

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Diplomová práce

**Odhad rozměru bregma-basion z
alternativních rozměrů lebky: využitelnost při
odhadu výšky postavy**

Roman Hošek

Plzeň 2014

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Katedra antropologie

Studijní program Antropologie

Studijní obor Antropologie populací minulosti

Diplomová práce

**Odhad rozměru bregma-basion z
alternativních rozměrů lebky: využitelnost při
odhadu výšky postavy**

Roman Hošek

Vedoucí práce:

Mgr. Patrik Galeta, Ph.D.

Katedra antropologie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

Plzeň 2014

Prohlašuji, že jsem práci zpracoval samostatně a použil jen uvedených pramenů a literatury.

Plzeň, srpen 2014

Poděkování:

Rád bych poděkoval hlavně Mgr. Patriku Galetovi, Ph.D. za vedení mé práce, odborné rady, kritické připomínky, poskytnutou literaturu, čas, pomoc, a hlavně za velkou míru trpělivosti, kterou se mnou musel mít. Zároveň bych rád poděkoval Ing. Daně Meistrové, za čas a pomoc, kterou mi věnovala, při konzultaci statistické části mé práce. RNDr. Petru Velemínskému, Ph.D. za vstřícné jednání, rady a poskytnutí materiálu. A taky všem zaměstnancům antropologické sekce depozitáře Národního Muzea v Praze za odbornou pomoc, rady a poskytnutou literaturu.

Za podporu a inspiraci při psaní mé práce bych rád chtěl poděkovat všem svým přátelům a kolegům, především Mgr. Jiřímu Šnebergerovi.

Obsah

1 ÚVOD	1
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA	3
2.1 Nejužívanější metody odhadu výšky postavy	7
2.1.1 Manouvrierova metoda (Manouvrier, 1894)	7
2.1.2 Pearsonova metoda (Pearson, 1899)	8
2.1.3 Fullyho metoda (Fully, 1956)	9
2.1.4 Breitingerova a Bachova metoda (Kuželka, 1999)	11
2.1.5 Metoda Černý a Komenda (Černý et al., 1982).....	12
2.1.6 Sjøvoldova metoda (Sjøvold, 1990)	13
2.1.7 Fullyho modernizovaná metoda (Raxter et al., 2006)	14
2.1.8 Odhad výšky pomocí úplných diafýz	14
2.1.9 Odhad výšky pomocí neúplných diafýz	15
2.2 Růst lebky	17
2.3 Ontogeneze lebky	17
2.3.1 Prenatální vývoj lebky.....	19
2.3.1.1 Desmogenní osifikace.....	20
2.3.1.2 Chondrogenní osifikace	21
2.3.1.3 Postup osifikace lebečních kostí.....	21
2.3.2 Postnatální vývoj lebky	23
3 CÍLE PRÁCE	26
4 MATERIÁL	27
4.1 Howellsův materiál	27
4.2 Materiál LBA ZČU Plzeň	28
4.3 Materiál NM Praha	29
4.3.1 První testovaný soubor.....	29

4.3.2 Druhý testovaný soubor.....	30
5 METODY	32
5.1 Výběr alternativních bodů a rozměrů.....	32
5.2 Význačné body, míry a jejich definice	35
5.3 Statistické metody	43
5.3.1 Hodnocení intraobservační chyby	43
5.3.2 Dixonův test extrémních odchylek.....	44
5.3.3 Lineární regrese	46
5.3.4 Měření těsnosti závislosti	50
6 VÝSLEDKY	54
6.1 Korelační analýza na Howellsově souboru	54
6.2 Intraobservační chyba.....	55
6.3 Dixonův test extrémních odchylek.....	57
6.4 Regresní diagnostika a test významnosti modelu	59
6.4.1 Test významnosti modelu.....	59
6.5 Regresní a korelační analýza alternativních rozměrů, návrh regresních rovnic	61
7 DISKUZE	70
8 ZÁVĚR	74
9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ	76
10 SUMMARY.....	84
11 SEZNAM PŘÍLOH	85

1 ÚVOD

Součástí identifikačního procesu kosterních pozůstatků je zjištění biologického profilu. Vedle odhadu věku, pohlaví, velikosti postavy je odhad výšky postavy jedním z nejdůležitějších biologických parametrů, na základě kterého můžeme pokračovat ve zjišťování dalších informací o zemřelém (Daws et al., 2011). Pro odhad výšky postavy musíme užívat přístupy a metody, které musejí být přesné a spolehlivé a které jsou snadno aplikovatelné. Důležité je také užít metody, které mají nízkou inter a intra observační chybu a které jsou použitelné na širokou skupinu jedinců bez rozdílu původu.

Zájmu o odhad výšky postavy zemřelého se dostává již v 19. století. Tento zájem je způsoben především rozvojem kriminalistických metod pro identifikaci osob. Dalším faktorem ovlivňujícím rozvoj metod pro odhad výšky postavy byly repatriace těl válečných obětí po konci druhé světové války (Zeman et al., 2012). Tento trend je zachován až do dnes, kdy jsou metody odhadu výšky postavy stále důležitým nástrojem pro identifikaci zemřelého. Za celou dobu vzniklo nepřeberné množství metod pro odhad výšky postavy zemřelého. Bohužel ale ani dnes neexistuje spolehlivá metoda pro přesný odhad výšky postavy zemřelého na základě kosterního materiálu (Auerbach, 2011a). Navíc rozdíl mezi všemi metodami je tak obrovský, že se výsledky několika metod mohou lišit až o desítky centimetrů (Duyar et al., 2010). Proto je velmi důležité, aby metody odhadu byly zpřesněny, či aby byla navržena nová, výrazně lepší metoda. Je nezbytné sledovat a odhalit příčiny, které odhad výšky postavy negativně ovlivňují.

Velká pozornost byla dříve věnována problému reprezentativnosti referenčního souboru (Zeman et al., 2012). Proto byla navržena pravidla, jak problém s reprezentativností souboru co možná nejvíce zredukovat. Při dodržování těchto stanov by měla být snížena možnost chybného odhadu. Soubor by se měl skládat z více než 100 mužů a 100 žen (Zeman et al., 2012). Jejich věk dožití by měl odpovídat rozdělení věku

v populaci, která je předmětem odhadu (Zeman et al., 2012). Dále by mělo být známo, jestli zkoumaný vzorek pochází z populace, která prošla či nikoli sekulárním trendem. Zkoumaná společnost by měla mít rozvinutou sociální strukturu a nesmí být složena ze zástupců některé úzce specializované profese jako například vojáci či dělníci (Zeman et al., 2012). Bohužel relevance referenčního souboru není jediným faktorem ovlivňujícím odhad výšky postavy. Například sama matematická metodika odhadu je dalším negativně ovlivňujícím faktorem.

Některé metody pro odhad výšky postavy nemohou být bez zajištění platnosti určitých teoretických předpokladů použity bez rizika zásadních chyb (Zeman et al., 2012). Tento fakt je přisuzován jejich matematické konstrukci a ani sebelepší referenční soubor nemůže toto riziko odstranit (Zeman et al., 2012). Proto je velmi důležité popsat a shrnout principy, na něž je odhad výšky postavy zemřelého závislý.

Výběr rozměrů pro odhad BBH (*basion-bregmální vzdálenost*) je zásadní, protože má vliv na výsledný úspěch nové metody a statistických analýz vytvořených pro odhad výšky postavy. Na základě vybraných rozměrů bychom měli zvolit správnou statistickou metodu, která vyhovujícím způsobem zhodnotí vybrané rozměry. Díky tomuto postupu bychom měli vytvořit metodu odhadu BBH s vysokou mírou pravděpodobnosti. Proto považujeme za klíčové stanovit si vhodný statistický nástroj, splňující jak přesnost, tak i spolehlivost. Zároveň je důležité, aby na testovaný vzorek kladl co možná nejmenší požadavky při respektování omezení, která vyplývají ze samotné podstaty biologického materiálu. V naší práci se tedy zaměříme na možnost odhadu BBH z alternativních rozměrů lebky. Pomocí jednotlivých statistických analýz budeme testovat jednotlivé alternativní rozměry. Na základě statistických analýz vytvoříme regresní rovnice pro každý alternativní rozměr zvlášť. Navrhne postup a doporučení, které by měly být určeny pro forezní a bioarcheologické obory použitelné i bez předešlé znalosti různorodých přístupů a postupů pro odhad výšky postavy zemřelého.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

Zřejmě prvním vědcem, který se snažil zachytit proporce lidského těla matematicky, byl Jean Joseph Sue (1710 - 1792). Jeho výzkum byl proveden bez použití statistických veličin včetně průměru (Zeman et al., 2012). Předmětem jeho studia bylo porovnání vývoje proporcionality lidského těla během růstu. Výsledkem práce je tabulka, v níž je zaznamenána délka trupu, horních a dolních končetin a výška postavy pro každou věkovou kategorii zvlášť (Zeman et al., 2012).

Rozdílu délky mezi pitvaným tělem a délkou jeho kostry si prvně všiml Mathieu Orfila (1787 - 1853). Snížení výšky jedince odhadl na 4 až 5 cm¹ (Orfila et al., 1831). Bylo tedy nutné při odhadu výšky postavy tento rozdíl k délce kostry přičíst (Orfila et al., 1831). Metoda odhadu výšky postavy dle Orfila byla značně nepřesná. Výška postavy byla odhadována buď konfrontací délky některé dlouhé kosti s délkami naměřenými Orfilou a nebo vypočtením průměru délek více dlouhých kostí a jejich porovnáním s analogicky stanovenými průměry u tabelovaných jedinců (Zeman et al., 2012). Orfila ve své práci dokonce ani nepopisuje způsob, jakým jednotlivé dlouhé kosti měřil. Tento fakt snižuje věrohodnost odhadu výšky postavy založené na jeho datech (Zeman et al., 2012). Metodu Orfila podrobil kritickému shodnocení Paul Topinard (1830-1911). Byl prvním, kdo doporučoval pro měření maximálních rozměrů dlouhých kostí užít Brocovu osteometrickou desku (Zeman et al., 2012).

V roce 1886 bylo vyzorováno, že charakteristické řazení jedinců podle výšky postavy maskuje jev označený jako regrese k průměru (Zeman et al., 2012). Jelikož nebyla regrese k průměru dříve brána v potaz, docházelo k systematickému podhodnocování odhadů výšky postavy u jedinců s podprůměrnou délkou dlouhých kostí a s tím spojené nadhodnocování u jedinců s nadprůměrnou délkou dlouhých kostí

¹ důsledek absence měkkých tkání

(Zeman et al., 2012). Problém řešilo zavedení absolutního členu do rovnice přímky (Zeman et al., 2012).

První propracovanou metodu odhadu výšky postavy sestavil Léonce Manouvrier (1850 - 1927). Z referenčního souboru odstranil všechny jedince starší šedesáti let (Manouvrier, 1894). Tím eliminoval snížení výšky postavy jedince ve stáří. Také seřadil jedince dle délky dlouhých kostí a tím mohl zachytit regresi k průměru (Zeman et al., 2012). Ve své práci rozděluje jedince na macroskeles (s dlouhými končetinami ve vztahu k výšce postavy) a microskeles (s krátkými končetinami ve vztahu k výšce postavy) (Manouvrier, 1894). Navrhnul i mnoho korekcí, které měly napomoci odstranit metodické nesrovnalosti s prací Etienne Rolleta (1862 - 1937) (Zeman et al., 2012). Postup odhadu výšky postavy tedy vypadal následovně: ke změřené délce dlouhé kosti připočítal 2 milimetry (Rollet měřil kosti za čerstva). Následně z tabulek zjistíme výšku postavy (Manouvrier, 1894). Pokud máme více dlouhých kostí patřících jednomu člověku, odhady pořízené jejich prostřednictvím se zprůměrují (Manouvrier, 1894). Manouvrier je také jedním z prvních kdo vyčíslil spolehlivost odhadu výšky postavy podle jeho metody (Zeman et al., 2012). Průměrná chyba jeho metody se pohybovala od 2,7 cm po 3,3 cm (Zeman et al., 2012).

Karl Pearson (1856 - 1936) nesouhlasil s matematickým řešením, které zastával Manouvrier. Odmítl používat při odhadu výšky postavy poměr výšky postavy k délce dlouhých kostí (Pearson, 1899). Místo toho prosazoval zavedení lineární regrese (Zeman et al., 2012). Odmítl dělení na macro a microskeles a místo toho se přiklonil k čistě matematické interpretaci regrese k průměru (Zeman et al., 2012). Ve své práci klade důraz na užití mnohonásobné regrese. Samotné zprůměrování odhadů z kostí, které používá Manouvrier považuje za chybné. Tento postup zcela opomíjí korelační matici mezi výškou a délkou dlouhých kostí navzájem (Pearson, 1899). Metoda Pearson (1899) měla průměrnou chybu odhadu 1,6 cm až 2,8 cm (Zeman et al., 2012).

Metodicky již propracovanou metodu vytvořil Georges Fully (1926 - 1973). Podrobil metody Rollet (1888)² a Manouvrier (1893) důkladnému testování a zjistil, že odhady dle těchto metod jsou pro identifikaci dosti nepřesné (Fully, 1956). Zavedl měření kosterní výšky. Definoval ji jako součet odpovídajících rozměrů dlouhých kostí bez korekce na tloušťku měkkých tkání a zakřivení páteře (Fully, 1956). Ty mohou zásadně ovlivnit výsledný odhad výšky postavy (Fully, 1956). Metoda je tedy mnohem přesnější. Průměrná chyba odhadu byla 1,28 cm a u 83% jedinců se odhadovaná výška od skutečné nelišila o více než 2 cm (Zeman et al., 2012). Metoda Fully (1956) je navíc aplikovatelná na jakékoli jedince bez ohledu na etnickou příslušnost (Fully, 1956). Jedinou nevýhodou je nutnost vysoké míry zachovalosti skeletu (Zeman et al., 2012). Fully se pokusil v roce 1960 svoji metodu více zobecnit a vytvořil novou sadu regresních rovnic. Pokusil se odhadovat délku páteře z výšek trojce sousedních obratlů (Zeman et al., 2012). Rozsah 95 % intervalu spolehlivosti vzrostl z 6 cm na 10 cm, čímž se přiblížil k metodě Pearson (1899), kde interval spolehlivosti byl široký 12 cm při 95% intervalu spolehlivosti (Zeman et al., 2012).

Vlivu věku na odhad výšky postavy se podrobněji zabývaly Mildred Trotter (1899 - 1991) a Gildine Gleser (1915 - 2004). Zavedli tzv. *maximální výšku* (Trotter et al., 1952). Odhadly, že celkové stárnutí těla může měnit výšku jedince až o 4 cm (Trotter et al., 1952). Maximální výšku tedy dopočítávají pomocí lineární regrese (Trotter et al., 1952).

Skutečnost, že se od sebe liší regresní přímky dvou různých populací ve velikosti absolutního členu, byla závažná. Takto mohlo docházet k systematické chybě (Zeman et al., 2012). Existence regresních rovnic určených pouze pro určitý typ etnika byla nezbytná. S řešením přichází Torstein Sjøvold (*1946). Zjistil, že regresní přímky rozdílných populací mají stejnou směrnici, liší se však posunutím (Zeman

² Více v: Rollet, 1888.

et al., 2012). Vinu přikládá užití metodě minimalizace reziduálních čtverců (Sjøvold, 1990). Pokud použijeme tuto regresní přímku pro odhad výšky postavy jedinců pocházejících z populace s rozdílnou průměrnou délkou dlouhé kosti, budou tyto odhady systematicky vychýleny (Zeman et al., 2012). Sám ovšem podotýká, že je to jediný možný postup, který poskytuje v rámci populace nejpřesnější možné odhady (Sjøvold, 1990).

Sjøvold namísto regresní přímky užívá přímku organické korelace, která oproti regresi k průměru poskytuje nejpřesněji možný odhad (Sjøvold, 1990). Nezohlednění regrese průměru vede k mírnému zvýšení chyby odhadu (Zeman et al., 2012). Navíc sám podotýká, že patří-li jedinec do určité populace, mezi jejími členy se výška postavy rovná populačnímu průměru, je v populaci nejvíce zastoupena a je pro tyto jedince nejvíce pravděpodobná (Sjøvold, 1990).

Jiný přístup zvolili Giannecchini a Moggi-Cecchi (2008). Snažili se aplikovat nejvhodnější regresní rovnice dle tělesných proporcí (Giannecchini et al., 2008). Využili mnoho metod, u nichž vypočítali rozdíly mezi odhady výšky postavy určených na základě délek různých dlouhých kostí (Giannecchini et al., 2008). Jako nejlepší metodu pak určili tu, která měla rozdíl v průměru nejmenší (Giannecchini et al., 2008). Autoři ale nedokázali ve své práci vysvětlit, že stejné proporce musejí nutně znamenat nejnižší hodnoty rozdílů v odhadu a naopak. Neobhajují ani svoji tezi, že nejnižší rozdíly v odhadu odpovídají vždy nejmenším rozdílům v proporcích (Zeman et al., 2012).

Dále vznikalo velké množství metod, které se užívaly a užívají paralelně vždy dle výběru výzkumníka. Mezi ně patří například metody Breitenger (1937) a Bach (1965), Stloukal a Vyhnálek (1976), Černý a Komenda (1982), Dobsíková a kolektiv (2000)³. Žádná z těchto metod však výrazněji nepřevládla (Zeman et al., 2012).

³ Více v: Breitenger, 1937; Bach, 1965; Stloukal et al., 1976; Černý et al., 1982; Dobsíková et al., 2000.

Výraznou renesanci přinášejí recentní studie, které se staly účinnými metodologickými nástroji pro spolehlivý odhad (Raxter et al., 2006; Raxter et al., 2007; Auerbach, 2011). Například metoda Fully (1956) byla doplněna přesnější definicí rozměrů, které nebyly v původní metodě jednoznačně vysvětleny (Raxter et al., 2006). Navíc byl do původní metody zahrnut i přepočítání kosterní výšky na výšku postavy s korekcí na věk (Zeman et al., 2012).

Metoda Auerbach (2011a) navíc přináší inovaci v podobě odhadu délek chybějících segmentů výšky kostry ze segmentů dostupných (Auerbach, 2011a). Z této metody vyplývá, že některé délky chybějících segmentů se dají odhadnout velmi přesně. Tím pádem chyba odhadu výšky obratle na základě výšek sousedních obratlů se pohybovala na hranici chyby měření (Auerbach, 2011a). Autor práce nedoporučuje zabývat se výškou lebky odhadovanou z délek postkraniálního ani kraniálního skeletu (Auerbach, 2011a), jelikož při zahrnutí všech ostatních komponent kosterní výšky do regresní rovnice bylo vysvětleno jen asi 15 % její variace (Zeman et al., 2012).

Na základě práce Auerbach (2011a) je zřejmé, že nebyl učiněn pokus pro odhad BBH z jiných rozměrů lebky (Auerbach, 2011a). Pokud budeme vycházet z přesvědčení, že alternativní lebeční rozměry budou vykazovat vyšší míru zachovalosti než rozměry dané, mohl by být odhad BBH z těchto alternativních rozměrů možný.

2.1 Nejužívanější metody odhadu výšky postavy

2.1.1 Manouvrierova metoda (Manouvrier, 1894)

Tato metoda vznikla v roce 1894. Manouvrierův soubor čítal 49 jedinců. Většinu svého původního materiálu převzal z Rolletovy práce (Manouvrier, 1894). Tělesná výška se odečítá z tabulek, a to na základě rozměrů délek kostí pažní, loketní, vřetenní, stehenní, holenní a lýtkové.

K naměřeným hodnotám se přičítají 2 mm. Pokud se hodnota nenachází v tabulkách, je uveden alespoň příslušný koeficient (Kuželka, 1999).

Tabulka 1. Výpočet výšky postavy z délek dlouhých kostí u mužů (Kuželka, 1999).

H1 (mm)	R1 (mm)	U1 (mm)	Výška postavy (cm)	F2 (mm)	T1 (mm)	Fi1 (mm)	
295	213	227	153	392	319	318	
298	216	231	155,2	398	324	323	
302	219	235	157,1	404	330	328	
306	222	239	159	410	335	333	
309	225	243	160,5	416	340	338	
313	229	246	162,5	422	346	344	
316	232	249	163,4	428	351	349	
320	236	253	164,4	434	357	353	
324	239	257	165,4	440	362	358	
328	243	260	166,6	446	368	363	
332	246	263	167,7	453	373	368	
336	249	266	168,6	460	378	373	
340	252	270	169,7	467	383	378	
344	255	273	171,6	475	389	383	
348	258	276	173	482	394	388	
352	261	280	175,4	490	400	393	
356	264	283	176,7	497	405	398	
360	267	287	178,5	504	410	403	
364	270	290	181,2	512	415	408	
368	273	293	183	519	420	413	
		Průměrný koeficient pro kosti menší					
5,25	7,01	6,66	3,92	3,92	4,8	4,82	
		Průměrný koeficient pro kosti větší					
4,93	6,7	6,26		3,53	4,32	4,37	

2.1.2 Pearsonova metoda (Pearson, 1899)

Tato metoda vytvořená v roce 1899 pracuje s rozměry délek stehenní kosti, holenní kosti, pažní a vřetenní kosti. Výška postavy je později stanovená pomocí lineární regrese a korelace rozměrů (Kuželka, 1999; Pearson, 1899). V roce 1897 navrhnul korelační koeficienty mezi délkou kosti a těla člověka. U mrtvých těl se tedy odečítá 1,2 cm (muži)

a 2 cm (ženy). Takto vypočítané hodnoty se vynásobily koeficienty a přičetly hodnotu konstanty (Kuželka, 1999).

$$\begin{aligned} VP &= 2,89 \times (H 1) + 70,64 \\ VP &= 2,38 \times (T 1b) + 78,66 \\ VP &= 3,27 \times (R 1) + 85,93 \\ VP &= 1,16 \times (F 1 + T 1b) + 71,27 \\ VP &= 1,22 \times (F 1) \text{ nebo } 1,08 \times (T 1b) + 71,44 \\ VP &= 1,73 \times (H 1 + R 1) + 66,86 \\ VP &= 2,77 \times (H 1) + 0,19 \times (R 1) + 69,79 \\ VP &= 1,03 \times (F 1) + 1,56 \times (H 1) + 68,4 \\ VP &= 0,91 \times (F 1) + 0,6 \times (T 1b) + 1,23 \times (H 1) \\ VP &= 0,19 \times (R 1) + 67,05 \\ VP &= 2,75 \times (H 1) + 71,48 \\ VP &= 2,35 \times (T 1b) + 74,77 \\ VP &= 3,34 \times (R 1) + 81,22 \\ VP &= 1,13 \times (F 1 + T 1b) + 69,15 \\ VP &= 1,12 \times (F 1) + 1,13 \times (T 1b) + 69,57 \\ VP &= 1,63 \times (H 1 + R 1) + 69,91 \\ VP &= 2,58 \times (H 1) + 0,28 \times (R 1) + 70,54 \\ VP &= 1,34 \times (F 1) + 1,03 \times (H 1) + 67,44 \\ VP &= 0,78 \times (F 1) + 1,12 \times (T 1b) + 1,06 \times (H 1) \\ VP &= 0,71 \times (R 1) + 67,47 \end{aligned}$$

Obrázek 1. Rovnice vytvořené Pearsonem (Pearson, 1899).

2.1.3 Fullyho metoda (Fully, 1956)

Tato metoda byla rozpracována na základě požadavku ministerstva veteránů a obětí válek v roce 1955. Fully měl za úkol identifikovat těla

Francouzů zabitých v koncentračním táboře Mauthausen (Rakousko). Nebyli zpopelněni, a měli na nohách štítky, což značně usnadňovalo práci. Zkoumaný soubor činil 104 jedinců (Fully, 1956; Steward, 1979).

Fully rozdělil odhad výšky postavy na pět částí kostry, které byly měřeny rozdílným způsobem.

Prvním je výška *basion-bregma*. Zde Fully pouze konstatuje jak tuto vzdálenost změřit na lebce. Pokud vzdálenost změřit nejde, odhad bude velmi nepřesný (Fully, 1956; Raxter et al., 2006).

Druhé měření je podstoupeno na přední výšce těla obratlů od obratle C2 k obratli L5 (*Atlas* se nezahrnuje do měření, protože jeho přední výška těla je obsažená ve výšce hrotu čepovce). Pokud nám obratle chybí či jsou poškozené, Fully navrhnul tabulku, ze které lze zjistit procentuální zastoupení obratle v odhadu tělesné výšky jedince. Pokud nám však chybí 20 % a výše, není vhodné tuto metodiku používat (Fully, 1956; El-Najjar et al., 1978).

