm 5,702 \text{ cm}$
	levá ruka	$S = 113,854 + 7,223 \times MFL \pm 5,590 \text{ c,}$
ženy	pravá ruka	$S = 99,548 + 8,044 \times MFL \pm 4,875 \text{ cm}$
	levá ruka	$S = 102,714 + 7,608 \times MFL \pm 4,943 \text{ cm}$

S = výška postavy, MFL = délka prostředníku

lineární regresní rovnice pro jižní Indii:

muži	pravá ruka	$S = 95,901 + 9,517 \times \text{MFL} \pm 5,100 \text{ cm}$
------	------------	---

	levá ruka	$S = 97,400 + 9,318 \times \text{MFL} \pm 5,218 \text{ cm}$
--	-----------	---

ženy	pravá ruka	$S = 110,930 + 6,517 \times \text{MFL} \pm 4,269 \text{ cm}$
------	------------	--

	levá ruka	$S = 112,516 + 6,321 \times \text{MFL} \pm 4,413 \text{ cm}$
--	-----------	--

S = výška postavy, MFL = délka prostředníku

Závěry této studie ukazují, že muži mají prokazatelně vyšší průměrné hodnoty výšky postavy i délky prostředníku, což je způsobeno tím, že u chlapců je zhruba o dva roky delší puberta, která jim umožňuje delší dobu růstu. Z toho vyplývá, že rovnice určená pro jedno pohlaví nemůže být použita na pohlaví druhé, aniž by se to negativně neodrazilo na výsledku. Mezi hodnotami naměřenými u populace ze severní a jižní Indie nebyly nalezeny významné rozdíly. Proto lze říci, že rovnice vypočítaná pro jednu populaci určité etnické skupiny může být použita i na populaci jinou, pokud přísluší ke stejné etnické skupině. V tomto případě tedy rovnice pro výpočet výšky u populace ze severní Indie může dobře posloužit i pro výpočet výšky u jihoindické populace.

Z jednotlivých prací je vidět, že rozměry ruky jsou dobrým materiálem pro odhad výšky postavy. Proto jsem se v další kapitole pokusila, mimo jiné, vytvořit vlastní regresní rovnice pro odhad výšky.

6. Použití vybraných publikovaných lineárních regresních rovnic a výpočet nových regresních rovnic na základě dat naměřených na francouzských studentech

Díky poznatkům získaným během čtení různých studií, které jsem použila v této bakalářské práci, jsem se rozhodla vypočítat lineární regresní rovnice z dat, které mi poskytl doc. RNDr. Jaroslav Brůžek Ph.D. Jde o hodnoty získané u 100 francouzských studentů mezi 23 – 32 roky, které naměřil Jeremy Maestracci na Univerzitě v Bordeaux (tab. 34). Nejdříve jsem se však pokusila na několika vybraných rovnicích, vytvořených na základě dat z různých populací, zhodnotit, jak velké budou odchylky od skutečné výšky při dosažení hodnot výše zmíněné francouzské populace. Vybrány byly dostupné rovnice sestavené podle indické, mauricijské a egyptské populace.

Tab. 34. Charakteristika studovaného souboru

	muži	ženy
počet (n)	50	50
průměrná výška	178,3 cm	164,6 cm
výška – minimum	165 cm	149 cm
výška – maximum	192 cm	178 cm
průměrná délka pravé ruky	19,1 cm	17,3 cm
DPR – minimum	17,4 cm	16,15 cm
DPR – maximum	21,3 cm	18,7 cm
průměrná délka levé ruky	19 cm	17,2 cm
DLR – minimum	17,4 cm	16,1 cm
DLR – maximum	21,25 cm	18,55 cm
průměrná šířka pravé ruky	8,9 cm	7,9 cm
SPR – minimum	8,1 cm	7,2 cm
SPR – maximum	9,9 cm	8,55 cm
průměrná šířka levé ruky	8,9 cm	7,9 cm
SLR – minimum	7,9 cm	7,2 cm

SLR – maximum	9,9 cm	8,4 cm
---------------	--------	--------

DPR = délka pravé ruky, DLR = délka levé ruky, SPR = šířka pravé ruky, SLR = šířka levé ruky

V této části kapitoly jsem se pokusila zjistit, jak vysoká je průměrná a směrodatná odchylka od skutečné výšky, pokud dosadím do rovnice, vytvořené pro určitou populaci, data naměřená na populaci jiné. K tomuto účelu jsem vybrala rovnice vytvořené pro populaci indickou, mauricijskou a egyptskou, a dosadila do nich data francouzské populace.

