

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, duben 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 musel semnou 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
1.1	Cíle a rozvržení práce	2
2	HISTORIE KRANIOMETRIE	5
2.1	Kraniometrie a antropometrie v českém prostředí	9
3	ODHAD VÝŠKY POSTAVY A REGRESNÍ ROVNICE	11
3.1	Historický přehled metod měření výšky postavy	11
3.1.1	Manouvrierova metoda	11
3.1.2	Pearsonova metoda.....	12
3.1.3	Fullyho metoda	14
3.1.4	Breitingerova (1937) a Bachova (1965) metoda.....	15
3.1.5	Metoda dle Černého a Komendy	16
3.1.6	Sjøvoldova metoda.....	17
3.1.7	Fullyho modernizovaná metoda.....	18
3.1.8	Odhad výšky pomocí úplných diafýz	19
3.1.9	Odhad výšky pomocí neúplných diafýz.....	20
4	RŮST LEBKY	22
4.1	Ontogeneze lebky	22
4.1.1	Prenatální vývoj lebky.....	23
4.1.1.1	Desmogenní osifikace.....	25
4.1.1.2	Chondrogenní osifikace	26
4.1.1.3	Postup osifikace lebečních kostí	26
4.1.2	Postnatální vývoj lebky	28
5	TAFONOMIE, VLIV NA ZACHOVALOST	31

5.1 Tafonomie	31
5.1.1 Tafonomie v archeologii	32
5.1.2 Forenzní tafonomie	32
5.1.3 Kosterní antropologie	32
5.2 Tafonomický model	33
5.3 Tafonomické procesy	34
5.3.1 Disatrikulace	35
5.3.2 Abraze	35
5.3.3 Fragmentace.....	36
5.3.4 Deformace	37
5.3.5 Transport a pohyb kostí	38
5.3.6 Zvětrání.....	38
5.4 Faktory ovlivňující tafonomické procesy	39
5.4.1 Zvířecí činnost	39
5.4.2 Lidská činnost.....	40
5.4.3 Činnost rostlin a dalších organismů.....	41
5.4.4 Chemická činnost	43
5.5 Deformace lebečních kostí	43
5.5.1 Možnosti recentních studií lebečních deformací.....	47
6 KRANIOMETRICKÉ MÍRY	49
6.1 Absolutní míry	49
6.2 Relativní míry	49
6.3 Míry z hlediska metodologického	50
6.3.1 Přímé míry	50
6.3.2 Vypočítané míry.....	50
6.3.3 Projektivní míry	51
6.3.4 Odhadnuté míry	51

7	ODHAD ROZMĚRU BBH Z ALTERNATIVNÍCH ROZMĚRŮ	
	LEBKY	52
7.1	Materiál a metody	52
7.1.1	Materiál.....	52
7.1.1.1	Howellsův materiál.....	52
7.1.1.2	Materiál LBA ZČU Plzeň.....	53
7.1.1.3	Materiál NM Praha	54
7.1.1.4	Hlavní testovací materiál.....	54
7.2	Metody.....	57
7.2.1	Výběr alternativních bodů a rozměrů	57
7.2.1.1	Význačné body, míry a jejich definice.....	59
7.2.2	Statistické metody	63
7.2.2.1	Hodnocení intraobservační chyby	63
7.2.2.2	Síla a popis vztahu mezi BBH a ostatními rozměry.....	66
8	VÝPOČET	76
8.1	Korelační analýza na Howellsově souboru	76
8.2	Intraobservační chyba	78
8.3	Regresní a korelační analýza alternativních rozměrů, návrh	
	regresních rovnic	85
8.3.1.1	Rozměr <i>basion-bregma</i>	86
8.3.1.2	Rozměr <i>Basion/Ena</i>	87
8.3.1.3	Rozměr <i>Basion/La</i>	88
8.3.1.4	Rozměr <i>Ba/ Fmt</i>	89
8.3.1.5	Rozměr <i>Ba/Ft</i>	90
8.3.1.6	Rozměr M9 (nejmenší šířka čela)	91
8.3.1.7	Rozměr <i>Ba/Mbs</i>	92
9	VÝSLEDKY	93

10 DISKUZE.....	95
11 ZÁVĚR	97
12 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ.....	99
13 SUMMARY.....	108
14 SEZNAM PŘÍLOH	109

1 ÚVOD

Jedním z primárních úkolů biologické, ale také fyzické antropologie je odhad demografických informací o mrtvém jedinci z jeho kosterních pozůstatků. Mezi tyto demografické parametry samozřejmě řadíme např.: biologické pohlaví, věk dožití a v neposlední řadě výšku jedince (Drozdová, 2004). Při studiu vymřelých populací se snažíme na základě jejich tělesných a kosterních pozůstatků rekonstruovat proporce těl těchto zkoumaných lidí, která by se co nejpřesněji blížila k jejich reálným proporcím za jejich života. Cílů je mnoho a tak jen zde uvedu, že se snažíme pomocí antropometrie zjistit nejen, jak se od proporcí od sebe zaniklé populace lišily, ale také jak se liší od populací dneška, a tím sledovat změnu proporce lidského těla v čase (Howells, 1995; Howells, 1996). Důležité je také podotknout, že při studiu recentních i vymřelých populací je nutné co možná nejobjektivněji zachytit a popsat tvar a velikost lidského těla (Stloukal et al., 1999). K tomu všemu nám slouží Antropometrie. Antropometrie je věda zabývající se a popisující měření lidského těla (Stloukal et al., 1999; Drozdová, 2004; Bräuer, 1988; Knussmann, 1988; Martin et al., 1957). Používá velmi širokou metodiku. Její největší přednost shledávám ve standardizaci užitých měrných bodů a rozměrů (Knussmann, 1988). Tento stav skromné dokonalosti nám zajišťuje detailní reprodukovatelnost, díky které je možné srovnávat různé antropometrické výzkumy minulých populací navzájem po celém světě a mezi všemi badateli (Drozdová, 2004; Martin et al., 1957). Vše, co jsem popsal výše, ještě zastřešuje pokud možno co nejpřesnější definice antropometrických bodů, rozměrů a technik používaných v mezinárodním měřítku. Pro doplnění je třeba ještě uvést, že ke standardizaci měření přispívá také užití normovaných antropometrických nástrojů (Bräuer, 1988; Howells, 1973; Knussmann, 1988; Martin et al., 1957).

1.1 Cíle a rozvržení práce

Předložená diplomová práce je rozdělena na tři dílčí části, část teoretickou, část praktickou a na ni navazující třetí část, obsahující výsledky a závěry.

Teoretická část obsahuje přehled poznatků v oblastech dotýkajících se tématu a metodiky mé práce. První kapitoly pojednávají o historii kranioetrie a její působení na českém území. Následující kapitola mapuje metody odhadu výšky postavy zemřelého, jejich možnosti, výhody i nevýhody. Další kapitola je zacílena na problematiku ontogenetického vývoje lebky, tedy utváření jednotlivých kostí v embryonálním období, způsobech a zákonitostech jejich dalšího růstu a součinnosti všech zúčastněných struktur při vytváření celkové podoby lebky. Věnuji zde i nemalou pozornost mechanickým vlastnostem lidských lebečních kostí. Následující kapitola se týká tématu tafonomie lidského těla a kostí, a posmrtných deformací lebky. Uvádím zde i přehled recentních studií na téma deformace lebky. Teoretickou část uzavírá kapitola věnovaná kranioetrickým mírám rozměrů a jejich možnostem.

Poznatky vycházející z teoretické části pocházejí především z monografií a odborných článků věnujících se uvedené problematice. Výčet všech použitých zdrojů je uveden na konci práce v seznamu odborné literatury.

Druhá, praktická část, se soustřeďuje na dvě hlavní témata. Za prvé zvolení alternativních rozměrů lebky na základě teoretických poznatků, a jejich praktické využití pro moji práci. Dále praktické ověření zkušenosti badatele a jeho znalosti kranioetrických bodů a rozměrů. Poslední etapou bylo samotně změření vybraných rozměrů na testovacím souboru. Ten obsahoval 100 lebek z lokalit Velké Losenice (7 lebek), Mouřenec (54 lebek), Mělník (16 lebek), Kotouň (15 lebek), Němičevy (5 lebek) a Žabonosy (3 lebky). Druhým zkoumaným materiálem byl materiál z naleziště Ducové,

na kterém praktikuji měření rozměru *Ba/Mbs*. Tento soubor obsahoval 50 lebek.

Druhé téma praktické části mé práce je zaměřeno na statistické výpočty. Snažím se v této části popsat užité metody pro dvě důležité části statistického hodnocení v mé práci. Prvně jsem se pokusil hodnotit intra-observační chybu.

Důležitější částí výpočtu, bylo statistické popsání síly a popisu vztahu *BBH* a ostatních rozměrů lebky. K tomu jsem užil korelační analýzu a regresní analýzu. Z vypočítaných hodnot jsem se pokusil navrhnout regresní rovnice pro odhad *BBH* z alternativních rozměrů. Pro zápis matematických vzorců jsem použil program MathType 6.9. Všechny níže uvedené výpočty, hodnoty a grafy jsem vytvořil za pomoci programů: Paleontological statistics software (PAST) 2.15, Microsoft Excel 2010 a Statistica 7.0. Tabulky jsou vytvořeny pouze v programu Microsoft Excel 2010.

V mé práci se snažím nalézt odpověď na otázku, zda lze odvodit *BBH* od daných či alternativních kraniálních rozměrů. Tato studie má svůj význam pro výpočet či odhad výšky postavy zemřelého (anatomické metody). Chtěl bych zjistit, zda se dá alternativně pomocí mnou nastolených rozměrů odvodit chybějící *bregma-basionální* rozměr.

Největší nevýhodou pro uplatnění již zrevidovaných a plně funkčních metod odhadu výšky jedince je dle mého názoru právě odhad *bregma-basionální* vzdálenosti (*BBH*). Plně anatomický odhad vzrůstu jedince samozřejmě nezávisí pouze na *BBH*, ale je podmíněn více faktory (Howells, 1973; Sjøvold 1990). Pokud nás zajímá vzrůst jedince, je důležité brát na vědomí faktory, které před samotným odhadem výšky omezují již v prvopočátku možnost uplatnění měřících metod. Mezi tyto faktory neřadím pouze chyby v měření či oborové diletantství. Požadované a odhadované prvky a rozměry jsou závislé již na prvotním

nakládání s kosterním materiálem. Prvky, které jsou pro nás signifikantní, není možné získat například v důsledku tafonomických procesů působících na kosterní materiál (Hulbut, 2000; Trotter, 1970; Thurzo et al., 2005). Dále pak neúplnost výkopů a nedbalost výzkumníků, díky kterým se zachované kosti k nám už nedostanou. Samozřejmě je nutno zmínit i chorobné procesy, které mají vliv na zchovalost. Odhad či výpočet chybějících rozměrů byl předmětem vášnivých debat ve vědeckých kruzích (Auerbach, 2010; Auerbach, 2011). Dnes už víme, že výpočet rozměrů chybějících kostí je možný. Bohužel jen na postkraniálním skeletu. Dle recentní studie doktora Auerbacha (Auerbach, 2011) byly vyzkoumány metody imputace chybějících rozměrů pomocí pozorovatelných, plně měřitelných kosterních elementů a správné začlenění chybějících prvků. Ty jsou poté hodnoceny podle odhadů získaných z matematických regresivních vzorců pro kosti dolní končetiny (hlavně kost stehenní a holenní). Sám autor však podotýká, že lebka, páteř, stehenní a holenní délky nelze spolehlivě odhadnout (Auerbach, 2011). Mnoho vědců se snažilo prokázat plnou využitelnost pro odhad anatomických rozměrů (Auerbach, 2011; Kurki et al., 2010; Raxter et al., 2006, 2007, 2008; Auerbach a Ruff, 2010).

Cíle mé práce jsou tedy (řazeny chronologicky):

- 1) Ověřit sílu korelace standardizovaných rozměrů lebky.
- 2) Na základě studia růstu a vývoje lebky a její zchovalosti navrhnout alternativní body a rozměry.
- 3) Ověřit korelaci alternativních rozměrů s *BBH*.
- 4) Navrhnout regresní rovnice pro odhad *BBH* z alternativních rozměrů.

2 HISTORIE KRANIOMETRIE

Tato vědní disciplína se objevuje na konci 17. století. Zájem o ni souvisí se zájmem o tvar lebky a hlavně o její matematické vyjádření. Díky četným pokusům takto početně zachytit tvar byla kranioetrie vytvořena jako nezbytná věda. V 18. a 19. století se její úhel pohledu zaměřoval pouze na metrický popis lebky (Drozdová, 2004). Kranioetrie a její podoba, jak ji známe dnes, se začala formovat až v době, kdy byla užita jako prostředek ke zjištění a popisu příbuznosti mezi lidskými skupinami a vztahu lidí a lidoopů (Drozdová, 2004; Kuželka, 1999). To byl bohužel počin, který vedl k rasovým teoriím a snahám najít rozdíly mezi jednotlivými etniky. Antropologové začali řadit a skládat rasy na žebříček, kde nejvýše byly dokonalé rasy a nejnižší lidské skupiny, které byly na nejnižší úrovni, tedy nejbližší k lidoopům (Guterl, 2001; Kriegerbecková, 2005). Proč ale byla studiu a měřením lebky věnována taková pozornost? Hlavním důvodem byly tvar a velikost lebky. Předpokládalo se, že tvar lebky je anatomickým znakem, který je nejméně proměnlivý a tím i vhodný pro měření starobylosti (Guterl, 2001; Hošek, 2010). Navíc tvar hlavy a její obrys charakterizovaly znaky vospělosti mozku a jeho kvality (lebka odrážela tvar mozku). Domněnka, že charakter člověka a jeho inteligenci dokážeme popsat dle morfologie lebky, má velmi dlouhou historii (Kriegerbecková, 2005; Guterl, 2001). Studium těchto znaků se zařadilo mezi vědecké disciplíny na začátku 19. století. Frenologie, jak se toto vědecké odvětví nazývalo, začala zkoumat a zaznamenávat obrysy lebek (Drozdová, 2004). Výsledkem byla jakási mapa, která odrážela schopnosti a nadání jednotlivce.

Zakladateli frenologie byli rakouští lékaři Caspar Spurzheim (1775-1880) a Josef Galla (1758-1828). Frenologie začala pomalu zanikat na konci 19. století (Drozdová, 2004; Guterl, 2001). Dnes je frenologie považována za přežitou a nevědeckou disciplínu (Hošek, 2010). I tak se lze setkat s jejím praktikováním v současnosti. Například v roce 1842 Adolf Retzius (1799-1874) vytvořil nový index, který obsahoval popis

obecného tvaru lebky a její mozkové kapacity (Kriegerbecková, 2005). Byl první, kdo vytvořil délkošířkový index lebky a to tak, že ve svých výzkumech dělil maximální šířku její délkou. (Tedy: délkošířkový index = největší šířka lebky*100/největší délka lebky.) Nízké hodnoty délkošířkového indexu znamenají, že se jedná o lebku dlouhou a vysoké hodnoty délkošířkového indexu nám značí, že je lebka širší (Drozdová, 2005). Aby se dal délkošířkový rozměr vyjádřit slovně, bylo celé spektrum variací rozděleno do variačních skupin o určitém rozpětí.

Variační skupiny dle délkošířkových indexů: a) ultradolichokranní (do 64,9); b) hyperdolichokranní (65-69,9); c) dolichokranní (70-74,9); d) mesokranní (75-79,9); e) brachykranní (80-84,9); f) hyper-brachykranní (85-89,9); g) ultrabrachykranní (90 a víc). Teorie délkošířkového indexu a její praktičnost byla hojně využívána ve všech studiích týkajících se variability člověka až do poloviny 20. století (Drozdová, 2005; Jurda, 2008; Howells, 1995; Ogihara et al., 2006).

Patolog a lékař původem z Francie, Pierre Paul Broca (1824-1880), vytvořil tzv. srovnávací kraniologické studie (Kriegerbecková, 2005). Tím chtěl podpořit svoji myšlenku, že lebeční tvar lze spojit s určitým typem chování (Hošek, 2010). Byl první, kdo spojil studium kraniologie se studiem mozku, což je podle něho nejzákladnějším znakem pro studium ras (Kriegerbecková, 2005). Rozdíly mezi rasami se projevují také v jejich specifickém chování. Proto hrál pro Pierra Brocu mozek v rasové typologii nejdůležitější roli. Dává také důraz na přesnost měření. Převedel všechny kraniální rozměry na celou škálu indexů, ze kterých ve finále usuzoval charakteristiky mrtvých jedinců jako například: sociální postavení, psychické vlastnosti, fyzickou zdatnost (Guterl, 2001). I přes všechny pochybné teorie a názory je považován za otce antropometrie a kraniometrie. Paul Brocca byl nesmírným přínosem pro kraniometrii. Zkonstruoval antropologický instrumentář, definoval kraniometrické body a rozměry (Drozdová, 2004). Všechny tyto metody a pravidla jsou platné dodnes, i když ve změněné formě. Používají se k zachycení tvaru a

rozměrů lebky bez následného vztahu k psychologickým a sociálním vlastnostem (Drozdová, 2004).