Tabulka 2. Procentuální vyjádření chybějících obratlů (El-Najjar et al., 1978).

Křční obratle		Hrudní obratle			Bederní obratle		
	%	%	%		%		
C2	7,8	T1	3,41	T7	4,19	L1	5,53
C3	2,8	T2	3,61	T8	4,24	L2	5,62
C4	2,73	T3	3,72	T9	4,35	L3	5,66
C5	2,66	T4	3,83	T10	4,61	L4	5,63
C6	2,67	T5	3,98	T11	4,96	L5	5,76
C7	2,95	T6	4,1	T12	5,23		

Zbýlými částmi celého měření jsou: délka postavení stehenní kosti, absolutní délka holenní kosti (včetně *processus styloideus*), přední výška S1, výška hlezenní kosti (nejvyšší bod na hlezenní kosti v nejnižším bodě patní kosti).

Součet všech těchto měření umožňuje odhadnout výšku mrtvého, s maximální odchylkou 3,55 cm v 95 % případů (Fully, 1956; El-Najjar et al., 1978, Steward, 1979).

Tabulka 3. Korekce velikosti při převodu z kosterní výšky na výšku živého jedince (El-Najjar et al., 1978).

kosterní rozměr (cm)	korekce (+ cm)
> / = 153,5	10
153,6-165,4	10,5
> / = 165,6	11,5

2.1.4 Breitingerova a Bachova metoda (Kuželka, 1999)

Obě tyto metody jsou si velmi podobné, proto jsme se rozhodli je rozpracovat dohromady. Jediný rozdíl je ve zpracovaném materiálu. Breitinger odhadoval výšku mužů, Bach výšku žen. Po dokončení regresních rovnic byla výše zmíněnými autory zpracována metoda vzniklá měření rozměrů na živých tělech, na rozdíl od metod ostatních (Kuželka, 1999). Jejich metody opět pracují s délkami kostí: pažní, vřetenní, stehenní a loketní.

Breitinger během svého výzkumu předpokládal, že chyby, které udělal skrze nepřesné měření rozměrů dlouhých kostí na živém jedinci, jsou kompenzovány eliminací rozdílu mezi výškou postavy živých jedinců a délkou těla mrtvého jedince (Kuželka, 1999). Ve svém výzkumu provedl měření 2428 mladých sportovců a studentů. Průměrný věk byl 26 let a průměrná výška 170,1 cm (Kuželka, 1999). Výstupy z jeho výzkumu říkají, že délka vřetenní kosti se stanoví odečtením 0,2 cm (průměrná tloušťka kloubní chrupavky) od délky předloktí (Kuželka, 1999). Mediální délka kosti holenní se stanoví odečtením 0,6 cm (průměrná tloušťka kloubní chrupavky) od délky kosti holenní (Kuželka, 1999). Délka kosti pažní byla stanovena za pomoci 20 rentgenových snímků odečtením 0,5 cm (průměrná tloušťka kloubní chrupavky) od délky paže. Pro zjištění

největší délky kosti pažní, musíme přičíst 0,7 cm k vypočítané hodnotě (Kuželka, 1999).

Breitinger vypracoval regresní rovnice pouze pro muže. O jejich vypracování i pro odhad výšky postavy ženy se zasloužil H. Bach. Změřil 500 studentek a sportovkyň z Jeny (Kuželka, 1999; Bach, 1965).

Rovnice pro muže	Rovnice pro ženy
$VP = 83,21 + 2,715 \times (H 2) + 4,9 \text{ cm}$	$VP = 98,38 + 2,121 \times (H 1) + 3,9 \text{ cm}$
$VP = 97 + 2,968 \times (R 1b) + 5,4 \text{ cm}$	$VP = 99,44 + 2,121 \times (H 2) + 3,9 \text{ cm}$
$VP = 94,31 + 1,645 \times (F 1) + 4,8 \text{ cm}$	$VP = 116,89 + 1,925 \times (R 1b) + 4,5 \text{ cm}$
$VP = 95,59 + 1,988 \times (T 1b) + 4,7 \text{ cm}$	$VP = 106,69 + 1,313 \times (F 1) + 4,1 \text{ cm}$
	$VP = 95,91 + 1,745 \times (T 1b) + 3,9 \text{ cm}$

Obrázek 2. Rovnice pro odhad výšky postavy dle Breitingera a Bacha (Kuželka, 1999; Bach, 1965).

2.1.5 Metoda Černý a Komenda (Černý et al., 1982)

Tito čeští autoři vytvořili regresní rovnice pro výpočet výšky postavy na základě největších délek obou kostí stehenních a pažních (Kuželka, 1999).

Muži - levá strana	Ženy - levá strana
$VP = 62,23 + 3,246 \cdot (H - 1) + 4,35$	$VP = 39,64 + 3,846 \cdot (H - 1) + 5,16$
$VP = 62,57 + 2,325 \cdot (F - 1) + 4,15$	$VP = 58,54 + 2,307 \cdot (F - 1) + 4,51$
$VP = 54,58 + 1,418 \cdot (H - 1) + 1,483 \cdot (F - 1) + 3,98$	$VP = 50,61 + 0,765 \cdot (H - 1) + 1,948 \cdot (F - 1) + 4,47$
Muži - pravá strana	Ženy - pravá strana
$VP = 53,31 + 3,474 \cdot (H - 1) + 4,38$	$VP = 40,58 + 3,777 \cdot (H - 1) + 4,99$
$VP = 60,04 + 2,385 \cdot (F - 1) + 4,21$	$VP = 51,46 + 2,49 \cdot (F - 1) + 4,44$
$VP = 49,59 + 1,559 \cdot (H - 1) + 1,48 \cdot (F - 1) + 4,02$	$VP = 42,62 + 0,979 \cdot (H - 1) + 1,989 \cdot (F - 1) + 4,38$

Obrázek 3. Regresivní rovnice pro výpočet výšky postavy dle Černého a Komendy (Černý et al., 1982).

2.1.6 Sjøvoldova metoda (Sjøvold, 1990)

Tato metoda se dnes považuje za nejspolehlivější. Obrovskou výhodou této metody je její přenosnost na všechna možná etnika ze všech možných časových období (Kuželka, 1999). Sjøvoldova metoda pracuje s regresními rovnicemi sloužící k odhadu tělesné výšky na základě délek kostí stehenní, holenní, lýtkové, pažní, loketní a vřetenní (Sjøvold, 1990).

$$VP = 4,62 \cdot H1 + 19,00$$

$$VP = 3,78 \cdot R1 + 74,10$$

$$VP = 4,80 \cdot R1b + 51,15$$

$$VP = 4,61 \cdot U1 + 46,83$$

$$VP = 2,71 \cdot F1 + 45,86$$

$$VP = 3,01 \cdot F2 + 32,52$$

$$VP = 3,29 \cdot T1 + 47,34$$

$$VP = 3,67 \cdot T1b + 29,50$$

$$VP = 3,59 \cdot F1l + 36,31$$

Obrázek 4: Regresivní rovnice dle Sjøvolda (Sjøvold, 1990).

2.1.7 Fullyho modernizovaná metoda (Raxter et al., 2006)

Tato metoda byla popsána a rozpracována na 119 skeletech náležících do depozitáře Smithsonian Institutu (Raxter et al., 2006). Metodika je skoro stejná, nicméně je zde několik změn, které je potřeba popsat. Absolutní výška těl obratlů (mimo C2) by neměla být měřena ve střední rovině, kde jsou obratle obecně nižší. Měření by mělo probíhat v jedné třetině těla obratle, ať už na pravé či levé straně (Raxter et al., 2006).

Byla také modifikována rovnice, skrze niž se výška těla vypočítává. Byla doplněna o další proměnnou, věk jedince. Při použití této modifikované metody je maximální odchylka 4,5 cm v 95 % případů (Raxter et al., 2006). Takto vypadají modifikované Fullyho rovnice:

$$\text{Výška} = 0,996 * \text{kosterní velikost (v cm)} + 11,7$$

$$\text{Výška} = 1,009 * \text{kosterní velikost (v cm)} - 0,00426 * \text{věk (v letech)} + 12,1$$

2.1.8 Odhad výšky pomocí úplných diafýz

Tato metoda je jednou ze základních. Délka každé dlouhé kosti je přijata bez rozdílu. Důležité je brát ohled na dva atributy.

Prvním je fakt, že ne všechny kosti se měří stejně. U holenní kosti se nesmí délka počítat s proximálními trny (El-Najjar et al., 1978; Trotter, 1970). U stehenní kosti se také celková (absolutní) délka nerovná délce kosti (El-Najjar et al., 1978).

Druhý je více méně zaměřen na různé typy lidí. V době, kdy tato metoda vznikla, se nejednalo o chybu. I když si myslíme, že odhad barvy kůže ze skeletálních kostí nebude příliš přesný.

Tabulka 4. Rovnice pro odhad výšky postavy leukodermické (bílé) populace (Trotter, 1970).

Muži				Ženy			
Délka kosti (cm)	x	+ CMS	SD	Délka kosti (cm)	x	+ CMS	SD
Pažní		70,45	4,05	Pažní	3,36	57,97	4,45
Vřetenní	3,78	79,01	4,32	Vřetení	4,74	54,93	4,24
Loketní	3,7	74,05	4,32	Loketní	4,27	57,76	4,3
Stehenní	2,38	61,41	3,27	Stehenní	2,47	54,1	3,72
Holenní	2,52	78,62	3,37	Holenní	2,9	61,53	3,66
Lýtková	2,68	71,78	3,29	Lýtková	2,93	59,61	3,57
Stehenní + holenní	1,3	63,29	2,99	Stehenní + holenní	1,39	53,2	3,55

Tabulka 5. Rovnice pro odhad výšky postavy melanodermální (negroidní) populace (Trotter, 1970).

Muži				Ženy			
Délka kosti (cm)	x	+ CMS	SD	Délka kosti (cm)	x	CMS	SD
Pažní	3,26	62,1	4,43	Pažní	3,08	64,67	4,25
Vřetenní	3,42	81,56	4,3	Vřetení	2,75	94,51	5,05
Loketní	3,26	79,29	4,42	Loketní	3,31	75,38	4,83
Stehenní	2,11	70,35	3,94	Stehenní	2,28	59,76	3,41
Holenní	2,1	86,2	3,78	Holenní	2,45	72,65	3,7
Lýtková	2,19	85,65	4,08	Lýtková	2,49	70,9	3,8
Stehenní + holenní	1,15	71,04	3,53	Stehenní + holenní	1,26	59,72	3,28

2.1.9 Odhad výšky pomocí neúplných diafýz

Pokud nemáme celé diafýzy dlouhých kostí, může to být problém pro další výzkum. Chybějící kosti či jejich části se však dají dopočítat. Tímto problémem se například zabývá recentní studie Benjamina Auerbacha z roku 2011 (Auerbach, 2011a).

První, kdo se pokusil tento problém vyřešit, byl G. Müller (Steele, 1970). Rozdělil kosti na úseky. Kost pažní, vřetenní a holení (na pět částí). Stanoví se procentuální zastoupení pro každý fragment vzhledem k celkové délce kosti. Délka kosti se pak vypočítává pomocí vzorce: délka

segmentu *100/ %. Tím vytvoříme teoretickou délku kosti. Následně se převádí do absolutní délky kosti (použití pro odhad výšky) na základě tabulky vytvořené Trotterem pomocí následujícího vzorce:

Absolutní délka stehenní kosti = teoretická délka + 0,09 cm

Absolutní délka kosti pažní = teoretická délka

Absolutní délka holenní kosti (muži) = absolutní teoretická délka - 0,54 cm

Absolutní délka holenní kosti (ženy) = teoretická délka - 0,04 cm

Leucodermální populace (muži)

$$\begin{aligned} 2.71 (F2) + 3,06 (F3) &= 73,00 + \text{vzrůstu} + / - 4,41 \text{ cm} \\ 2,89 (F1) + 2,31 (F2) + 2,62 (F3) &= 63,88 + \text{vzrůstu} + / - 3,93 \\ &\text{cm} \\ 2.35 (F2) + 2,65 (F3) + 7,92 (F4) &= 54,97 + \text{vzrůstu} + / - 3,95 \\ &\text{cm} \end{aligned}$$

Luecodermální populace (ženy)

$$\begin{aligned} 2.80 (F2) + 1,46 (F3) &= 76,67 + \text{vzrůstu} + / - 4,91 \text{ cm} \\ 2.16 (F1) + 2,50 (F2) + 1,45 (F3) &= 68,86 + \text{vzrůst} + / - 4,81 \text{ cm} \\ 2.57 (F2) + 1,21 (F32) + 5,03 (F4) &= 66,05 + \text{vzrůstu} + / - 4,77 \\ &\text{cm} \end{aligned}$$

Melanodermické populace (muži)

$$\begin{aligned} 2.59 (F2) + 2,91 (F3) &= 75,74 + \text{vzrůstu} + / - 3,72 \text{ cm} \\ 1209 (F1) + 2,481 (F2) + 2,78 (F3) &= 69,94 + \text{vzrůstu} + / - 3,71 \\ &\text{cm} \\ 2.53 (F2) + 2,84 (F3) + 2,40 (F4) &= 68,32 + \text{vzrůstu} + / - 3,72 \\ &\text{cm} \end{aligned}$$

Melanodermické populace (ženy)

$$\begin{aligned} 2.12 (F2) + 1,68 (F3) &= 93,29 + \text{postavy} + / - 6,17 \text{ cm} \\ 3,63 (F1) + 1,86 (F2) + 1,27 (F3) &= 77,15 + \text{vzrůstu} + / - 5,80 \\ &\text{cm} \\ 2.00 (F2) + 1.08 (F3) + 6,32 (F4) &= 77,71 + \text{vzrůstu} + / - 6,01 \\ &\text{cm} \end{aligned}$$

Obrázek 5. Regresní vzorce pro výpočet výšky živého jedince (v cm) z neúplné stehenní kosti (El-Najjar et al., 1978; Steele, 1970).

2.2 Růst lebky

Lebka je jedinečná, vysoce uspořádaná struktura složená z řady jednotlivých kostí. Její funkčnost je hlavně ochranná. Poskytuje ochranu centru vyšší nervové soustavy a smyslovým orgánům. Právě spojení kostí v jeden celek způsobuje vzájemnou závislost dílčích kostí mezi sebou (Čihák, 2001). Pokud dojde ke změně jedné oblasti, bude tato oblast mít vliv na změny i v jiných oblastech. Změny mohou mít dopad nejen na oblasti v těsné blízkosti postižené tkáně, ale mohou ovlivnit i oblasti velmi vzdálené od oblasti vlivu (Jurda, 2008). Změny růstu a vývoje probíhají na jednotlivých strukturách v různých rychlostech, obdobích či směrech. Při růstu a vývoji lebky roste mozkovna nejintenzivněji v prvních letech života dítěte (Jurda, 2008). Obličejová část zažívá svůj intenzivní růst mnohem později. Tento pozdní růst obličejové části lebky je způsoben prořezáváním prvních stálých zubů (Ulijaszek et al., 1998). Během ontogeneze člověka prochází lebka strukturálními změnami. U mužů dochází k výraznému snížení strmosti čela nebo postupně dochází k zešíkmení velkého týlního otvoru (reakce na zvětšování čelisti). Mezi pohlavími v základní stavbě lebky existuje jen minimum rozdílů (Ulijaszek et al., 1998). Ženy mají v dospělosti více klenutější čelo než muži (Čihák, 2001). Existuje i rozdíl ve velikosti lebky, a to v dospělosti, kdy je patrný rozdíl v robusticitě lebek (Ulijaszek et al., 1998). Existují také určité charakteristiky, které se s věkem nemění, jako například směr růstu brady k přední basi (Ulijaszek et al., 1998). Tento směr zůstává po celou dobu konstantní.

2.3 Ontogeneze lebky

Během první fáze vzniku a vývoje se lebka začíná diferencovat v hlavovém konci lidského zárodka kolem čtvrtého až pátého týdne nitroděložního vývoje plodu (Čihák, 2001). Lebka se formuje velmi rychle. V následujících týdnech se v této části odehraje mnoho dramatických

změn a tak tělo musí před těmito změnami zformovat celý základ budoucí lebky mající charakteristickou lidskou morfologii (Ulijaszek et al., 1998).

V následujícím vývoji lebka už prochází pouze stádiem silného růstu velikosti celé lebky. Tvarové změny jsou však oproti počátečnímu období relativně malé a pozvolné (Vacek, 1992; Kohn, 1991). Postnatální růst a jeho průběh je primárně dán geneticky, a to realizací genetického programu přímo v kosti, ale hlavně prostřednictvím přidružených měkkých tkání (svaly), nároků smyslových a nervových orgánů (mozek, zrak) a funkčních prostor (dutiny nosní, Ulijaszek et al., 1998). Sekundární vliv při morfologii a průběhu růstu lebky mají faktory vnějšího prostředí, jejichž změny se projevují sekundárními trendy (Kohn, 1991). V posledních dvou stech letech lze pozorovat relativní i absolutní zvyšování a zužování lebni klenby (Jurda, 2008). Stejný vzorec, tedy relativní i absolutní zvyšování a zužování, nacházíme i u obličejové části lebky (Jantz, 2000). Důvod výskytu obličejového trendu však není znám jako trend vyskytující se na lebeční klenbě (Jantz, 2000; Kohn, 1991).

Zajímavé je, že *neurokranium* sleduje v průběhu ontogeneze růstový vzorec, který je shodný s růstovým vzorcem nervové tkáně (Jurda, 2008). Vyznačuje se prudkým počátečním růstem, který začíná v prvním měsíci nitroděložního vývoje a následně postupným úpadkem růstové rychlosti v období dětství a dospívání (Ulijaszek et al., 1998). Naopak *splanchokranium* využívá k růstu jiný vzorec. Kopíruje vzor typický pro tělní orgány a pohybový aparát (Ulijaszek et al., 1998). U nich dochází k dvojité esovitě zakřivení tvaru růstové křivky (Jantz, 2000). Ve třetím roce života dojde k rapidnímu snížení rychlosti růstu *splanchokrania* a kolem dvanáctého roku (příchod puberty) dochází k opětovnému silnému zvýšení rychlosti růstu *splanchokrania* (Ulijaszek et al., 1998; Čihák, 2001).

2.3.1 Prenatální vývoj lebky

Embryonální tkáň mezenchym je základem pro všechny druhy pojivových tkání, tedy i kostí (Čihák, 2001). Jeho hlavním zdrojem je střední zárodečný list v raném stádiu zárodečného vývoje (Čihák, 2001). Mezoderm se začíná utvářet na konci druhého týdne nitroděložního vývoje z prolifерujících ektodermálních buněk, které v místě primitivního proužku a Hensenova uzlu migrují mezi ektoderm a entoderm zárodečného terčíku (Vacek, 1992). Buňky se zde množí a expandují od primárního uzlu všemi směry bez rozdílu, dokud nevytvoří mezoderm (Vacek, 1992). V poslední fázi tvorby mezodermu tento zcela oddělí ektoderm od entodermu (Vacek, 1992).

Jakmile je mezoderm zformován, dochází k takzvanému somitovému stádiu vývoje (Vacek, 1992). Buňky mezodermu, které jsou uloženy v podélné ose embrya, formují jeho chordu (strunu hřbetní; Vacek, 1992). Po stranách struny mezoderm mohutní v paraaxiální ploténku (Moore et al., 2002). Ta se ve třetím týdnu těhotenství postupně začne diferencovat na 40-44 párů somitů (Moore et al., 2002). Nejkraniálněji ležící somity vznikají u člověka pouze přechodně (Moore et al., 2002). Ihned po svém vzniku se začínají rozpadat a z těchto rozpadlých částí se derivuje hlavový mezenchym (Vacek, 1992). Hlavový mezenchym je základním materiálem pro vývoj kraniálních kostí (Moore et al., 2002; Vacek, 1992). Avšak ne všechny části mezenchymu této oblasti jsou základem pro kraniální kosti. Zárodky budoucích kostí jsou tvořeny z rozpadlých somitů (Moore et al., 2002). Některé oddíly mezenchymu v této oblasti pochází opět z buněk neurální lišty (ektodermální původ; Vacek, 1992). Z mezenchymu neurální lišty vznikají například chrupavky žaberních oblouků či část obličejových svalů a kostí (Vacek, 1992; Čihák, 2001).

Kostní tkáň prochází během svého vývoje z mezenchymu třemi různými histogenetickými stádii (Vacek, 1992). Prvně vznikají takzvané

kondenzáty mezenchymových buněk tvořící vazivové předlohy budoucích kostí (Vacek, 1992). Těmto útvarům se říká blastémy (Horky et al., 2006; Vacek, 1992). Blastémovým stádiem musí projít všechny kosti lidského těla bez rozdílu. V následujících fázích ontogenetického vývoje a v určité míře i v dospělosti růst kostí nenásleduje jen jeden trend, ale uplatňuje dva rozdílné způsoby osifikace (Čihák, 2001). Jedna část kostí vzniká přímo transformací mezenchymu v preformovaných pochvách (Vacek, 1992). Tento způsob osifikace kostí označujeme jako desmogenní⁴ nebo také membrózní osifikaci, případně jako intramembránovou osteogenezi (Horky et al., 2006; Čihák, 2001). Mezenchymové modely ostatních kostí jsou prvně nahrazeny chrupavčitými modely a ty během následujícího vývoje osifikují v kost. Tento proces nazýváme jako chondrogenní osifikace nebo také intrakartilaginózní osteogeneze (Horky et al., 2006; Čihák, 2001).

2.3.1.1 Desmogenní osifikace

Desmogenní osifikace je po fylogenetické stránce nejstarší způsob osifikace kostí (Čihák, 2001). U člověka tvoří tento typ osifikace kostí lebeční klenby, větší část kosti klíční a hlavně kosti obličejové části lebky (Čihák, 2001).

Na počátku desmogenní osifikace se v blízkosti cév blastému diferencují z mezenchymových buněk osteoblasty produkující kostní matrix (Vacek, 1992). Kostní matrix je později ukládán na kolagenní vlákna blastému (Horky et al., 2006). Tímto způsobem vytvářejí osteoblasty tenké vrstvy nemineralizované kostní tkáně (Horky et al., 2006). Z nemineralizované kostní tkáně se formují sítě trámců kostní matrix (Čihák, 2001). U nich už se pak následně začíná projevovat proces mineralizace (Horky et al., 2006). Část osteoblastů je díky ukládání mezibuněčné hmoty oddělena od ostatních osteoblastů a začne se

⁴ dle řeckého desmos – pouto, vazivo

transformovat na jiný typ kosterní buňky – osteofyty (Čihák, 2001). Osteoblasty, které se vyskytují na povrchu tvořící se kosti, produkují kostní hmotu a jejich činností se kost dále rozrůstá (Horky et al., 2006).

Tímto postupem vznikne vláknitá kost nahrazující původní mezenchymový blastém (Čihák, 2001). Poslední etapou při tvorbě kosti je sekundární osifikace (Čihák, 2001). Vláknitá kost je remodelována na kost definitivní. Definitivní kost je tvořena spongiózní tkání, kterou kryje tenká vrstva kosti kompaktní (Horky et al., 2006; Čihák, 2001).

2.3.1.2 Chondrogenní osifikace

Pokud srovnáme chondrogenní osifikaci s desmogenní osifikací po fylogenetické stránce, zjistíme, že chondrogenní osifikace je mladší (Horky et al., 2006). Prvotně vznikl chondrogenní způsob osifikace kostí jako způsob osifikace pouze hlubokého chrupavčitého skeletu (Čihák, 2001). Proto kosti, které vzniknou chondrogenní cestou, nazýváme kostmi náhradními či sekundárními (Čihák, 2001). Průběh chondrogenní osifikace dělíme na dvě fáze, primární a sekundární (Čihák, 2001). V první fázi vzniká pevná kost, jejíž diafýza je tvořena pláštěm periostální kosti (Čihák, 2001). Primární dutiny vyplňuje spongióza, epifýzy jsou tvořeny vláknitou kostí (Horky et al., 2006). Nesmíme zapomenout, že epifýzy jsou od zbytku kosti odděleny růstovými chrupavkami (Horky et al., 2006).

Při sekundární osifikaci se začne odbourávat primární kompakta (Horky et al., 2006). Posléze je nahrazena kompaktní kostní tkání v diafýze kosti, respektive houbovitou kostí v epifýzách (Horky et al., 2006).

2.3.1.3 Postup osifikace lebečních kostí

Lidskou lebku tvoří kosti, které vznikají z obou výše uvedených a popsaných typů osifikací. V rámci neurokrania tvoří enchondrálně osifikující kosti základ spodiny lebeční (Moore et al., 2002). Hlavní podíl

na překrytí mozku a jeho ochraně mají kosti krycí (Čihák, 2001). Kosti krycí tvoří lebeční klenbu.