Tab. 35. Průměrné výšky jednotlivých populací

	muži	ženy	výškový rozdíl mezi francouzskou populací a populacemi ostatními
Francie	178,3 cm	164,6 cm	
Mauricius	174,0 cm	159,6 cm	muži v průměru o 4,3 cm nižší ženy v průměru o 5 cm nižší
Indie	168,2 cm	155,7 cm	muži v průměru o 10,1 cm nižší ženy v průměru o 8,9 cm nižší
Egypt	174,6 cm	160,0 cm	muži v průměru o 3,7 cm nižší ženy v průměru o 4,6 cm nižší

Průměrná a směrodatná odchylka při dosazení dat francouzské populace do jednotlivých rovnic jsou uvedena v tab. 37.

Tab. 36. Průměrné a směrodatné odchylky odhadu od skutečné výšky těla u jednotlivých rovnic, kdy byla použita data z francouzského souboru

ROVNICE	průměrná odchylka	směrodatná odchylka
Mauricius I.		
muži: $S = 94,835 + 4,187 \text{ LHL}$	5,23 cm	11,16 cm
female: $S = 74,404 + 4,945 \text{ LHL}$	5,38 cm	12,59 cm
Mauricius II.		
muži: $S = 78,992 + 3,365 \text{ LHL} + 3,711 \text{ RHB}$	4,11 cm	6,77 cm

ženy: $S = 66,366 + 4,031 \text{ LHL} + 3,177 \text{ RHB}$ 4,40 cm 12,12 cm

Indie I.

muži: $S = 109,04 + 2,19 \text{ HL} + 2,31 \text{ HB}$ 7,24 cm 19,45 cm

ženy: $S = 94,79 + 2,91 \text{ HL} + 1,89 \text{ HB}$ 5,30 cm 13,50 cm

Indie II.

muži: $S = 88,243 + 4,39 \text{ HL}$ 6,44 cm 16,04 cm

ženy: $S = 81,314 + 4,42 \text{ HL}$ 7,12 cm 15,21 cm

Egypt-rovnice pro pravou ruku

muži: $S = 57,7 + 6,06 \text{ RHL}$ 5,18 cm 12,42 cm

ženy: $S = 101,13 + 3,39 \text{ RHL}$ 5,55 cm 13,06 cm

Egypt - rovnice pro levou ruku

muži: $S = 63,49 + 5,74 \text{ LHL}$ 5,90 cm 14,42 cm

ženy: $S = 90,15 + 4,01 \text{ LHL}$ 5,80 cm 12,52 cm

Tab. 37. Lineární regresní rovnice bez rozdílu pohlaví

rovnice	směrodatná odchylka	R	R ²
$VP = 45,054 + 6,9424 \times \text{DPR cm}$	6,61 cm	0,883	0,779
$VP = 42,225 + 7,1304 \text{ DLR cm}$	6,01 cm	0,895	0,802
$VP = 75,48 + 11,387 \text{ SPR cm}$	12,79 cm	0,775	0,6
$VP = 74,948 + 11,527 \text{ SLR cm}$	11,808 cm	0,793	0,629