Nelze opomenout francouzského matematika Lamberta Queteleta (1796-1874), který zavedl do kranioetrie a antropometrie statistické postupy, jejichž prostřednictvím vyjadřoval variabilitu člověka (Drozdová, 2004). Díky častému užívání této metody je také označován za otce průměrného člověka, a to vyjádřením variability průměrného jedince. Matematik Paul Topinard (1830-1912) byl také jeden z prvních vědců, který se zasloužil o užití statistických metod (Hošek, 2010). Topinard už však v roce 1885 vydává obsáhlé dílo, kde začleňuje do antropometrie statistické metody (Jurda, 2008; Drozdová, 2004).

Antropometrie a kranioetrie však nebyly používány jen k definování rasových rozdílů mezi lidmi. Byly také užívány jako identifikační metody ve forenzních vědách (Guterl, 2001; Hošek, 2010). Věřilo se, že jedinci se sklony ke kriminalitě mají shodné kranialní znaky odlišné od ostatních lidí. Italský lékař Cesare Lombrosa (1836-1909) vytvořil na základě kranioetrie teorii o rozeném zločinci (Kriegerbecková, 2005; Guterl, 2001; Hošek, 2010). Věřil, že zločincem se lidé nestávají, ale rodí. Ve svých publikacích tyto znaky upřesňuje jako například velké uši, ustupující bradu, používání levé ruky, exhibicionismus, tetování (Hošek, 2010). Pokud jedinec měl alespoň pět shodných znaků z Lombrosova seznamu, byl potenciálním zločincem.

Dalším slavným vědcem na poli antropometrie a kranioetrie je bratranec Charlese Darwina (1809-1882) sir Francis Galton (1822-1911). Tento všestranný vědec rozpracoval metody statistického zpracování výsledků pozorování a to především metodu vypočítání korelace mezi proměnnými (Kriegerbecková, 2005). Zvedl koeficient korelace. Položil také základy daktyloskopie. V roce 1882 odhalil 64 miliard rozdílných variant v uspořádání papilárních linií. V roce 1883 vytvořil obraz krásy z mnoha fotek žen. Francis Galton vnesl do studia antropologie a

kraniometrie nový rozměr (Guterl, 2001). V roce 1884 otevřel na Mezinárodní výstavě laboratoř, kde každý mohl za tři pence projít a otestovat sama sebe (Guterl, 2001). Proto není nic zvláštního na faktu, že hlavním cílem Galtonova studia se stalo měření lebek a těl. Ze statistických výsledků, které získal, vyvodil pravidla nazvaná Galtonovými zákony (Guterl, 2001; Hošek, 2010). Jedná se pravidla o dědičném podílu předků a filialní regrese (Kriegerbecková, 2005). Francise Galtona inspirovalo dílo nazvané *Origin of Species* od Charlese Darwina, které bylo vydané už v roce 1858 (Guterl, 2001). Jednalo se o přirovnání umělého výběru k výběru přírodnímu. Vedlo to k myšlence, že pokud je umělý výběr účinný při šlechtění rostlin a domácích zvířat, mohl by být úspěšně aplikován i na lidskou populaci. V roce 1869 vydal Galton knihu s názvem *Hereditary Genius and it's Consequenses*, ve které se zabýval lidským rodem a jeho vylepšováním (Hošek, 2010; Guterl, 2001).

Roku 1885 zavedl Galton pojem eugenika, který vysvětloval jako studium psychických a tělesných vlastností a jejich vliv na budoucí generace (Guterl, 2001; Hošek, 2010, Kriegerbecková, 2005). Galton členil eugeniku na negativní a pozitivní. Negativní měla potlačit negativní dědičné a mentální znaky prostřednictvím sociální kontroly. Ta pozitivní měla za úkol podporovat reprodukci a dál šířit kladné vlastnosti. Negativní měla naopak eliminovat nechtěné jedince (Hošek, 2010). Galton neměl eugeniku spojenou s rasismem. Měl na mysli především degeneraci duševní stránky člověka, u které předpokládal dědičnost podle jednoduchého mendelovského modelu (Drozdová, 2004). Vznik jeho teorie měl však katastrofální dopad na miliony lidí, kteří se „nehodili“. V dnešní době je bohužel eugenika nerozlučně spjatá s rasismem (Hošek, 2010; Kriegerbecková, 2005).

Na počátku 20. století přichází mladý antropolog Rudolf Martin (1864-1926), který podrobil Brocovu metodiku vlastní revizi a zdokonalil jeho antropologický instrumentář (Guterl, 2001). V roce 1914 vydává antropologickou příručku *Lehrbuch der Antropologie in systematischen*

Darstellung (Stloukal et al., 1999). Jednalo se o souhrnou, mezinárodně platnou antropologickou učebnici, která je platná až dodnes. V roce 1957 byla tato kniha doplněna poznatky německého lékaře a antropologa Karla Sallera (1902-1969). Posledních úprav se Martinově knize dostalo v roce 1988, kdy ji jako zrevidované dílo začal vydávat Rainer Knussmann (*1936) pod názvem *Antropologie: Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen* (Knussmann, 1988).

2.1 Kranioetrie a antropometrie v českém prostředí

Kranioetrie a antropometrie mají v českém prostředí zakořeněnou bohatou tradici související se vznikem a vývojem oboru antropologie. V roce 1920 vydává Aleš Hrdlička (1869-1943) antropologickou práci s názvem *Practical Anthropometry* (Drozdová, 2004). V roce 1967 vyšla učebnice a příručka antropometrie a osteometrie pod taktovkou Vojtěcha Fettera (1905-1971) ve spolupráci s antropology a lékaři tehdejší doby Miroslavem Prokopcem, Chrudošem Troníčkem, Milanem Stloukalem, Zdeňkem Pavlíkem, Vladimírem Novotným, Helenou Malou a Svatavou Titlbachovou (Drozdová, 2004). Učebnice se jmenovala *Antropologie* a vydalo ji nakladatelství Academia Praha. Ze všech současných prací, které se zabývají osteometrií, bych chtěl vyzdvihnout učebnici *Antropologie: Příručka pro studium kostry* (1999). Jejimi autory jsou Petr Velemínský, Karel Zvára, Luboš Vyhnálek, Petra Stránská, Milan Stloukal, Miluše Dobisíková a Vítězslav Kuželka (Kuželka, 1999; Dobisíková et al., 1999).

I když má kranioetrie a antropometrie dlouhou tradici a jsou považovány za relevantní a uznávané vědy, byly v minulosti často zneužívány k nevědeckým účelům (Guterl, 2001). Ovšem jejich významu tento fakt neubral. Bez těchto metod se neobejdou antropologové, ať už studují populace vymřelé či recentní. Dnes se antropometrie soustřeďuje na zachycení tvaru těl člověka a odvození jeho variability (Drozdová,

2004). Musím však podotknout, že dnes už se antropometrie a kranio-metrie nevyužívají k míšení fyzických a psychických vlastností jedince jak tomu bylo při jejich začátcích. Metody a postupy antropometrie jsou i dnes zdokonalovány a přepracovávány. Noví autoři bádající na poli antropometrie přináší nový, čerstvý vzduch v podobě například zjednodušení metodiky nebo definování nových rozměrů. Antropometrie je tedy metodou mající dlouhou historii a svůj význam bude mít pro vědu i v budoucnu.

3 ODHAD VÝŠKY POSTAVY A REGRESNÍ ROVNICE

Odhad výšky postavy a celé řešení tohoto problému ve fyzické antropologii spadá do začátku 19. století. První práce na toto téma publikoval v roce 1848 Mathieu Josef Bonaventura Orfila (1787-1853) a kolektiv (Orfila et al., 1848; Kuželka, 1999). Popisovala metodu výpočtu výšky postavy z délek dlouhých kostí u dospělého člověka. Naměřená data byla založena na empirickém určení koeficientů délek kostí (Kuželka, 1999; Orfila et al., 1848). Výsledky této práce nebyly statisticky vyhodnoceny. Proto mají tyto koeficienty pouze historický význam (Kuželka, 1999).

Půl století po Orfilově studii se výpočtem výšky začne zabývat francouzský patolog a lékař Étienne Rollet (1846-1911). V roce 1889 měřil pitvaná těla. Jejich stáří bylo dvacet čtyři a více let (Kuželka, 1999). Jeho metoda měření však nikdy nebyla sepsána či publikována.

Nejznámější a nejužívanější metody odhadu výšky postavy zemřelého jsou metody seřazené dle chronologie: Manouvriera (1894), Pearsona (1899), Breitingera (1937) a Bacha, (1965), Fullyho (1956) Černého (1979) a Komendy (1982), Sjøvoldova (1990), Fullyho plně zmodernizovaná metoda (2006), metoda odhadu velikosti pomocí úplných (1978) a neúplných diafýz (1969). Nebudu zde rozdělovat metody na anatomické a matematické (Raxter et al., 2006), jelikož zastávám názor, že se tyto dva typy metod navzájem prolínají.

3.1 Historický přehled metod měření výšky postavy

3.1.1 Manouvrieroва metoda

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 kosti pažní, loketní, vřetenní, stehenní, holení 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	

3.1.2 Pearsonova metoda

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 připočetly 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 (Kuželka, 1999; Pearson, 1899).

3.1.3 Fullyho metoda

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 subjektů (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-Najar et al., 1978).

Tabulka 2. Procentuální vyjádření chybějících obratlů (El-Najar 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		

Zbývými částmi celého měření jsou: délka postavení stehenní kosti, maximální délka bérce (včetně *styloidu*), přední výška S1, výška *tal* (nejvyšší bod na *tal* 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-Najar et al., 1978, Steward, 1979). Výška se tedy vypočítá na po dosažení do vzorce: Výška = 0,98 (sigma 5 výšky) + 14,63 + / -2,05 cm (Fully, 1956).

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

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

3.1.4 Breitingerova (1937) a Bachova (1965) metoda

Obě tyto metody jsou si velmi podobné, proto jsem se rozhodl 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 bérce (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).

Jak jsem již popsal, 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).

3.1.5 Metoda dle Černého a Komendy

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 (Kuželka, 1999).

3.1.6 Sjøvoldova metoda

Tato metoda se dnes považuje za nejpřesnější a 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).

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

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

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

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

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

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

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

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

$$VP = 3,59 \cdot Fi1 + 36,31$$

Obrázek 4: Regresivní rovnice dle Sjøvolda (Kuželka, 1999; Sjøvold, 1990).

3.1.7 Fullyho modernizovaná metoda

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. Maximální 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 níž se výška těla vypočítává. Byla doplněna o další proměnnou, věk jedince. Nutno poznamenat, že pohlaví nebo věk kosterních pozůstatků nemá na posouzení výšky jedince žádný vliv (není na nich závislá). Při použití této modifikované metody je maximální odchylka 4,5 cm v 95% případů (Raxter et al., 2006). Takto vypadají modifikované Fullyho rovnice:

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

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

3.1.8 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 myslím, že odhad barvy kůže ze skeletálních kostí nebude příliš přesný.

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

Délka kosti (cm)	Muži			Ženy			
	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	Vřetenní	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

3.1.9 Odhad výšky pomocí neúplných diafýz

Pokud nemáme celé diafýzy dlouhých kostí, může to být problém pro další výzkum. Některé studie dokázaly vymyslet metody, jak tyto chybějící části dopočítat (Auerbach, 2011). 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 % 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 maximální délky kosti (použití pro odhad výšky) na základě tabulky vytvořené Trotterem pomocí následujícího vzorce:

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

Maximální délka kosti pažní = teoretická délka

Maximální délka holenní kosti (muži) = maximální teoretická délka - 0,54 cm

Maximální délka holeně (ženy) = teoretická délka - 0,04 cm

Leucodermální populace (muži)

$$2.71 (F2) + 3,06 (F3) = 73,00 + \text{vzrůstu} + / - 4,41 \text{ cm}$$

$$2,89 (F1) + 2,31 (F2) + 2,62 (F3) = 63,88 + \text{vzrůstu} + / - 3,93 \text{ cm}$$

$$2.35 (F2) + 2,65 (F3) + 7,92 (F4) = 54,97 + \text{vzrůstu} + / - 3,95 \text{ cm}$$

Luecodermální populace (ženy)

$$2.80 (F2) + 1,46 (F3) = 76,67 + \text{vzrůstu} + / - 4,91 \text{ cm}$$

$$2.16 (F1) + 2,50 (F2) + 1,45 (F3) = 68,86 + \text{vzrůst} + / - 4,81 \text{ cm}$$

$$2.57 (F2) + 1,21 (F32) + 5,03 (F4) = 66,05 + \text{vzrůstu} + / - 4,77 \text{ cm}$$

Melanodermické populace (muži)

$$2.59 (F2) + 2,91 (F3) = 75,74 + \text{vzrůstu} + / - 3,72 \text{ cm}$$

$$1209 (F1) + 2,481 (F2) + 2,78 (F3) = 69,94 + \text{vzrůstu} + / - 3,71 \text{ cm}$$

$$2.53 (F2) + 2,84 (F3) + 2,40 (F4) = 68,32 + \text{vzrůstu} + / - 3,72 \text{ cm}$$

Melanodermické populace (ženy)

$$2.12 (F2) + 1,68 (F3) = 93,29 + \text{postavy} + / - 6,17 \text{ cm}$$

$$3,63 (F1) + 1,86 (F2) + 1,27 (F3) = 77,15 + \text{vzrůstu} + / - 5,80 \text{ cm}$$

$$2.00 (F2) + 1.08 (F3) + 6,32 (F4) = 77,71 + \text{vzrůstu} + / - 6,01 \text{ cm}$$

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

4 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. Pokud dojde ke změnám jedné oblasti, dojde ke změnám i v oblastech jiných. Změny mohou mít dopad nejen na oblasti v těsné blízkosti postižené tkáně, ale mohou ovlivnit i oblasti velmi vzdálené od oblasti vlivu. 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. Zato obličejová část zažívá svůj intenzivní růst mnohem později. Tento pozdní růst obličejové části lebky je způsoben prořezáváním prvních stálých zubů. Během ontogeneze člověka prochází lebka strukturálními změnami. U mužů dochází k výraznému snížení strmosti čela nebo postupně dochází k zešikmení velkého týlního otvoru (reakce na zvětšování čelisti). Mezi pohlavími v základní stavbě lebky existuje jen minimum rozdílů. Ženy mají v dětství i dospělosti více kupředu skloněn velký týlní otvor a také mají v dospělosti klenutější čelo než muži. Existuje i rozdíl ve velikosti lebky, a to v dospělosti, kdy je patrný rozdíl v robusticitě lebek. Ale jsou i určité charakteristiky, které se s věkem nemění, jako například konstantní zůstává směr růstu brady k přední basi.

4.1 Ontogeneze lebky

Lebka se začíná v prvním kroku vzniku a vývoje lebky diferencovat v hlavovém konci lidského zárodku někdy okolo 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 pochází 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 funkční prostor (dutiny nosní, Ulijaszek et al., 1998). Sekundární vliv při morfologii a průběhu růstu lebky mají sekundární faktory vnějšího prostředí, jejichž změny se projevují sekulárními trendy (Kohn, 1991). V posledních dvou letech lze pozorovat relativní i absolutní zvyšování a zužování lební klenby. Stejný vzorec, tedy relativní i absolutní zvyšování a zužování, nacházíme u obličejové části lebky. Důvod výskytu obličejového trendu však není znám jako trend vyskytující se na lebeční klenbě (Jantz, 2000; Kohn, 1991).

Zajímavé je, že *neurokranium* a spolu s ním i nadočnice sledují 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 době dětství a dospívání (Ulijaszek et al., 1998). Naopak *splanchokranium* využívá k růstu jiný vzorec. Kopíruje vzor typický pro tělní orgány a pohybový aparát. U nich dochází k dvojitě esovitému 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* jedince (Ulijaszek et al., 1998; Čihák, 2001).

4.1.1 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. V poslední fázi tvorby mezodermu tento zcela oddělí ektoderm od entodermu (Vacek, 1992).

Jakmile máme utvořený mezoderm, dochází k takzvanému somitovému stádiu vývoje (Vacek, 1992). Buňky mezodermu, které jsou uloženy v podélné ose embrya, formují jeho chordu (strunu hřbetní). Po stranách struny mezoderm mohutní v paraaxiální ploténku. 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. Je základním materiálem pro vývoj kraniálních kostí (Moore et al., 2002; Vacek, 1992). Avšak ne všechny části mezenchymu této oblasti zárodky jsou vytvářeny z rozpadlých somitů (Moore et al., 2002). Některé oddíly mezenchymu v této oblasti pochází opět z buněk neurální lišty (ektodermální původ). Z mezenchymu neurální lišty vznikají například chrupavky žaberních oblouků či část obličejových svalů a kostí (Vacek, 1992).