Kosti neurokrania, osifikující enchondrálně, se začínají tvořit počátkem druhého měsíce těhotenství (Čihák, 2001). Základy těchto kostí jsou tvořeny z několika chondrifikačních center nacházejících se v blastému budoucí lebeční baze. U některých kostí dávají vzniku skoro celým kostem. Mezi tyto kosti patří kost týlní⁵ a téměř celá kost klínová (Vacek, 1992; Čihák, 2001). Z chrupavčitých schránek okolo membranózního labyrintu, které se rozkládají po stranách parachordové chrupavky, *capsulae oticae*, osifikuje v nadcházejícím průběhu vývoje kost skalní (Vacek, 1992). Dále v krajině nosní chondrifikuje *capsula nasalis* (Čihák, 2001). Jedná se o základní chrupavčité pouzdro pro nosní dutinu (Čihák, 2001). Během chondrifikace *capsula nasalis* už osifikují kost čichová, nosní septum a dolní skořepy nosní (Čihák, 2001). Zbylé kosti *neurokrania* (šupiny kostí klínové a spánkové, kost temenní, kost čelní a část kostí klínové) osifikují endesmálně a začínají se formovat v podkožním vazivu mezi posledním týdnem prvního měsíce těhotenství a prvním týdnem druhého měsíce těhotenství (Čihák, 2001; Vacek, 1992).

Splachnokranium a jeho kosti byly původně tvořeny chrupavkou, která pocházela z žaberních oblouků (Čihák, 2001). Ke kostem tvořící se z chrupavek se během fylogenetického vývoje přidaly i kosti krycí (Čihák, 2001). Desmogenní osifikace ve *splanchokraniu* tedy zcela převládá (Vacek, 1992; Čihák, 2001). *Arcus branchiales* neboli žaberní oblouky se objevují za hlavovým koncem lidského plodu převážně na konci prvního měsíce gravidity (Vacek, 1992). Mezenchym tvořící první žaberní oblouk vytváří tři chrupavky (Čihák, 2001). První z nich leží dorzálně a je základem kovadlinky (Čihák, 2001). Druhá leží taktéž na dorzální straně,

⁵ pars basilaris ossis occipitalis, partes laterales a část squama occipitalis přiléhající k týlnímu otvoru.

ale je základem pro kladívko (Čihák, 2001). Třetí tvoří tzv. *cartilago Meckeli* (Meckelova chrupavka; Čihák, 2001; Jurda, 2008). Meckelova chrupavka vytváří oporu pro osifikaci dolní čelisti (Jurda, 2008). Dolní čelist osifikuje stejně jako čelist horní, přímo z mezenchymového blastému⁶, a je tedy řazena mezi kosti krycí (Vacek, 1992).

Z dorzální části druhého žaberního oblouku chondrogeně osifikují třmínek, stěna *canalis facialis* a *eminentia pyramidalis* (Čihák, 2001) Z ventrální části se vyvíjí *processus styloideus* a proximální část jazylky s malými rohy (Vacek, 1992). Kostí patrová, lícní, slzní, čichová a radličná, tedy zbývající kosti *splanchnokrania*, osifikují endesmálně (Čihák, 2001; Vacek, 1992).

2.3.2 Postnatální vývoj lebky

Podoba novorozenecké lebky se velmi liší od podoby lebky dospělého jedince. Novorozenecká lebka a její podoba odráží disproporce vzniklé během růstu *neurokrania* a *splanchnokrania* (Vacek, 1992; Čihák, 2001). *Neurokranium* má tvar pětiúhelníku při pohledu ze shora a je protáhlé (Moore et al., 2002). Tento tvar vytváří díky výrazně prominujícím hrbolům kostí temenních a čelních (Moore et al., 2002). Lebeční klenba je tvořena okraji krycích kostí, které jsou při narození spojeny vazivovou membránou⁷ (Moore et al., 2002). Vazivové švy, nacházející se mezi kostmi lebeční klenby, svojí stavbou a funkcí dovoluují částečnou deformaci lebky, která je nesmírně důležitá při průchodu hlavičky dítěte porodními cestami během porodu (Vacek, 1992). To ale není jediná výhoda. Umožňují mozkovně adekvátně reagovat na prudký růst hlavičky dítěte v prvních dvou letech života jedince (Vacek, 1992; Čihák, 2001; Moore et al., 2002).

⁶ s výjimkou krčku, hlavice, *processus coronoideus* a *processus condylaris*. Tyto části osifikují chondrogeně

⁷ tvoří i vazivové blány, které jsou většího rozsahu. Nazývají se fontanely či lupínky

Splanchnokranium novorozence je velmi malé oproti *neurokraniu*. Tento fakt je způsoben tvarem a malými proporcemi nosní dutiny a čelisti (Moore et al., 2002).

V průběhu ontogenetického vývoje dochází k růstu a změnám tvaru lebky díky růstu jednotlivých kostí, jejich rotací a posunem (Jurda, 2008). Ploché kosti lebky rostou pomocí přirůstání kosti v lebečních švech a procesem remodelace, jenž je kombinací absorpce a depozice (Moore et al., 2002; Vacek, 1992; Ulijazsek et al., 1998). Při remodelaci kost v některých částech přirůstá, ale na jiných částech je absorbována. Výsledkem je tedy změna tvaru kosti. Tento růst probíhá pouze podle stanovených pravidel, daných například výskytem růstových zón či mechanickými silami působícími na lebku (Moore et al., 2002). Docházíme tedy k závěru, že všechny lebky procházejí stejnými tvarovými změnami během růstu. Lebky stejných velikostí vykazují typické odlišnosti od lebek jiných rozměrů (Ulijazsek et al., 1998). Alometrie (korelace velikosti a tvaru) je u lidských lebek velmi silná (Ulijazsek et al., 1998).

Největší změny, kterými lebka během svého růstu prochází, se odehrávají v prvních dvou letech života (Čihák, 2001). Dochází k velmi prudké expanzi spojené s rychlým růstem koncového mozku (Čihák, 2001). Po dvou letech ve většině případů mozkovna dosahuje okolo 90 % konečné velikosti a její růst a rozvoj se zpomaluje, až se okolo dvanáctého roku života plně zastaví (Ulijazsek et al., 1998). Po dosažení dvanáctého roku života v dalším růstu už pokračují pouze některé struktury baze. Díky tomuto dodatečnému růstu tělo zajišťuje stále možné zvětšení mozkovny a jejího objemu. Tato fáze je ukončena šestnáctým rokem života (Vacek, 1992; Ulijazsek et al., 1998).

Také obličej prochází v prvních dvou letech prudkým růstem s kolísavou intenzitou a to až do dospělosti (Godolphim et al., 1994; Godolphim et al., 1995). Tím *splanchnokranium* dohání počáteční

růstovou převahu *neurokrania* (Godolphim et al., 1995). Jednotlivé části *splanchnokrania* se v čase svého růstu liší. To má za následek proporcionální změny v obličeji během dětství a dospívání (Ulijaszek et al., 1998).

Nelze opomenout ani oblast horní čelisti. Ta prodělává prudký rozvoj v souvislosti s erupcí dočasného chrupu (Moore et al., 2002). Následná pneumatizace⁸ horní čelisti a čelní kosti má za následek zvětšení obličejové a čelní krajiny (Moore et al., 2002). Další prudká změna morfologie obličeje přichází v době puberty. Vliv pohlavních hormonů na tvarové proměny lebky během puberty je veliký (Jurda, 2008).

Během celého života jedince kosti, jež prošly ontogenetickým vývojem, prochází neustálým procesem remodelace (Ulijaszek et al., 1998). Při tomto procesu se stálá kosterní tkáň nabourává a nahrazuje se novou kostní hmotou (Čihák, 2001). Jedná se o základní princip změny struktury kosti, její stavby a růstu, díky kterým kost a následně i celý organismus dokáže efektivně a rychle reagovat na nové potřeby organismu (Ulijaszek et al., 1998).

V dospělosti dochází k remodelaci lebečních kostí velmi zřídka. Nejvýraznější remodelací je změna tvaru celé horní čelisti kvůli ztrátě trvalého chrupu (Čihák, 2001).

⁸ jedná se o fylogenetický proces vytváření pneumatizovaných kostí. Pneumatizované kosti lebky jsou takové kosti, které obsahují dutiny vystlané sliznicí a komunikující s dutinou nosní. Mezi paranazální dutiny patří: *sinus maxillaris*, *sinus frontalis*, *sinus ethmoidalis*, *sinus sphenoidalis* a také bubínkovou dutinu kosti spánkové (*cellulae mastoideae*)

3 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je v první řadě ověřit sílu korelace se standardizovanými rozměry lebky. Nasledně na základě studia růstu a vývoje lebky a její zachovalosti navrhnout alternativní body a rozměry, které by korelovaly s rozměrem BBH a poté ověřit korelaci alternativních rozměrů s BBH. V poslední řadě navrhnou regresní rovnice pro odhad BBH z alternativních rozměrů.

4 MATERIÁL

První elektronický soubor čítal 2525 jedinců. Tento soubor je výsledkem měření všech lebečních rozměrů a bodů, který uskutečnil W. W. Howells (Howells, 1996a; Howells, 1973; Howells, 1989; Howells, 1995). Druhým zkoumaný soubor čítal 10 lebek ($n = 10$) zapůjčených z laboratoře biologické antropologie Západočeské univerzity v Plzni.

Pokusili jsme se metody odhadu *BBH* plně aplikovat na celkovém souboru 150 koster. Soubor je dále rozdělen, a to z důvodu testování vzdálenosti *Basion/Mbs*. Pro tuto metodu je nutná zachovalost dolní čelisti. Třetí soubor tedy sestával z 50 jedinců ($n = 50$) na kterých byl tento rozměr dokumentován (25 žen, 18 mužů, 7 neidentifikovaných jedinců). Byl zapůjčen z depozitáře Národního muzea Praha-Horní Počernice.

Čtvrtý a poslední soubor čítal sto jedinců (16 mužů, 40 žen, 44 neidentifikovatelných; $n = 100$). Byl taktéž zapůjčen z depozitáře Národního muzea v Praze-Horních Počernicích. Tyto dva soubory jsou přístupné k nahlédnutí v depozitáři NM Praha.

4.1 Howellsův materiál

Tento soubor byl využit v prvopočátku, kdy napomáhal ke stanovení standardních rozměrů s nejvyšší korelací s *bregma-basionální* vzdálenosti.

Soubor vznikl mezi léty 1965-1980 díky W. W. Howellovi, který své výsledky poskytnul v roce 1980 Oddělení Antropologie na Univerzitě v Tennessee, nacházející se v Knoxville. Zde je také možné tento soubor včetně průvodních článků nalézt a použít pro zpracování (Howells, 1973; Howells, 1989; Howells, 1995). Soubor je celek složený z 28 specifických

populací z celého světa⁹, z níž pouze 26 obsahuje i ženské lebky. Materiál taktéž obsahuje 524 testovacích souborů¹⁰. Ovšem ty nejsou celistvé a obsahují lebky prehistorické či jejich odlitky (Howells, 1996b). Ty jsme do našeho výpočtu nezahrnovali ať už z výše uvedených důvodů, tak i z nutnosti použitelnosti mé metody na recentní populace.

Howells definuje přesné pozice anatomických bodů a rozměrů. Ty však stanovuje na základě starších a stále platných prací¹¹. K malým změnám však Howells opravdu přistoupil¹². Sám toto jednání obhájí tím, že chce, aby jeho počínání zjednodušilo budoucím vědcům práci, jak v přístupnosti dat, tak i v možnosti přesného měření ve zhoršených podmínkách (Howells, 1996a).

4.2 Materiál LBA ZČU Plzeň

Tento materiál nezastával v mé práci plnohodnotné místo testovacího materiálu. Jak jsme již uvedli, sloužil jako učební soubor pro nauku a zdokonalení jak vyhledávání přesného kraniálního bodu, tak i rozměrů a úhlů na lebce. Soubor čítal 10 lebek ($n = 10$) anatomicky moderního člověka. Bohužel jsme nebyli schopni kvůli nepřítomnosti dolních čelistí prakticky vyzkoušet metodu odhadu *BBH* od rozměru *Ba/Mbs*. Tuto metodu jsem proto musel odzkoušet až na hlavním materiálu z lokality Ducové nacházející se v depozitáři Národního Muzea Praha. Hlavním výsledkem bylo statistické odůvodnění interobservační chyby.

⁹ bližší popis a více informací v Howells, 1989

¹⁰ více o tomto testovacím souboru v Howells, 1989

¹¹ např. Bräuer, 1988

¹² přehled všech změn a důvodů proč k nim Howells přistoupil v Howells, 1973

4.3 Materiál NM Praha

Kraniální soubor z depozitáře Národního muzea v Praze byl hlavním testovacím souborem užitým v mé práci. Materiál je rozdělen na dva podsoubory.

První soubor čítající sto lebek ($n = 100$) je užším výběrem z celkového počtu 289 lebek. Kvůli velkému počtu dostupných lebek jsme se rozhodli ze stanoveného počtu padesáti lebek zvýšit testovací soubor na sto lebek. Navíc bylo možno lebky selektovat na základě přítomnosti či lepší identifikace měrných bodů a rozměrů.

Druhý soubor jsme si stanovili mimo primární soubor, a to z důvodu testování hypotézy zakládající se na měření rozměru *Ba/Mbs*. Protože bylo nutné mít zachovalou jak lebku, tak i mandibulu, byli jsme nuceni testovací soubor omezit na počet padesáti lebek ($n = 50$).

4.3.1 První testovaný soubor

Hlavní testovací soubor bylo nutné vybírat na základě směrodatných kritérií. Hlavními prvky byla nutnost přítomnosti všech bodů a rozměrů na lebkách. Dále dobrá míra zachovalosti. Tento soubor čítal 100 lebek ($n=100$). Osteologický soubor, ze kterého jsme vybírali, byl soubor lebek z kostnicových sbírek. Lebky jsou z nalezišť Velké Losenice (7 lebek), Mouřenec (54 lebek), Mělník (16 lebek), Kotouň (15 lebek), Němičevy (5 lebek) a Žabonosy (3 lebky). Bohužel kromě přibližného datování 15.-19. století, neexistují přibližnější či doplňující informace. Pro moji práci to však je irelevantní, a proto mě tento fakt nelimitoval v dalším zpracovávání souboru.

4.3.2 Druhý testovaný soubor

Soubor pocházející z naleziště Ducové¹³ jsme vybrali z důvodu vysoké zachovalosti jak lebek, tak i jejich dolních čelistí. Tento rozsáhlý osteologický vzorek je navíc kvalitně zdokumentován a popsán (Hanáková et al., 1984a; Hanáková et al., 1984b).

Tyto hroby byly odkryty mezi lety 1968-1975. Evidované kosterní pozůstatky pocházejí z 1881 hrobů. Z nich 13 koster patří do okruhu nositelů velaticko-baierdorfské kultury, která se vyskytovala v mladé době bronzové v letech 1250 až 1000 př.n.l. a to na jižní Moravě, jihozápadním Slovensku, Dolním Rakousku a severozápadním Maďarsku (Hanáková et al., 1984a). Kostry tohoto souboru představují zatím ojedinělý soubor (hlavně díky souboru velaticko – baierdorfské kultury s typickým žárovým způsobem pochovávání). Hroby se vyskytovaly sporadicky, prakticky na celé ploše osídlení. Pouze vyzdvihnu, že ve dvou případech byly v jedné hrobové jámě tři jedinci a v dalších dvou dva jedinci (Hanáková et al., 1984b). Tyto hroby nebyly součástí mého zkoumaného vzorku.

Druhou etapou pochovávání je období od 9. Do 19. století a to ve třech hlavních fázích (Hanáková et al., 1984a):

- a) fáze velkomoravská (polovina 9. až polovina 10. století) která se dále člení na: 1. klasický, 2. doznívající, 3. vrcholící (Jakab et al., 1979). Z této fáze je uchováno 28 koster. Tyto kostry jsme taktéž nezařadili do zkoumaného vzorku;
- b) fáze povelkomoravská¹⁴ (druhá polovina 10. až polovina 12. století) a fáze středověká¹⁵ (polovina 12.-15. století) ke které

¹³ výzkum se konal přesně v lokalitě „Kostolec“ při obci Ducové, okres Trnava

¹⁴ podrobněji v Ruttkay, 1972; Ruttkay, 1973

¹⁵ podrobněji v Ruttkay, 1971; Ruttkay, 1976

patří soubor 1545 koster (Hanáková et al., 1984a). Podrobněji v Ruttkay, 1971. Z tohoto vzorku nebyl zařazen do zkoumaného souboru jediný hrob;

- c) fáze novověká (polovina 16. až polovina 19. Století). Tato fáze čítá 309 kosterních nálezů. Celý výzkumný soubor pro testování korelace *BBH* se vzdáleností *Ba/Mbs* spadá do této fáze.

Poslední zmiňovaná fáze je rozdělena na dva materiální podsoubory. První z nich odpovídá prvnímu horizontu hrobů pocházejících z období 16.-17. století. My jsme však použili materiál spadající do druhého horizontu tedy 18.-19. století. Tyto hroby se nacházely pouze po západním okraji hřbitova. V tomto období byl hřbitov ohrazen dřevěnou zdí, jejíž průběh hroby kopírují (Hanáková et al., 1984a). Dle evidence se zde s jistotou nachází 30-50 novověkých hrobů. Ovšem podle výzkumů, které zde proběhly, by celkový počet pochovaných v druhém horizontu měl odpovídat až 350 jedincům (Hanáková et al., 1984a). Jedinci byli v hrobech uloženi naznak s končetinami podél těla. Předpokládám, že dlouhá tradice místa uložení hřbitova, prakticky nulové stavební práce (mimo lehkých úprav terénu a stavby mnoha malých účelových budov) a pozice uložení, měly vliv na zachovalost kosterních nálezů, a tím i možnost využití dolních čelistí.

Pro svůj užší soubor jsme vybrali padesát ($n = 50$) lebek se zachovalými dolními čelistmi. Na nich jsme provedli měření *BBH* a *Ba/Mbs*.

5 METODY

5.1 Výběr alternativních bodů a rozměrů

Pro účely naší práce jsme si museli zvolit dva typy bodů a rozměrů. Prvním typem jsou standardizované kranioметриcké body a rozměry. Druhým typem jsou alternativní body a rozměry, které jsme vymysleli a navrhli dle směrodatných parametrů. První typ rozměrů je daný a neovlivnitelný. Druhý typ jsme museli vytvořit s ohledem na mnoho faktorů spojených s ontogenezí a zachovalostí lebky.

Výběr alternativních bodů a rozměrů byl vytvořen a navržen s ohledem na výše zmiňované faktory. Jedním z těchto faktorů je ontogeneze lebky. Vývoj lebky od narození jedince po jeho smrt je důležitým vodítkem pro výběr alternativních rozměrů. Níže definované alternativní rozměry lebky byly vybrány na základě mnoha kritérií.

Prvním alternativním rozměrem pro odhad *bregma-basionálního* rozměru je rozměr *basion-ena*. Tento rozměr jsme zvolili kvůli jeho vlastnostem. Dle výzkumu portugalských lékařů by tato vzdálenost měla silně korelovat s *BBH* (Godolphim et al., 1995). V jejich práci se snažili zjistit, zda určité lebeční rozměry nerostou poměrově stejně po celou dobu ontogeneze (Godolphim et al., 1995). A právě tyto dva rozměry by měly růst velmi podobně (Godolphim, et al, 1995). Bohužel se nachází v oblasti *splanchnokrania*, která silně podléhá tafonomickým vlivům.

Druhým alternativním rozměrem je rozměr *basion-mbs*. Opět se jedná o rozměr, který roste po celou dobu ontogeneze rozměrově stejně jako rozměr *BBH* (Godolphim et al., 1995). Výhodu sledávám v časté zachovalosti dolní čelisti (Hanáková et al., 1984a). Bohužel značných nevýhod je mnohem více. Je nutná přítomnost *processus condylaris* (obou) a minimálně dvou protilehlých zubů se společnými plochami dotyku. Pokud by se dal vyměřit sklon stisku čelisti i v případě nepřítomnosti zubů, byla by tato metoda více užitečná.

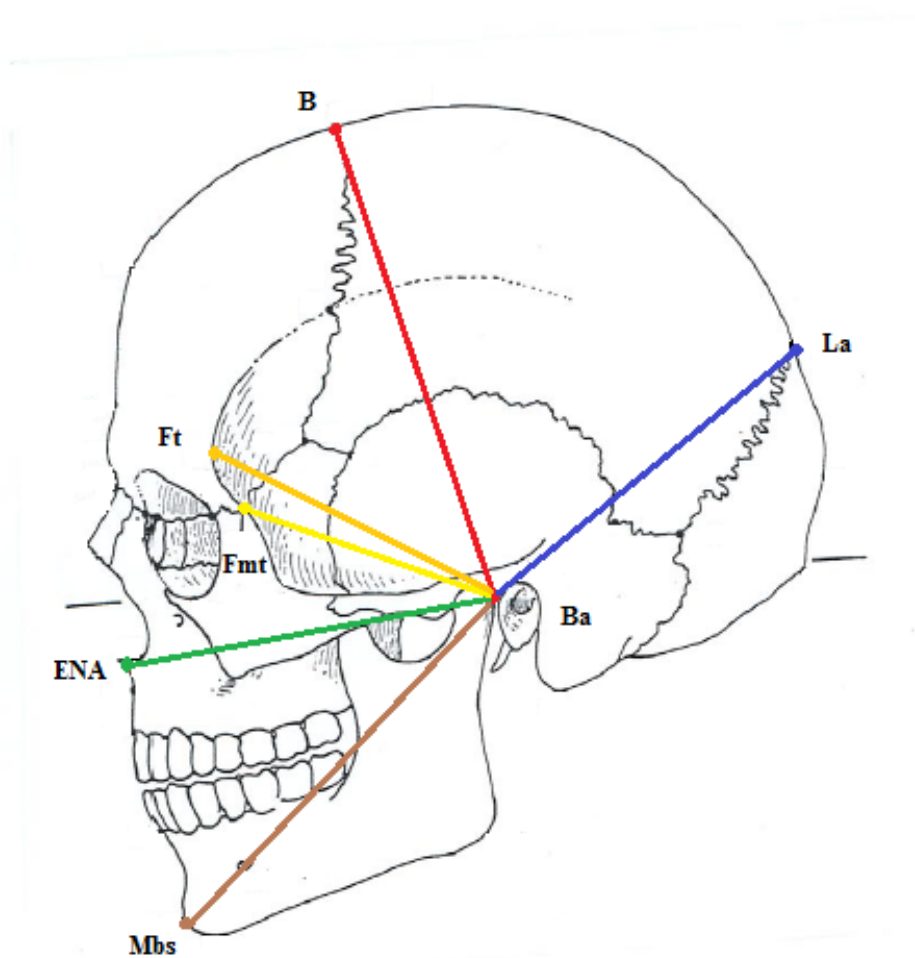
V pořadí třetím alternativním rozměrem je rozměr *basion-lambda*. Týlní kost je celá tvořena z vaziva (Čihák, 2004). Tato kost společně s bodem, který nese, má vysokou míru zachovalosti v archeologických souborech (Denys, 2002). V malé míře podléhá deformacím lebky (Crist et al., 1997).

Čtvrtým alternativním rozměrem je vzdálenost *basion-frontomalare temporale*. Tento rozměr byl vybrán na základě následujících vlastností. Bod *frontomalare temporale* je snadno identifikovatelný (Drozdová, 2004). Oba body i kosti, na kterých se nacházejí, jsou kosti osifikující z chrupavky¹⁶ (Čihák, 2001). Pokud lebka neprošla deformačními procesy a jeden bod *frontomalare temporale* nelze identifikovat či zcela chybí, je možnost jej nahradit stejným rozměrem na druhé straně lebky. Bohužel se domníváme, že po stránce zachovalosti bude *os zygomaticum* (oproti *os frontale*) méně zachovalá v archeologických souborech (Hanáková et al., 1984a). Tuto nevýhodu se snažíme kompenzovat možností identifikace bodu na *os frontale*.