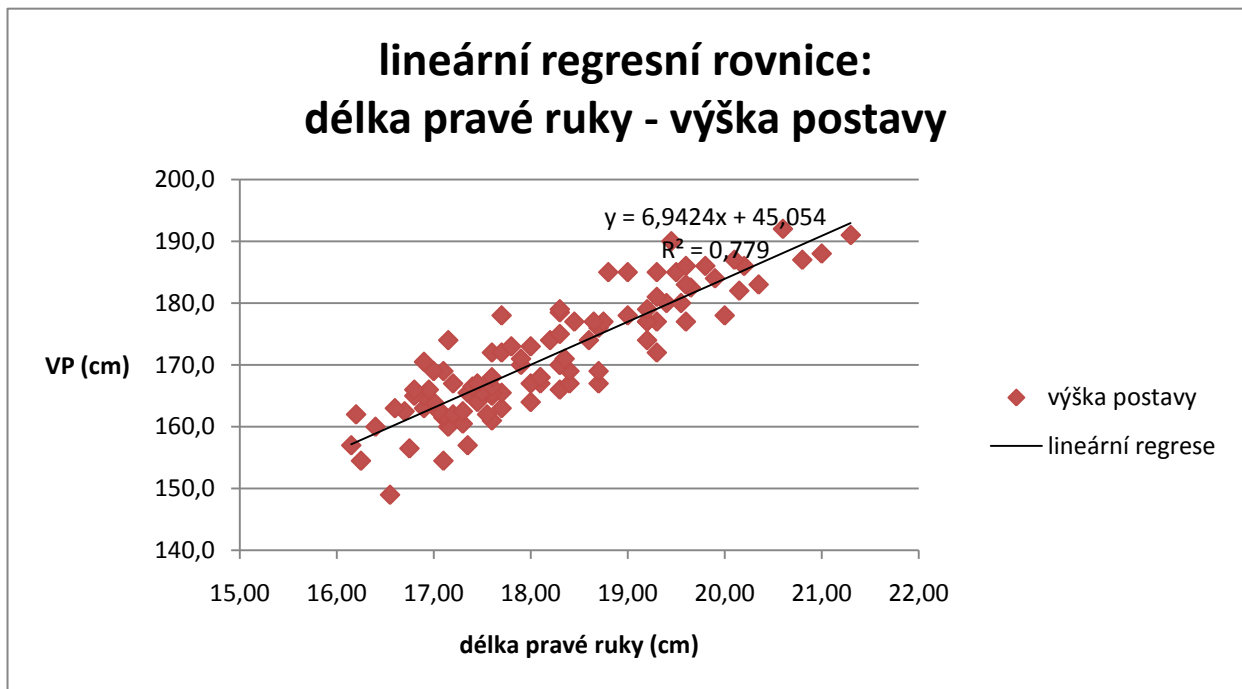
DPR = délka pravé ruky, DLR = délka levé ruky, SPR = šířka pravé ruky, SLR = šířka levé ruky

R = korelační koeficient, R² = koeficient stanovení

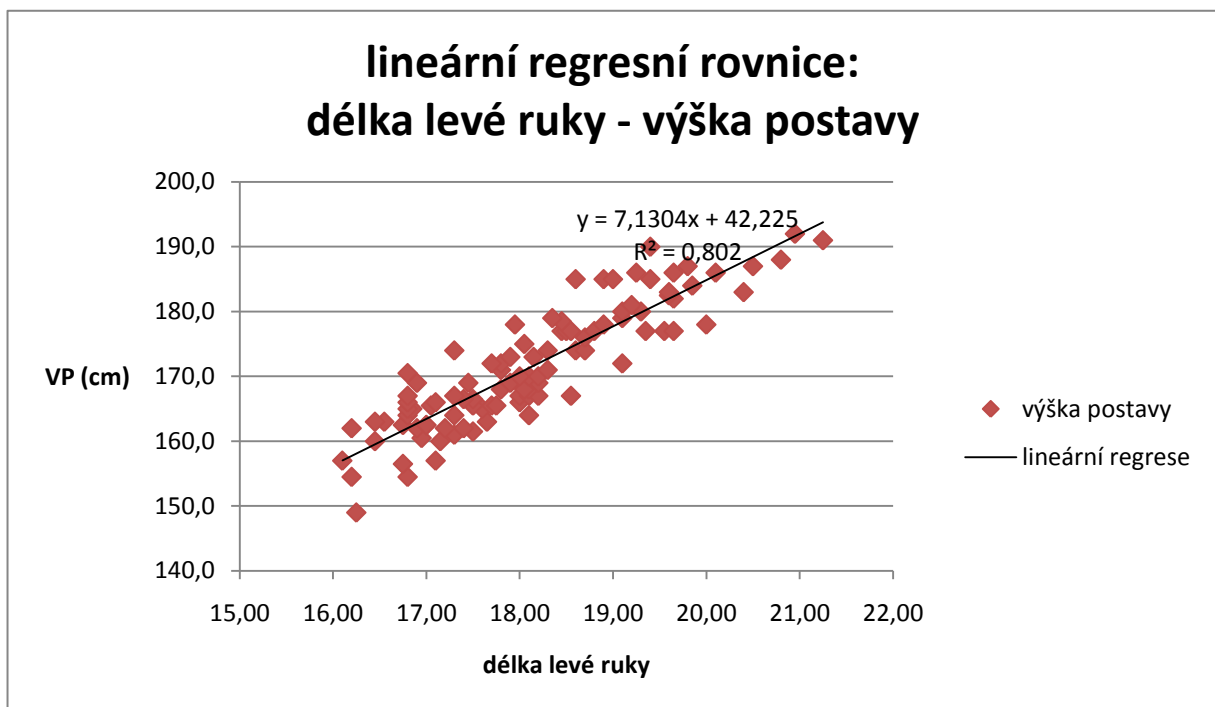
Z tabulky 37 je očividné, že k odhadu výšky postavy u této populace je rozhodně lepší použít rovnice, ve kterých se pracuje s délkou ruky. Korelační koeficient je vyšší a směrodatná odchylka se pohybuje okolo ± 6 cm, což znamená, že výsledky budou přesnější a budou se více blížit skutečné výšce.