Kostní tkáň prochází během svého vývoje z mezenchymu třemi různými histogenetickými stádii. Prvně vznikají takzvané kondenzáty mezenchymových buněk tvořící vazivové předlohy budoucích kostí. 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 desmogenní¹ nebo také membrózní osifikaci, případně jako intramembránovou osteogenezi (Horky et al., 2006). 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 intrakartilagosní osteogeneze (Horky et al., 2006).

4.1.1.1 Desmogenní osifikace

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

Na začátku desmogenní osifikace se v blízkosti cév blastému diferencují z mezenchymových buněk osteoblasty produkující kostní matrix. Ten posléze ukládají na kolagenní vlákna blastému (Horky et al., 2006). Tímto způsobem vytvářejí osteoblasty tenké vrstvy nemineralizované kostní tkáně. Z nemineralizované kostní tkáně se formují sítě trámců kostní matrix (Čihák, 2001). U nich už se pak následně začíná objevovat proces mineralizace (Horky et al., 2006). Část osteoblastů je díky ukládání mezibuněčné hmoty oddělena od ostatních osteoblastů a začne se transformovat na jiný typ kosterní buňky – osteofyty (Čihák, 2001). Osteoblasty, které se vyskytují na povrchu tvořící se kosti, dále produkují kostní hmotu a jejich činností se kost dále rozrůstá (Horky et al., 2006).

Tímto postupem vznikne vláknitá kost nahrazující původní mezenchymový blastém. Poslední etapou při tvorbě kosti je sekundární osifikace. 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).

¹ dle řeckého desmos – pouto, vazivo

4.1.1.2 Chondrogenní osifikace

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

Při sekundární osifikaci se začne odbourávat primární kompakta. Ta je posléze nahrazena kompaktní kostní tkání v diafýze kosti, respektive houbovitou kostí v epifýzách (Moore et al., 2002).

4.1.1.3 Postup osifikace lebečních kostí

Lidskou lebku tvoří kosti, které vznikají z obou výše uvedených a popsanych 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. Tato centra srůstají v jedinou bazální chrupavčitou ploténku (Horky et al., 2006) U některých kostí dávají vznik

skoro celým kostem. Mezi tyto kosti patří kost týlní² 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*. Jedná se o základní chrupavčité pouzdro pro nosní dutinu (Čihák, 2001). V tu samou chvíli už osifikují kost čichová, nosní septum a dolní skořepy nosní. Zbylé kosti *neurokránia* (šupiny kostí klínové a spánkové, kost temenní, kost čelní a část kosti klínové). Tyto kosti 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).

Splanchnokranium 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. Tak desmogenní osifikace ve *splanchnokrániu* zcela převládla (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. První z nich leží dorzálně a je základem kovadlinky. Druhá leží taktéž na dorzální straně, ale je základem pro kladívko. Třetí tvoří tzv. *cartilago Meckeli* (Meckelova chrupavka). Meckelova chrupavka vytváří oporu pro osifikaci dolní čelisti (Jurda, 2008). Dolní čelist osifikuje stejně jako čelist horní, přímo z mezenchymového blastému³, a je tedy kostí krycí (Vacek, 1992).

² pars basilaris ossis occipitalis, partes laterales a část squama occipitalis přiléhající k týlnímu otvoru.

³ s výjimkou krčku, hlavice, *processus coronoideus* a *processus condylaris*. Tyto části osifikují chondrogenně

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).

4.1.2 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. Tento tvar vytváří díky výrazně prominujícím hrbolům kostí temenních a čelních (Moore et al., 2002). Lebeční klenba je tvořena okraji krycích kostí a jsou při narození spojeny vazivovou membránou⁴ (Moore et al., 2002). Vazivové švy, nacházející se mezi kostmi lebeční klenby, svojí stavbou a funkčností dovolují částečnou deformaci lebky, která je nesmírně důležitá při průchodu hlavičky dítěte porodními cestami během porodu. 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). *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. Ploché kosti lebky rostou pomocí přirůstání kosti v lebečních švech a procesem remodelace, jenž je kombinací absorpce a depozice (Moore et al., 2002;

⁴ tvoří i vazivové blány, které jsou většího rozsahu. Nazývají se fontanely či lupínky

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. 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 prudký růst. Ten však prodělává s kolísavou intenzitou až do dospělosti (Godolphim et al., 1994; Godolphim et al., 1995). Tím *splanchnokranium* dohání počáteční růstovou převahu *neurokrania*. Jednotlivé části *splanchnokrania* se v čase svého růstu liší. To má za následek proporcionální změny v obličejí během dětství a dospívání (Ulijazsek et al., 1998).

Nelze opomenout ani oblast čelisti. Ta prodělává prudký rozvoj v souvislosti s erupcí dočasného chrupu (Moore et al., 2002). Následná pneumatice 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.

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). Tím se vysvětluje 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. Nejvýraznějšími jsou změny tvaru celé horní čelisti kvůli ztrátě trvalého chrupu (Čihák, 2001).

5 TAFONOMIE, VLIV NA ZACHOVALOST

5.1 Tafonomie

Tafonomii založil v roce 1940 ruský paleontolog Ivan Yefremov (1908-1972). První vědecká publikace na téma tafonomie vyšla ve stejném roce pod názvem *Tafonomie: nová větev paleontologie* (Černý, 1995). Nejdříve se tafonomické studie orientovaly na možnost poznání jednotlivých faktorů působících na mrtvá těla. V osmdesátých letech se cílem studia tafonomie stává celistvý pohled na rozkladný proces (Haglung et al., 1997). Tělo vnímá jako součást ekosystému, ve kterém se nachází. Zkoumá vliv na pozůstatky, a naopak, jaký vliv mají pozůstatky na prostředí (Denys, 2002).

Hlavní cíle tafonomie: a) porozumět tafonomickým procesům a jejich vlivu na pozůstatky; b) rekonstrukce zaniklého životního prostředí; c) rozlišení lidských/přírodních faktorů působících na mrtvý organismus; d) pochopení prostorového uspořádání pozůstatků a možnost jejich transportu (Haglung et al., 1997).

Vědní obory jako archeologie, kosterní antropologie a forenzní tafonomie využívají tafonomie pro výzkum lidských pozůstatků. Musíme si však uvědomit že v rozdílné perspektivě (Jurda, 2008). Na rozdíl od paleontologie, která se snaží rekonstruovat chování minulých populací, se tyto tři obory zaměřují na pochopení tafonomie jednoho jedince (lidské tělo). Integrují dohromady výzkumy jak biologické a geologické tak i kulturní a sociální, a vytváří tím perspektivu, skrze niž lze lépe a detailněji pochopit všechny vlivy na tafonomii mrtvých pozůstatků (Haglung et al., 1997). Tři výše zmíněné obory se navzájem odlišují, neuvžívají stejných metod.

5.1.1 Tafonomie v archeologii

Archeologie využívá poznatků tafonomie týkajících se dislokací a transportu ostatků (Dirkmaat et al., 1997). Největší část informací totiž čerpá ze vzájemných prostorových vztahů mezi objekty na místě nálezů než z objektů samotných (Dirkmaat et al., 1997).

5.1.2 Forezní tafonomie

Forezní tafonomie užívá tafonomické metody a nástroje pro odhalení poznatků ve forezní vědě. Největší důraz je kladen na rekonstrukci okolností okolo smrti a děje, které následují bezprostředně po ní, význam uložení ostatků, odlišení perimortálních a postmortálních modifikací (Haglung et al., 1997). Forezní vědy zpětně ovlivňují tafonomii. Rozšiřují ji o poznatky z rozkladu měkkých tkání. K těm mají forezní vědy přístup oproti paleontologii (Haglung et al., 1997).

5.1.3 Kosterní antropologie

Kosterní antropologie se snaží zacílit svůj úhel pohledu na jedince. Odhalit skutečnost o jeho životě. Kosterní antropologie se snaží zjistit co nejvíce informací z kosterního materiálu o člověku, z něhož pochází. Proto se bude kosterní antropologie zajímat o tu část tafonomie, která zkoumá procesy, mající vliv na morfologii kostí a jejich vzájemnou polohu (Haglund et al., 1997). Tyto procesy ničí či jinak přetvářejí původní biologickou informaci nesenou kostmi (Trotter, 1970; Hulbut, 2000). Pokud výzkumník nezahrne tato fakta do svého výzkumu, mohou mu ovlivnit závěry a informace o životě našich minulých populací. Kosterní tafonomie má tedy za úkol rozpoznat a popsat tafonomické stopy na kostech a tím je buď vyřadit z výsledkových analýz, nebo je jinak zohlednit (Haglund et al., 1997; Thurzo et al., 2005; Trotter, 1970). Pro sociální a kulturní antropologii a fyzickou antropologii je důležitá rekonstrukce tafonomických změn na základě tafonomických stop (Černý, 1995).

Pomocí nich zjistíme, jak bylo po smrti jedince nakládáno s jeho tělem. Pomocí těchto analýz lze rekonstruovat pohřební rit u minulých populací (Haglund et al., 1997).

5.2 Tafonomický model

Tafonomický model má čtyři rozměry: objekt (celé tělo či jeho části), prostor (místo uložení mrtvého), procesy modifikující tělo (viz níže) a kulturní faktory (vliv na smrt, posmrtné nakládání s tělem či ostatky, způsob pohřbení) (Haglund et al., 1997).

Tento základní model lze ještě rozšířit o dva aktéry, důležité pro tafonomickou analýzu. Jsou to:

Tafonomický činitel - působí určitou silou na ostatky pomocí efektorů (zuby, drápy, sekera). Tím kost modifikuje.

Tafonomický proces - v průběhu tafonomického procesu vzniká působením energie fyzické a chemické statický důsledek, tedy fyzická či chemická modifikace pozůstatků. Tento důsledek se označuje jako tafonomická stopa či efekt (Denys, 2002; Haglund et al., 1997).

Tafonomické procesy nefungují nerušeně vedle sebe, ale fungují kumulativně. Každý proces má vliv na proces nadcházející, zda k němu vůbec dojde a zda proběhne v pořádku a bude mít požadovaný výsledek. Důležité je si uvědomit, že dva různí tafonomičtí činitelé mohou způsobit stejný tafonomický efekt, a naopak jeden tafonomický činitel může způsobit více tafonomických stop (Haglund et al., 1997).

Chronologii působení tafonomických činitelů označujeme jako tafonomickou cestu či historii, začínající smrtí jedince (Haglund et al., 1997). Její konec není specificky určen. Většina považuje za konec samotný akt nalezení pozůstatků (Lyman, 1999). Tento závěr bych shledával platným pouze v případě věd a oborů, které pracují

s rekonstrukcí období mezi smrtí jedince a nálezem jeho ostatků (forenzní vědy). Naopak pokud se snažíme zkoumat ostatky, mezi jejichž nálezem a analýzou uplynuly desítky či stovky let, musíme posunout tafonomický konec až do doby totální destrukce ostatků (Lyman, 1999). Zde musím podotknout fakt, že od vyzvednutí ostatků mohou tafonomické procesy pokračovat nebo dokonce zrychlovat. Mezi tyto procesy zrychlující tafonomický vliv patří např: mytí nebo konzervace (Lyman, 1999; Haglund et al., 1997).

5.3 Tafonomické procesy

Tafonomické procesy jsou procesy vedoucí k rozkladu, změně tvaru a podoby jednotlivých kostí (v našem případě). Nejčastějšími tafonomickými procesy jsou: disartikulace, transport, abraze, fragmentace a deformace (Thurzo et al., 2005). Biologická destrukce začíná při peletizaci a navazuje na ni chemický rozklad a mechanická dezintegrace (Henke, 2007). Stupeň zachovalosti jednotlivých kostí závisí na hustotě kostní tkáně (Haglund et al., 1997). Tafonomické procesy můžeme dělit na dvě části. Do první řadíme působení mikroorganismů, peletizaci, disartikulaci. Tato první část probíhá od smrti po uložení těla mrtvého do země. Druhá část nastává po inhumaci těla a zahrnuje fosilizační a diagenetické procesy (Henke, 2007; Hulbut, 2000). Je třeba dodat, že všechny tafonomické procesy a jejich průběh závisí na rychlosti inhumace těla do země. Pokud je po smrti tělo pohozeno či jinak vystaveno na povrchu, bude situace jiná, než když tělo bude ihned pohřbeno. Tafonomické procesy, které se nashodí po uložení takového těla do země, jsou totožné s postdepozičními procesy (Henke, 2007; Thurzo et al., 2005).

5.3.1 Disartikulace

Disartikulace je stav či proces, kdy jsou jednotlivé části kostry odděleny na základě rozkladu měkkých tkání a kloubů. Tyto větší části jsou posléze dislokovány (Thurzo et al., 2005; Haglund et al., 1992). Na disartikulaci se podílí mikroorganismy ale i fyzikální jevy (proudění částic prostředí; Pokorný et al., 1992). Nejrychleji probíhá disartikulace na zemském povrchu. Proto se takové tělo většinou nezachovává. Pokud je tělo pohřbeno, disartikulace závisí na typu půdy. Těžké půdy bez vysoké koncentrace kyslíku zanechávají na kostech tzv.: zmýdelňování (Pokorný et al., 1992). Lehké a prokysličené půdy urychlují proces dekompozice.

U disartikulace jsou nejdůležitější vlivy rozkladných organismů, chemických a fyzikálních procesů (Pokorný et al., 1992). Prvně je oddělena lebka následovaná horní končetinou. Následuje disartikulace dolních končetin a poslední částí je osový skelet (Pokorný et al., 1992). Thurzo a kolektiv ve své práci tento postup ještě upřesňuje. Podle jejich závěrů poslední částí těla, která prochází disartikulací jsou krční obratle (Thurzo et al., 2005). Vytvořili také schéma dokumentující strategický postup disartikulací na lidském těle. Disartikuluje se od hlavy k nohám a následně od ventrální části trupu k dorzální (Thurzo et al., 2005).

5.3.2 Abraze

Abrazí se nazývá obrušování a vyhlazování povrchu kosti. To zapříčiňují dva faktory (Thurzo et al., 2005). Prvním je vítr nesoucí pevné částice narážející na kost na povrchu zemském. Druhý je voda, která taktéž unáší pevné částice působící na povrch kosti. Takto voda působí na kost v půdě (Thurzo et al., 2005). Abraze může dojít i k částečné či totální destrukci povrchového reliéfu. Tím jsou zničeny i anatomické body a výstupky (Černý, 1995). Takto narušené lebky by měly být izolovány z testovacích souborů. Pomocí studia fraktur v paleopatologii můžeme přesně říci, zda fraktury vznikly před smrtí (antemortem), bezprostředně

před smrtí a během smrti (perimortem) nebo po smrti (postmortem) (Thurzo et al., 2005). Abraze také může skrýt či spíše smazat důležité stopy či znaky na kostech (např.: stopy zubů, nástojů). Síla a rychlost abraze jsou také ovlivněny velikostmi částic působící na kosti, tvrdostí kosti a energií prostředí (Denys, 2002; Thurzo et al., 2005).

5.3.3 Fragmentace

Fragmentace je postup, při kterém dojde k rozdělení kostry na jednotlivé části a to bez ohledu na existující spojení (Svoboda, 2003). Způsobují ji jak živočichové, tak i fyzikální vlivy. Pokud dojde k překročení dané míry zátěže, nastane fragmentace (Horáčková et al., 2004). Míra zátěže, kterou kost vydrží, závisí na aktuálním stavu kosti a hlavně věku. S věkem se pevnost i pružnost snižují. Důvodem je rostoucí podíl anorganické složky kosti nad organickou (dochází k jejímu úbytku, Svoboda, 2003). K fragmentaci může dojít ještě za života jedince či v období jeho smrti. Zlomeniny utrpěné během života obvykle vykazují různý stupeň zhojení, takže je lze odlišit od zlomenin vzniklých postmortálně (Svoboda, 2003). Komplikovanější situace nastává u fragmentace vzniklé v období krátce předcházející smrti nebo během ní. Zde není vždy jednoduché rozhodnout, zda se jedná o smrtelné zranění, či jestli k fragmentaci došlo až po smrti (Svoboda, 2003). Některé typy zlomenin jsou typické pro čerstvé kosti. Mezi ně patří například zlomeniny spirální. Ty vznikají jen u kostí obsahující organickou složku (Horáčková et al., 2004). Zlomeniny, které vznikly až po smrti, mají nepravidelné okraje bez náznaku zkosení. Lomy na suchých a mineralizovaných kostech lze poznat díky rozdílnému zabarvení, textura je hrbolatá a hrubá, lomy většinou tvoří pravý úhel (Thurzo et al., 2005; Svoboda, 2003). Suché a nemineralizované kosti mají drsnou a hrbolatou strukturu a její zlomeniny jsou tvořeny kombinací pravých, tupých a ostrých úhlů (Thurzo et al., 2005). Zlomeniny, které vznikají perimortálně mají podle některých autorů hladké, ostré a zkosené okraje lomu a lze je bez větších mezer

sestavít dohromady (Horáčková et al., 2004). Zlomeniny vzniklé bezprostředně po smrti, kdy kost ještě neztratila pružnou a plastickou vlastnost nelze jednoznačně odlišit od perimortálních zlomenin. V obou případech nacházíme shodné prvky jako stejné barevné zabarvení povrchu kosti a povrchu lomu, textura kosti je hladká a okraje lomu tvoří tupý či ostrý úhel. Na kostech se nevyskytují žádné známky hojení (Thurzo et al., 2005).