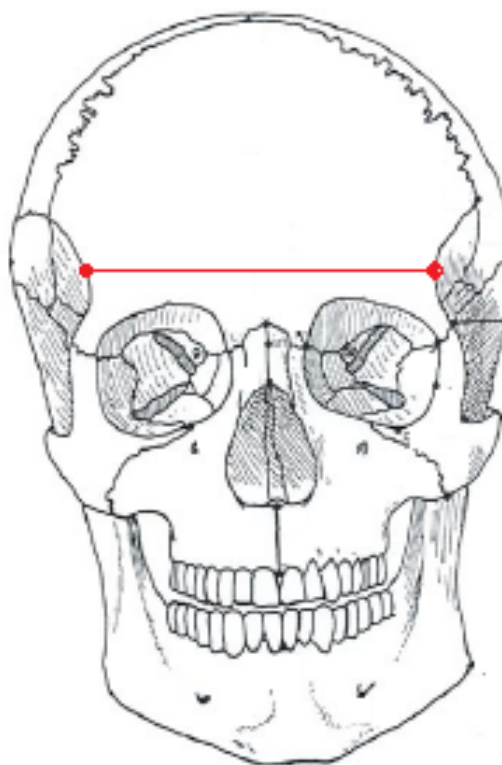
Pátým a posledním alternativním rozměrem je rozměr *basion-frontotemporale*. Pokud lebka neprošla deformačními procesy a jeden bod *frontotemporale* nelze identifikovat či zcela chybí, je možnost jej nahradit stejným rozměrem na druhé straně lebky. Navíc je směrodatný pro další alternativní rozměr M9. Tento rozměr jsme zvolili na základě výzkumu růstu lebky z roku 1995, kdy autoři docházejí k závěru, že by měl tento rozměr silně korelovat s rozměrem *BBH* (Godolphim et al., 1995). Bohužel ve výše zmíněné práci tento rozměr nepodrobují dalšímu zkoumání. Značnou nevýhodu zde předpokládám v různých typech osifikací, kterými tyto dva body (a kosti, na kterých se nacházejí) procházejí. Naproti tomu pozitivum shledáváme v dobré zachovalosti *os frontale* (Hanáková et al., 1984a).

¹⁶ bod *frontomalare remporale* se nachází přímo ve srůstu *os zygomaticum* a *os frontale*. Vycházel jsem ze závěrů ontogenetického růstu lebečních švů (Godolphim et al., 1995).

Šestý rozměrem není rozměr alternativní, ale již daný. Jedná se o vzdálenost M9 (nejmenší šířka čela). Rozměr byl zvolen na základě vysoké zachovalosti os frontale v kosterních souborech (Hanáková et al., 1984a). Nejmenší šířka čela by měla korelovat s *BBH* (Godolphim et al., 1995). Nespolehlivost rozměru shledávám hlavně v případě, kdy jeden bod *frontotemporale* chybí.



Obrázek 6. Grafické znázornění alternativních rozměrů.



Obrázek 7. Grafické znázornění rozměru M9.

5.2 Význačné body, míry a jejich definice

Všechny níže jmenované definice kraniálních bodů, měr a jejich vyobrazení byly převzaty a přeloženy do českého jazyka z celosvětově uznávané učebnice *Antropologie: Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*, editora Reiner Knussmanna, vydanou v nakladatelství Gustav Fischer v roce 1988. U každého bodu je *kurzívou* uveden jeho název, v závorce zkratka bodu a český ekvivalent řeckého či latinského pojmenování. U uvedených měr je v závorce místo českého ekvivalentu názvu uveden původní název v německém jazyce. Body a míry jsou uspořádány dle abecedního pořadí latinského názvu.

Bregma (b, temeno): Bod, ve kterém se stýkají *sutura sagittalis* a *sutura coronalis*. V případech, kdy sagitální šev kousek před dosažením věncového švu odbočí na jednu či druhou stranu, hledáme spojení mezi nimi projekcí obou švů. To znamená, že tužkou prodloužíme rovný průběh šípového švu až do kontaktu se švem věncovým. Pokud má věncový šev abnormální průběh, pro určení *bregmy* se užije obvyklý průběh věncového švu (Drozdová, 2004; Howells, 1973). Pokud máme švy téměř či zcela obliterovány, poloha *bregmy* jde určit pouze přibližně, a to na základě průběhu zbytků švů (navlhčení švů napomáhá k jejich zviditelnění). Tužkou prodloužíme průběh obou švů a tam, kde se protnou, umístíme bod *bregma* (Drozdová, 2004).

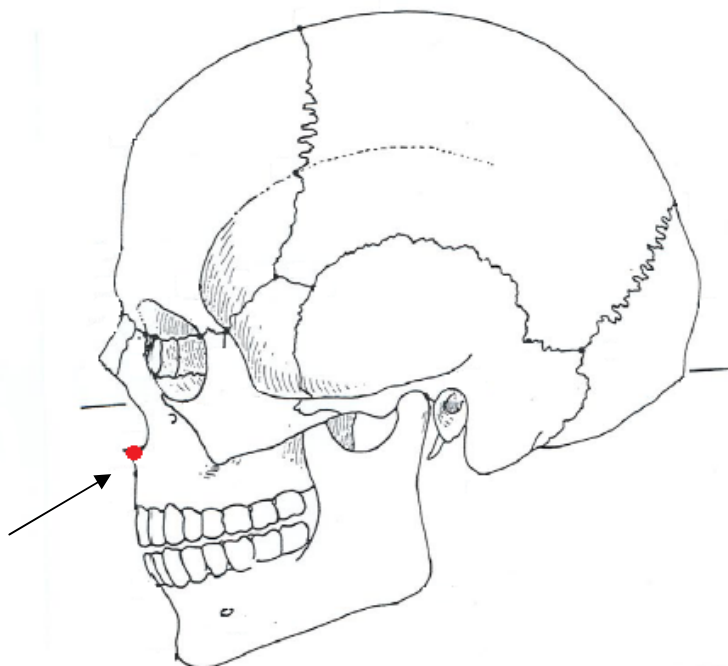
Basion (ba, základ): Bod nacházející se na předním okraji foramen *occipitale magnum* v místě, kde jím prochází mediální rovina, přesně naproti *opisthiu* (Drozdová, 2004). Přítomnost *condylus tertius* či jiné podobné ztluštěniny předního okraje *foramen magnum* může zjištění pozice bodu zkomplikovat. Je tedy důležité přesně se držet stanovené definice (Drozdová, 2004). Například při měření rozměru M17 (výška lebky) spadá *basion* na spodní hranu okraje *foramen magnum*. Při měření musíme tedy rozlišovat mezi bodem *hypobasion* (leží na spodní hraně předního okraje *foramen magnum*) a *endobasion* (leží na horní hraně předního okraje *foramen magnum*) (Howells, 1973; Drozdová, 2004). Při určování úhlů na lebce nesmí být *basion* definován pro každou míru jinak. *Basion* se umísťuje na spodní okraj horní hrany *foramen magnum* (mezi *endobasion* a *hypobasion*). Pokud má *foramen magnum* tenký a ostrý okraj, *basion* splyne s *endobasionem* (Howells, 1973).

Výška *Basion-Bregma* (M17, *Basion-Bregma Höhe*): Jedná se o přímočarou vzdálenost *basia* od *bregmy*. Měří se pomocí dotykového měřidla. Jedná se o jednu z nejzákladnějších výškových měř na lebce. Díky ní jsme schopni odhadnout výšku postavy zemřelého. Dále vykazuje vysokou korelaci s výškou ucha a je určena dvěma snadno identifikovatelnými body (Drozdová, 2004). Důležité je upozornit, že

někteří autoři za *basion* pokládají *hypobasion*. My však zastáváme definici dle Howellsa (Howells, 1973).

Poloměr *ektokonchia* (M101, ekr; *ektokonchion radius*): Jedná se o kolmici mezi ušní osou a levým *ektokonchium*. Technika měření je stejná jako u rozměru M94 a M100.

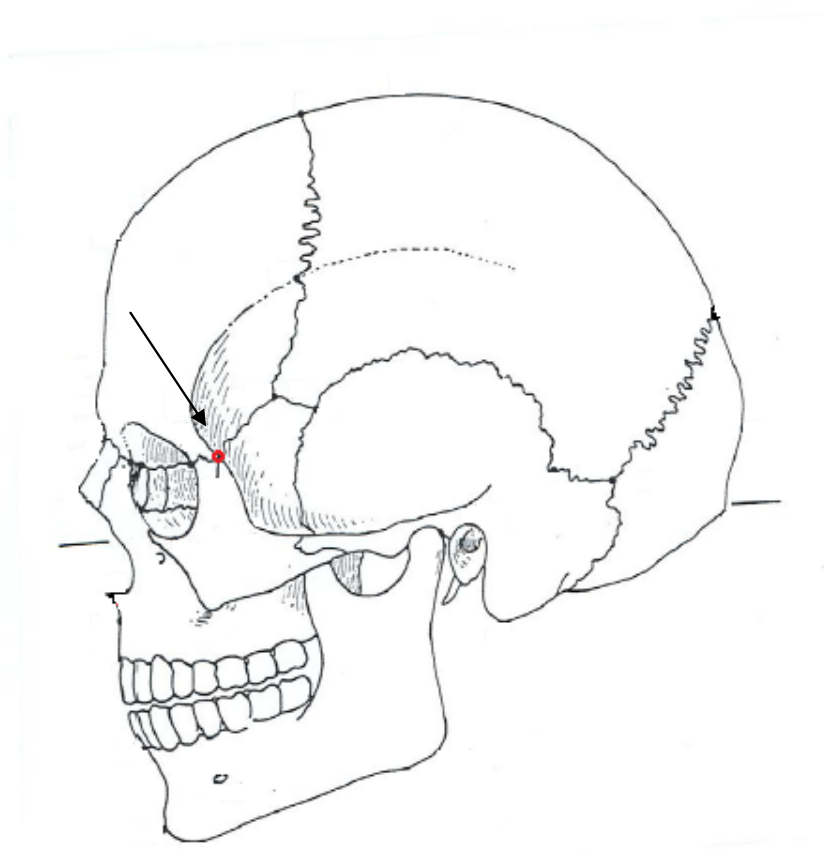
Ena (ena): Tento bod vytvářející alternativní rozměr *Ba/Ena* odpovídá útvaru *spina nasalis anterior* (Godolphim et al., 1995). Jelikož *spina nasalis anterior* může být silně či slabě vyvinutá, je nutné specifikovat místo, kde se tento bod nachází. Vyhledáme bod *nasospinale* (ns, nosní trn). Jedná se o nejhlubší bod spodního okraje *apertura piriformis* promítnutý do mediální roviny (Drozdová, 2004). Pokud lebky mají silně či slabě vyvinutou *spina nasalis anterior nasospinale* nalezneme tak, že propojíme nejhlubší body spodního okraje *apertura piriformis*, vpravo i vlevo od nosní přepážky. Kde nám tato přímka protne mediální rovinu, leží bod *nasospinale* (Drozdová, 2004). Je nutné nezapomenout, že tento bod leží na bázi nosní přepážky. Jestliže *spina nasalis anterior* leží ve stejné či větší hloubce než spodní okraje *apertura piriformis*, *nasospinale* se nachází na horní hraně *spina nasalis anterior*. Také je nutné si uvědomit, že *ena* neodpovídá ani spinálnímu bodu (Luschanse), ani bodu *akantheim* (Töröks) (Drozdová, 2004). Pokud máme bod *nasospinale*, bod *ena* dostaneme tak, že prodloužíme kolmý průběh *sutura plana* a horizontální průběh přímky vedoucí skrz *nasospinale* (musí svírat s přímkou *sutura plana* pravý úhel. Kde se přímky protnou, tam se nachází bod *ena*) (Godolphim et al., 1995).



Obrázek 8. Grafické znázornění bodu *Ena*.

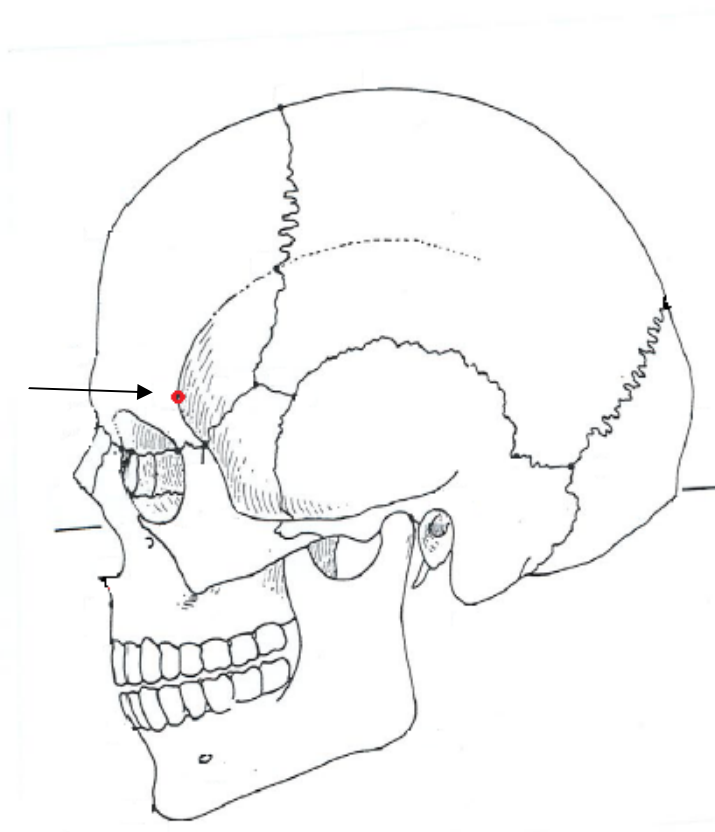
Poloměr *frontomalare* (M100, *fmr*; *frontomalare radius*): Tento rozměr měříme tak, že měříme kolmici od *frontomalare anterior sinister* na ušní osu (Howells, 1973). Používáme stejnou techniku jako u rozměru M94 (*vertex radius*).

Frontomalare temporale (*fmt*, latinsky: *frons*, „čelo“, *mala*, „tvář“, *tempus*, „spánek“): Tento bod je nejlaterálnějším bodem na *sutura frontozygomatica*. Nachází se na přechodu boční plochy *processus zygomaticus ossis frontalis* v zadní plochu (Drozdová, 2004).



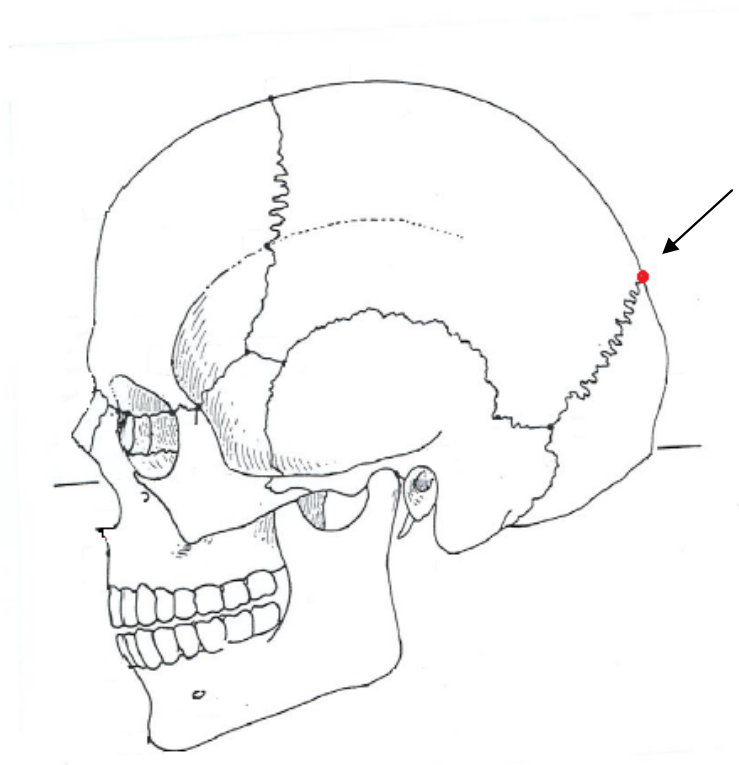
Obrázek 9. Grafické znázornění bodu *frontomale temporale*.

Frontotemporale (ft, latinsky: *frons*, „čelo“, *tempus*, „spánek“): Tento bod najdeme v nejhlubším místě konkávního prohnutí *linea temporalis superior*, nad *processus zygomaticus ossis frontalis* (Drozdová, 2004). Obě dvě *frontotemporalia* mezi sebou vytvářejí rozměr M9 (nejmenší šířka čela). Spánkové linie nacházející se na výběžcích kosti čelní jsou většinou velmi dobře rozlišitelné. V případech, když jsou posunuty *lineae temporales* více nahoru, určíme *frontotemporalia* analogicky podle horní definice (Drozdová, 2004).



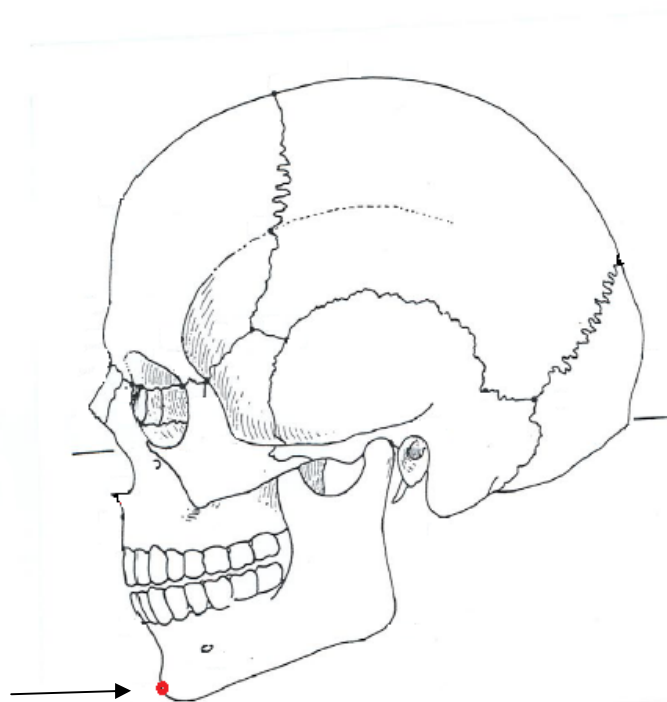
Obrázek 10. Grafické znázornění bodu *frontotemporale*.

Lambda (la, λ [řecké písmeno]): Bod, v němž dochází k dotyku obou ramen *sutura lambdoidei* s průběhem *sutura sagitalis*. Určení tohoto bodu komplikuje několik faktorů: Pokud jsou švy silně zubaté nebo plně či částečně obliterované. Také přítomnost *os incae* nebo *ossa suturum* znesnadňují jeho určení (Drozdová, 2004). V takových případech opět prodloužíme obecný směr průběhu obou ramen. V mé práci jsem určil polohu *lambdy* dle Howellsovy definice (Howells, 1973). Bod definuje stejně, ale umísťuje jej do mediální roviny stejně jako *bregmu*. V takovém případě nemusí dojít při prodloužení obecných průběhů ramen *lambdy* ke střetu se šípovým švem v jednom bodě. *Lambda* je tedy umístěna do středu mezi oba dva body křížení (Howells, 1973; Drozdová, 2004).



Obrázek 11. Grafické znázornění bodu *lambda*.

Mandibulární symfýza (mbs, mandibula, „dolní čelist“, symfýza, „spona“): Tento bod se nachází uprostřed mandibulární symfýzy předního čelistního reliéfu v mediální rovině. Pokud je stanovení bodu obtížné (redukce dentálních alveolů, atd.), protáhne se průběh mandibulární symfýzy a vyhledá se její střed. Jestliže je průběh mandibulární symfýzy špatně identifikovatelný (tento případ je vzácný), definuji bod *mbs* následovně: Vyhledáme bod *pogonion* (nejvíce vystupující bod předního čelistního reliéfu, tedy nejvystouplejší bod *protuberantia mentalis* v mediální rovině) (Drozdová, 2004). Při určování pogonionu je třeba čelist natočit tak, aby střed zadního okraje *alveolu* druhé stoličky a *infradentale* ležely v jedné horizontální rovině (Drozdová, 2004). Tímto bodem protáhneme obecný průběh mandibulární symfýzy a v jejím středu určíme bod *mbs*.



Obrázek 12. Grafické znázornění bodu *Mbs*.

Poloměr *vertexu* (M94, *vrr*; *vertex radius*): Tento rozměr je určen kolmicí na ušní osu od nejvyššího bodu na *ossa parietalia*. Lebku otočíme *splanchokraniem* k sobě. Parabolické konce bočních ramen nasadíme na oba zvukovody tak, aby přesně seděly (Drozdová, 2004). Koordinátovým ramenem posunujeme stále dopředu a dozadu a to sagitálním směrem¹⁷, dokud nenajdeme největší hodnotu (Howells, 1973). Užíváme radiometr.

Nejmenší šířka čela (M9, *Kleinste Stirnbreite*): Jedná se o přímou vzdálenost obou bodů *frontotemporale* (*ft*) od sebe. Pro měření se používá posuvné měřidlo.

Alternativní rozměry zapisují dle vzoru *Ba/Mbs*, který obsahuje počáteční bod (*ba*) a konečný bod (*mbs*) rozměru, s velkým počátečním písmenem. Rozměry dané zapisují ve tvaru: BBH (dle Howells, 1973; Howells, 1995; Howells, 1996a). Pouze pro rozměr nejmenší šířka čela jsem zvolil označení M9 (dle Martin et al., 1957).

¹⁷ není však nutnost pohybovat se v mediální rovině

5.3 Statistické metody

5.3.1 Hodnocení intraobservační chyby

Mezi výsledky měření jednoho člověka mohou být rozdíly. Ty jsou způsobeny vnějšími faktory (denní doba, oděv, světlo) ale i faktory vnitřními (zaviněné badatelem). Howells popisuje sedm typů vnitřních chyb (Howells, 1973). Chyby v technice měření, interobservační, intraobservační, podmíněné užitými instrumenty, v odečtu, v zápise, v přenosu (Howells, 1973). Pro mé účely jsem hodnotil pouze intraindividuální (intraobservační) chybu.

Intraobservační chyba je chybou, kterou činí sám badatel. Badatel se jí dopouští, pokud přesně neví, jak se která míra měří či kde se jaký bod nachází. Při měření velkého vzorku může docházet k odchýlkám v měření rozměrů a lokalizaci bodů a tím k systematické chybě (Howells, 1973; Drozdová, 2004). Této chybě se nevyhneme. Lze ji zmenšit, pokud budeme provádět opakované měření (jednoho bodu či rozměru dvakrát a vícekrát) (Howells, 1973).

Pro statistické vyhodnocení intraobservační chyby jsem užil statistické metody kappa. Ta byla vytvořena v roce 1960 Jacobem Cohenem a je svým charakterem vhodná pro práci jak s ordinálními tak i s nominálními daty (Cohen, 1960). Pro účely mé práce jsem užil kappa váženou (Cohen Weighted kappa; Cohen, 1960). Váženou kappu jsem použil k posouzení dat získaných opakovaným měřením lebečních rozměrů, a k vyhodnocení jistoty s jakou jsem měřil. Vážená kappa pracuje stejně jako kappa nevážená s tím rozdílem, že jednotlivým rozdílům mezi určenými hodnotami připisuje různé subjektivně stanovené váhy (Jakobsson et al., 2005). Jednotlivé hodnoty pro měření intraobservační chyby jsou v tabulkách.

Z této statistické analýzy jsme dostaly výsledky skládající se ze tří částí:

- a) Výsledná hodnota shody mezi dvěma měřeními (v Tabulce 10. označeno jako: „k“).
- b) 95 % interval spolehlivosti.
- c) Slovní popis hodnoty „k“ označený jako „Kappa“.

Pokud je shoda větší než 0 ($k > 0$), jsou výsledky z metody kappa statisticky signifikantní a shoda je příliš velká na to, aby vznikla náhodou. Naopak pokud se kappa nachází v záporných hodnotách, jedná se o neshodu, a tedy platí nulová hypotéza o žádné konkordanci. Výsledné hodnoty Kappa jsou interpretovány dle tabulky ze studie Landis - Koch (1977) v Tabulce 6.

Tabulka 6. Shoda dle Landis & Koch (1977).

Kappa (k)	Síla shody
< 0,00	poor
0,01-0,20	slight
0,21-0,40	fair
0,41-0,60	moderate
0,61-0,80	substantial
0,81-1,00	perfect

5.3.2 Dixonův test extrémních odchylek

V řadě mnou pozorovaných a měřených hodnot se může vyskytnout hodnota extrémně odlišná od hodnot ostatních. Je tedy nutné posoudit, zda je tato odchylka pouze náhodná či je doopravdy zatížena chybou (Svatošová et al., 2011). Pro posouzení těchto hodnot použijí test extrémních odchylek a to přímo neparametrický Dixonův test ($n = \max. 30$).

Je nutné si prvně stanovit nulovou hypotézu. Ta představuje tvrzení, že je odchylka pouze náhodná a tedy, že hodnota není zatížena

hrubou chybou (Svatošová et al., 2011). Tato hodnota je ve výběru ponechána.