grafy:

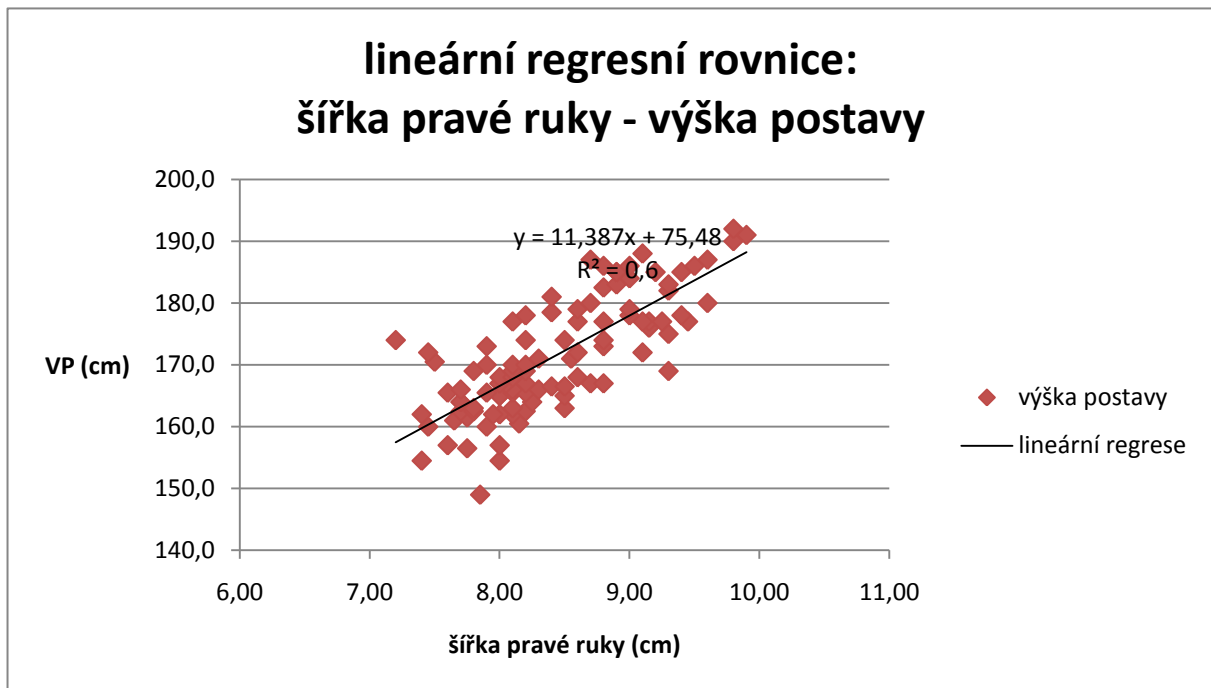
Graf 1. Závislost výšky postavy a délky pravé ruky