U plochých lebečních kostí se zlomeniny (perimortální i post-mortálně) šíří pomocí lebečních švů a tím přechází na kosti sousední (Thurzo et al., 2005). Pokud máme starší lebky s rozvolněnými lebečními švy, tento fakt nepozorujeme. Zlomeniny vzniklé delší dobu po smrti nevykazují trend přechodu zlomeniny jedné lebeční kosti na druhou (Thurzo et al., 2005).

5.3.4 Deformace

Deformací se rozumí jakékoli narušení původního tvaru kostí. Stupeň deformace závisí na mechanických vlastnostech kosti. Ty ovlivňuje věk, pohlaví, vnitřní struktura a faktory (Thurzo et al., 2005; Trotter, 1970). Nejdůležitější je věk. Dětské kosti obsahují pouze malé procento anorganických látek než kosti dospělého člověka. Z toho vyplývá, že jsou měkčí a tím i přístupnější deformaci. Kostí dospělých obsahují vysoké procento anorganických látek. Nejsou tolik pružné a jsou křehké (Čihák, 2001). Proto se u dospělých jedinců vyskytují převážně zlomeniny než deformace. Kost se pod tlakem zlomí, než aby se deformovala (Svoboda, 2003). Během postupného rozkladu organické složky a narušováním struktury kosti klesá i schopnost deformace. Dochází mnohem častěji k fragmentizaci (Thurzo et al., 2005).

5.3.5 Transport a pohyb kostí

Jak jsem již uvedl výše, dříve než se tělo plně rozloží, mohou být jeho části záměrně přesunuty na jiné místo nebo rozptýleny po okolí. Děje se tak díky zásahům zvěře, lidí nebo fyzikálních procesů (Pokorný et al., 1992; Haglund et al., 1992). Každá část lidského těla má díky svému tvaru, velikosti, struktuře tkání rozdílné předpoklady pro to, aby byly transportovány pryč (Pokorný et al., 1992; Henke, 2007).

Mimo lidské a zvířecí činitele řadíme mezi transportní média především vodu, vítr a gravitační sílu (Henke, 2007). Nejvýznamnější z nich je voda. Kostí, které transportovala voda, ukazují směr, odkud voda proudila, a mají speciální orientaci (podélnou osou ve směru proudění) (Henke, 2007).

Druhým nejvýznamnějším transportním médiem je gravitace. Ta působí v tzv. primárním a sekundárním dutém prostoru (Černý, 1995). Primární dutý prostor vytváří kolem těla rakev a její konstrukce. Sekundární dutý prostor vzniká na místě, kde byly původně uloženy měkké části těla (Černý, 1995). Po nějaké době zde dochází ke zploštění hrudního koše a k segmentaci celé páteře na dva až pět obratlových bloků (Černý, 1995). Jak nám pokračuje skeletizace a disartikulace, uvolňují se kloubní spoje, měkké části se rozkládají a celá kosterní konstrukce se rozpadá (Černý, 1995). V dutých prostorech může dojít díky gravitaci ke změně orientace či k pootočení.

5.3.6 Zvětrání

Pojmem zvětrávání je myšleno vzájemné oddělování původních mikroskopických organických a anorganických složek kosti a jejich rozpad (Henke, 2007; Thurzo et al., 2005). Příčin je mnoho. Kostí mohou rozrušovat například kořeny rostlin, výkyvy teplot, změna hladiny podzemní vody. Tím vším mohou být kosti vystavovány jak procesu

namáčení a vysoušení, tak i procesům zmrazení a oteplení (Thurzo et al., 2005). Nejrychleji a nejintenzivněji probíhá proces zvětrávání při uložení kostí na povrchu. V půdě proces zvětrávání také funguje, avšak mnohem pomaleji. Během zvětrávání se nejprve na kosti objeví malé podélné praskliny. Z nich se později stanou transverzální fraktury (Henke, 2007; Haglund et al., 1992). Winfried Henke ve své práci z roku 2007 popisuje šest Behrensmeyerových stádií kostí během vlivu zvětrávání (Henke, 2007). Pomocí této škály se dají vyzorovat stupně a podoby eroze a tím určit dobu uplynutí od smrti nebo dobu, po kterou byly ostatky uloženy na povrchu (Haglund et al., 1997).

5.4 Faktory ovlivňující tafonomické procesy

Jedná se o faktory a činitele, kteří se podílejí na rozkladu těl, jejich deformací, prostorového umístění. Lze je rozdělit na faktory vnitřní a vnější. Vnitřní faktory katalyzují či inhibují tafonomické procesy. Patří mezi ně nemoci, věk, substituční strategie a pohlaví (Haglund et al., 1997).

Vnitřní faktory lze dále dělit na tři skupiny (Henke, 2007):

Fyzikální činitelé - do této skupiny spadá hlavně působení vody, teplot a geologie.

Biologičtí činitelé - působení skrze živé organismy (houby, mikroorganismy, všichni živočichové, člověk)

Chemičtí činitelé - chemické podmínky vnějšího prostředí (složení půdy, její pH).

5.4.1 Zvířecí činnost

Na kostech se velmi často nachází stopy po okusu zvířaty. Bohužel mnoho neznalých pokládá tyto stopy za doklad antropofágie (Hulbut, 2006). Dle tvaru a průběhu stop lze rozeznat některé jejich původce.

Hlodavci zanechávají paralelní drážky (Henke, 2007). Masožravci velmi často okusují pouze určité části těla (epifýzy dlouhých kostí, žebra, lopatky, pánevní kosti, čelist). Zjednodušeně masožravci dávají přednost kostem obsahující více spongiózní kosti (Thurzo et al., 2005; Haglund, 1997; Uberlaker, 1997). Proto častěji ohryzávají proximální epifýzy. Obsahují totiž větší podíl houbovitě tkáně než konec distální (Henke, 2007). Zde jeden příklad za všechny: Pes, který okusuje mršinu, zanechává při odkusování masa stopy po zubech na povrchu kosti. Svoji silou dokáže dislokovat kosti od sebe. Také může přenést celou či část mršiny na jiné místo. Na druhou stranu, otisky podobné zubům může zanechat i ptačí zobák, k dislokaci kostí může například pomocí vodního toku (Jurda, 2008).

Přesné odhalení původce stopy je těžké. Dnes se k tomu používá elektronový rastrovací mikroskop. Pomocí něj lze snadno rozlišit například zářezy nože (na stěnách žlábků a na jeho dně budou patrné jemné rovnoběžné rýhy a zářezy nesledují obrys kosti) od stop po zubech a drápech (ve žlábkách se nenachází žádné rýhy) (Thurzo et al., 2005).

5.4.2 Lidská činnost

Lidská činnost je jeden z faktorů, který ovlivňuje tafonomické procesy od pohřbení až do úplné destrukce pozůstatků. Navíc ovlivňuje ostatky a jejich následný osud i po řádném pohřbení. Na některých místech lze sledovat tzv: sekundární pohřby⁵ (Černý, 1995). Tedy vykopání mrtvého (či jeho části) a po nějaké době opětovná inhumace. Při pohřbech do hrobových jam či skalních trhlin se zase po nějaké době uložení zesnulého přidávají další a další jedinci. Také nesmíme zapomenout na stavební činnost člověka. Během výkopů a staveb se nachází mnoho částí těl a je narušeno hodně hrobu velmi destruktivním

⁵ velmi často docházelo k sekundárním pohřbům už částečně rozložených těl

způsobem. Při stavebních pracích nelze přesně říci, které lebeční kosti přežívají v největší míře (Jurda, 2008; Jelínek, 1959). Poškozené lebky ze stavenišť přece jen vykazují malou podobnost v zachovalosti. Většinou se zachovává *baze* (*neurocranium* je vždy zničeno - příčinu bych viděl v poloze, ve které je mrtvý uložen, a tím i uložení lebky *neurokranium* směrem vzhůru), kost týlní, kost spánková a dolní čelist (Jelínek, 1959).

Působení člověka na kosterní pozůstatky však nemusí být jenom nevědomé. Může se jednat i o záměrnou destrukci kosti. Například rituální nakládání s ostatky zanechává na kosti stopy (fraktury, obrus, leštění, obrušování, vrypy).

5.4.3 Činnost rostlin a dalších organismů

Rostliny mají vliv na porušování kostí hlavně při mělkých pohřbech. Kořeny rostlin nechávají na povrchu kosti otisky (Henke, 2007). Je velmi důležité tyto stopy odlišit od stop způsobených jinou činností (stopy zubů, drápů, nože). Mikroskopická struktura žlábků vytvořených kořeny rostlin je ve tvaru písmene U (Henke, 2007). Rostliny mechanicky prorůstají i do trámců kostí a případně prorostou celou kostí (Thurzo et al., 2005). Rostliny nepůsobí na kost pouze fyzicky ale i chemicky. Vylučují huminové kyseliny naleptávající povrch kosti (Thurzo et al., 2005).

Do procesu postmortálních změn kosti má vliv celá řada dalších složek jako jsou např: plísně, mikroorganismy, houby, hmyz (Denys, 2002). Hmyz se účastní převážně fáze, kdy dochází k rozkladu měkkých tkání. Silné poškození kosti hmyzem je velmi vzácné ale ne nemožné. Existuje například druh hmyzu, který se živí kostmi a dokáže je i přesunovat (Lyman, 1994). Naopak houby mají velký vliv na destrukci kosti. Většinou se vyskytují u pohřbů, které mají rakev chránící hrob. Houby pronikají do kostní hmoty. Tím ji narušují a vytváří v ní trhliny a otvory (Thurzo et al., 2005; Lyman, 1994). Jiný vliv mají saprofytní organismy. Ty kontaminují kostní tkáň různými barvivy a světélkujícími

metabolity (Thurzo et al., 2005). Jejich výskyt (tak jako hub) je vázán na vlhké a na kyslík bohaté prostředí (Lyman, 1994).

Bakterie vstupují do procesu tafonomie těla velmi brzy. Je velmi důležité vědět, že bakterie jsou faktorem vnitřním i vnějším (Lyman, 1994). Vnější, protože se dostávají do těla z okolního prostředí, a vnitřní, protože v těle je přítomno po celý život velké množství bakterií, ať už žijících či nežijících v symbióze s lidským tělem (Lyman, 1994). Bakterie rozkládající kolagenní složku kosti výrazně oslabují její odolnost proti mechanické zátěži a uvolňují v kostní tkáni vázané minerály, které mohou být odplaveny vodou, případně resorbovány houbami a kořeny rostlin (Gill-King 1997). Vnikají i do kosti a narušují její mikrostrukturu. Půdní bakterie nabourávají kolagenní složku kosti a tím snižují její odolnost. Uvolňují v kosti vázané minerály, které odplavuje voda (Thurzo et al., 2005). Vliv bakterií a mikroorganismů na dekompozici je velmi zásadní. Nejen u lebečních kostí zabraňuje fosilizaci a tím zrychluje celkový rozklad kosti (Henke, 2007; Gill-King, 1997). Tito činitelé, bohužel, nezanechávají téměř žádné stopy.

Plísně se objevují mnohem později než bakterie. Podobně jako sporofyty produkují kyselé metabolitní látky urychlující rozklad kosti (Thurzo et al., 2005). Zda byla kost napadena bakteriemi či plísní lze rozeznat histologicky (Jans, 2004). Destrukci kosti způsobenou bakteriemi lze nalézt až u 70% kostí (Jans, 2004). Destrukce způsobená plísní je mnohem menší (57%). Musím však dodat že toto platí pouze u izolovaných kostí mimo tělo. U koster z kompletních hrobů je procento výskytu vyšší⁶.

⁶ více v Jans, 2004

5.4.4 Chemická činnost

U chemických činitelů sledujeme hlavně vliv pH prostředí na zachování kosti (Schultze, 1997). Obecná poučka říká, že kosti v neutrálním či mírně alkalickém prostředí se lépe zachovávají a nedochází k jejich destrukci. Naopak kde je pH půdy jiné, kosti se zachovávají velmi špatně nebo vůbec (Thurzo et al., 2005). Takže kost uložená ve vlhké a kyselé půdě podléhá rychlému rozkladu v řádu desetiletí (Schultze, 1997). Pro výzkum kostí je zásadní kyselost půdy. Je-li půda zásaditá, kosti se zachovávají velmi dobře, avšak dochází k urychlení rozpadu složky organické. Navíc zásadité půdy obsahují velké množství manganu a mědi. Kostí v takové půdě mohou být zachovány až tisíceletí (Stloukal et al., 1999). Kyselé prostředí odbourává hydroxyapatit (minerální složka kosti). Dochází k celkové dekalifikaci kosti (Thurzo et al., 2005). Vysoká vlhkost a nízké pH vede ke vzniku brushitu (vznik krystalizací hydroxyapatitu). Jedná se o útvar složený z krystalů jehlicového či tabulkového tvaru (Thurzo et al., 2005). Brushit má za následek rozpraskávání kostní tkáně a destrukci osteonů (Thurzo et al., 2005).

Nesmíme zapomenout na vliv vody. Rychlost rozkladu přitom závisí na vlhkosti půdy. Pokud je půdní vlhkost vysoká, rychlost rozkladu tím bude silně umocněna (Haglund et al., 1997; Schultze, 1997).

5.5 Deformace lebečních kostí

Ke změnám a deformacím kostí lebky dochází s různou intenzitou po celou dobu pohřbení těla. K posmrtným změnám tvaru kostí může dojít vlivem mnoha faktorů (Denys, 2002):

Změny způsobené biologickými faktory - následky predace a mrchožroutství. Působení řas, lišejníků, kořenů rostlin. Narušení stavbou

a průběhem zvířecích nor. Rozbití následkem podupání velkými býložravci.

Kulturně modifikované změny - následky pohřebního ritu, kanibalismu (vaření, porcování), fraktury (získávání mozku a morku).

Diagenetické změny způsobené fyzikálními faktory - následky zvětrávání, geologických a tektonických událostí, demineralizace.

Důsledky odkryvu, exkavace, transportu a rekonstrukce - poškození užitými nástroji, obrušování, teplotní a vlhkostní rozdíly, chemické látky (ošetření, lepení, impregnace).

Míra deformace lebečních kostí jako odpověď na zatížení lebky hrobovým zásypem závisí hlavně na mechanických vlastnostech kostí a celé lebky (Crist et al., 1997). Nejdůležitější roli hraje velikost, morfologie kosti, distribuce a hustota kostní tkáně (Denys, 2002). Bohužel všechny výzkumy týkající se biomechanických vlastností lebečních kostí jsou praktikovány na čerstvých kostech. Čerstvé kosti mají odlišné mechanické vlastnosti od kostí nalezených v archeologickém kontextu (Denys, 2002; Norman et al., 1995). Výstupy z těchto výzkumů říkají, že lebeční kosti jsou deformovatelné. Zde však musím poznamenat, že mechanické vlastnosti si kost ponechává maximálně několik měsíců po smrti (Crist et al., 1997). Destrukce měkkých tkání na lebce a organické složky v kostech má za následek ztrátu pružnosti kosti. S tím jde ruku v ruce poškození stavby kosti, především vnějšího a vnitřního pláště. Kost se stává křehčí a při tlaku na ni dochází k tvorbě prasklin a zlomenin. K deformaci většinou nedochází (Crist et al., 1997; Norman et al., 1995).