Pokud je však hodnota extrémně odlišná od ostatních a to nejnížší hodnotou (x_1), hodnota testového kritéria bude mít tvar (Svatošová et al., 2011):

$$Q_1 = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} .$$

Naopak pro nejvyšší odlišnou hodnotu (x_n) vyjádříme testové kritérium jako (Svatošová et al., 2011):

$$Q_n = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1} ,$$

kde x_2 je druhá nejnížší hodnota a x_{n-1} je předposlední hodnota ve varianční řadě (Svatošová et al., 2011). Výslednou hodnotu vyhledáme v Tabulce 7, pro niž platí (Svatošová et al., 2011): pokud $Q_1, Q_n > Q_{\alpha(n)}$, nulovou hypotézu zamítáme a tato hodnota je zatížena hrubou chybou. Je tedy nutno ji ze souboru vyřadit.

Tabulka 7. Kritické hodnoty $Q_{n,\alpha} = Q_{1,\alpha}$ pro Dixonův test (Hindls et al., 1993).

n / α	0,05	0,01	n / α	0,05	0,01
3	0,941	0,988	17	0,32	0,416
4	0,765	0,889	18	0,313	0,407
5	0,642	0,78	19	0,306	0,398
6	0,56	0,698	20	0,3	0,391
7	0,507	0,637	21	0,295	0,384
8	0,468	0,59	22	0,29	0,378
9	0,437	0,555	23	0,285	0,372
10	0,412	0,527	24	0,281	0,367
11	0,392	0,502	25	0,277	0,362
12	0,376	0,482	26	0,273	0,357
13	0,361	0,465	27	0,269	0,353
14	0,349	0,45	28	0,266	0,349
15	0,338	0,438	29	0,263	0,345
16	0,329	0,426	30	0,26	0,341

5.3.3 Lineární regrese

Pomocí regresní analýzy se snažím zkoumat formy vztahu dvou náhodných veličin X a Y. Předem jsem si určil, která proměnná bude vysvětlovaná (závislá) a která vysvětlující (nezávislá). Závislou proměnnou je v tomto případě vzdálenost *BBH*. Nezávislou proměnnou každý z alternativních rozměrů.

Základní model regresní závislosti s jednou nezávislou proměnou vyjadřuje libovolnou hodnotu y_i závislé proměnné Y takto:

$$y_i = f(x_i) + e_i ,$$

kde $f(x)$ je regresní funkce a e_i je reziduální (náhodná) odchylka či chyba i -tého pozorování veličiny Y (Svatošová et al., 2011).

Nejdůležitějším typem regresní funkce v praxi je regresní funkce lineární, která má tvar:

$$y_i = \alpha + \beta x + e_i$$

O náhodných chybách (e_i) se předpokládá, že se jedná o nezávislé náhodné veličiny. Musejí mít normální rozdělení s nulovou střední hodnotou a rozptylem σ^2 . V tom případě náhodné chyby e_i mají rozdělení $N(0; \sigma^2)$.

Funkce:

$$f(x) = \alpha + \beta x ,$$

se nazývá teoretická regresní přímka. Její směrnice (β) se označuje jako teoretický regresní koeficient a charakterizuje nám průměrnou změnu závislé proměnné, která odpovídá změně nezávislé proměnné o jednu její jednotku (Hindls et al., 1993). Pokud je tento koeficient kladný, dochází při růstu hodnot nezávislé proměnné X také k růstu hodnot závislé proměnné Y (v průměru). Jedná se tedy o přímou (pozitivní) závislost (Hindls et al., 1993). Pokud však máme koeficient záporný, dochází při růstu hodnot nezávislé proměnné v průměru k poklesu hodnot závislé proměnné. V tomto případě se jedná o nepřímou (negativní závislost).

Bodové odhady a , b parametrů α , β regresní přímky se z pozorovaných dat získávají pomocí metody nejmenších čtverců (Agresti et al., 1997). Tato metoda vychází z předpokladu, že součet čtverců odchylek pozorovaných hodnot y_1, y_2, \dots, y_n veličiny Y od odhadované regresní funkce byl minimální:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - \alpha + \beta x_i)^2$$

Z výše uvedených vztahů pro bodové odhady a , b parametrů α , β soustavu dvou lineárních rovnic (soustava normálních rovnic):

$$a + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i$$

$$a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i.$$

Řešením normálních rovnic získáme:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}.$$

Přímka $y' = a + bx$ je přímkou odhadu¹⁸. Odchylky $d_i = y_i - y'_i$, kde y_i jsou zjištěné hodnoty proměnné Y , a y'_i jsou vyrovnané hodnoty vypočtené z rovnice regresní přímky, se nazývají rezidua (Svatošová et al., 2011). Statistika

$$S_r = \sum_{i=1}^n d_i^2$$

se nazývá reziduální součet čtverců. Pomocí tohoto vzorce a součtu lze odvodit reziduální rozptyl:

$$s_r^2 = \frac{S_r}{n-2} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2}{n-2},$$

¹⁸ nejlepším odhadem regresní přímky $\alpha + \beta x$

který představuje bodový odhad rozptylu $\sigma^2 = D(e_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$ a který nám ukazuje, jak jsou hodnoty veličiny Y rozptýleny kolem regresní funkce (Hindls et al., 1993).

Regresní přímka $y' = a + bx$ nám popisuje průběh závislosti veličiny Y na X. Jestli má X charakter příčiny (nezávislá proměnná) a Y vystupuje jako následek (závislá), jedná se o jednostrannou závislost.

Pokud tedy máme oboustrannou závislost, přímka lineární oboustranné závislosti bude vypadat následovně (Agresti et al., 1997):

$$y' = a_{xy} + b_{yx}x,$$

a přímku průběhu závislosti (regresi X a Y) ve tvaru:

$$x' = a_{yx} + b_{xy}y.$$

Parametry a_{yx} a b_{yx} jsou dány vzorci. Parametry a_{xy} a b_{xy} se od nich budou lišit záměnou proměnných:

$$a_{xy} = \bar{x} - b_{xy}\bar{y}$$

$$b_{xy} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2}.$$

Sdružené regresivní koeficienty b_{yx} a b_{xy} jsou téhož znaménka. Při pozitivní závislosti jsou obě kladné a při negativní závislosti záporné.

5.3.4 Měření těsnosti závislosti

Druhým základním úkolem statistické analýzy vztahů mezi náhodnými veličinami je určení korelace (těsnost závislosti). Regresivní analýza se zaměřuje především na formu vztahu mezi veličinami (Svatošová et al., 2011). Korelace nám naopak popisuje, jak je tento vztah silný. Znalost velikosti a síly závislosti uijeme:

- a) Čím jsou veličiny těsněji vázány, tím lze očekávat, že změny jedné veličiny budou mít za následek změny veličiny druhé.
- b) Stupeň vázanosti náhodných veličin nám charakterizuje, jaká je vypovídající schopnost regresního modelu. Čím bude rozptyl naměřených hodnot závislé proměnné kolem příslušné regrese menší (závislost je těsnější), tím budou regresní odhady přesnější.

Těsnost závislosti měříme mnoha způsoby. Předpokládáme, že mezi veličinami X a Y existuje lineární závislost. Disponuje-li náhodným výběrem $(x_i, y_i) \ i = (1, 2, \dots, n)$ z dvourozměrného normálního rozdělení, popisujeme intenzitu lineární závislosti mezi X a Y výběrovým korelačním koeficientem r , jenž je definován (Svatošová et al., 2011):

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}.$$

V tomto případě vzorec:

$$s_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

představuje výběrovou kovarianci, kde s_x a s_y představují výběrové směrodatné odchylky veličin X a Y .

Mezi korelačním koeficientem a regresními koeficienty b_{xy} a b_{yx} existuje vztah vyplývající z výše uvedených vzorců, tedy (Hindls et al., 1993):

$$r = b_{yx} \frac{s_x}{s_y}, \text{ případně } r = b_{xy} \frac{s_y}{s_x}.$$

Pokud známe korelační koeficient r , regresní koeficienty vypočítáme pomocí (Hindls et al., 1993):

$$b_{yx} = r \frac{s_y}{s_x}, \text{ respektive } b_{xy} = r \frac{s_x}{s_y}.$$

Ze vztahu tedy vyplývá, že absolutní hodnota korelačního koeficientu je vyjádřena geometrickým průměrem obou sdružených regresivních koeficientů (Svatošová et al., 2011):

$$|r| = \sqrt{b_{yx} \cdot b_{xy}}.$$

Z definice korelačního koeficientu jsme schopni odvodit jeho vlastnosti (Hindls et al., 1993):

- a) Pokud jsou veličiny X a Y lineárně nezávislé, pak $r = 0$.
- b) Nabývá hodnot od -1 do 1 ($-1 \leq r \leq 1$).
- c) Pokud mezi veličinami X a Y existuje lineární závislost, pak $|r| = 1$.

Vzhledem k těmto uvedeným vlastnostem se s výhodou užívá orientační stupnice pro hodnocení těsnosti lineární závislosti mezi X a Y :

Tabulka 8. Hodnocení těsnosti lineární závislosti (Hindls et al., 1993)

$r < 0,3$	nízká těsnost
$0,3 \leq r < 0,5$	mírná těsnost
$0,5 \leq r < 0,7$	význačná těsnost
$0,7 \leq r < 0,9$	velká těsnost
$0,9 \leq r$	velmi vysoká těsnost

Znaménko korelačního koeficientu je dáno na základě koeficientu regresního, protože směrodatné odchylky s_x a s_y bereme konvenčně vždy s kladným znaménkem (Svatošová et al., 2011). Kladné hodnoty korelačního koeficientu nám značí přímou lineární závislost mezi sledovanými veličinami. Záporné hodnoty naopak signalizují nepřímou lineární závislost (Agrosti et al., 1997).

Úpravou výše uvedených vztahů, lze získat různé ekvivalentní vzorce pro výpočet koeficientu korelace. Vyjádříme-li kovarianci s_{xy} společně s s_x a s_y (směrodatné odchylky) ve výpočetních tvarech, dostaneme nejpoužívanější vzorec výpočtu korelačního koeficientu r (Svatošová et al., 2011):

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \cdot \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

Druhá mocnina koeficientu korelace r se nazývá koeficient determinace (r^2), který určuje další míru těsnosti lineární závislosti. Při dosazení do vzorce $r^2 \cdot 100$ zjistíme, z kolika procent jsou změny závislé proměnné vysvětlitelné zvolenou regresní funkcí (Hindls et al., 1993).

V případě nelineární regrese Y na X se za míru těsnosti závislosti mezi X a Y používá index korelace, který je definován vztahem (Hindls et al., 1993; Svatošová et al., 2011):

$$I_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y'_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} .$$

6 VÝSLEDKY

6.1 Korelační analýza na Howellsově souboru

Abychom vybrali ze všech standardních kranio-metrických rozměrů tři nejvíce závislé na rozměru *basion-bregma*, provedli jsem výpočet korelačního koeficientu všech standardních kranio-metrických rozměrů u každé populace zvlášť. Nejvyšší korelaci s BBH u každé populace zvlášť vykazovaly rozměry: *poloměr ektokonchia* (ekr), *poloměr frontomalare* (fmr), *poloměr vertexu* (vrr). Korelační koeficienty jsou uvedeny v Tabulce 8 pro každou populaci zvlášť. Tyto tři míry dále sledujeme na hlavním testovacím materiálu.

Tabulka 9. Korelační koeficienty vybraných standardních rozměrů pro každou populaci zvlášť.

	n	r		
		FMR	EKR	VRR
Norse	110	0,333	0,291	0,283
Zalavar	98	0,438	0,439	0,421
Berg	109	0,382	0,342	0,351
Egypt	111	0,375	0,401	0,242
Teita	83	0,168	0,252	0,305
Dogon	99	0,367	0,387	0,367
Zulu	101	0,446	0,422	0,394
Bushman	82	0,498	0,492	0,379
Australi	101	0,454	0,461	0,411
Tasmania	64	0,470	0,470	0,474
Tolai	110	0,528	0,615	0,448
Mokapu	100	0,551	0,551	0,553
Buriat	107	0,396	0,378	0,496
Eskimo	108	0,507	0,508	0,468
Peru	147	0,439	0,477	0,408
Andaman	37	0,368	0,404	0,195
Arikara	69	0,357	0,326	0,423
Ainu	86	0,453	0,416	0,432
N. Japan	87	0,569	0,612	0,536
S. Japan	91	0,499	0,507	0,525
Hainan	83	0,344	0,302	0,266
Anyang	42	0,276	0,164	0,167
Atayal	47	0,390	0,380	0,366
Phillipi	50	0,355	0,377	0,415
Guam	57	0,683	0,713	0,523
Easter	84	0,634	0,634	0,664
Moriori	108	0,463	0,449	0,429
S. Maori	9	-0,208	-0,050	-0,352
N. Maori	9	-0,118	-0,117	0,279
Santa CR	102	0,570	0,502	0,581

6.2 Intraobservační chyba

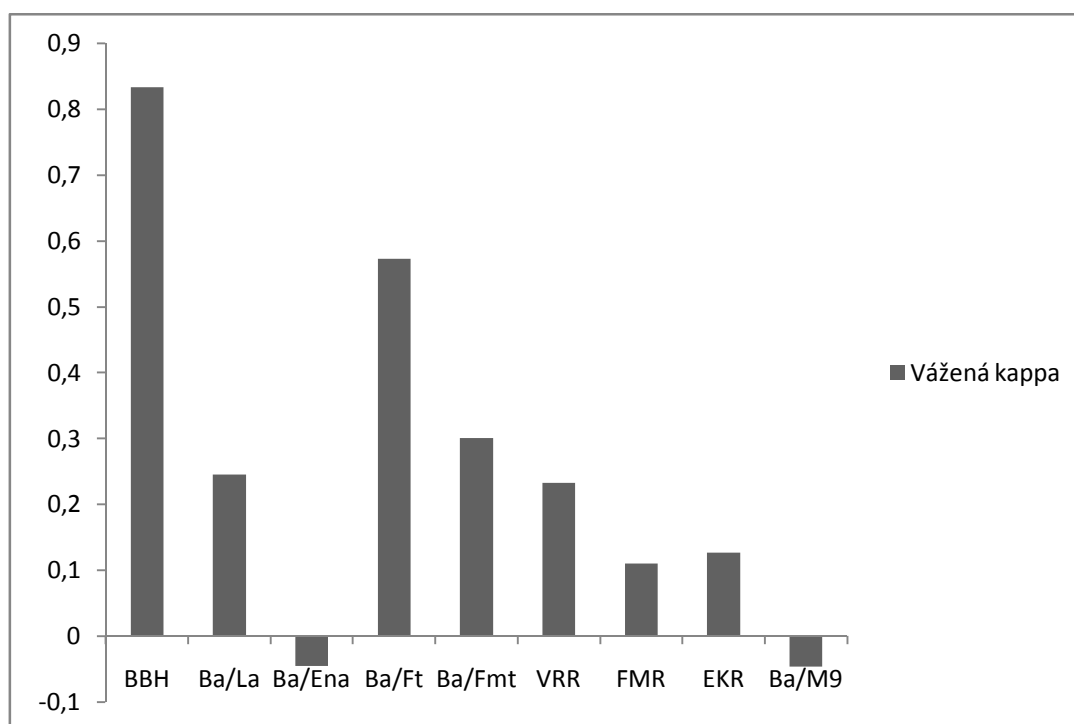
Intraobservační chyba byla hodnocena na materiálu LBA ZČU Plzeň. Bylo k dispozici deset lebek. Na každé z nich jsme provedli měření všech vybraných standardních a navržených alternativních rozměrů. Každý rozměr jsme změřili desetkrát. Tento soubor testujeme proto,

abychom se vyvarovali chybě ve špatném určení kranio-metrických bodů a změření jejich délek. Naměřená data jsou v Tabulkách 16 až 24.

Výsledky hodnocení intraobservační chyby jsou uvedeny v Tabulce 10 a Grafu 1. Shoda je uvedená pro všechny rozměry. Rozměr BBH jsme měřili s perfektní shodou ($k = 0,8333$). Rozměry Ba/Fmt ($k = 0,3011$) a VRR ($k = 0,2328$) jsme měřili s ucházející shodou. Rozměry Ba/La ($k = 0,2458$), FMR ($k = 0,1111$), EKR ($k = 0,1274$) jsme měřili s mírnou shodou. Se slabou shodou jsme měřili rozměry Ba/Ena ($k = -0,045$) a M9 ($k = -0,046$).

Tabulka 10. Hodnocení intraobservační chyby.

Rorměry	k	SE	IS	Kappa
BBH	0,8333	0,1581	0,52-1,14	perfektní
Ba/La	0,2458	0,2984	-0,34-0,83	mírná
Ba/Ena	-0,045	0,2304	-0,46-0,45	slabá
Ba/Ft	0,5732	0,1889	0,20-0,94	střední
Ba/Fmt	0,3011	0,2900	0,27-0,87	ucházející
VRR	0,2328	0,2657	-0,29-0,75	ucházející
FMR	0,1111	0,2075	-0,29-0,51	mírná
EKR	0,1274	0,2947	-0,45-0,70	mírná
M9	-0,046	0,2273	-0,49-(-0,39)	slabá



Graf 1. Hodnocení intraobservační chyby.

6.3 Dixonův test extrémních odchylek

Všechny naměřené hodnoty v Tabulkách 25 a 26 jsme seřadili vzestupně. Hodnoty byly podstoupeny testování Dixonova testu, kde je vždy počet měření 17 ($n = 17$). Hodnotu jsme vyhledávali vždy dle tabulkové hodnoty $Q(0,05;17) = 0,32$. Hodnotu 0,32 jsme zvolili, protože se jedná o kritickou hodnotu pro 95% interval spolehlivosti. Souhrn všech hodnot pro každý rozměr je vyjádřen v Tabulce 11.

Pro rozměr BBH je $Q_1 = 0,1$ (vypočítaná nejmenší hodnota). Hodnota Q_{17} , tedy hodnota pro nevyšší vypočítanou hodnotu je 0,15. Jelikož je hodnota $Q_{17} < 0,32$, není největší změřená hodnota pro rozměr BBH zatížena hrubou chybou. Dále $Q_1 < 0,32$, takže nejnižší naměřená

hodnota také není zatížena hrubou chybou. Nejvyšší ani nejnižší hodnota není zatížena hrubou chybou. Můžeme tedy s nimi počítat dále.

Pro rozměr Ba/Ena je pro nejnižší hodnotu $Q_{17} = 0$ a nejvyšší $Q_{17} = 0$. Ve výsledku je tedy Q_1 i $Q_{17} < 0,32$. Tyto hodnoty nejsou zatíženy hrubou chybou a jsou v souboru ponechány.

Pro rozměr Ba/La je pro nejnižší hodnotu $Q_1 = 0,10526$ a pro nejvyšší hodnotu je $Q_{17} = 0,2105$. Nejvyšší i nejnižší hodnota není zatížena hrubou chybou, protože platí: $Q_1; Q_{17} < 0,32$. Tyto hodnoty ze souboru nevylučují.

Pro rozměr Ba/Fmt se Q_1 pro nejnižší hodnotu rovná $Q_1 = 0,1333$ a Q_{17} pro nejvyšší hodnotu $Q_{17} = 0,0666$. Obě hodnoty jsou menší než 0,32 a tudíž nejsou zatíženy hrubou chybou a jsou v souboru ponechány.

Pro rozměr Ba/Ft se $Q_1 = 0,36842$ a $Q_{17} = 0,105263$. Z výsledků nám tedy vyplývá, že nejnižší hodnota je zatížena hrubou chybou. Pro tuto hodnotu neplatí $Q_1 < 0,32$. Je tedy nutné ji ze souboru vyřadit. Naopak nejvyšší hodnota tuto podmínku splňuje a není tedy zatížena hrubou chybou. Je ze souboru vynechána.

Pro rozměr M9 je výsledná hodnota $Q_1 = 0,1428$ a $Q_{17} = 0,0714$. Pro tyto hodnoty platí $Q_1; Q_{17} < 0,32$. Nejmenší a největší hodnoty nejsou zatíženy hrubou chybou a jsou v souboru ponechány.

Na základě výsledků Dixonova testu vylučují pro rozměr Ba/Ft ze zkoumaného souboru hodnotu 9,7.

Tabulka 11. Přehled hodnot Dixonova testu ($Q = 0,32$).

Rozměry	n	Q_1	Q_{17}
BBH	17	0,100	0,150
Ba/Ena	17	0,000	0,000
Ba/La	17	0,105	0,211
Ba/Fmt	17	0,133	0,067
Ba/Ft	17	0,368	0,105
M9	17	0,143	0,071

6.4 Regresní diagnostika a test významnosti modelu

Pro regresní diagnostiku a testu významnosti modelu je důležité vytvořit nulovou hypotézu. Nulovou hypotézu jsme zvolili $H_0 = \beta = 0$ a alternativní hypotézu $H_a = \beta \neq 0$. Pokud H_0 zamítáme, je možné použít regresní funkci k odhadům. Pokud však H_0 přijímáme, nemůžeme regresní funkci použít pro další odhady.

Regresní diagnostiku zakládáme na třech bodech:

- 1) Hrubé chyby - chyby měření zjišťované pomocí testu.
- 2) Body vysokým vlivem na model - jedná se o body přesné, vylepšující model.
- 3) Body zdánlivé vlivné - zvolený model je nevhodný.

6.4.1 Test významnosti modelu

Pro test významnosti modelu jsme tedy počítali nulové a alternativní hypotézy pro zhodnocení významnosti modelu. V Tabulce 12 jsou shrnuty všechny F hodnoty pro alternativní rozměry. Pro test jsme použili tyto hodnoty: $n = 17$, $m = 1$. Test významnosti modelu je počítán jako (Hindls et al., 1993):

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-m+1}{m}; K = \{F > F(m; n-m-1)\}.$$

Po dosazení hodnot nám vychází, že $F(1;17-2) = 4,54$.

Pro BBH/Ena je F rovno 0,02656. Platí tedy, že $0,02656 < 4,54$. Nulovou hypotézu přijímáme. Není tedy možné regresní funkci použít k odhadům.

Pro BBH/La je výsledek $F = 5,8587$. Nulovou hypotézu zamítáme, protože $5,8587 > 4,54$. Je tedy možné užít regresní funkci k odhadům.

Pro BBH/Fmt nám vyšlo, že $F = 3,8060$. Nulovou hypotézu přijímáme na základě výpočtu, kdy $3,8060 < 4,54$. Na základě výpočtu není možné užít regresní funkci k odhadům.

Pro test významnosti modelu u BBH/Ft se $F = 7,6673$. Nulovou hypotézu zamítáme na základě nerovnice $7,6673 > 4,54$. Je tedy možné užít regresní funkci k odhadům.

Poslední test významnosti byl užit pro BBH/M9. Koeficient F pro tyto délky se rovná 0,143860. Na základě nerovnice $0,143860 < 4,54$ nulovou hypotézu přijímáme. Proto není možné užít regresní funkci k odhadům.

Tabulka 12. Hodnoty F pro alternativní rozměry.

BBH/	n	F	H ₀
Ena	17	0,02656	přijímám
La	17	5,85870	zamítám
Fmt	17	3,80600	přijímám
Ft	17	7,66730	zamítám
M9	17	0,14387	přijímám

6.5 Regresní a korelační analýza alternativních rozměrů, návrh regresních rovnic

Rozměry *vertex radius*, *ektokonchion radius* a *frontomalare radius* lineárním regresím ani návrhu regresních rovnic nepodstupují. Výpočty korelačního a determinačního koeficientu jsme však uskutečnili na těchto standardních rozměrech a také na všech alternativních rozměrech. V Tabulce 13 uvádím základní statistické údaje pro všechny stanovené míry včetně hodnot pro normalitu.