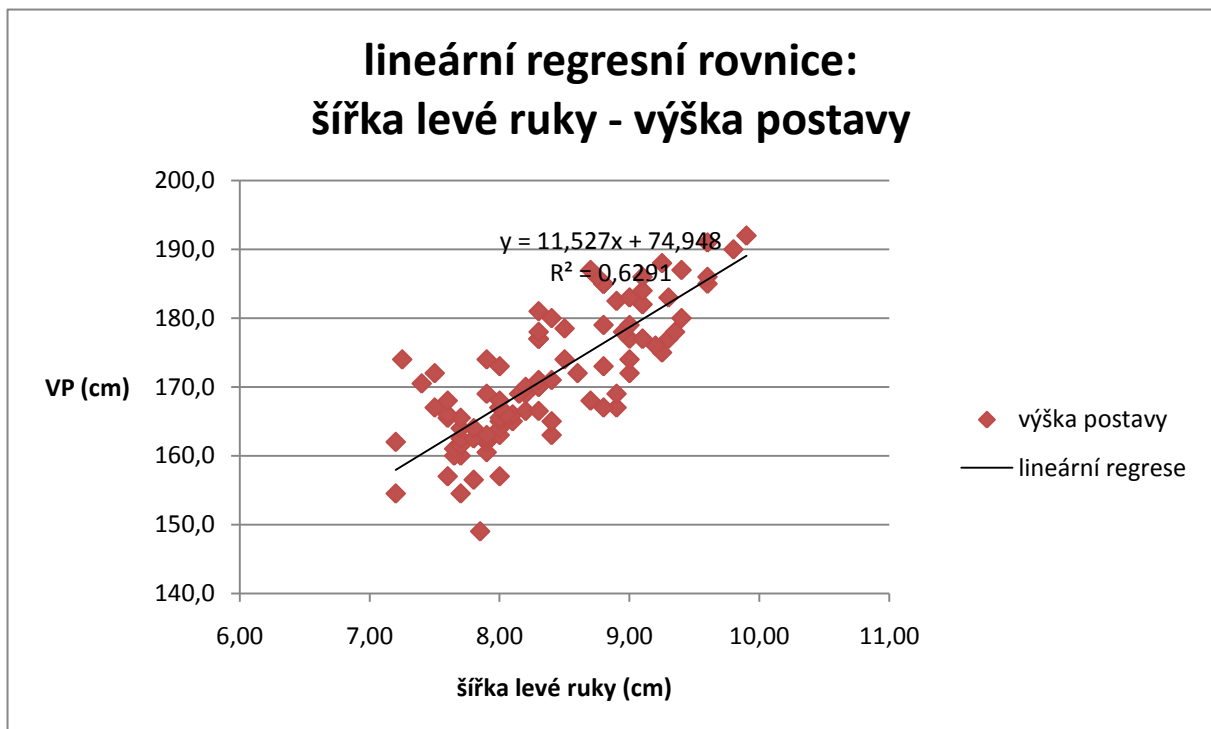
Graf 2. Závislost výšky postavy a délky levé ruky



Graf 3. Závislost výšky postavy a šířky pravé ruky



Graf 4. Závislost výšky postavy a šířky levé ruky



Jak je velmi dobře patrné z tab. 36, směrodatné odchylky u velké většiny rovnic jsou skutečně vysoké. V tab. 35 je shrnuta průměrná výška jednotlivých populací, a je zde vidět, že francouzská populace je ve srovnání s egyptskou a mauricijskou zhruba o 5 cm vyšší, ve srovnání s indickou populací je tento rozdíl dokonce 10 cm. Tato skutečnost je jedním z důvodů, kterým můžeme vysvětlit vysoké směrodatné odchylky při výpočtech. Musíme si uvědomit, že velikost ruky nebo nohy se nezvyšuje lineárně s výškou těla. Proto je důležité používat regresní rovnice pro populaci, pro kterou byly vytvořeny. Ovšem zdaleka ne pro všechny populace byly regresní rovnice pro odhad výšky těla vytvořeny. V této práci jsem se pokusila zjistit, zda by právě v případě, kdy pro určitou populaci není rovnice dostupná, nebylo možné použít pro zjištění výšky určitého jedince rovnice vytvořené na jiné skupině. Jak je vidět z výsledků, určitou představu o výšce postavy nám dosazení do rovnic přinese, ovšem nemůžeme počítat s tím, že výsledky budou stejně odpovídající, jako bychom dosazovali do rovnice vytvořené „na míru“ populace, ze které jedinec pravděpodobně pochází.