Dojde-li k destrukci lebky během pohřbu či bezprostředně po něm, dochází spíše k individuální deformaci jednotlivých fragmentů. Jednotlivé fragmenty lebky ale nejsou deformovány dle jednoho vzorce a při rekonstrukci lebky k sobě nepasují (Crist et al., 1997; Zollikofer et al., 2000). Pokud je lebka jako celek schopna odolávat silám působící na ni

v hrobě a nedojde k její destrukci, začne se silám přizpůsobovat a započne elastická a plastická deformace lebky (Zollikofer et al., 2000). S největší pravděpodobností bude docházet k plastické deformaci lebky a lebečních kostí u pohřbů se zásypem (bez rakve). Při tomto uložení je kladeno vyšší zatížení na lebku postupně s tím jak je zasypávána a jak je hlína udusávána postupem času (Crist et al., 1997). Struktura kosti se pomalu snaží přizpůsobit sílicímu tlaku, dokud nepřekoná deformační mez. Výsledkem je většinou jeden zlom, který zmírní tlak působící na lebku (Crist et al., 1997). K lepší odolnosti proti tlaku během pohřbu bez rakve přispívá i fakt, že tělo je stále chráněno měkkými tkáněmi a kosti stále obsahují vysoké procento organického materiálu a tím se dokáže lépe vyrovnat s působícím tlakem (Zollikofer et al., 2000; Crist et al., 1997).

Thomas Crist a kolektiv se zabývají posmrtnou deformací dětských lebek⁷. Práce to jsou velmi zajímavé, avšak pro můj výzkum irelevantní.

Lebka dospělého člověka je schopna lépe odolávat mechanické zátěži než lebka dětská, avšak její deformovatelnost je mnohem nižší (Zoolikofer et al, 2000; Jurda, 2008). Tento fakt je jednak určen stavbou lebečních krycích kostí a taky dokončeným srůstem lebečních švů (Crist et al., 1997). Lebeční kosti se skládají ze dvou lamin kostí kompaktní a mezi nimi houbovitou kostní tkání (Čihák, 2001). Vnější lamina je velmi pevná a odolná oproti tenčí a křehké lamině vnitřní. Všechny okraje sousedních kostí jsou navzájem prostoupeny a zformované švy (sutury), zamezují jakémukoli vzájemnému posunu⁸, a to i po rozložení vazivového pruhu spojující kosti navzájem (Crist et al., 1997).

Pokud zatížení lebky dospělého dosáhne jejich meze pevnosti, velmi málo se deformují tak jako lebky dětské. Po překonání meze

⁷ více v Crist et al., 1997

⁸ výjimku tvoří šupinové švy

dochází ke zlomům v místě nejbližších švů, nebo se vytváří zlomeniny nové (Crist et al., 1997). Zlomeniny plochých lebečních kostí vybíhají z místa nejsilnějšího působení napětí. Pokud dojde ke zlomení lebeční kosti posmrtně, zlomy přebíhají na sousední kosti lebeční klenby (Crist et al., 1997). Pokud dojde ke zlomenině lebeční kosti za života jedince, zlomy mají tendenci se šířit skrze lebeční švy na sousední kosti (Crist et al., 1997; Ponce de León et al., 1999). Výsledek deformace závisí na poloze, kterou lebka zabírá proti silám, které na ni působí. Pokud bychom tvrdili, že vertikální komprese lebky je způsobena tlakem nadloží, pak rozhodující vzorec pro deformace lebky je orientace lebky vůči směru působení gravitační síly Země (Zollikofer et al., 2000).

Pokud bychom uvažovali vertikální kompresi lebky způsobenou tlakem nadloží, pak pro vzorec deformace je rozhodující orientace lebky vůči směru působení gravitační síly Země (Ponce de León et al., 1999). Pokud je lebka v rakvi uložena tak, že sagitální rovina je paralelní se směrem gravitační síly nebo je na tento směr kolmá, následná deformace nepovede k porušení bilaterální symetrie lebky (Ponce de León et al., 1999). Při jakékoli jiné orientaci lebky v hrobě dojde ke zkosení lebky a k narušení její symetrie. Najde se však i výjimka. Pokud na lebku působí smykové síly (posun půdních vrstev), dojde k deformaci a narušení symetrie bez ohledu na to, v jaké pozici byla lebka uložena (Ponce de León et al., 1999). Tento scénář platí i pro situaci, kdy je lebka uložena sagitální rovinou paralelně se směrem gravitační síly. Velikost deformace je pak dána mechanickými vlastnostmi lebky a velikostí tlaku působícího na ni (Ponce de León et al., 1999).

Tlak nadloží či posun půdních vrstev způsobuje deformaci s jednotlivými odchylkami od původního tvaru. Tyto odchylky jsou přítomny v celé lebce a stranově si odpovídají (Ponce de León et al., 1999; Jurda, 2008). Tím se tyto deformace odlišují od ostatních deformací způsobených tafonomickými faktory. Tafonomické faktory nemají jednotný

vzor a tak se projevují pouze místním bilaterálním porušením symetrie lebky (Ponce de León et al., 1999).

5.5.1 Možnosti recentních studií lebečních deformací

Recentní studie deformace lebek se více méně zaměřuje na rekonstrukci fosilizovaných lebek předků moderního člověka. Jelikož zde lehce odbočuji od tématu, chtěl bych jen ve stručnosti tyto studie popsat.

Vůdčím představitelem výzkumu lebečních deformací je Naomichi Ogihara. Zkoumá zpravidla silně deformované lebky, u nichž došlo k vzájemnému posunu jednotlivých částí v řádu několika centimetrů (Ogihara et al., 2006). Všechny Ogiharovi rekonstrukce probíhaly ve virtuálním prostředí. Tento postup má dvě výhody. Na jedné straně velice šetrný k nálezům a na straně druhé poskytuje výzkumníkovi při rekonstrukci více možností (Ogihara et al., 2006). Další nespornou výhodou je možnost plasticky deformovat jednotlivé části lebek. Tato možnost bez využití virtuálního prostředí není možná (Ogihara et al., 2006). Naomichi Ogihara vyvinul se svými spolupracovníky metodu virtuální rekonstrukce deformovaných fosilních lebek. Je založena na opětovném nastolení jejich přirozené bilaterální symetrie (Ogihara et al., 2006).

Nejprve je lebka narovnána. Vyznačí se definované body a ty se posunou do jedné roviny. Podle nich se následně upraví poloha oboustranných vyznačených bodů (Ogihara et al., 2006). Ve druhém kroku jsou rekonstrukce posunuty tak, aby spojnice, kterou vytváří, byla kolmá na rovinu sagitální a aby vzdálenost od této roviny byla stejná. Deformace jednotlivých oblastí mezi udanými body se odhadují za pomoci interpolačních rovnic metody ohebných plátků (Ogihara et al., 2006).

Použití výše popsané metody vychází z předpokladu, že lebka nebyla ani roztažena a ani stlačena paralelně či kolmo k sagitální rovině

lebky (Ogihara et al., 2006). Využití symetrie je jednou z mála metod, pomocí které můžeme rekonstruovat původní podobu silně zdeformovaných lebek. Musím však dodat, že dokonalá symetrie je pouze nástrojem pro přibližnou rekonstrukci tvaru původního.

Rekonstrukcí silně deformovaných lebek se zabývají Rudolph Neeser společně s kolegy Rebeccou Ackermannovou a Jamesem Gainem (Neeser et al., 2003). Užívají při tom kvantitativní metodu založenou na doplnění chybějících bodů nebo posunu bodů ovlivněných deformací, na základě polohy těchto vyznačených bodů (náleží do svých pozic). Odhad je formulován na základě vzájemných poloh vyznačených bodů na nedeformovaných lebkách blízce příbuzného druhu (Neeser et al., 2003). Na těchto lebkách se také testuje a ověřuje rekonstruovaná morfologie (Neeser et al., 2003).

V českém prostředí se o virtuální konstrukci lebky moderního člověka zajímá Miroslav Králík a kolegové (Jurda., 2008). Předmětem výzkumu byla silně fragmentarizovaná lebka moderního člověka z kultury se šňůrovou keramikou. Nález byl objeven v lokalitě Nemilany (Olomouc). Fragmenty byly naskenovány pomocí počítačové tomografie (CT). Následně byly ve virtuálním prostředí poskládány a tím vytvořily její přibližnou podobu (Jurda, 2008).

6 KRANIOMETRICKÉ MÍRY

6.1 Absolutní míry

Před samotným měřením je důležité stanovit si metody a typy měření, které chceme využít. Já se snažím ve své práci využít hlavně Absolutní míry. Absolutní míry jsou takové, které měříme na základě absolutních hodnot. Představují takzvané velikostní míry. Mezi absolutní míry řadíme míry lineární, plochy, objemy (Bräuer, 1988; Knussmann, 1988, Dirkmaat et al., 1992).

Lineární míry - jsou jednorozměrné a udávají nám vzdálenost. Mezi vzdálenostní míry patří přímočará míra definovaná dvěma body. Ty jsou určeny buď anatomickými body (jako například *lambda*, *basion*), nebo jsou dány přímo svým rozměrem (jako například *opisthokranion*). Dalším rozměry spadajícími mezi lineární míry jsou obvody. Vytváří je samotná míra. V neposlední řadě sem musíme zařadit například míry hloubkové, délkové či průměrové (Bräuer, 1988; Knussmann, 1988; Martin et al., 1957).

Dalšími typy absolutních měř jsou plochy (použití pouze i živého jedince) a objemy (velikost mozkovny).

6.2 Relativní míry

U relativních měř jde o poměr dvou rozměrů mezi sebou. Nelze však vyjádřit pomocí relativních měř velikost těla, pouze vzájemný poměr mezi jeho částmi. Mezi relativní míry patří (Howells, 1973; Bräuer, 1988; Knussmann, 1988; Martin et al., 1957):

Úhly – ukazují průběh jedné přímky ve vztahu k průběhu přímky druhé. V antropometrii je většinou definována pouze jedna přímka, a to

pomocí antropometrických bodů. Roli druhé přímky ve většině případů plní frankfurtská horizontála či mediální osa těla.

Indexy – nelze je bezprostředně změřit. Matematicky vyjadřují poměr jedné míry (podíl v procentech) ke druhé. Tím nám podávají informace o proporcích těla či skeletu (délka nohy/délka trupu; délka nohy/výška těla). Nutno dodat, že je možné jimi vyjádřit i proporce skeletu v rovnoběžných rozměrech (šířka ramen/šířka pánve). Indexy vypočítáváme vždy přímo z naměřených hodnot. Musíme se při výpočtů indexů vyvarovat vypočítávání z průměrných hodnot v populaci.

6.3 Míry z hlediska metodologického

6.3.1 Přímé míry

Jde vlastně o absolutní rozměry, které lze ihned změřit. Patří sem všechny váhy, úhly, objemy, reálné vzdálenosti (Bräuer, 1988; Knussmann, 1988). K přímým mírám náleží míry lineární, protože se jedná o skutečnou vzdálenost mezi plochou a bodem. Náleží sem i oblouky, pokud se snažíme zjistit skutečné zakřivení povrchu mezi dvěma body (Howells, 1973).

6.3.2 Vypočítané míry

Pokud se jedná o projektivní míry, jejich součet bezprostředně odpovídá jejich projektivně měřeným mírám (Bräuer, 1988; Knussmann, 1988). Pokud se nejedná o projektivní míry (více dále), zjišťujeme je součtem nebo násobením několika měř. Tímto způsobem lze získat míry, které jsou kolmé k vertikální ose, a to pomocí odečtení dvou výškových měř od sebe (Howells, 1973). Pokud se budeme snažit tyto míry měřit absolutně, zjistíme, že plně odpovídají mírám spočítaným. To však jen a pouze v případě, že délky tvoří jednotnou přímku a oblouky se nacházejí

ve stejné rovině (Bräuer, 1988; Knussmann, 1988). Pokud se mezi rozměry objeví úhly (úhlové rozměry), míra vypočítaná bude buď nižší než míra přímo naměřená (u odečtu), nebo vyšší (u součtu). U vypočítaných měr je důležité dodržovat zásadu, že v zájmu dosažení relevantnosti výpočtu musí kosti při měření ležet stále ve stejné poloze.

6.3.3 Projektivní míry

Projektivní míra je měřena jako průmět vzdálenosti, úhlu, plochy na definovanou osu či rovinu. U projektivních měr promítáme body na osu, případně na jednu rovinu (Drozdová, 2004). První typ se užívá při odhadu vzdálenosti mezi konečky prstů a ramenem. Druhý typ u největší výšky lebky, největší šířky čela apod. Body však nemusí ležet ve stejné rovině, jak je tomu u vypočítaných měr. Mohou se nacházet i v rovině kolmé na rovinu první (Bräuer, 1988; Knussmann, 1988).

Projektivní míra se prakticky neliší od míry přímé. Je nutné si však uvědomit, že rozdíl mezi prvním a druhým má smysl pouze v případě, že body neleží na stejné přímce či rovině, která má průběh rovnoběžný s referenční rovinou. Z toho tedy vyplývá, že projektivní míra se od přímé míry liší délkou. Je totiž kratší (Drozdová, 2004).

6.3.4 Odhadnuté míry

Posledním typem míry z hlediska metodologického je míra odhadnutá. Pokud máme některé body nepřístupné, vzdálenosti, které obklopují či ohraničují takový bod, mohou být změřeny pouze aproximativně (délka nohy), a to tak, že měříme k náhradnímu bodu, který jsme si sami zvolili. Změřenou hodnotu poté korigujeme vzhledem k bodu nepřístupnému. Tyto míry jsou však pro osteologii nevyužitelné (Bräuer, 1988; Knussmann, 1988).

7 ODHAD ROZMĚRU BBH Z ALTERNATIVNÍCH ROZMĚRŮ LEBKY

7.1 Materiál a metody

7.1.1 Materiál

Pro zajištění co nejpřesnější dokumentace a vyvarování se rizik spojených se špatným měřením jsem pro moji práci využil celkem čtyři různé soubory lebek. První z nich byl elektronický soubor čítající 3189 jedinců. Tento soubor je výsledkem měření všech lebečních rozměrů a bodů, který uskutečnil W. W. Howells (Howells, 1996; Howells, 1973; Howells, 1989; Howells, 1995). Druhým zkoumaným souborem byl vzorek čítající 10 lebek ($n=10$) zapůjčených z laboratoře biologické antropologie Západočeské univerzity v Plzni.

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

Čtvrtým a posledním vzorkem byl soubor čítající sto jedinců (16 mužů, 40 žen; $n=100$), který byl opět zapůjčen z depozitáře Národního muzea v Praze-Horních Počernicích. Tyto dva soubory jsou přístupné k nahlédnutí v depozitáři NM Praha.

7.1.1.1 Howellsův materiál

Jak jsem již nastínil, materiál je elektronicky přístupný a čítá 3189 lebek a jejich rozměrů (Howells, 1995; Howells, 1996). Tento soubor byl využit v prvopočátku, kdy napomáhal ke stanovení standardních rozměrů s nejvyšší korelací s *bregma-basionální* vzdáleností.

Tento objemný soubor vznikl mezi léty 1965-1980 díky W. W. Howellovi, který své výsledky poskytl 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). Pokud přejdeme k samotnému materiálu, skládá se z 1348 vzorků diagnostikovaných jako muž a 1158 diagnostikovaných jako žena (Howells, 1996). Pohlaví bylo určováno na základě provedených rozsáhlých pitev a pomocnými metodami, odhady dle kraniálních a pánevních znaků (Howells, 1973). Soubor je celek složený z 28 specifických populací z celého světa⁹, z níž pouze 26 obsahuje i ženské lebky. Materiál také obsahuje 524 testovacích vzorků¹⁰. Ovšem ty nejsou celistvé a obsahují lebky prehistorické či jejich odlitky. Ty jsem do mého výpočtu nezahrnoval ať už z výše uvedených důvodů, tak i z nutnosti použitelnosti mé metody na recentní populace (Howells, 1996).

Howells sám stanovuje přesné pozice anatomických bodů a rozměrů. Ty však stanovuje na základě starších a stále platných prací (Bräuer, 1988). K malým změnám však Howells opravdu přistoupil¹¹. Sám toto jednání obhajuje tím, že chce, aby jeho počínání zjednodušilo budoucím vědcům práci, jak v přístupnosti dat, tak i v možnosti přesného měření ve zhoršených podmínkách (Howells, 1996).

7.1.1.2 Materiál LBA ZČU Plzeň

Tento materiál nezastával v mé práci plnohodnotné místo testovacího materiálu. Jak jsem již uvedl, sloužil jako učební soubor pro nauku a zdokonalení jak vyhledávání přesného kraniálního bodu, tak

⁹ bližší popis a více informací v Howells, 1989

¹⁰ více o tomto testovacím souboru v Howells, 1989

¹¹ přehled všech změn a důvodů proč k nim Howells přistoupil v Howells, 1973

i rozměrů a úhlů na lebce. Soubor čítal 10 lebek ($n=10$) anatomicky moderního člověka. Bohužel jsem nebyl schopen 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 mi bylo statistické odůvodnění interobservační chyby.