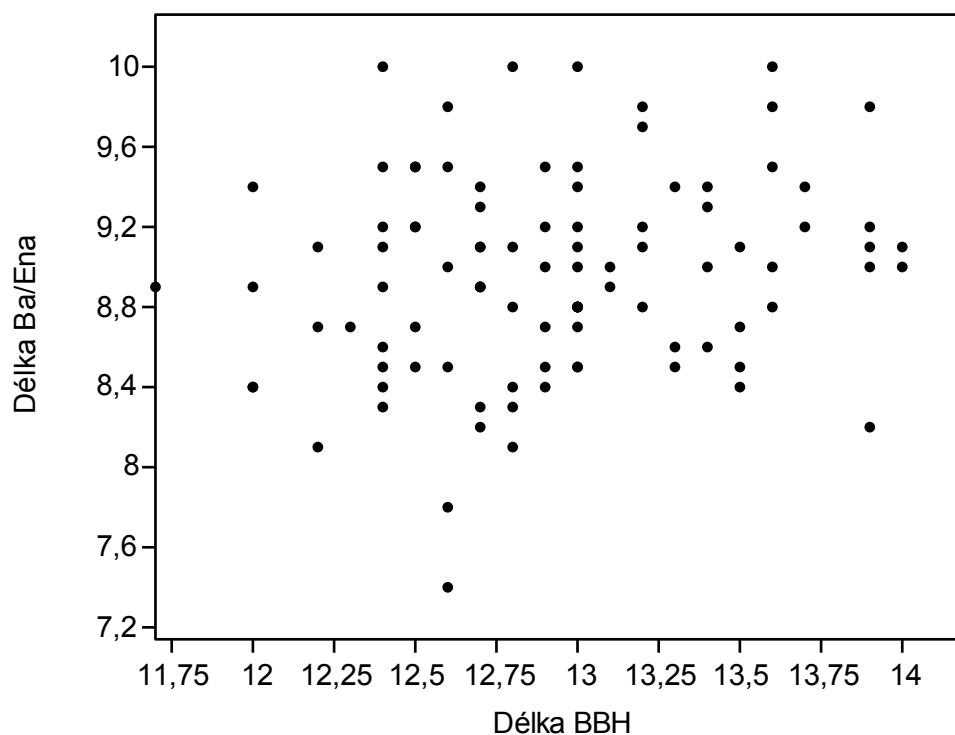
Tabulka 13. Základní statistické údaje pro všechny stanovené míry. Rozměr BBH-Mbs je označení BBH rozměru, který byl měřen na souboru Ducové.

	<i>n</i>	Průměr (mm)	SD (mm)	<i>P</i> (normalita)
BBH	100	129,7	5,5	0,068
Ba/Ena	100	89,7	5,0	0,033
Ba/La	100	107,3	5,3	0,036
Ba/Fmt	100	94,6	4,0	0,547
Ba/Ft	100	100,4	4,4	0,191
M9	100	96,2	4,4	0,275
VRR	100	75,2	4,5	0,428
FMR	100	70,1	4,4	0,454
EKR	100	119,7	4,6	0,29
Ba/Mbs	50	104,0	5,7	0,278
BBH-Mbs	50	133,0	6,0	0,005

Všechny narozvrhované rozměry měly normálový lineární průběh. Souhrn koeficientů korelace a determinace pro alternativní a standardní rozměry jsou uvedeny v Tabulce 14.

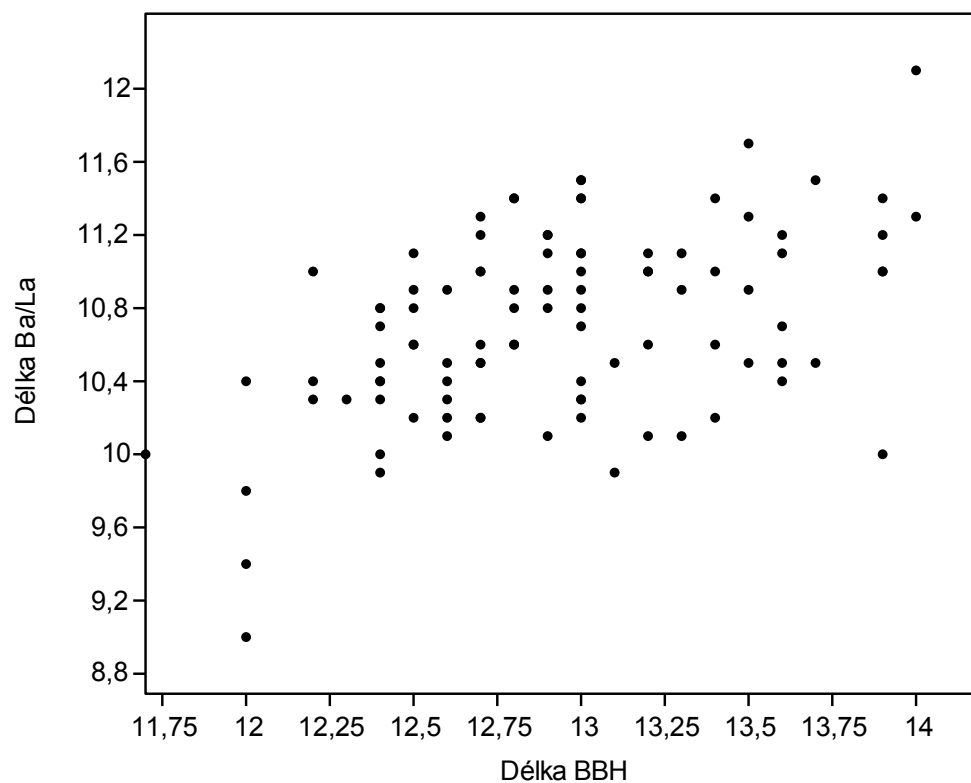
Korelace *BBH* s rozměrem *Ba/Ena* nám vychází následovně. Korelační koeficient $r = -0,039$. Tato hodnota značí nízkou těsnost a zároveň se jedná o nepřímou lineární závislost. Koeficient determinace je

$r^2 = 0,001$, což je nízký stupeň těsnosti. Z toho vyplývá, že tyto dva rozměry jsou na sobě téměř nezávislé.



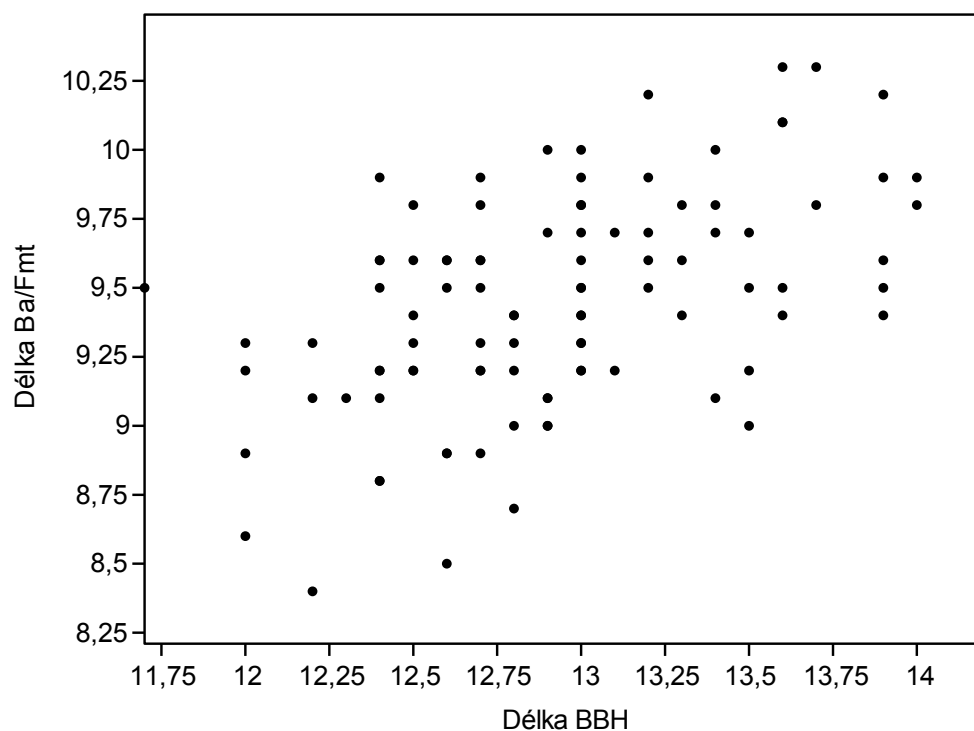
Graf 2. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/Ena ($r = -0,04$; $p = 0,033$)

Korelace *BBH* s rozměrem *Ba/La* vykazuje lepší hodnoty. Korelační koeficient $r = 0,506$ udává význačnou těsnost. Pokud však zhodnotíme koeficient determinace, zjistíme, že $r^2 = 0,25$. Jedná se o význačný stupeň těsnosti determinace. Rozměry jsou na sobě mírně závislé.



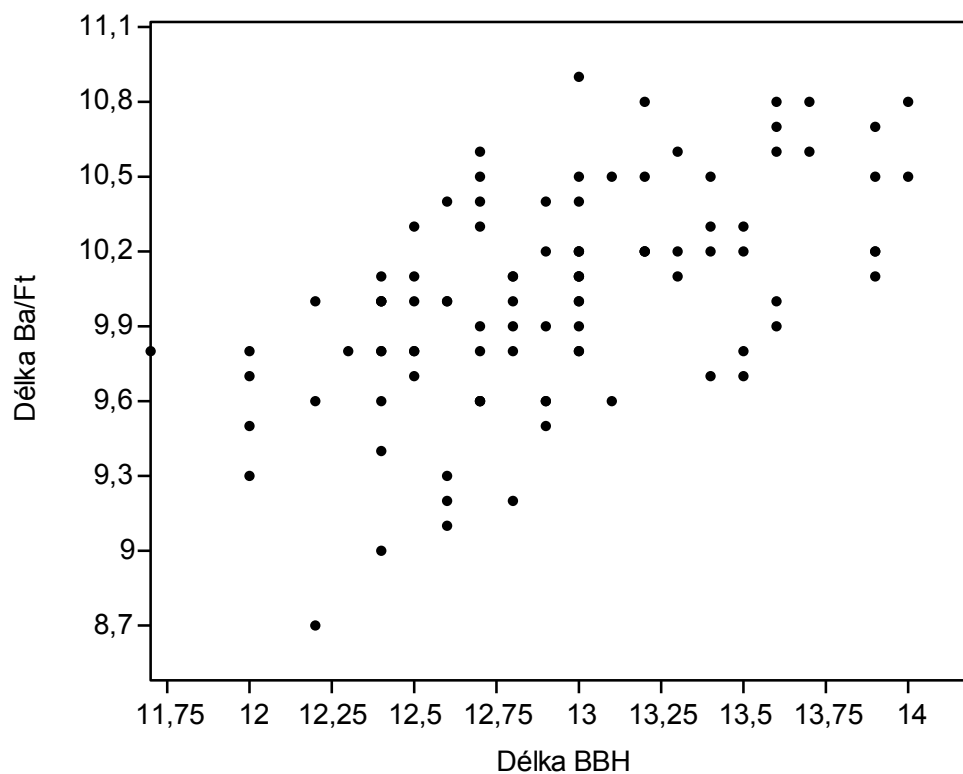
Graf 3. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/La ($r = 0,51$; $p = 0,036$).

Při zhodnocení korelace a regresní analýzy u rozměrů *BBH* a *Ba/Fmt* docházíme k hodnotám korelačního koeficientu $r = 0,428$ udávající mírnou těsnost. Korelační determinant $r^2 = 0,18$ udává mírný stupeň determinace. Tedy tyto dva rozměry jsou na sobě mírně závislé.



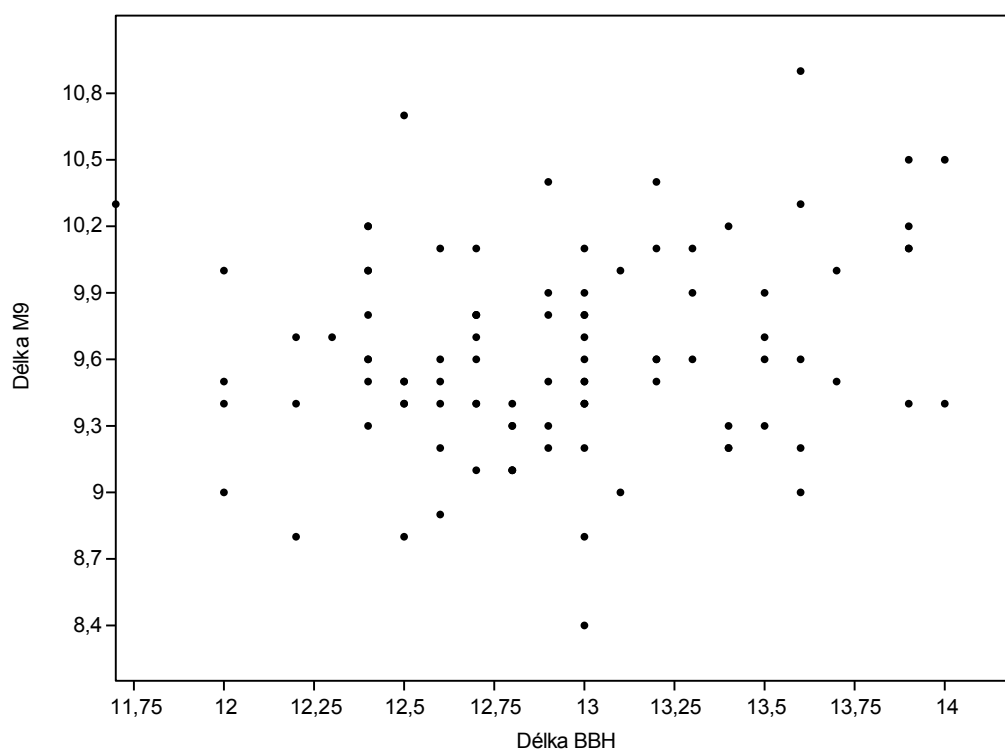
Graf 4. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/Fmt ($r = 0,43$; $p = 0,547$)

Rozměry *BBH* a *Ba/Ft* vykazují nejvyšší stupeň těsnosti. Korelační koeficient je v tomto případě $r = 0,558$. Jedná se tedy o těsnost význačnou. Koeficient determinace $r^2 = 0,31$ udává význačný stupeň těsnosti determinace. Tyto dva rozměry jsou na sobě význačně závislé.



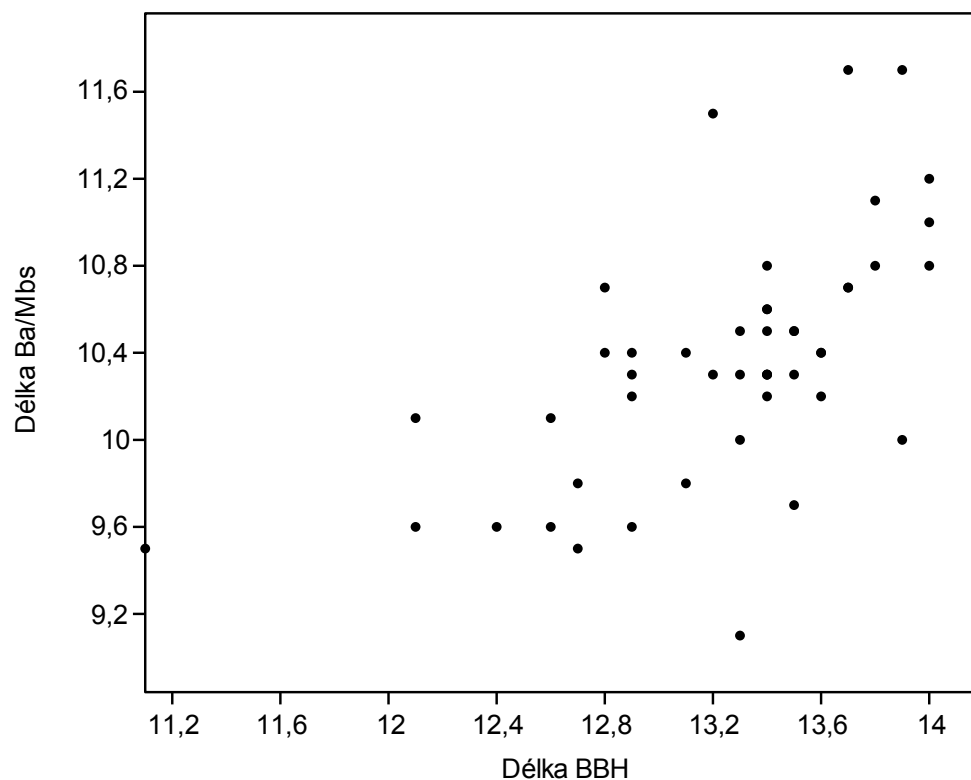
Graf 5. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/Ft ($r = 0,56$; $p = 0,191$).

Předposlední alternativní rozměr, tedy *M9* naopak v kontextu k BBH vykazuje nízký stupeň těsnosti. Koeficient korelace $r = 0,092$ udává nízkou těsnost, a koeficient determinace $r^2 = 0,01$ značí nízký stupeň těsnosti determinace. Z toho vyplývá, že tyto dva rozměry jsou na sobě téměř nezávislé.



Graf 6. Bodový korelační graf pro rozměr M9 ($r = 0,09$; $p = 0,275$).

Poslední alternativní rozměr je rozměr *Ba/Mbs*. Vztah tohoto rozměru s rozměrem *BBH* odpovídá korelačnímu koeficientu $r = 0,448$. Jedná se o mírnou těsnost. Koeficient determinace $r^2 = 0,2$ vykazuje mírný stupeň těsnosti determinace. Tyto dva rozměry jsou na sobě mírně závislé.



Graf 7. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/Mbs ($r = 0,45$; $p = 0,278$)

Standardnímu kraniometrickému rozměru VRR odpovídá korelační koeficient $r = 0,39$ a koeficient determinace $r^2 = 0,15$. Tento rozměr tedy vykazuje nízký stupeň těsnosti.

Standardní rozměr FMR vykazuje nízký stupeň těsnosti na základě korelačního koeficientu $r = 0,39$ a koeficientu determinace $r^2 = 0,15$.

Poslední standardní kraniometrický rozměr je EKR. Korelační koeficient $r = 0,7$ a koeficient determinace $r^2 = 0,5$ nám značí velkou těsnost.

Tabulka 14. Korelační a determinační koeficienty pro všechny rozměry.

	r	r ²
Ba/Ena	-0,04	0,001
Ba/La	0,51	0,25
Ba/Fmt	0,43	0,18
Ba/Ft	0,56	0,31
M9	0,09	0,01
Ba/Mbs	0,45	0,2
VRR	0,39	0,15
FMR	0,39	0,15
EKR	0,7	0,5

Na základě výpočtu korelačních a determinačních koeficientů jsme se snažili navrhnout regresní rovnice pro zvolené alternativní lebeční rozměry. Všechny navržené rovnice pracují s 95 % intervalem spolehlivosti. Jejich přehled je uveden v Tabulce 15.

Pro rozměr odhad BBH z rozměru Ba/Ena ($r = -0,04$) jsme vytvořili regresní rovnici:

$$BBH = 13,399807 - 0,041260 \cdot (Ba / Ena) .$$

Pro odhad BBH z rozměru Ba/La ($r = 0,51$) jsme vytvořili regresní rovnici:

$$BBH = 7,129487 - 0,548433 \cdot (Ba / La) .$$

Pro odhad BBH z rozměru Ba/Fmt ($r = 0,43$) jsme vytvořili regresní rovnici:

$$BBH = 7,129487 + 0,607891 \cdot (Ba / Fmt) .$$

Pro odhad BBH z rozměru Ba/Ft ($r = 0,56$) jsme vytvořili regresní rovnici:

$$BBH = 5,213786 + 0,772342 \cdot (Ba / Ft).$$

Pro odhad BBH z rozměru M9 ($r = 0,09$) jsme vytvořili regresní rovnici:

$$BBH = 11,804562 + 0,126742 \cdot M9.$$

Pro odhad BBH z rozměru Ba/Mbs ($r = 0,45$) jsme vytvořili regresní rovnici:

$$BBH = 9,546609 + 0,3697579 \cdot (Ba / Mbs).$$

Tabulka 15. Přehled navržených regresních rovnic pro alternativní kraniální rozměry.

	n	r	regresní rovnice
Ba/Ena	100	-0,04	$BBH = 13,399807 - 0,041260 \cdot (Ba/Ena)$
Ba/La	100	0,51	$BBH = 7,129487 - 0,548433 \cdot (Ba/La)$
Ba/Fmt	100	0,43	$BBH = 7,129487 + 0,607891 \cdot (Ba/Fmt)$
Ba/Ft	100	0,56	$BBH = 5,213786 + 0,772342 \cdot (Ba/Ft)$
M9	100	0,09	$BBH = 11,804562 + 0,126742 \cdot M9$
Ba/Mbs	50	0,45	$BBH = 9,546609 + 0,3697579 \cdot (Ba/Mbs)$

7 DISKUZE

Výsledky naší práce otvírají prostor pro diskuzi stávajících metod pro odhad výšky postavy a jejich možné alternativy. Cílem mé práce bylo navrhnout alternativní lebeční rozměry a s jejich pomocí navrhnout regresní rovnice pro výpočet BBH. Vybrali jsme tři standardní rozměry, které vykazovaly nejvyšší míru korelace. Dále jsme navrhli a vytvořili šest alternativních rozměrů i níž jsme předpokládali vysokou míru korelace s BBH. Výše popsané analýzy a výpočty jsme provedli vzhledem k principům, na kterých jsou založeny.

Při interpretaci výsledků vycházíme ze základních charakteristik našich dat. Nejprve sledujeme korelační výpočty pro standardní lebeční rozměry. Na základě nejvyšší míry korelace jsem vybral rozměry *poloměr vertexu*, *poloměr ektokonchia* a *poloměr frontomolare*. Přehled korelačních koeficientů pro všechny standardní rozměry je uveden v Tabulce 9. Na základě růstu a ontogeneze lebky jsme navrhli šest alternativních rozměrů: Ba/Ena, Ba/Ft, Ba/Fmt, Ba/La, Ba/Mbs, M9. Všechny rozměry jsem měřil na materiálu z depozitáře NM v Praze (n = 150). Jednalo se o dva soubory. První (n = 100) soubor byl kostnicového původu a sloužil ke změření rozměrů Ba/Ena, Ba/Ft, Ba/Fmt, Ba/La, M9. Lebky pocházely z nalezišť Velké Losenice (n = 7), Mouřenec (n = 54), Mělník (n = 16), Kotouň (n = 15), Němčevy (n = 5), Žabonosy (n=3). Druhý soubor (n = 50) byl soubor z pohřebiště Ducové. Tyto hroby byly odkryty mezi lety 1968-1975 a samotný soubor spadá do poloviny 16. až poloviny 19. století. Na základě Shapiro-Wilkova testu normality rozložení dat jsme zjistili, že jsou všechny rozměry normálně rozloženy. Shapiro-Wilkův test normality rozložení dat ale může zásadně ovlivnit výsledek. Někteří autoři upozorňují na to, že se tento test chová „těžkopádně“ u souborů, pro které platí $n > 50$ (Zar, 1999). Další možností chybného určení normality může být nenáhodný výběr z minulé, tedy původní populace. Tento jev je v paleoantropologii běžný. Na výsledné rozložení dat v souboru působí mnoho vlivů které mohou být biologického,

kulturního, environmentálního i metodologického charakteru (Brůžek, 2008). Pokud by se nejednalo o normální rozložení, indikoval by tento fakt například rozdíly v hodnotách znaku mezi pohlavími. Mohli bychom také uvažovat nad inferací k sociální stratifikaci nebo kulturní a etnické afinitě jedinců v souboru. Pro hlubší pochopení struktury sledovaných souborů by bylo vhodné srovnat popisné statistiky a testy normality rozložení dat v populaci s archeologickými daty. Tím bychom mohli získat jasnější představu o způsobu života (kulturní zvyky, substituční strategie) a její souvislosti s biologickými charakteristikami (výška postavy).

Abychom se vyhnuli chybným výsledkům, zařadili jsme do naší práce Dixonův test extrémních odchylek. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 11. Na základě Dixonova testu musela být vyloučena nejnižší hodnota ($Q_1 = 0,368$) pro rozměr Ba/Ft, která je zatížena hrubou chybou.

Na základě regresní diagnostiky a testu významnosti modelu není možné užít rozměry Ba/Ena ($F = 0,027$), Ba/Fmt ($F = 3,806$) a M9 ($F = 0,144$) užít k regresnímu odhadu. Přehled výsledků pro všechny rozměry je v Tabulce 12.

Pro vyjádření intraobservační chyby jsme užili Cohenovo Vážené kappa. Pouze v jednom případě byla nalezena perfektní shoda a to pro rozměr BBH ($k = 0,833$). Ovšem při 95 % IS nabývá rozměr BBH intervalu spolehlivosti 0,52 - 1,14. Střední míru shody vykazoval pouze rozměr Ba/Ft ($k = 0,573$), jehož interval spolehlivosti je nejširší (0,20 - 0,94). Ucházející shoda byla naměřena na rozměrech Ba/Fmt ($k = 0,301$) a VRR ($k = 0,233$). Rozměry Ba/La ($k = 0,246$), FMR ($k = 0,111$), EKR ($k = 0,1274$) vykazovaly mírnou shodu. Nejhorší, tedy slabou míru shody jsme pozorovaly u rozměrů Ba/Ena ($k = -0,045$) a M9 ($k = -0,046$). Tyto výsledky především ovlivnila rozdílná denní doba mezi měřeními. Nevylučujeme ani chybu způsobenou nepřesným měřením. Tuto chybu

jsme se snažili redukovat pomocí výběru takových lebek, u nichž byly měrné body dobře viditelné a rozpoznatelné.