7. Závěr

Jak je vidět z jednotlivých studií, mezi výškou postavy a různými částmi těla, jako jsou hlava, trup, nebo horní a dolní končetiny, skutečně existuje určitý vztah, korelace. Navrhované regresní rovnice pro odhad výšky těla jsou populačně specifické a výsledná predikovaná výška těla se může pohybovat v závislosti na použité funkci v rozsahu až 10 či 15 cm. Tato bakalářská práce byla zaměřena hlavně na vztah výšky postavy a délkou (popř. šířkou) ruky a nohy a jejich otisků. Korelace mezi délkou ruky nebo nohy a výškou těla je nižší než u dlouhých kostí, které se k odhadu výšky těla používají nejčastěji. Přesto lze podle rozměrů ruky a nohy, s přesností pohybující se v intervalu ± 4 až 5 cm, výšku postavy odhadnout. Vzhledem k výsledkům jednotlivých studií je možné říci, že lepších výsledků bylo většinou dosaženo při použití délky ruky nebo nohy, než při užití jejich šířek.

V poslední kapitole jsem se pokusila ověřit, zda je možné použít určitou regresní rovnici i pro odhad výšky postavy jedince patřícího k populaci jiné, pro kterou rovnice sestavena nebyla. Výsledky potvrdily to, co je vždy uváděno v každé práci zabývající se odhadem výšky těla na základě délek nebo šířek rukou a nohou. Rovnice z populací, které mají nižší výšku těla než populace, ve které je rovnice použita, nad(pod)hodnocují výsledný odhad. Nicméně použité regresní rovnice z populací s nižší průměrnou výškou než je výška postavy francouzského souboru vedou k značně nadhodnocenému odhadu. Pokud chceme zjistit délku těla u kosterního nálezu nebo například u obětí hromadných katastrof, měli bychom použít regresní rovnice, které byly sestaveny na základě měření u stejné populace, k jaké nejspíše patří i zkoumaný jedinec. Pokud ale rovnice pro tuto populaci nejsou dostupné nebo nevíme, z jaké populace jedinec pochází, je dobré použít alespoň nějaké regresní rovnice, protože nám přinesou alespoň přibližný odhad výšky zkoumaného objektu.

Závěrem je možné říci, že odhad výšky postavy na základě délek ruky a nohy a jejich otisků, je velice přínosný, vzhledem k tomu, že tyto kosti většinou bývají při nejruznějších neštěstích nebo kriminálních činech zachovány. Odhadovat výšku podle ruky nebo nohy je tedy ideální právě v případech, kdy dlouhé kosti jsou buď roztržité, nebo se na místě vůbec nenalézají. Ovšem každá metoda má i své nevýhody. Tou může být právě skutečnost, že regresní rovnice nejsou sestaveny ani zdaleka pro všechny populace. A pokud použijeme rovnici, která nebyla sestavena na základě dat získaných měření dané skupiny, pochopitelně může dojít k velmi nepřesnému odhadu.

Použitá literatura:

Agnihotri A. K., Agnihotri S., Jeebun N., Googoolye K. (2008): Prediction of stature using hand dimensions, *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 15, 479 - 482

Agnihotri A. K., Purwar B., Googoolye K., Agnihotri S., Jeebun N. (2007): Estimation of stature by foot length, *J. Forensic Leg Med.* 14, 279 - 283

Arcaleni E. (2006): Secular trend and regional differences in the stature of Italians, 1854 - 1980, *Economics and Human Biology*, 4, 24 - 38

Atamturk D., Duyar I. (2008): Age-Related Factors in the Relationship Between Foot Measurements and Living Stature and Body Weight, *J Forensic Sci*, 53, 6

Balthazard T., Dervieux V. (1921): Etudes anthropologiques sur le foetus humain, *Ann. de Médecine Légale* 1, 37 - 42 (podle Stloukal et al. 1999)

Bednarik R. G. (2008): Children as pleistocene artists, *Rock Art Research* 25, 173 - 182

Bénéfice E., Garnier D. a Ndiaye G. (2001): High levels of habitual physical activity in west African adolescent girl and relationship to maturation, growth, and nutritional status: results from a 3-year prospective study, *Am J Hum Biol*, 13, 808 - 820