7.1.1.3 Materiál NM Praha

Kraniální soubor z depozitáře Národního muzea v Praze byl hlavním testovacím souborem pro mé stanovené hypotézy. Materiál je rozdělen na dva podsoubory, a to kvůli nutnosti přítomnosti zachovalé dolní čelisti. První soubor o celkovém počtu sto lebek ($n=100$) je užším výběrem z celkového počtu 289 lebek. Kvůli velkému počtu dostupných lebek jsem se rozhodl ze stanoveného počtu padesáti lebek zvýšit testovací soubor na sto lebek. Navíc bylo možno lebky selektovat na základě přítomnosti či lepší identifikaci měrných bodů a rozměrů.

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

7.1.1.4 Hlavní testovací materiál

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 289 lebek ($n=100$). Osteologický soubor, ze kterého jsem vybíral, byl soubor lebek z kostnicových sbírek. Lebky jsou z nalezišť Velké Losenice (7 lebek), Mouřenec (54 lebek), Mělník (16 lebek), Kotouň (15 lebek), Němčičves (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 zpracování souboru.

7.1.1.4.1 Materiál Ducové

Soubor z Ducové¹² jsem vybral z důvodu vysoké zachovalosti jak lebek, tak i jejich dolních čelistí. Tento rozsáhlý osteologický vzorek je navíc kvalitně zdokumentován a popsán (Hanáková et al., 1984; Hanáková et al., 1984).

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., 1984). 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., 1984). 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., 1984):

- 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 jsem taktéž nezařadil do zkoumaného vzorku;

¹² výzkum se konal přesně v lokalitě „Kostolec“ při obci Ducové, okres Tnava

- b) fáze povelkomoravská¹³ (druhá polovina 10. až polovina 12. století) a fáze středověká¹⁴ (polovina 12.-15. století) ke které patří soubor 1545 koster (Hanáková et al., 1984). 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. Já jsem však použil 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., 1984). 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., 1984). 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 jsem vybral padesát (n=50) lebek se zachovalými dolními čelistmi. Na nich jsem provedl měření *BBH* a *Ba/Mbs*.

¹³ podrobněji v Ruttkay, 1972; Ruttkay, 1973

¹⁴ podrobněji v Ruttkay, 1971; Ruttkay, 1976

7.2 Metody

7.2.1 Výběr alternativních bodů a rozměrů

Před samotným započítáním výzkumu je nezbytně nutné si pečlivě zvolit či vybrat vhodné rozměry, které budeme na zkoumaném materiálu hledat a měřit. V odborné kranioметриcké literatuře se tradičně uvádí tři schémata rozměrů rozdělených dle hloubky výzkumu. Dělí se na povrchní výzkum, středně hluboký výzkum a detailní výzkum (Bräuer, 1988; Drozdová, 2004). Tato schémata jsou prospěšná zejména při tvorbě protokolů. Jenže tato schémata nejsou všeobjímající. Musíme vzít na zřetel, že si vybíráme rozměry, které se hodí pro naše účely. Při přípravě bychom neměli dbát na doporučená schémata, ale řídit se hlavně potřebami vlastního výzkumu. Při srovnávání výstupů naší práce s výstupy nalezených ve vědecké literatuře musíme důkladně prověřit, zda definice rozměrů, bodů, atd., jsou identické s rozměry, podle nichž byl měřen původní srovnávací materiál.

Pro účely mé práce jsem si musel zvolit dva typy bodů a rozměrů. Prvním typem jsou standardizované kranioметриcké body a rozměry. Druhým typem jsou alternativní body a rozměry, které jsem vymyslel a navrhl sám dle směrodatných parametrů. První typ rozměrů je daný a neovlivnitelný. Druhý typ jsem musel vytvořit s ohledem na mnoho faktorů spojených s ontogenezí, zachovalostí a tafonomií 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 jsem zvolil 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. 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*. Tento rozměr je opět navržen a rozpracován na základě závěrů z práce Godolphim a kolektiv (Godolphim et al., 1995). Opět se jedná o rozměr, který roste po celou dobu ontogeneze rozměrově stejně jako rozměr *BBH* (Godolphim et al., 1995). Výhodu shledávám v časté zachovalosti dolní čelisti (Hanáková et al., 1984). 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 stisknutí čelisti i v případě nepřítomnosti zubů, byla by tato metoda více užitečná.

V pořadí třetím alternativním rozměrem je rozměr *basion-lambda*. Tento rozměr jsem vybral na základě mnoha specifik. 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 chrupavky¹⁵ (Čihák, 2001). Pokud lebka neprošla deformačními procesy a jeden bod *frontomalare temporale* nelze identifikovat či zcela chybí, je

¹⁵ 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).

možnost jej nahradit stejným rozměrem na druhé straně lebky. Bohužel se domnívám, že po stránce zachovalosti bude *os zygomaticum* (oproti *os frontale*) méně zachovalá v archeologických souborech (Hanáková et al., 1984). Tuto nevýhodu se snažím 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 jsem zvolil 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 shledávám v dobré zachovalosti *os frontale* (Hanáková et al., 1984).

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., 1984). Nejmenší šířka čela by měla korelovat s *BBH* (Godolphim et al., 1995). Nespolehlivost rozměru shledávám hlavně v případě, kdy jeden bod *frontotemporale* chybí.

7.2.1.1 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 Reinera Knussmanna, vydanou v nakladatelství Gustav Fischer v roce 1988 (Knussmann, 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.

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 měr 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*. Já však zastávám definici dle Howellsa (Howells, 1973).

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).

Poloměr *ektokonchia* (M101, ekr; *ektokonchion radius*): Jedná se o kolmici mezi ušní osou a levým *ektokonchiem*. 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).

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)

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, určujeme *frontotemporalia* analogicky podle horní definice (Drozdová, 2004).

Lambda (λ , 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).

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*.

Poloměr *vertexu* (M94, *vr*; *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 směrem¹⁶, dokud nenajdeme největší hodnotu (Howells, 1973). Užíváme radiometr.

Nejmenší šířka čela (M9, *Kleinste Stirnbreite*): Jedná se o přímočarou vzdálenost bodů *frontotemporale* (*ft*) a *frontomalare temporale* (*fmt*) od sebe. Pro měření se používá posuvné měřidlo.

7.2.2 Statistické metody

7.2.2.1 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,

¹⁶ není však nutnost pohybovat se v mediální rovině

intraobservační, podmíněné užitými instrumenty, v odečtu, v zápise, v přenosu (Howells, 1973). Pro mé účely jsem hodnotil pouze intraindividuální (intraobservační) chybu.

Intraobservační chyba badatele (intra-worker errors) je chyba, 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 vyhneme, pokud budeme provádět opakované měření (jednoho bodu či rozměru dvakrát a vícekrát) (Howells, 1973).

Chybou měření ε budeme rozumět rozdíl mezi naměřenou hodnotou x_m a skutečnou hodnotou x měřené veličiny X . Je tedy:

$$\varepsilon = x_m - x .$$

Problém je, že skutečnou hodnotu měřené veličiny neznáme a nelze tedy tuto chybu spočítat. Jediné měření k odhadu chyby nestačí (Hindls et al., 1993). Musím provést měření vícekrát, aby bylo s čím srovnávat. Na základě teorie chyb se snažíme nalézt nejlepší odhad x_0 skutečné hodnoty x měřené veličiny X (rozptyl naměřených hodnot musí být co nejmenší) a určit, jak přesný odhad je (stanovení absolutní chyby δx_0). Tato chyba není odchýlkou od skutečné hodnoty, ale popisuje nám velikost intervalu, v němž můžeme s dohodnutou pravděpodobností očekávat, že bude skutečná hodnota ležet (Agresti et al., 1997). Kvalitu měření pak hodnotíme na základě absolutní chyby nebo relativní chyby (podíl absolutní chyby a odhadované hodnoty):

$$\zeta x_0 = \delta x_0 / x_0 .$$

Relativní chyba (častěji používaná) je bezrozměrná, nebo jí lze též vyjádřit v procentech (činitel vynásobíme 100). Takové vyjádření chyby

lépe odráží logaritmickou reakci našich smyslů (Hindls et al., 1993). Chyby dále dělíme na soustavné (jednosměrně zkreslují výsledek měření)¹⁷ a náhodné (způsobené nekontrolovatelnými vnějšími a vnitřními vlivy).

Pro moji práci jsem zvolil postup pro přímé měření veličiny zatížené chybou. Provedeme N měření fyzikální veličiny X . Výsledky měření tedy budou x_1, x_2, \dots, x_N . Zajímá nás tedy, jaký je nejlepší odhad x_0 skutečné hodnoty x měřené veličiny X a s jak velikou chybou δx_0 je určen (Hindls et al., 1993; Agresti et al., 1997). Uvažujme, že rozložení chyb je takové, že nejlepším odhadem původní skutečné hodnoty je aritmetický průměr:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum x_i .$$

Pro nekonečně mnoho nekonečně malých náhodných vlivů dostaneme Gaussovo rozdělení. Předpokládá se, že odchylky aritmetických průměrů od skutečné hodnoty jsou rozloženy dle Gaussova rozdělení. Pro dostatečně obsáhlé soubory, kde $N \geq 30$, již bývá tento předpoklad splněn (Svatošová et al., 2011).

Můžeme spočítat, že parametr σ Gaussova rozdělení je roven střední kvadratické odchylce od skutečné hodnoty:

$$\sigma = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} \varepsilon^2 G(\varepsilon) d\varepsilon}$$

¹⁷ jsou dány metodou měření (chyba metody, nevhodně provedené měření), kvalitou přístrojů (přístrojová chyba), kvalitou osobních měření (osobní chyba).

Veličina σ^2 je rozptyl a odhadneme jej pomocí výběrového rozptylu naměřených hodnot od průměru (Hindls et al., 1993):

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_i (x_i - \bar{x})^2$$

Ukazuje se tedy, že nejlepší odhad rozptylu je $\sigma^2 \approx s$. Rozptyl σ^2 , jenž charakterizuje rozdělení odchylek aritmetických průměrů od skutečné hodnoty, bude pak N-krát menší (Svatošová et al., 2011):

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{\sigma^2}{N} \approx \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{N(N-1)}, \text{ tj. } \bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \approx \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{N(N-1)}}.$$

Pro hodnocení přesnosti měření se používá směrodatná (standardní, střední kvadratická) chyba aritmetického průměru, jenž se rovná parametru $\bar{\sigma}$. Výsledek vyjadřujeme takto (Svatošová et al., 2011):

$$X = \bar{x} \pm \bar{\sigma}$$

7.2.2.2 Síla a popis vztahu mezi BBH a ostatními rozměry

Pokud zjišťujeme na každé statistické jednotce dvě a více veličin, výsledkem tohoto zjištění je výběr dvojic, trojic, čtveřic apod. hodnot sledovaných veličin. Při prvním šetření se zdá, že se dají výsledky šetření zpracovat opakovaným použitím jednorozměrných statistických postupů pro každou sledovanou veličinu zvlášť (Svatošová et al., 2011). Pokud bychom se snažili sledovat každý znak izolovaně, připravili bychom se o informace o typu a stupni jejich závislosti (Svatošová et al., 2011; Agresti et al., 1997). Každý jev v přírodě a ve společnosti probíhá ve vztahu k jiným jevům. Proto nemůže být pochopen, pokud je z těchto vztahů vytržen (Svatošová et al., 2011; Reif, 2004). Soubor postupů a metod pro

řešení těchto vztahů se nazývá regresní a korelační analýza, které řeší dva základní úkoly (Svatošová et al., 2011):

- a) Zjistit formu závislosti a vyjádřit ji regresní funkcí.
- b) Určit stupeň síly s jakou se daná závislost projevuje.

Závislost mezi statistickými znaky je dvojího typu, funkční a statistická. Funkční závislost je, když jedna hodnota jednoho znaku odpovídá druhé hodnotě druhého znaku a naopak. Statistická závislost je, když dané hodnotě jednoho znaku odpovídá několik hodnot druhého znaku (Agresti et al., 1997).

7.2.2.2.1 Regresní analýza

Regresní analýzu ve své práci provádím ze dvou důvodů:

- a) Celý kvantitativní popis závislosti mezi proměnnými nám pomáhá při řešení problému, zda existuje reálná příčinná souvislost mezi sledovanými statistickými znaky.
- b) Znalost regresivní funkce nám umožňuje provádět regresní odhady. Ty spočívají v tom, že ze známých či předpokládaných hodnot jedné proměnné usuzujeme na hodnoty druhé proměnné. Regresní odhad je nesmírně užitečný hlavně v případech, kdy přímé měření veličiny je obtížné či nemožné, ale jsou dostupné hodnoty jiné veličiny a mezi těmito veličinami existuje statistická závislost (Svatošová et al., 2011).

7.2.2.2.1.1 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 vzdálenost *BBH* (Svatošová et al., 2011). Nezávislou každý z alternativních rozměrů.

Rozměry *vertex radius*, *ektokonchion radius* a *frontomalare radius* lineárním regresím ani návrhu regresních rovnic nepodstupují. Byly vyřazeny z testovaných souborů po korelační analýze hlavního testovacího materiálu. Důvodem je, že se nejedná o alternativní rozměry, tudíž nespádají do zaměření tématu.

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:

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

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).

Hodnoty α , β , σ^2 jsou neznámé parametry základního souboru. Ty je nutné odhadnout pomocí n nezávislých pozorování veličin X a Y . Jejich výsledkem jsou uspořádané dvojice hodnot (Svatošová et al., 2011). Tyto dvojice lze brát jako základní soubor, který byl pořízený ze všech možných hodnot dvourozměrné náhodné veličiny (X, Y) . Dále tedy předpokládám, že různé hodnoty x_i a jim odpovídající různé hodnoty y_i se vyskytly pouze jednou (Svatošová et al., 2011).

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:

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

Bod minima lze najít anulováním parciálních derivací funkce S podle α a β :

$$\frac{\partial S}{\partial \alpha} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial \beta} = 0.$$

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 $\alpha + \beta x$

kteřý 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:

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

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

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

7.2.2.2.1.2 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.

Těsnot 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:

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

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.

- 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 6. Hodnocení těsnosti lineární závislosti.

$r < 0,3$	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).

Podle koeficientu determinace si vyhledáme procentuální míru rozptýlení okolo regresní přímky dle tabulky.

Tabulka 7. Hodnocení míry rozptylu okolo regresní přímky.

$r^2 < 10\%$	nízké rozptýlení
$10\% \leq r^2 < 25\%$	mírné rozptýlení
$25\% \leq r^2 < 50\%$	význačné rozptýlení
$50\% \leq r^2 < 80\%$	velké rozptýlení
$80\% \leq r^2$	velmi vysoké rozptýlení

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):

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

8 VÝPOČET

8.1 Korelační analýza na Howellsově souboru

Abych vybral ze všech kranio-metrických rozměrů tři, které nejvíce závisí na rozměru *basion-bregma*, provedl jsem výpočet korelačního koeficientu. Z vypočítaných korelačních koeficientů jsem dále vypočítal koeficienty determinace. Výsledky jsem uvedl u všech korelací v tabulce. Červeně označené korelace jsem vybral na základě nejvyšších korelací z celého souboru. Tyto tři míry dále sleduji na hlavním testovacím materiálu.

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

Tabulka 8. Korelační a determinační koeficienty pro všechny kraniální rozměry (Howells, 1996).

	r	r ²		r	r ²
GOL/BBH	0,516	0,266	XML/BBH	0,462	0,213
NOL/BBH	0,502	0,252	PAF/BBH	0,273	0,074
BNL/BBH	0,704	0,496	OCC/BBH	0,549	0,301
XCB/BBH	0,309	0,954	OCS/BBH	0,030	0,0009
XFB/BBH	0,312	0,097	OCF/BBH	0,351	0,123
ZYB/BBH	0,549	0,301	FOL/BBH	0,281	0,079
AUB/BBH	0,468	0,219	NAR/BBH	0,547	0,299
WCB/BBH	0,311	0,097	SSR/BBH	0,495	0,245
ASB/BBH	0,280	0,078	PRR/BBH	0,461	0,213
BPL/BBH	0,416	0,173	DKR/BBH	0,552	0,305
NPH/BBH	0,463	0,214	ZOR/BBH	0,485	0,235
NLH/BBH	0,487	0,237	FMR/BBH	0,568	0,322
JUB/BBH	0,536	0,287	EKR/BBH	0,560	0,313
NLB/BBH	0,202	0,041	ZMR/BBH	0,453	0,205
MAB/BBH	0,423	0,179	AVR/BBH	0,437	0,191
MDH/BBH	0,399	0,159	VRR/BBH	0,831	0,691
MDB/BBH	0,423	0,179	NAA/BBH	-0,275	0,076
OBH/BBH	0,261	0,068	PRA/BBH	0,279	0,078
OBB/BBH	0,331	0,110	BAA/BBH	0,064	0,004
DKB/BBH	0,093	0,009	NBA/BBH	0,529	0,280
NDS/BBH	0,059	0,003	BBA/BBH	-0,466	0,217
WNB/BBH	-0,099	0,010	BRA/BBH	-0,191	0,036
SIS/BBH	0,082	0,007	SSA/BBH	-0,040	0,002
ZMB/BBH	0,436	0,190	NFA/BBH	0,065	0,004
SSS/BBH	0,225	0,051	DKA/BBH	0,102	0,010
FMB/BBH	0,364	0,132	NDA/BBH	-0,009	0,000
NAS/BBH	0,049	0,002	SIA/BBH	-0,192	0,037
EKB/BBH	0,397	0,158	FRA/BBH	0,177	0,031
DKS/BBH	-0,016	0,0002	PAA/BBH	-0,047	0,002
IML/BBH	0,334	0,111	OCA/BBH	0,256	0,066
MLS/BBH	0,293	0,086	FRC/BBH	0,634	0,402
WMH/BBH	0,433	0,187	FRS/BBH	0,114	0,013
SOS/BBH	0,230	0,052	FRF/BBH	0,406	0,165
GLS/BBH	0,327	0,107	PAC/BBH	0,468	0,219
STB/BBH	0,245	0,060	PAS/BBH	0,261	0,068

8.2 Intraobservační chyba

Intraobservační chyba byla hodnocena na materiálu LBA ZČU Plzeň. Bylo k dispozici deset lebek. Na každé z nich jsem provedl měření všech vybraných osteometrických a alternativních rozměrů. Každý rozměr jsem změřil desetkrát. Tento soubor testuji proto, abych se vyvaroval chybě ve špatném určení kranio-metrických bodů a změření jejich délek.