Základními analytickými nástroji pro ověření spolehlivosti alternativních rozměrů jako základu pro odhad výšky BBH byla korelační a regresní analýza. Korelační analýza nám hodnotí sílu vztahu mezi BBH a zvolenými alternativními rozměry. Nejnižší hodnoty korelačního koeficientu sledujeme u rozměru Ba/Ena ($r = -0,039$). Naopak nejvyšší korelaci pozorujeme u rozměrů Ba/Ft ($r = 0,558$) a Ba/La ($r = 0,506$). Není tedy možné usuzovat z hodnot korelačních koeficientů použitelnost alternativních rozměrů jako spolehlivého základu pro odhad BBH a následně výšky postavy. Výsledky této analýzy jsou shrnuty v Tabulce 14. a lze konstatovat, že nejsou přínosné a hovoří v neprospěch předpokladu odhadu BBH z alternativních rozměrů.

Předpokládali jsme, že na základě údajů v literatuře budou mít alternativní rozměry vyšší korelaci s BBH a proto by bylo možné vytvořit spolehlivý nástroj pro odhad BBH. Tento předpoklad byl na základě korelační analýzy vyvrácen. Navíc hodnoty korelačních koeficientů nevypovídají v prospěch založení metody pro odhad BBH a následně výšky postavy založeném na alternativních rozměrech. Na základě informací z literatury jsme usuzovali o nejhorší korelaci BBH s Ba/La a to na základě možné silné defragmentarizace a špatné zachovalosti. Naše výsledky tento předpoklad vyvracejí. Rozměr Ba/La vykazoval druhou nejvyšší míru korelace ($r = 0,506$).

Uvědomujeme si, že námi získané výsledky mohli být ovlivněny v souvislosti s charakterem souborů, volbou metod měření a statistických analýz. Vzhledem k rozsáhlosti souboru a normálnímu rozložení dat bychom uvažovali o kladném výsledku naší práce. Naše výsledky však tyto předpoklady nespĺnily. Otázkou je, do jaké míry byly výsledky ovlivněny dalšími faktory.

Výsledky mohly být ovlivněny i další charakteristikou souborů a to s ohledem na rozložení dat. Soubory se kterými jsme pracovali byly náhodné. Mohli jsme tedy předpokládat normální zastoupení s ohledem na pohlaví nebo věk. Je tedy nepravděpodobné, že by se naše soubory v těchto parametrech lišily. Zastoupení pouze jedinců jednoho biologického pohlaví (v našem případě pouze jedna skupina dat neobsahovala ženské lebky a byla z výpočtu vyřazena) nebo jedinců obou pohlaví napovídá o vysoké hodnotě rozptylu. Pohlavní dimorfismus se mimo jiné projevuje právě na výšce postavy. Nerovnoměrné rozvrstvení pohlaví v souborech mohlo ovlivnit výsledky regresních a korelačních analýz. Provést podobné regresní a korelační analýzy vztahů alternativních rozměrů s rozměrem BBH na souborech s přesnou dokumentací pohlaví by bylo jistě přínosné.

Naše výsledky se mohou odlišovat i kvůli navrženým alternativním rozměrům, které jsme se rozhodli analyzovat. Protože jsme se zabývaly pouze vztahy na kostře, jsou výsledné odhady BBH z alternativních rozměrů možné užít pouze k odhadu výšky kostry. Korekce pro následný odhad výšky postavy je nutný.

8 ZÁVĚR

Naše práce s názvem: *Odhad rozměru bregma-basion z alternativních rozměrů lebky: využitelnost při odhadu výšky postavy*, se snaží podchytit a zjistit, zda je možné dopočítat či jinak odvodit rozměr *BBH* z jiných, alternativních kraniálních rozměrů. *Basion-bregmální* vzdálenost je nesmírně důležitá k odhadu výšky postavy zemřelého na základě anatomických metod. Vycházeli jsme ze studie Benjaminu Aurebacha (Auerbach, 2011a), který v roce 2011 vytvořil novou metodu odhadu rozměru chybějících kostí postkraniálního skeletu z kostí, které máme k dispozici. Ve své práci také uvádí teorii odvození *BBH* z postkraniálního skeletu. Dochází však k závěru, že odvození tohoto rozměru není možné. Zmiňuje se i o možnostech odhadu rozměru *BBH* z kraniálních rozměrů. Ihned však konstatuje, že je to nemožné, a to na základě výčtu mnoha faktorů, které tento odhad znemožňují (zachovalost, rozdílný ontogenetický růst, různý typ osifikace).

V naší práci se snažíme tento názor vyvrátit. Na základě alternativních rozměrů, které jsme navrhli, a statistických analýz, jsme se pokusili délku stanovit délku *BBH* skrze alternativní rozměry.

K dispozici jsme měli čtyři testovací soubory. První sloužil ke zjištění korelace *BBH* ke všem daným kraniometrickým rozměrům. Druhý soubor sloužil jako učební pomůcka pro nacvičení správného vyhledávání kraniálních bodů a měření rozměrů. Třetí soubor ($n = 100$) byl hlavním testovacím souborem, na kterém jsme praktikovali své teorie a domněnky. Jelikož jeden rozměr nebylo možné v tomto souboru změřit, uchýlili jsme se k výběru druhého testovacího souboru z naleziště Ducové ($n = 50$).

Rozměry jsme podrobili statistickým analýzám a vyhodnotil výsledky. Žádný z námi navržených rozměrů nevykazoval vysokou míru závislosti na rozměru *BBH*.

Na základě regresních a korelačních analýz použitých v mé práci, jsme se snažili zjistit, zda je možné odhadnout BBH z alternativních rozměrů na lebce. Žádný alternativní rozměr nebyl silně závislý na rozměru *BBH*. Z tohoto usuzujeme, že možnost dopočítání či odvození délky *BBH* z jiných rozměrů lebky (ať už daných či alternativních) nelze. Možnost odvození *BBH* z postkraniálního skeletu jsme se snažili podchytit, Benjamin Auerbach (Auerbach, 2011a), došel k závěru, že odhad výšky postavy jedince je velmi nepřesný.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

- Agresti A, Finlay B. 1997. Statistical methods for the social sciences. New Jersey: Prentice Hall.
- Auerbach BM. 2007. Human skeletal variation in the New World during the Holocene: effects of climate and subsistence acrosss geografy and time. John Hopkins University.
- Auerbach BM. 2010. Human variation in the Americas: the integration of archeology and biological antropology. Carbondale, IL: Center for archeological Investigations: 172-214.
- Auerbach BM. 2011a. Methods for estimating missing human skeletal element osteometric dimensions employed in the revised fully technice for estimating stature. American Journal of Physical Anhtropology 145: 67-80.
- Auerbach BM. 2011b. Reaching great heights: ganges in the indigenous stature, body size, and body shape with agricultural intensification in North America. London: Wiley-Liss: 203-233.
- Auerbach BM, Ruff CB. 2010. Stature estimation formulae for indigenous North American populations. American Journal of Physical Anthropology 141: 190-207.
- Bach H. 1965. Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßenknochen weiblicher Skelette. Anthropologischer Anzeiger 29: 12-21.
- Bräuer G. 1988. Osteometrie. In: Knussmann R, editor. Antropologie: handbuch der vergleichended biologie des menschen I. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag: 160-230.

- Brůžek J. 2008. Současná česká paleodemografie: falešné naděje přílišného optimismu a nový reálný cíl. *Archeologické rozhledy* LX: 329-344.
- Cohen J. 1960. A coefficient of agrément for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* 20: 37-46.
- Cohen J. 1968. Weight kappa: nominal scale agrément with provision for scale and disagreement or partial credit. *Psycho. Bull.* 70: 213-220.
- Crist TAJ, Washburn AP, Hydow HI, Hickey MA. 1997. Cranial bone displacement as a taphonomic process in potential child abuse cases. In: Haglund, William-Sorg, Marcella, ed., *Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains*. Boca Raton, Boston, London, New York, Washington D.C.: CRC Press: 319-336.
- Černý M, Komenda S. 1982. Reconstruction of body height based on humerus and femur lengths (material from Czech lands). *Anthropological Congress of Aleš Hrdlička*. Praha: Univerzita Karlova: 475-479.
- Čihák R. 2001. *Anatomie 1*. Praha. Nakladatelství Grada.
- Daws C, Ross D, Mallet X. 2011. *Forensic anthropology: 2000-2010*. Boca Raton: CRC Press Taylor and Francis Group.
- Denys C. 2002. Taphonomy and experimentation. *Archaeometry*: 469-484.
- Dobsíková M, Velemínský P, Zocová J, Beran M. 2000. Výpočet délky těla z délky dlouhých kostí. Smolenice 1999. Zborník referátov a posterov z antropologických dní s medzinárodnou účasťou, 25.-26. 10. 1999. Bratislava: Slovenská antropologická spoločnosť pri SAV: 33-37.

- Drozdová E. 2004. Základy osteometrie. Brno. Nakladatelství a vydavatelství Nauma.
- Duyar I, Pelin C. 2010. Estimating body height from ulna length: need of a population-specific formula. *Euroasian Journal of Anthropology* 1: 11-17.
- El-Najjar MY, McWilliams KR. 1978. Forensic anthropology: the stature, morphology, and variation of human bone and dentition.
- Fully G. 1956. Une nouvelle méthode de détermination de la taille. *Annales de médecine légale, criminologie, police scientifique et toxicologie* 36: 266-273.
- Giannecchini M, Moggi-Cecchi J. 2008. Stature in archeological samples from central Italy: methodological issues and diachronic changes. *American Journal of Physical Anthropology* 135: 284-292.
- Godolphim BH, Godolphim BF, Huning SV. 1995. Proposta de cefalograma circular para estudo longitudinal de crescimento. *Ortodontia* 28: 75-88.
- Godolphim BH, Pereira CB, Godolphim BF, Huning SV. 1994. Estudo longitudinal do crescimento crânio-facial: análise circular. *Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre* 35: 3-8.
- Hanáková H, Sekáčová A, Stloukal M. 1984a. Pohřebiště v Ducovém 1. Praha. Národní muzeum.
- Hanáková H, Sekáčová A, Stloukal M. 1984b. Pohřebiště v Ducovém 2. Praha. Národní muzeum.
- Hindls R, Likeš J, Cyhelský L. 1993. Úvod do statistiky a pravděpodobnosti-Statistika A. VŠE Praha.

- Horky LL, Galimi F, Gage FH, Horner PJ. 2006. Fate of endogenous stem/progenitor cells following spinal cord injury. *Journal of Comparative Neurology* 498: 525-538.
- Howells WW. 1973. Cranial variation in man: a study by multivariate analysis of patterns of difference among recent human populations. *Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology*. Cambridge: MA:Harvard University Press.
- Howells WW. 1989. Skull shapes and the map. Craniometric analyses in the dispersion of modern Homo. *Papers of the Peabody Museum Of Archeology and Ethnology* 67.
- Howells WW. 1995. Who's who in skulls. Ethnic identification of crania from measurements. *Papers of the Peabody Museum of Archeology and Ethnology* 82.
- Howells WW. 1996a. Howell's craniometric data on the internet: Notes and comments. *American Journal of Physical Anthropology* 101: 441-442.
- Howells WW. 1996b. Howell's craniometric data on the internet. <http://www.cleber.com.br/howells.html>
- Hulbut SA. 2000. The taphonomy of cannibalism: A review of anthropogenic bone modification in the american southwest. *International Journal of Osteoarcheology* 10: 4-26.
- Jacobsson U, Westergren A. 2005. Statistical methods for assessing agrément for orval data. *Scand. J. Caring. Sci.* 19: 427-431.
- Jantz RL. 2000. Secular change in craniofacial morphology. *American Journal of Physical Anthropology* 12: 327-338.
- Jurda M. 2008. Tafonomické změny lidské lebky z pohledu geometrické morfometrie. Masarykova univerzita Brno: Diplomová práce.

- Knussmann R. 1988. Anthropologie, handbuch der vergleichenden biologie des menschen (4. auflage des lehrbuchs der Anthropologie begründet von Rudolf Martin), Band 1 und 2. Stuttgart: Gustav Fischer.
- Kohn LP. 1991. The role of genetics in craniofacial morphology. Annual Review of Anthropology 20: 261-278.
- Kurki HK, Ginter JK, Stock JT, Pfeiffer S. 2010. Body size estimation of small-bodied humans: applicability of current methods. American Journal of Physical Anthropology 141: 169-180.
- Kuželka V. 1999. Osteometrie: In: Stloukal et al., Antropologie: Příručka pro studium kostry. Praha: Narodni muzeum: 105 -112.
- Landis JR, Koch GG. 1977. The measurement of Observer Agreement for categorical data. Biometrics 33: 159-174.
- Manouvrier L. 1894. La determination de la taille d'apres les grands os des membres. Memoires de la Societe d'Anthropologie de Paris 4: 347-402.
- Martin R, Saller K. 1957. Lehrbuch der anthropologie. Stuttgart.
- Microsoft. 2010. MS Office Excel. www.microsoft.com.
- Moore KL, Persaud TVN. 2002. Zrození člověka. Praha.
- Orfila MJB, Lesueur MO. 1831. Traité des exhumation juridique et considérations sur les changemens physiques que les cadavres éprouvent en se pourrissant dans la terre, dans l'eau, dans les fosses d'aisance et dans le fumier. Paris: Béchet Jeune.

- Pearson K. 1899. VII. Mathematical contribution to the theory of evolution. V. On the reconstruction of the stature of prehistoric races. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, 187: 253-318.
- Pinhasi R, Stock JT. 2011. Human bioarchaeology of the transition to agriculture. London: Wiley-Liss.
- Raxter MH, Auerbach BM, Ruff CB. 2006. Revision of the Fully technique for estimating statures. American Journal of Physical Anthropology 130: 374-384.
- Raxter MH, Ruff CB, Auerbach BM. 2007. Technical note: revised fully stature estimation technique. American Journal of Physical Anthropology 133: 817-818.
- Raxter MH, Ruff CB, Azab A, Erfan M, Soliman M, El-Sawaf A. 2008. Stature estimation in ancient Egyptians: a new technique based on anatomical reconstruction of stature. American Journal of Physical Anthropology 136: 147-155.
- Reif J, Kobeda Z. 2004. Úvod do pravděpodobnosti a spolehlivosti. Západočeská univerzita v Plzni.
- Reif J. 2004. Metody matematické statistiky. Západočeská univerzita v Plzni.
- Rollet E. 1888. De la mensuration des os longs des metres dans ses rapports avec antropologie, la clinique et la médecine judiciaire. Lyon - Paris: Stock - Steinheil.
- Ruttkay A. 1971. Druhá fáza kostěného cintorína na Kostolci při Dučovom. In: Zaniklé středověké vesnice v ČSSR ve světle archeologických výzkumů. Uherské Hradiště: 29-48.

- Ruttkay A. 1972. Výskum včesnostredovekého opevneného sídla v Ducovom. Archeologické rozhledy 24: 130-139; 217-220.
- Ruttkay A. 1973. Sídlo velkomoravského velmoža v Ducovom pri Piešťanoch. Domová pokladnica. Bratislava: 109-113.
- Ruttkay A. 1976. Výsledky výskumu v Ducovom na Kostolci v rokoch 1968-1972 a 1975. Archeologické výskumy a nálezy na Slovensku. Nitra: 190-196.
- Sjøvold T. 1990. Estimation of stature from long bones utilizing the line of organic correlation. Human Evolution 5: 431-447.
- StatSoft, Inc. 2002. STATISTICA 7.0 (data analysis software system). www.statsoft.com.
- Steele DG. 1970. Estimation of stature from fragments of long limb bones. National Museum of Natural History: 85-97.
- Steele DG, Mc Kern TM. 1969. A method for assessment of maximum long bone length and living stature from fragmentary long bones. American Journal of Physical Anthropology 31: 215-227.
- Stewart TD. 1979. Essentials of forensic anthropology. Springfield.
- Stloukal M, Hanáková H. 1999. Antropologie. Příručka pro studium kostry. Praha. Národní muzeum v Praze.
- Svatošová L, Kába B. 2011. Statistické metody 1. Česká zemědělská univerzita. Praha.
- Thurzo M, Beňuš R. 2005. Základy Tafonomie hominidov a iných stavovcov. Bratislava.
- Trotter M. 1970. Estimation of stature from input limb bones. Acta Anat 9: 103-117.

- Trotter M, Gleser GC. 1952. Estimation of stature from long bones of american whites and negros. *American Journal of Physical Anthropology* 10(4): 463-514.
- Ulijaszek SJ, Johnston FE, Preece MA. 1998. *Human growth and development*. Cambridge university press.
- Vacek Z. 1992. *Embryologie pro pediatrii*. Praha: Karolinum
- Zar JH. 1999. *Biostatistical analysis*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Zeman T, Králík M. 2012. Historický přehled principů tvorby metod pro odhad výšky postavy člověka na základě skeletu. *Anthropologia Integra* 3: 7-22.

10 SUMMARY

My thesis is called *The estimate of bregma-basion high from alternative skull dimension: applicability in stature estimation* and I tried to find out whether is possible to calculate or otherwise derive dimension of *BBH* from other alternative cranial dimensions. *BBH* distance is extremely important to estimate the high of the stature of the deceased according to the anatomical methods. I started from the study of Benjamin Aurebach, who in 2011 created a new method of estimating the size of the missing bone in postcranial skeleton of bones that we have available. In his work he also presents theory which is illation from *BBH* postcranial skeleton. He is, however, concluded that the derivation of this dimension is not possible. It talks about the possibilities of estimating the size of the *BBH* cranial dimensions. He concluded immediately, that this is impossible too, on the basis of the list of many factors that make it impossible to estimate this.

In my work I try to refute this view. On the basis of alternative dimensions, which I designed myself, and statistical analysis, I attempted to determine the length of *BBH* through these alternative dimensions.

There I had four test files. The first was used to determine the correlation of *BBH* given to all craniometric dimensions. The second set served as a teaching aid to rehearse the correct search points and cranial measurements of dimensions. The third set (n = 100) was the main test file, in which I practiced my theories and beliefs. Because it was impossible to measure one dimension in this set, I selected a second test file from the site Ducové (n = 50). I used statistical analysis to measure dimensions and then I evaluate these results. None of my design dimensions showed a high level of dependence on the size of *BBH*.

11 SEZNAM PŘÍLOH

Tabulka 1. Výpočet výšky postavy z délek dlouhých kostí u mužů (Kuželka, 1999).....	8
Tabulka 2. Procentuální vyjádření chybějících obratlů (El-Najjar et al., 1978).....	10
Tabulka 3. Korekce velikosti při převodu z kosterní výšky na výšku živého jedince (El-Najjar et al., 1978).....	11
Tabulka 4. Rovnice pro odhad výšky postavy leukodermické (bílé) populace (Trotter, 1970).....	14
Tabulka 5. Rovnice pro odhad výšky postavy melanodermální (negroidní) populace (Trotter, 1970).....	15
Tabulka 6. Shoda dle Landis & Koch (1977).....	44
Tabulka 7. Kritické hodnoty $Q_{n,\alpha} = Q_{1,\alpha}$ pro Dixonův test (Hindls et al., 1993).....	46
Tabulka 8. Hodnocení těsnosti lineární závislosti.....	52
Tabulka 9. Korelační koeficienty vybraných standardních rozměrů pro každou populaci zvlášť.....	35
Tabulka 10. Hodnocení intraobservační chyby.....	56
Tabulka 11. Přehled hodnot Dixonova testu ($Q = 0,32$).....	59
Tabulka 12. Hodnoty F pro alternativní rozměry.....	60
Tabulka 13. Základní statistické údaje pro všechny stanovené míry (Rozměr BBH - Mbs je označení BBH rozměru, který byl naměřen na souboru Ducové).....	61

Tabulka 14. Korelační a determinační koeficienty pro všechny rozměry.....	68
Tabulka 15. Přehled navržených regresních rovnic pro alternativní kraniální rozměry.....	69
Tabulka 16. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>BBH</i>	90
Tabulka 17. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>Ba/Ena</i>	90
Tabulka 18. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>Ba/Ft</i>	91
Tabulka 19. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>M9</i>	91
Tabulka 20. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>FMR</i>	92
Tabulka 21. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>Ba/La</i>	92
Tabulka 22. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>Ba/Fmt</i>	93
Tabulka 23. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>VRR</i>	93
Tabulka 24. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>EKR</i>	94
Tabulka 25. Kompletní přehled naměřených hodnot na materiálu NMPraha.....	96

Tabulka 26. Kompletní přehled naměřených hodnot na materiálu z naleziště Ducové.....	98
---	----

Graf 1. Hodnocení intraobservační chyby	57
Graf 2. Bodový korelační graf pro rozměr <i>Ba/Ena</i> ($r = -0,04$; $p = 0,033$).....	62
Graf 3. Bodový korelační graf pro rozměr <i>Ba/La</i> ($r = 0,51$; $p = 0,036$).....	63
Graf 4. Bodový korelační graf pro rozměr <i>Ba/Fmt</i> ($r = 0,43$; $p = 0,547$).....	64
Graf 5. Bodový korelační graf pro rozměr <i>Ba/Ft</i> ($r = 0,56$; $p = 0,191$).....	65
Graf 6. Bodový korelační graf pro rozměr <i>M9</i> ($r = 0,09$; $p = 0,275$).....	66
Graf 7. Bodový korelační graf pro rozměr <i>Ba/Mbs</i> ($r = 0,45$; $p = 0,278$).....	67

Obrázek 1. Rovnice vytvořené Pearsonem (Pearson, 1899).....	9
Obrázek 2. Rovnice pro odhad výšky postavy dle Breitingera a Bacha (Kuželka, 1999; Bach, 1965).....	12
Obrázek 3. Regresivní rovnice pro výpočet výšky postavy dle Černého a Komendy (Černý et al., 1982).....	13
Obrázek 4: Regresivní rovnice dle Sjøvolda (Sjøvold, 1990).....	13
Obrázek 5. Regresní vzorce pro výpočet výšky živého jedince (v cm) z neúplné stehenní kosti (El-Najjar et al., 1978; Steele, 1970).....	16
Obrázek 6. Grafické znázornění alternativních rozměrů.....	34
Obrázek 7. Grafické znázornění rozměru <i>M9</i>	35
Obrázek 8. Grafické znázornění bodu <i>Ena</i>	38
Obrázek 9. Grafické znázornění bodu <i>frontomalare temporale</i>	39
Obrázek 10. Grafické znázornění bodu <i>frontotemporale</i>	40
Obrázek 11. Grafické znázornění bodu <i>lambda</i>	41
Obrázek 12. Grafické znázornění bodu <i>Mbs</i>	42

Tabulka 16. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr *BBH*.

Lebka	BBH									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Měření č.1	13,2	14,3	12,7	13,7	13,1	12,7	14,2	14,2	11,6	12,6
Měření č.2	13,2	14,2	12,7	13,7	13,1	12,7	14,2	14,2	11,6	12,6
Měření č.3	13,2	14,4	12,6	13,6	13,2	12,7	14,0	14,2	11,6	12,6
Měření č.4	13,2	14,3	12,6	13,7	13,0	12,7	14,2	14,2	11,6	12,5
Měření č.5	13,2	14,3	12,6	13,7	13,0	12,7	14,3	14,2	11,6	12,6
Měření č.6	13,2	14,3	12,6	13,7	13,1	12,7	14,2	14,2	11,6	12,6
Měření č.7	13,2	14,3	12,6	13,7	13,1	12,7	14,2	14,2	11,6	12,5
Měření č.8	13,3	14,3	12,6	13,7	13,1	12,7	14,1	14,3	11,6	12,6
Měření č.9	13,3	14,3	12,6	13,6	13,1	12,6	14,2	14,2	11,6	12,6
Měření č.10	13,2	14,3	12,6	13,7	13,0	12,7	13,9	14,3	11,6	12,6

Tabulka 17. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr *Ba/Ena*.

Lebka	Ba/Ena									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Měření č.1	9,2	7,9	8,8	9,7	9,6	9,0	8,7	8,3	8,0	8,3
Měření č.2	9,4	7,9	8,7	9,4	9,5	8,8	8,6	8,0	7,9	8,3
Měření č.3	9,2	8,0	8,5	9,6	9,6	8,8	8,7	8,1	7,8	8,3
Měření č.4	9,2	7,9	8,8	9,6	9,6	8,9	8,8	8,3	8,0	8,1
Měření č.5	9,2	7,9	8,4	9,7	9,6	9,0	8,8	8,3	7,9	8,3
Měření č.6	9,3	7,9	8,8	9,7	9,5	9,0	8,7	8,3	7,8	8,3
Měření č.7	9,2	7,9	8,7	9,7	9,6	9,0	8,7	8,3	8,0	8,3
Měření č.8	9,2	8,0	8,8	9,6	9,6	9,0	8,7	8,1	7,8	8,3
Měření č.9	9,2	7,9	8,8	9,7	9,6	8,9	8,8	8,3	7,9	8,3
Měření č.10	9,2	7,9	8,8	9,7	9,6	9,0	8,7	8,3	7,9	8,3

Tabulka 18. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr Ba/Ft .