Bidmos M. A. (2006): Adult stature reconstruction from the calcaneus of South Africans of European descent, *J. Clin. Forensic Med.* 13, 247 - 252

Bidmos M. A. (2008): Metatarsals in the estimation of stature in South Africans, *J. Forensic Leg. Med.* 15, 505 - 50

Byers S., Akoshima K., Curran B., Determination of adult stature from metatarsal length, *Am. J. Phys. Anthropol.* 79 (1989) 275 - 279

Cordeiro C., Muñoz-Barús J. I, Wasterlain S., Cunha E., Vieira D. N. (2009): Predicting adult stature from metatarsal length in a Portuguese population, *Forensic Science International* 193, 131.e1 - 131.e4

Černý M. (1958): K otázce zjišťování tělesné výšky z dlouhých kostí. II. Konference československých antropologů na Kokoříně 1957, *Společnost Národního muzea v Praze*, 19 - 23 (podle Stloukal et al. 1999)

Černý M., Komenda S. (1982): Reconstruction of body height based on humerus and femur lengths (material from Czech lands), *IIInd Anthropological congress of Aleš Hrdlička* (podle Stloukal et al. 1999)

Damsgaard R., Bencke J., Matthiesen G., Petersen J. H. a Müller J. (2001): Body proportions, body composition and pubertal development of children in competitive sports, *Scand J Med Sci Sports*, 11, 54 - 60

- Dirkmaat D. C., Cabo L. L., Ousley S. D. a Symes S. A. (2008): New perspectives in forensic anthropology, *Yearbook of Phys. Anthropol.*, 51, 33 - 52
- Fessler D. M., Haley K. J., Lal R. D. (2005): Sexual dimorphism in foot length proportionate to stature, *Ann. Hum. Biol.* 32, 44 - 59
- Fully G.(1956): Une nouvelle méthode de détermination de la taille, *Annales de Médecine Légale et de criminologie, police scientifique et toxicologie* 36, 266 - 273 (podle Stloukal et al. 1999)
- Fully G, Pineau H. (1960): Détermination de la stature au moyen du squelette, *Annales de Médecine Légale et de criminologie, police scientifique et toxicologie* 40, 2, 145 - 154 (podle Stloukal et al. 1999)
- Habib S. R. (2010): Stature estimation from hand and phalanges lengths of Egyptians, *Journal of Forensic and Legal Medicine*, article in press
- Holland T. D. (1992): Estimation of adult stature from fragmentary trias, *J Forensic Sci*, 37, 1223 - 1229
- Holland T. D. (1995): Estimation of adult stature from the calcaneus and talus, *Am. J. Phys. Anthropol.* 96, 315 - 32
- Chiba M., Terazawa K. (1998): Estimation of stature from the somatometry of the skull, *Forensic Sci Int*, 97, 87 - 92
- Iscan M. Y. (2005): Forensic anthropology of sex and body size, *Forensic Sci International*, 147, 107 - 112
- Jasuja O. P. (1993): Estimation of stature from footprint length, *Forensic Sci. Int.* 61, 1 - 5
- Jasuja O., Harbhajan S., Anupama K. (1997): Estimation of stature from stride length while walking fast, *Forensic Sci. Int.* 86, 181 - 186
- Kanchan K., Menezes R.G., Moudgil R., Kaur R., Kotian M.S., Garg R.K.(2008): Stature estimation from foot dimensions, *Forensic Sci. Int.* 179, 241.e1 - 241.e5
- Kopecký M. (2006): The secular trend in the somatic development and motoric performance of boys in the Olomouc region eithin the last 36 years, *Acta Univ. Palacki. Olomuc. Gymn.*, 36 (3), 55 - 64
- Krishan K. (2007): Individualizing characteristics of footprints in Gujjars of North India - forensic aspects, *Forensic Sci. Int.* 169, 137 - 144
- Krishan K. (2008): Estimation of stature from footprint and foot outline dimensions in Gujjars of North India, *Forensic Sci. Int.* 175, 93 - 101