Tabulka 9. 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 10. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr Ba/Ena .

Ba/Ena										
Lebka	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 11. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr Ba/Ft .

Ba/Ft										
Lebka	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 12. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr *M9*.

M9										
Lebka	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 13. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr *FMR*.

FMR										
Lebka	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 14. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr *Ba/La*.

		Ba/La									
Lebka		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 15. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr *Ba/Fmt*.

		Ba/Fmt									
Lebka		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 16. 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 17. 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

Z výše uvedených tabulek a hodnot měření, které ukazují, lze pouhým okem vyčíst, že odchylky mezi měřeními jsou zanedbatelně malé. Souhrn demonstrují tabulky pro každou lebku zvlášť:

Tabulky 18-27. Základní statistické údaje pro lebky LBA č.1-10 s údaji vyplývajících ze všech určených rozměrů.

Lebka č. 1				
	Min	Max	Průměr	SD
Ba/Ena	9,2	9,4	9,23	0,067
BBH	13,2	13,3	13,22	0,042
Ba/La	9,9	10,2	10,03	0,082
Ba/Ft	9,7	9,8	9,77	0,048
Ba/Fmt	9,8	9,9	9,81	0,032
M9	9,2	9,3	9,28	0,042
VRR	11,7	11,8	11,77	0,483
FMR	6,8	6,9	6,87	0,048
EKR	6,4	6,6	6,49	0,074

Lebka č. 2				
	Min	Max	Průměr	SD
Ba/Ena	7,9	8,0	7,92	0,042
BBH	13,2	13,3	14,30	0,047
Ba/La	10,5	10,6	10,58	0,042
Ba/Ft	9,1	9,3	9,27	0,067
Ba/Fmt	8,4	8,8	8,69	0,160
M9	8,6	8,9	8,81	0,129
VRR	12,8	13,0	12,89	0,568
FMR	6,4	6,6	6,52	0,060
EKR	6,0	6,2	6,15	0,085

Lebka č. 3				
	Min	Max	Průměr	SD
Ba/Ena	8,5	8,8	8,71	0,145
BBH	12,6	12,7	12,62	0,042
Ba/La	10,8	11,0	10,93	0,067
Ba/Ft	10,0	10,3	10,21	0,088
Ba/Fmt	9,7	10,0	9,90	0,094
M9	10,0	10,2	10,08	0,092
VRR	10,8	10,9	10,89	0,316
FMR	7,3	7,4	7,39	0,032
EKR	7,9	8,1	7,95	0,085

Lebka č. 4				
	Min	Max	Průměr	SD
Ba/Ena	9,4	9,7	9,64	0,097
BBH	13,6	13,7	13,68	0,042
Ba/La	10,6	10,8	10,78	0,063
Ba/Ft	10,5	10,7	10,63	0,082
Ba/Fmt	10,2	10,3	10,28	0,042
M9	10,2	10,6	10,45	0,108
VRR	12,2	12,3	12,27	0,483
FMR	6,2	6,4	6,27	0,067
EKR	7,3	7,2	7,22	0,042

Lebka č. 5				
	Min	Max	Průměr	SD
Ba/Ena	9,5	9,6	9,58	0,042
BBH	13,0	13,2	13,08	0,063
Ba/La	11,0	11,2	11,16	0,070
Ba/Ft	10,0	10,2	10,16	0,070
Ba/Fmt	9,4	9,7	9,61	0,129
M9	9,3	9,5	9,44	0,084
VRR	11,4	11,6	11,47	0,675
FMR	7,8	8,0	7,93	0,067
EKR	7,8	7,8	7,80	0,000

Lebka č. 6				
	Min	Max	Průměr	SD
Ba/Ena	8,8	9,0	8,94	0,084
BBH	12,6	12,7	12,69	0,032
Ba/La	10,4	10,6	10,50	0,067
Ba/Ft	9,2	9,5	9,41	0,099
Ba/Fmt	9,2	9,5	9,36	0,097
M9	9,7	9,9	9,83	0,067
VRR	11,5	11,5	11,50	0,000
FMR	7,0	7,1	7,08	0,042
EKR	6,2	6,5	6,40	0,082

Lebka č. 7				
	Min	Max	Průměr	SD
Ba/Ena	8,6	8,8	8,72	0,063
BBH	13,9	14,3	14,15	0,118
Ba/La	10,3	10,5	10,40	0,067
Ba/Ft	10,2	10,5	10,41	0,088
Ba/Fmt	10,5	10,7	10,63	0,067
M9	9,0	9,2	9,06	0,070
VRR	12,2	12,6	12,53	1,337
FMR	6,0	6,2	6,07	0,082
EKR	6,7	6,8	6,76	0,052

Lebka č. 8				
	Min	Max	Průměr	SD
Ba/Ena	8,0	8,3	8,23	0,116
BBH	14,2	14,3	14,22	0,042
Ba/La	10,6	10,8	10,64	0,070
Ba/Ft	10,0	10,0	10,00	0,000
Ba/Fmt	9,4	9,5	9,47	0,048
M9	10,2	10,4	10,23	0,067
VRR	12,2	12,5	12,37	0,823
FRR	7,9	8,1	7,97	0,067
EKR	8,0	8,1	8,04	0,052

Lebka č. 9				
	Min	Max	Průměr	SD
Ba/Ena	7,8	8,0	7,90	0,082
BBH	11,6	11,6	11,60	0,000
Ba/La	10,3	10,5	10,34	0,070
Ba/Ft	9,9	10,0	9,92	0,042
Ba/Fmt	8,7	8,8	8,78	0,042
M9	8,6	8,8	8,71	0,057
VRR	10,9	11,1	11,03	0,949
FMR	6,6	6,7	6,64	0,052
EKR	7,6	7,7	7,68	0,042

Lebka č. 10				
	Min	Max	Průměr	SD
Ba/Ena	8,1	8,3	8,28	0,063
BBH	12,5	12,6	12,58	0,042
Ba/La	10,7	10,8	10,78	0,042
Ba/Ft	9,4	9,5	9,44	0,052
Ba/Fmt	9,6	9,7	9,68	0,092
M9	9,9	10,1	10,00	0,067
VRR	11,1	11,2	11,17	0,483
FMR	7,2	7,4	7,34	0,084
EKR	6,0	6,1	6,01	0,032

Z tabulek tedy vyplývá, že hodnoty minima a maxima se od sebe liší u všech lebek a rozměrů maximálně o 4 mm, průměrně o 2 mm. Dle směrodatných odchylek popsaných v tabulkách můžeme říci, že měření proběhlo se zanedbatelnou odchylkou. Rozměr *Ba/Mbs* chybí. Kraniální soubor LBA ZČU nedisponuje dolními čelistmi k měřeným lebкам. Proto jsem intraobservační chybu na tomto rozměru nemohl hodnotit. Na druhou stranu, tento fakt není limitující pro výzkum. Nehodnotím tedy chybu měření na *Ba/Mbs*, avšak musím podotknout, že lebky měly vysokou zachovalost a tak se oba body a výsledný rozměr hledal snadno. Z výše uvedených tabulek lze konstatovat, že měření bylo adekvátní bez velkých chyb a přikláním se k názoru, že při měření *Ba/Mbs* nedocházelo k intraobservační chybě.

8.3 Regresní a korelační analýza alternativních rozměrů, návrh regresních rovnic

Dle výše popsaných metod a výpočtů zde shrnu výsledky u všech alternativních rozměrů. Rozměry *vertex radius*, *ektokonchion radius* a *frontomalare radius* lineárním regresím ani návrhu regresních rovnic nepodstupují. Výpočty korelačního a determinačního koeficientu jsem uskutečnil na těchto rozměrech, které zde uvedu. Pro téma mé práce mají však nízkou výpovědní hodnotu.

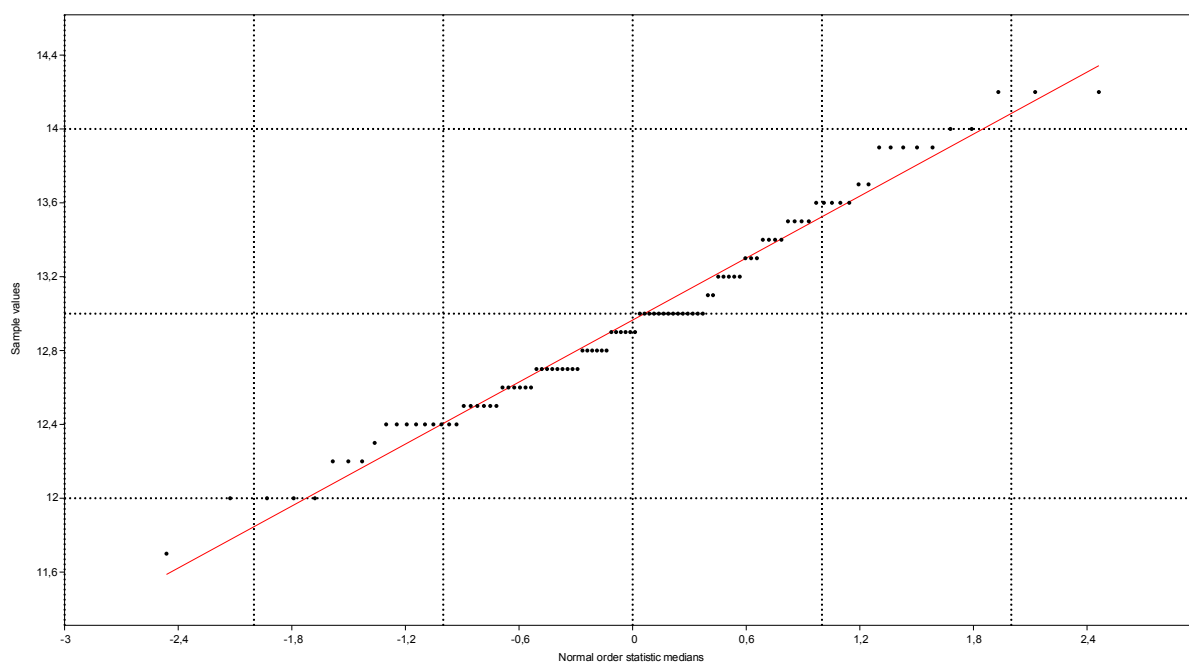
Celou zápisovou tabulku zde uvádět nebudu. Zařadím ji do příloh na konci práce. Zde uvedu pouze tabulku shrnující tyto data.

Tabulka 28. Základní statistické údaje pro všechny stanovené míry. Rozměr BBH-Mbs je označení BBH rozměru který byl měřen na souboru Ducové.

	Min	Max	Průměr	SD
BBH	11,7	14,2	12,97	0,551
Ba/Ena	7,4	10,0	8,97	0,500
Ba/La	9,0	12,1	10,73	0,525
Ba/Fmt	8,4	10,3	9,46	0,400
Ba/Ft	8,7	10,9	10,04	0,440
M9	8,4	10,9	9,62	0,444
VRR	6,4	8,7	7,52	0,447
FMR	5,9	8,1	7,01	0,436
EKR	10,8	13,1	11,97	0,459
Ba/Mbs	9,1	11,7	10,40	0,573
BBH-Mbs	11,1	14,2	13,30	0,599

8.3.1.1 Rozměr *basion-bregma*

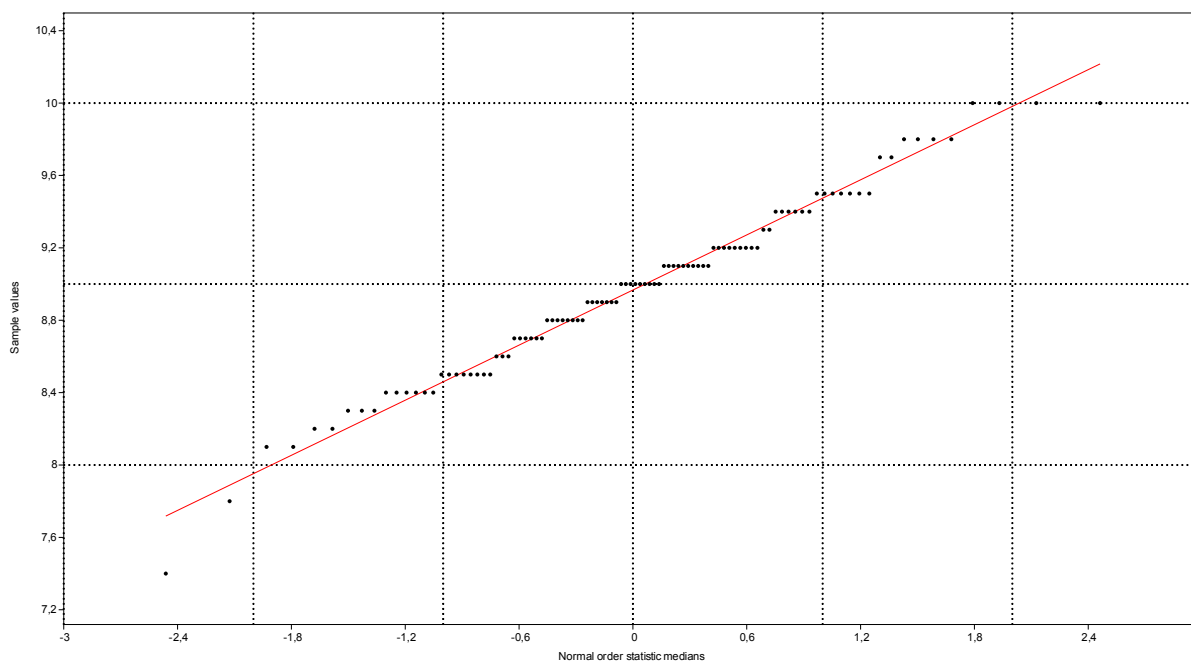
Tento rozměr je pro moji práci směrodatný. Snažím se ho odvodit od alternativních rozměrů. Vzdálenost *basion-bregma* vykazuje normálový průběh. Proto lze využít postupu lineární regrese a korelační analýzy. Tento průběh je sledovatelný u všech uvedených rozměrů.



Graf 1. Normálový průběh rozměru *BBH*.

8.3.1.2 Rozměr *Basion/Ena*

Tento rozměr opět nabývá normálového průběhu. U tohoto rozměru jsem řešil všechny výše uvedené výpočty.



Graf 2. Normálový průběh rozměru *Ba/Ena*.