Lebka	Ba/Ft									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Měření č.1	9,8	9,3	10,2	10,5	10,1	9,5	10,5	10,0	9,9	9,5
Měření č.2	9,8	9,3	10,2	10,5	10,2	9,4	10,4	10,0	9,9	9,4
Měření č.3	9,7	9,3	10,3	10,6	10,0	9,2	10,2	10,0	9,9	9,4
Měření č.4	9,8	9,3	10,2	10,7	10,2	9,4	10,4	10,0	9,9	9,5
Měření č.5	9,7	9,3	10,2	10,6	10,2	9,5	10,5	10,0	10,0	9,4
Měření č.6	9,7	9,3	10,3	10,7	10,1	9,4	10,4	10,0	9,9	9,4
Měření č.7	9,8	9,2	10,0	10,7	10,2	9,5	10,4	10,0	10,0	9,5
Měření č.8	9,8	9,3	10,2	10,7	10,2	9,3	10,4	10,0	9,9	9,5
Měření č.9	9,8	9,3	10,3	10,6	10,2	9,4	10,5	10,0	9,9	9,4
Měření č.10	9,8	9,1	10,2	10,7	10,2	9,5	10,4	10,0	9,9	9,4

Tabulka 19. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr $M9$.

Lebka	M9									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Měření č.1	9,2	8,9	10,0	10,2	9,3	9,8	9,2	10,2	8,7	9,9
Měření č.2	9,3	8,6	10,0	10,6	9,5	9,9	9,0	10,3	8,7	10,0
Měření č.3	9,3	8,6	10,2	10,5	9,3	9,7	9,0	10,2	8,7	10,0
Měření č.4	9,3	8,7	10,0	10,4	9,4	9,9	9,1	10,4	8,7	9,9
Měření č.5	9,3	8,9	10,1	10,5	9,5	9,8	9,0	10,2	8,6	10,1
Měření č.6	9,2	8,8	10,0	10,5	9,5	9,9	9,0	10,2	8,7	10,0
Měření č.7	9,3	8,9	10,2	10,4	9,5	9,9	9,0	10,2	8,8	10,0
Měření č.8	9,3	8,9	10,2	10,4	9,5	9,8	9,1	10,2	8,8	10,0
Měření č.9	9,3	8,9	10,0	10,5	9,4	9,8	9,1	10,2	8,7	10,0
Měření č.10	9,3	8,9	10,1	10,5	9,5	9,8	9,1	10,2	8,7	10,1

Tabulka 20. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr *FMR*.

Lebka	FMR									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Měření č.1	6,9	6,6	7,4	6,3	8,0	7,1	6,0	8,1	6,7	7,2
Měření č.2	6,9	6,4	7,4	6,2	7,9	7	6,0	8,0	6,6	7,3
Měření č.3	6,9	6,5	7,4	6,2	7,9	7,1	6,0	7,9	6,7	7,4
Měření č.4	6,8	6,6	7,4	6,2	7,9	7,1	6,2	7,9	6,6	7,4
Měření č.5	6,8	6,6	7,4	6,2	7,8	7,1	6,0	7,9	6,7	7,4
Měření č.6	6,9	6,5	7,3	6,3	7,9	7,1	6,0	8,0	6,6	7,3
Měření č.7	6,8	6,5	7,4	6,4	7,9	7,1	6,2	8,0	6,6	7,4
Měření č.8	6,9	6,5	7,4	6,3	8,0	7,1	6,1	8,0	6,6	7,2
Měření č.9	6,9	6,5	7,4	6,3	8,0	7,1	6,1	8,0	6,6	7,4
Měření č.10	6,9	6,5	7,4	6,3	8,0	7,0	6,1	7,9	6,7	7,4

Tabulka 21. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr *Ba/La*.

Lebka	Ba/La									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Měření č.1	10,2	10,5	11,0	10,8	11,2	10,5	10,4	10,6	10,3	10,8
Měření č.2	10,0	10,5	10,9	10,8	11,2	10,6	10,4	10,6	10,3	10,7
Měření č.3	10,0	10,6	10,8	10,8	11,1	10,6	10,5	10,6	10,3	10,8
Měření č.4	10,1	10,6	10,9	10,8	11,2	10,5	10,4	10,7	10,3	10,7
Měření č.5	10,1	10,6	11,0	10,8	11,2	10,4	10,4	10,6	10,4	10,8
Měření č.6	10,0	10,6	11,0	10,6	11,2	10,5	10,3	10,6	10,5	10,8
Měření č.7	10,0	10,6	10,9	10,8	11,2	10,5	10,4	10,6	10,4	10,8
Měření č.8	10,0	10,6	11,0	10,8	11,1	10,5	10,5	10,6	10,3	10,8
Měření č.9	9,9	10,6	10,9	10,8	11,0	10,5	10,4	10,7	10,3	10,8
Měření č.10	10,0	10,6	10,9	10,8	11,2	10,4	10,3	10,8	10,3	10,8

Tabulka 22. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr *Ba/Fmt*.

Lebka	Ba/Fmt									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Měření č.1	9,9	8,5	10,0	10,3	9,4	9,2	10,5	9,5	8,8	9,6
Měření č.2	9,8	8,8	10,0	10,3	9,4	9,4	10,6	9,4	8,8	9,6
Měření č.3	9,8	8,8	9,9	10,3	9,7	9,4	10,7	9,5	8,7	9,7
Měření č.4	9,8	8,8	10,0	10,3	9,7	9,2	10,6	9,5	8,8	9,6
Měření č.5	9,8	8,7	9,7	10,2	9,7	9,3	10,7	9,4	8,8	9,9
Měření č.6	9,8	8,4	9,9	10,3	9,6	9,5	10,6	9,5	8,8	9,6
Měření č.7	9,8	8,8	9,9	10,3	9,7	9,4	10,6	9,5	8,8	9,7
Měření č.8	9,8	8,5	9,8	10,3	9,7	9,4	10,7	9,4	8,8	9,7
Měření č.9	9,8	8,8	9,9	10,2	9,5	9,4	10,6	9,5	8,7	9,7
Měření č.10	9,8	8,8	9,9	10,3	9,7	9,4	10,7	9,5	8,8	9,7

Tabulka 23. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr *VRR*.

Lebka	VRR									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Měření č.1	11,7	12,9	10,9	12,2	11,4	11,5	12,6	12,2	11,1	11,1
Měření č.2	11,8	12,9	10,9	12,2	11,4	11,5	12,5	12,4	10,9	11,1
Měření č.3	11,8	12,8	10,9	12,2	11,5	11,5	12,6	12,3	10,9	11,2
Měření č.4	11,7	12,9	10,8	12,3	11,4	11,5	12,6	12,4	10,9	11,2
Měření č.5	11,7	12,9	10,9	12,3	11,6	11,5	12,4	12,4	11,1	11,2
Měření č.6	11,8	13,0	10,9	12,3	11,5	11,5	12,2	12,4	11,0	11,1
Měření č.7	11,8	12,9	10,9	12,3	11,5	11,5	12,6	12,3	11,1	11,2
Měření č.8	11,8	12,9	10,9	12,3	11,5	11,5	12,6	12,4	11,1	11,2
Měření č.9	11,8	12,8	10,9	12,3	11,4	11,5	12,6	12,4	11,1	11,2
Měření č.10	11,8	12,9	10,9	12,3	11,5	11,5	12,6	12,5	11,1	11,2

Tabulka 24. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr *EKR*.

Lebka	EKR									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Měření č.1	6,6	6,0	8,1	7,2	7,8	6,4	6,8	8,0	7,7	6,0
Měření č.2	6,5	6,2	7,9	7,2	7,8	6,2	6,8	8,1	7,7	6,0
Měření č.3	6,5	6,2	7,9	7,3	7,8	6,5	6,8	8,0	7,7	6,0
Měření č.4	6,4	6,1	7,9	7,2	7,8	6,4	6,8	8,0	7,7	6,0
Měření č.5	6,5	6,2	8,1	7,2	7,8	6,4	6,7	8,0	7,7	6,0
Měření č.6	6,5	6,2	8,0	7,3	7,8	6,4	6,8	8,1	7,6	6,0
Měření č.7	6,4	6,2	7,9	7,2	7,8	6,4	6,8	8,1	7,7	6,1
Měření č.8	6,6	6,0	7,9	7,2	7,8	6,5	6,7	8,1	7,7	6,0
Měření č.9	6,4	6,2	7,9	7,2	7,8	6,4	6,7	8,0	7,6	6,0
Měření č.10	6,5	6,2	7,9	7,2	7,8	6,4	6,7	8,0	7,7	6,0

Tabulka 25. Kompletní přehled naměřených hodnot na materiálu
NM Praha.

číslo hr.	Naleziště	Pohlaví	BBH	Ba/Ena	Ba/Lambda	Ba/Fmt	Ba/Ft	M9	VRR	FMR	EKR
I. Ab 10	Velké losenice	M	12,4	8,9	9,9	9,6	10,1	9,8	7,2	6,7	11,5
I. Ab 9	Velké losenice	N	13,5	8,5	10,5	9,0	9,7	9,6	7,4	7,3	12,2
I. Da 39	Mouřenec	N	12,9	9,5	10,1	9,7	10,2	9,3	7,1	6,4	11,8
I. Db 38	Mouřenec	N	13,3	8,5	10,1	9,4	10,1	10,1	7,9	7,1	12,6
I. Cb 1	Mouřenec	N	12,4	10,0	10,3	9,9	10,0	10,2	6,6	6,1	11,6
I. Db 11	Mouřenec	N	13,0	8,5	11,1	9,5	10,1	8,8	7,8	7,3	12,2
I. Bb 12	Mouřenec	N	13,9	9,8	11,0	10,2	10,7	10,1	7,8	7,1	12,5
I. Ob 23	Mouřenec	F	12,2	9,1	11,0	9,3	10,0	9,4	8,1	7,8	11,6
I. Ab 24	Velké losenice	F	12,4	8,6	10,8	8,8	9,0	9,6	7,1	6,6	11,5
I. Ab 27	Velké losenice	F	13,0	9,1	11,4	9,9	10,4	9,8	7,4	6,7	11,4
I. Db 24	Mouřenec	N	13,6	8,8	11,1	9,5	9,9	9,0	7,8	7,2	12,4
I. Ob 35	Mouřenec	F	12,4	9,1	10,4	9,5	10,0	9,3	7,2	6,9	11,4
I. Cb 25	Mouřenec	F	12,8	10,0	10,6	9,4	10,1	9,1	7,8	7,6	11,7
I. Ob 10	Mouřenec	F	12,9	8,5	11,1	9,1	9,9	9,8	6,4	5,9	11,5
I. Ob 17	Mouřenec	N	13,0	10,0	10,3	10,0	10,5	10,1	7,9	7,2	12,5
I. Da 72	Mouřenec	N	14,2	9,2	11,8	10,3	10,9	9,6	8,6	8,0	12,7
I. Db 13	Mouřenec	N	13,5	9,1	11,3	9,5	10,3	9,9	7,4	6,9	12,2
I. Da 62	Mouřenec	F	12,8	8,8	10,8	9,2	9,9	9,3	8,0	7,6	12,4
I. Ab 12	Velké losenice	M	13,6	9,5	11,2	10,1	10,7	9,6	7,8	7,5	11,8
I. Ab 30	Velké losenice	M	12,2	8,7	10,4	9,1	9,6	9,7	7,1	6,5	11,5
I. Db 16	Mouřenec	N	14,2	9,7	11,5	9,4	9,9	9,4	8,1	7,6	12,7
I. Ab 15	Velké losenice	F	13,4	9,3	10,2	9,8	10,3	10,2	7,6	7,1	12,7
I. Ob 50	Mouřenec	N	13,0	9,5	11,4	9,4	10,2	9,5	7,7	7,1	12,3
I. Db 36	Mouřenec	F	13,2	8,8	11,0	9,5	10,2	10,1	7,1	6,7	13,1
I. DB 37	Mouřenec	F	13,0	9,0	11,5	9,8	10,1	9,6	7,5	6,9	12,2
I. Ob 2	Mouřenec	F	11,7	8,9	10,0	9,5	9,8	10,3	7,4	6,8	11,7
I. Ca 34	Mouřenec	N	12,5	9,5	10,6	9,8	10,1	8,8	7,3	7,0	11,8
I. Ob 14	Mouřenec	N	13,7	9,2	10,5	10,3	10,8	10,0	7,6	7,0	12,7
I. Db 34	Mouřenec	F	12,9	9,0	10,9	9,0	9,5	10,4	7,2	6,7	11,6
I. Cb 23	Mouřenec	N	13,0	8,8	11,0	9,2	9,8	9,9	7,6	6,9	11,6
I. Da 61	Mouřenec	N	12,7	9,1	10,2	9,5	9,8	9,8	7,4	6,9	12,3
I. Da 63	Mouřenec	F	13,4	9,0	10,6	9,7	10,2	9,3	7,6	7,2	12,3
I. Db 12	Mouřenec	N	13,3	9,4	11,1	9,6	10,2	9,6	7,4	6,9	12,0
I. Ob 8	Mouřenec	N	13,6	9,8	10,4	10,1	10,6	10,3	8,3	7,9	12,4
I. Ob 48	Mouřenec	N	12,9	8,7	10,8	9,1	9,6	9,9	7,6	7,1	11,7
I. Db 20	Mouřenec	F	12,8	8,3	11,4	9,3	10,0	9,4	7,6	7,1	11,8
I. Ob 26	Mouřenec	F	12,6	8,5	10,3	8,9	9,3	9,2	7,3	6,7	12,0
I. Cb 22	Mouřenec	F	12,7	9,1	10,5	9,2	9,6	9,4	7,9	7,3	11,9
I. Ob 45	Mouřenec	N	12,5	9,2	10,8	9,2	10,0	9,5	7,8	7,1	11,1
I. Ob 30	Mouřenec	F	12,3	8,7	10,3	9,1	9,8	9,7	7,3	6,8	11,2

I. Ob 43	Mouřenec	N	13,4	9,4	11,0	10,0	10,5	9,2	7,2	6,8	12,3
I. Cb 8	Mouřenec	N	12,4	9,2	10,8	9,2	9,8	10,0	8,0	7,3	11,6
I. Ob 41	Mouřenec	N	13,0	8,8	10,9	9,4	9,9	9,2	8,2	7,7	12,2
I. Da 45	Mouřenec	F	13,4	8,6	11,4	9,1	9,7	9,2	6,9	6,5	12,4
I. Db 25	Mouřenec	F	13,1	8,9	9,9	9,2	9,6	10,0	7,2	6,6	11,6
I. Da 49	Mouřenec	N	12,7	8,2	11,0	9,3	9,9	9,6	7,9	7,3	11,8
II. Db 23	Mělník	N	12,2	8,1	10,3	8,4	8,7	8,8	6,8	6,4	11,4
II. Hb 25	Mělník	N	13,9	9,2	10,0	9,9	10,5	9,4	8,0	7,4	12,4
II. Ca 46	Mělník	F	12,7	8,9	10,6	9,6	10,6	10,1	7,0	6,6	11,6
II. Ha 44	Mělník	N	13,2	9,2	11,1	9,7	10,2	9,6	7,0	6,5	12,3
II. Ba 42	Mělník	N	12,7	9,4	11,2	9,8	10,4	9,7	7,1	6,8	11,7
II. Ha 53	Mělník	N	12,6	9,0	10,4	9,6	10,4	10,1	7,1	6,8	12,0
II. AB 29	Mělník	F	12,6	9,5	10,1	9,6	10,0	9,5	7,1	6,5	12,2
II. Ec 4	Mělník	F	13,6	10,0	10,7	10,3	10,8	10,9	8,1	7,5	11,8
II. Gc 18	Mělník	M	12,7	8,9	11,3	9,6	10,3	9,8	7,2	6,8	12,0
II. Dc 12	Mělník	F	12,6	7,4	10,9	8,5	9,2	8,9	7,5	7,1	11,4
II. Ca 47	Mělník	F	12,4	8,5	10,7	9,6	10,0	9,5	7,5	6,4	11,3
II. Gb 34	Mělník	N	13,9	9,1	11,0	9,5	10,1	10,5	7,3	6,9	12,3
II. Hc 17	Mělník	M	12,5	9,5	10,9	9,6	10,3	10,7	7,5	6,9	11,8
II. Ha 51	Mělník	N	12,0	8,4	9,8	8,9	9,5	10,0	7,6	7,2	11,4
II. Jb 25	Mělník	M	12,7	9,3	10,5	9,9	10,5	9,4	7,5	7,0	12,0
II. Ea 42	Mělník	M	13,2	9,7	10,6	9,9	10,5	10,4	7,3	6,9	11,9
I. Db 8	Mouřenec	N	13,0	8,8	10,8	9,2	9,8	9,4	8,1	7,6	12,2
I. Ob 42	Mouřenec	F	12,0	9,4	10,4	9,3	9,8	9,4	7,5	7,1	11,0
I. Db 23	Mouřenec	N	13,3	8,6	10,9	9,8	10,6	9,9	7,6	7,2	12,2
I. Aa 38	Mouřenec	F	12,5	8,7	10,2	9,4	9,7	9,5	7,0	6,4	12,1
II. Jc 19	Mouřenec	F	12,4	8,3	10,5	8,8	9,4	9,6	7,3	6,9	11,2
I. Ob 20	Mouřenec	F	12,4	9,5	10,0	9,1	9,8	10,0	7,5	6,9	11,5
I. Ob 22	Mouřenec	N	13,7	9,4	11,5	9,8	10,6	9,5	8,1	7,5	12,4
I. Cb 28	Mouřenec	F	12,0	8,4	9,4	8,6	9,3	9,0	7,3	6,8	10,8
I. Cb 19	Mouřenec	F	12,5	9,2	10,6	9,2	9,8	9,4	7,2	6,6	11,7
I. Aa 42	Mouřenec	F	14,2	9,0	11,0	9,8	10,8	9,5	7,6	6,9	12,7
I. Cb 7	Mouřenec	N	13,0	8,5	10,7	9,3	10,2	8,4	8,0	7,5	12,1
I. Ob 51	Mouřenec	N	13,1	9,0	10,5	9,7	10,5	9,0	8,3	7,5	12,7
I. Ob 28	Mouřenec	N	13,0	8,8	11,5	9,7	10,0	9,7	7,9	7,3	12,5
I. Ob 46	Mouřenec	N	12,8	8,4	11,4	9,0	9,8	9,3	8,2	7,6	12,1
II. Cb 27	Kotouň	F	12,9	8,4	11,2	9,0	9,6	9,2	7,4	6,8	12,0
II. Cc 16	Kotouň	N	13,6	9,0	10,5	9,4	10,0	9,2	8,7	8,1	12,5
II. Ia 49	Kotouň	M	13,9	8,2	11,2	9,4	10,2	10,2	8,4	7,9	12,1
II. Ac 11	Kotouň	F	13,0	8,7	10,2	9,3	10,1	9,4	7,9	7,2	12,2
II. Cc 1	Kotouň	F	13,5	8,4	10,9	9,2	9,8	9,7	7,4	6,9	12,6
II. Cb 39	Kotouň	M	13,2	9,1	10,1	9,6	10,2	9,5	6,6	6,3	12,4
II. Cc 9	Kotouň	N	13,0	9,2	11,1	9,6	10,2	9,5	7,1	6,7	11,9
II. Ea 49	Kotouň	N	12,7	8,9	11,0	9,2	9,6	9,8	8,0	7,5	12,4
II. Cc 6	Kotouň	M	13,2	9,8	11,0	10,2	10,8	9,6	6,9	6,3	12,7

II. Bc 12	Kotouň	F	12,4	8,4	10,4	9,2	9,6	10,2	7,1	6,6	12,2
II. Cb 34	Kotouň	M	13,9	9,0	11,4	9,6	10,2	10,1	7,8	7,5	12,2
II. Cc 12	Kotouň	F	12,7	8,3	10,2	8,9	9,6	9,1	7,7	7,1	11,7
II. Cb 33	Kotouň	F	12,0	8,9	9,0	9,2	9,7	9,5	7,6	7,1	10,9
II. Ca 43	Kotouň	M	13,0	8,8	10,4	9,5	10,0	9,4	7,5	7,3	12,2
II. Cc 19	Kotouň	M	12,9	9,2	11,2	10,0	10,4	9,5	7,0	6,6	11,7
II. Db 25	Němičeves	F	13,0	9,4	10,3	9,8	10,9	9,8	7,6	7,1	11,7
II. Cb 29	Němičeves	N	14,0	9,1	11,3	9,9	10,8	10,5	8,5	7,9	12,3
II. Ja 57	Němičeves	F	12,6	7,8	10,5	8,9	9,1	9,4	6,9	6,3	11,7
II. Hb 35	Němičeves	N	12,8	8,1	10,6	8,7	9,2	9,1	7,3	7,1	12,0
II. Ec 9	Žabonosy	M	12,5	8,5	11,1	9,3	9,8	9,4	7,2	6,7	12,0
II. Eb 33	Žabonosy	M	14,0	9,0	12,1	9,8	10,5	9,4	7,6	7,0	11,9
II. Ea 44	Žabonosy	M	13,5	8,7	11,7	9,7	10,2	9,3	7,3	6,7	12,2
II. Ha 43	Němičeves	F	12,6	9,8	10,2	9,5	10,0	9,6	7,0	6,5	11,3
I. Ob 44	Mouřenec	N	12,8	9,1	10,9	9,4	10,1	9,1	7,6	7,2	11,8

Tabulka 26. Kompletní přehled naměřených hodnot na souboru z naleziště Ducové.

číslo	Naleziště	Pohlaví	BBH	Ba/MBS
Hr 1861	Ducové	F	13,4	10,8
Hr 1853	Ducové	M	13,3	10,0
Hr 1649	Ducové	F	13,1	9,8
Hr 1637	Ducové	M	13,4	10,5
Hr 1621	Ducové	F	13,4	10,3
Hr 1380	Ducové	M	13,9	10,0
Hr 33a	Ducové	N	13,3	9,1
Hr 1400	Ducové	F	13,1	10,4
Hr 445	Ducové	F	14,2	10,3
Hr 1827	Ducové	F	12,9	10,3
Hr 436	Ducové	F	13,5	10,5
Hr 457	Ducové	N	13,7	10,7
Hr 482	Ducové	N	13,6	10,4
Hr 1564	Ducové	F	12,4	9,6
Hr 1551	Ducové	M	13,3	10,5
Hr 1578	Ducové	M	13,9	11,7
Hr 1402	Ducové	F	12,6	10,1
Hr 1435	Ducové	F	12,8	10,4
Hr 1698	Ducové	F	13,7	10,7
Hr 1878	Ducové	N	13,3	10,3
Hr 1693	Ducové	M	13,4	10,3
Hr 1659	Ducové	F	13,4	10,6
Hr 1704	Ducové	F	12,7	9,5
Hr 1724	Ducové	N	12,6	9,6
Hr 1491	Ducové	F	13,6	10,4
Hr 1794	Ducové	M	12,8	10,7
Hr 1773	Ducové	M	13,4	10,2
Hr 1527	Ducové	N	12,7	9,8
Hr 1513	Ducové	M	13,5	10,3
Hr 1274	Ducové	F	13,5	9,7
Hr 1266	Ducové	M	13,5	10,5
Hr 1033	Ducové	M	13,8	11,1
Hr 1011	Ducové	M	14,0	11,0
Hr 1050	Ducové	F	12,1	9,6
Hr 1092	Ducové	F	14,0	10,8
Hr 1087	Ducové	F	11,1	9,5
Hr 1115	Ducové	F	13,6	10,2
Hr 1145	Ducové	F	12,9	10,4
Hr 1185	Ducové	M	13,4	10,6
Hr 1167	Ducové	M	13,2	11,5

Hr 1224	Ducové	M	14,2	11,0
Hr 1250	Ducové	F	13,2	10,3
Hr 980	Ducové	F	12,1	10,1
Hr 890	Ducové	M	14,0	11,2
Hr 973	Ducové	F	12,9	10,2
Hr 966	Ducové	F	13,4	10,3
Hr 975	Ducové	F	12,9	9,6
Hr 961	Ducové	N	14,2	11,4
Hr 908	Ducové	M	13,7	11,7
Hr 915	Ducové	M	13,8	10,8