- Krishan K., Sharma A. (2007): Estimation of stature from dimensions of hands and feet in North Indian population, *J. Forensic Leg Med.* 14, 327 - 332
- Malina R. M. (1994): Physical activity and training: effects on stature and adolescent growth spurt, *Med Sci Sports Exerc*, 26, 759 - 766
- Meadows L., Jantz R. L. (1992): Estimation of stature from metacarpal length, *J Forensic Sci*, 37, 147 - 154
- Musgrave J. H., Harneja J. K. (1978): The estimation of adult stature from metacarpal bone length, *Am J Phys Anthropol*, 48, 113 – 120
- Olivier G. (1960): *Pratique anthropologique*, Paris, Vigot Frères (podle Stloukal et al. 1999)
- Olivier G., Pineau H. (1958): Détermination de l'âge du fœtus et de l'embryon, *Archives d' Anatomie* 6, 21 - 28 (podle Stloukal et al. 1999)
- Olivier G., Pineau H. (1960): Nouvelle détermination de la taille foetale d'après les longueurs diaphysaires des os longs, *Annales de Médecine Légale krimonologie, police scientifique et toxikologie* 40 (2), 141 - 144 (podle Stloukal et al. 1999)
- Orfila M. (1848): *Lehrbuch der gerichtlichen Medizin*, Leipzig (podle Stloukal et al. 1999)
- Ozden H., Balci Y., Demirustu C., Turgut A., Ertugrul M. (2005): Stature and sex estimate using foot and shoe dimensions, *Forensic Sci. Int.* 147, 181 – 184
- Özaslan A., Iscan M. Y., Özaslan I., Tugcu H., Koc S. (2003): Estimation of stature from body parts, 1 - 6
- Pearson (1899): Mathematical contribution to the theory of evolution V. On the reconstruction of stature of prehistoric races, *Philosophical Transaction of the Royal Society A.*, 192, 169 - 244 (podle Stloukal et al. 1999)
- Rastogi P., Kanchan T., Menezes R. G., Yoganarasimha K. (2009): Middle finger length – a predictor of stature in the Indian population, *Med. Sci. Law*, 49 (2), 123 - 126
- Rastogi P., Nagesh K. R., Yoganarasimha K. (2008): Estimation of stature from hand dimension of north and south Indians, *Legal Medicine* 10, 185 - 189
- Rohnen B., Estimation of stature from foot and shoe length: Applications in forensic science
- Rollet F. (1889): De la mensuration des os longs de membres dans ses rapports avec l'anthropologie, la clinique et la médecine judiciaire, Lyon (podle Stloukal et al. 1999)
- Ryan I., Bidmos M. A (2007): Skeletal height reconstruction from measurements of the skull in Indigenius South Africans, *Forensic Sci Int*, 167, 16 - 21

Sanli S. G., Kizilkanat E. D., Boyan N., Ozsahin E. T., Bozkir M. G., Soames R., Erol H., Oguz O. (2005): Stature estimation based on hand length and foot length, *Clin. Anat.* 18, 589 - 596

Saxena S. K. (1984): A study of correlations and estimation of stature from hand length, hand breadth and sole length, *Anthropol. Anz.* 42, 271 - 276

Sen J., Ghosh S. (2008): Estimation of stature from foot length and foot breadth among the Rajbanshi: an indigenous population of North Bengal, *Forensic Sci. Int.* 181, 55.e1 - 55.e6

Scheuer L. (2002): Application of osteology to forensic medicine, *Clinical Anatomy*, 15, 297 - 312

Simmons T., Jantz R. L., Bass W. M. (1990): Stature estimation from fragmentary femora: a revision of the Steele method, *J Forensic Sci*, 35, 3, 628 - 636

Steele G., McKern T. (1969): A method for assessment of maximum long bone length and living stature from fragmentary long bones, *Am J Phys Anthropol*, 31, 215 - 227

Stloukal a kol. (1999): *Antropologie, příručka pro studium kostry*, Národní muzeum Praha

Telkkä A. (1950): On the prediction of human stature from the long bones, *Acta Anatomica* 9, 103 - 117 (podle Stloukal et al. 1999)

Vignerová J., Brabec M. a Bláha P. (2006): Two centuries of growth among Czech children and youth, *Economics and Human Biology* 4, 237 - 252

Zeybek G., Ergur I., Demiroglu Z. (2008), Stature and gender estimation using foot measurements, *Forensic Sci. Int.* 181, 54.e1 - 54.e5