Při korelační a regresní analýze *Ba/Ena* s *BBH* jsem vytvořil následující výpočty a regresní rovnice:

$$y' = 13,399807 - 0,041260x$$

$$r_{yx} = -0,03949$$

$$r_{yx}^2 = 0,0015600$$

$$r_{yx}^2 = 0,15\%$$

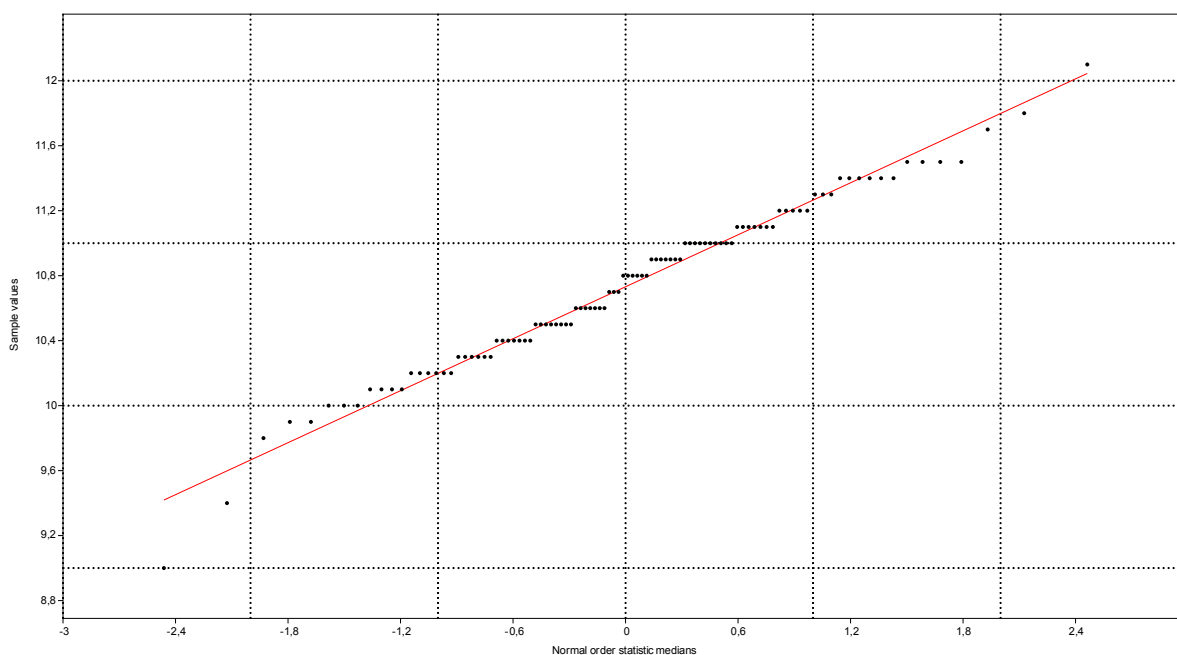
a sdružená přímka má tvar:

$$x' = 9,622357 - 0,03$$

$$r_{xy} = 0,03949$$

8.3.1.3 Rozměr *Basion/La*

Tento rozměr opět nabývá normálového průběhu. U tohoto rozměru jsem řešil všechny výše uvedené výpočty.



Graf 3. Normálový průběh rozměru *Ba/La*.

Při korelační a regresní analýze *Ba/La* s *BBH* jsem vytvořil následující výpočty a regresní rovnice:

$$y' = 7,129487 - 0,548433x$$

$$r_{yx} = 0,506263$$

$$r_{yx}^2 = 0,2563025$$

$$r_{yx}^2 = 25,63\%$$

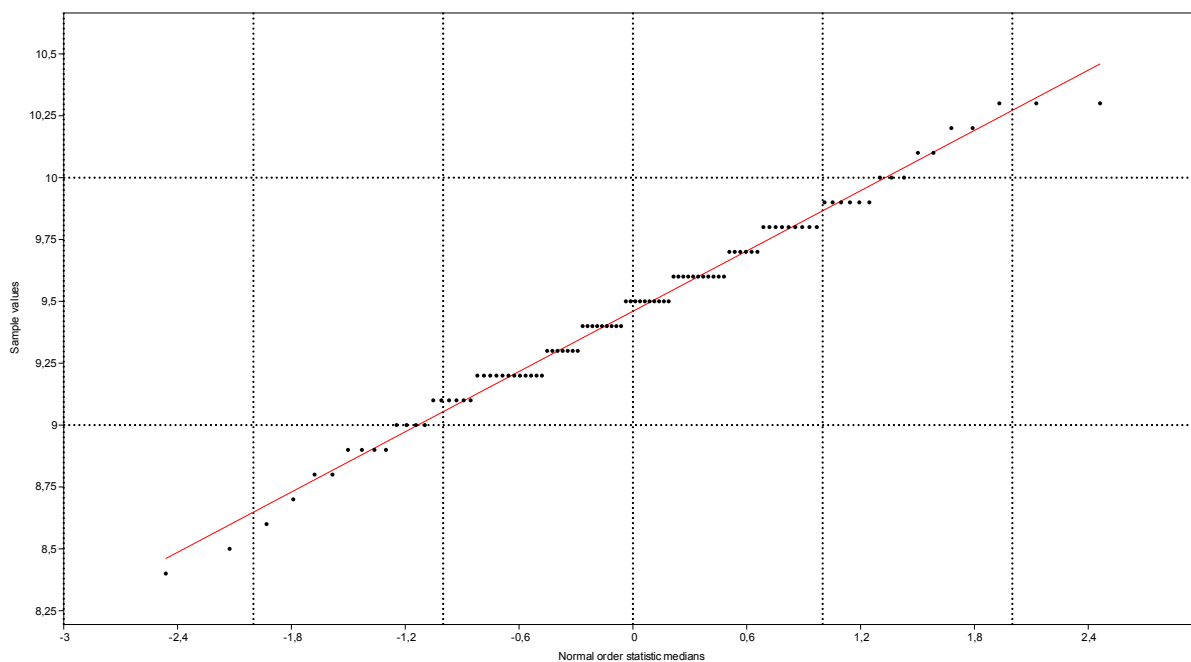
a sdružená přímka má tvar:

$$x' = 10,973043 - 0,046$$

$$r_{xy} = 0,506263$$

8.3.1.4 Rozměr *Ba/Fmt*

Rozměr *Ba/Fmt* nabývá normálového průběhu. U tohoto rozměru jsem řešil všechny výše uvedené výpočty.



Graf 4. Normálový průběh rozměru *Ba/Fmt*.

Při korelační a regresní analýze *Ba/Fmt* s *BBH* jsem vytvořil následující výpočty a regresní rovnice:

$$y' = 7,129487 + 0,607891x$$

$$r_{yx} = 0,427704$$

$$r_{yx}^2 = 0,182930$$

$$r_{yx}^2 = 18,29\%$$

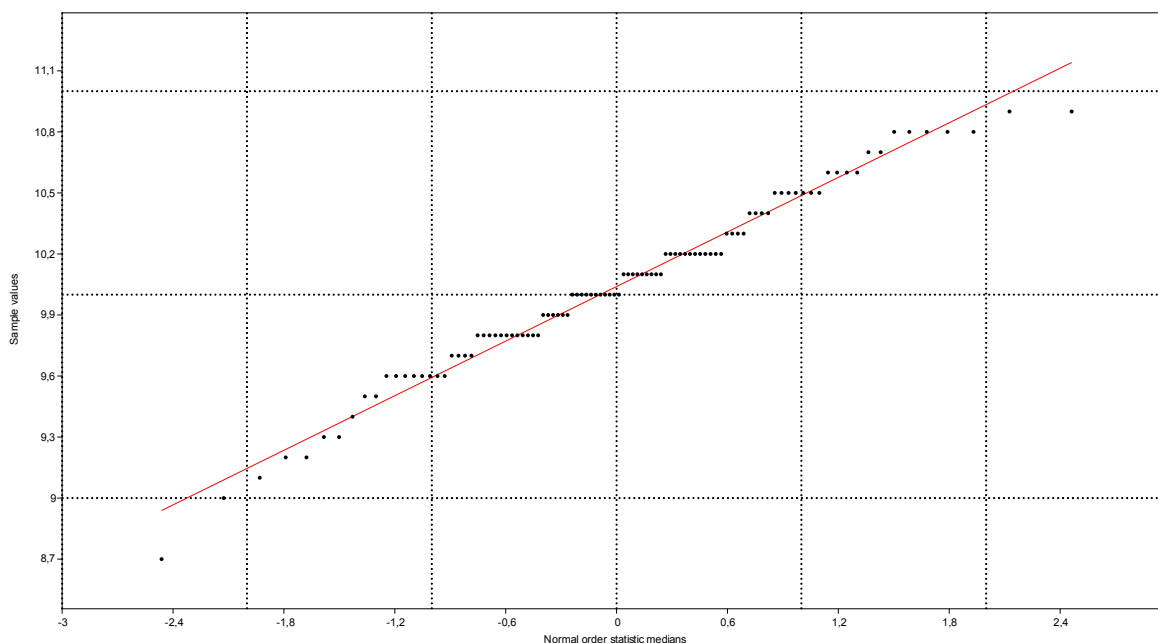
a sdružená přímka má tvar:

$$x' = 5,645574 + 0,3009$$

$$r_{xy} = 0,427704$$

8.3.1.5 Rozměr Ba/Ft

Tento rozměr nabývá taktéž normálového průběhu, což značí graf:



Graf 5. Normálový průběh *rozměru Ba/Ft*.

Při korelační a regresní analýze Ba/Ft s BBH jsem vytvořil následující výpočty a regresní rovnice:

$$y' = 5,213786 + 0,772342x$$

$$r_{yx} = 0,557520$$

$$r_{yx}^2 = 0,3108289$$

$$r_{yx}^2 = 31,08\%$$

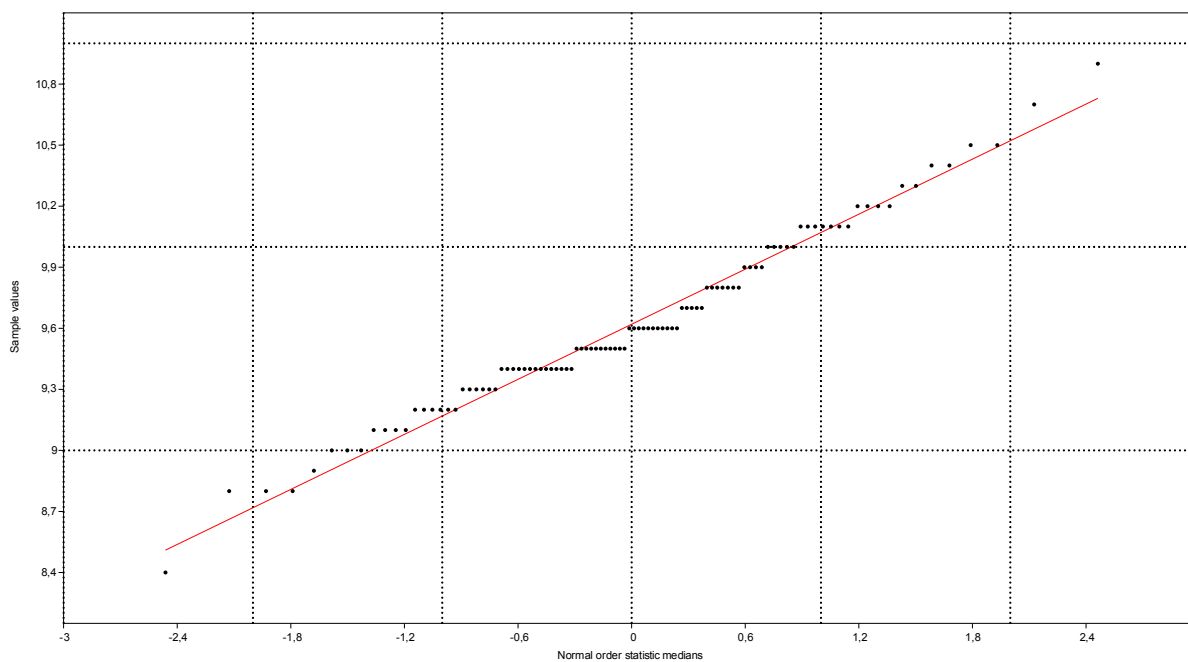
a sdružená přímka má tvar:

$$x' = 4,807448 + 0,40$$

$$r_{xy} = 0,557520$$

8.3.1.6 Rozměr M9 (nejmenší šířka čela)

Předposlední alternativní rozměr také nabývá normálního rozdělení, které lze vidět v grafu:



Graf 6. Normálový průběh rozměru $Ba/M9$

Při korelační a regresní analýze $Ba/M9$ s BBH jsem vytvořil následující výpočty a regresní rovnice:

$$y' = 11,804562 + 0,126742x$$

$$r_{yx} = 0,091606$$

$$r_{yx}^2 = 0,0,008391$$

$$r_{yx}^2 = 0,83\%$$

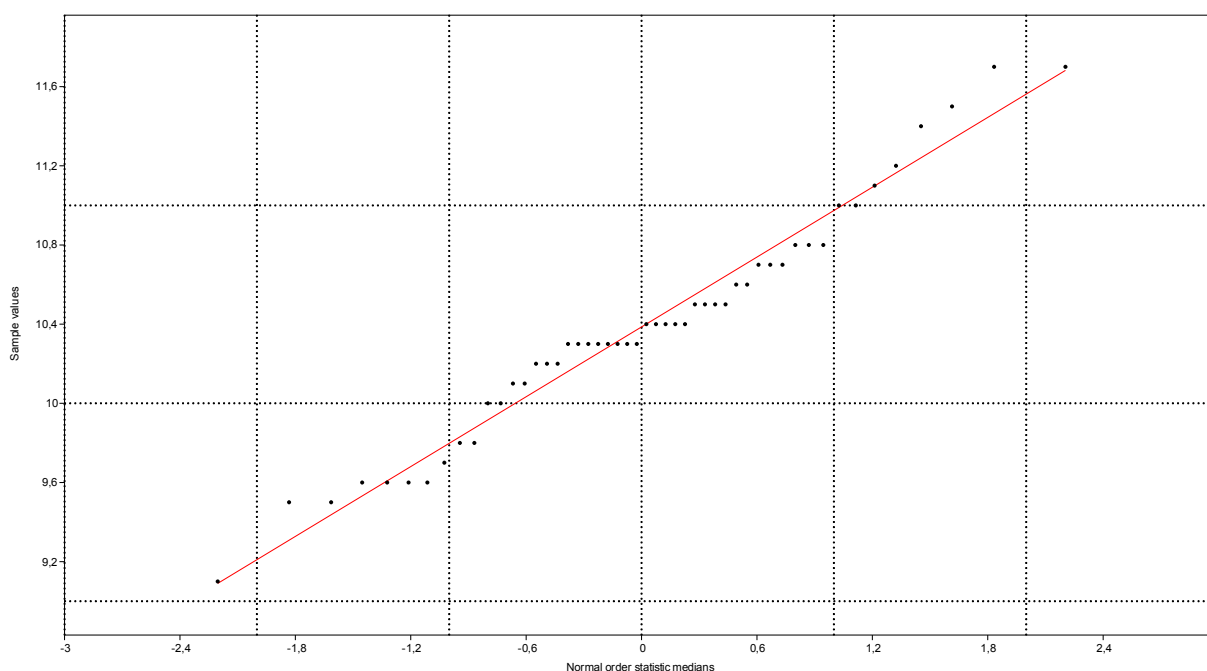
a sdružená přímka má tvar:

$$x' = 8,755350 + 0,06$$

$$r_{xy} = 0,91606$$

8.3.1.7 Rozměr Ba/Mbs

Poslední alternativní rozměr musel být měřen na odlišném souboru lebek. To však nemá vliv na závěry z mé práce. Soubor byl sice menší, zato jeho výpovědní hodnota byla relevantní. Pro následující výpočty regresní analýzy, korelační analýzy a vytváření regresních rovnic bylo nutné použít rozměr *BBH* změřený na stejném (tedy odlišném souboru než všechny výše uvedené alternativní rozměry) kraniálním souboru který jsem použil také pro měření vzdálenosti *Ba/Mbs*.



Graf 7. Normálový průběh rozměru *Ba/Mbs*.

Při korelační a regresní analýze *Ba/Mbs* s *BBH* jsem vytvořil následující výpočty a regresní rovnice:

$$y' = 9,546609 + 0,3697579x$$

$$r_{yx} = 0,448132$$

$$r_{yx}^2 = 0,2008$$

$$r_{yx}^2 = 20\%$$

9 VÝSLEDKY

Z výše uvedených výpočtů dostáváme mnoho výsledků, které je nutno zhodnotit. Všechny narozvrhované rozměry měly normálový lineární průběh. 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 $r^2 = 0,15\%$, což je nízký stupeň těsnosti. Z toho vyplývá, že tyto dva rozměry jsou na sobě téměř nezávislé.

Korelace *BBH* s rozměrem *Ba/La* vykazuje lepší hodnoty. Korelační koeficient $r = 0,506$ udává význačnou těsnost. Pokud však zhodnotíme koeficient determinace, zjistíme, že $r^2 = 25,63\%$. Jedná se o význačný stupeň těsnosti determinace. Rozměry jsou na sobě mírně závislé.

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 $r^2 = 18,29\%$ udává mírný stupeň determinace. Tedy tyto dva rozměry jsou na sobě mírně závislé.

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 $r^2 = 31,08\%$ udává význačný stupeň těsnosti determinace. Tyto dva rozměry jsou na sobě význačně závislé.

Předposlední rozměr, tedy *M9* naopak v kontextu k *BBH* vykazuje nízký stupeň těsnosti. Koeficient korelace $r = 0,092$ udává nízkou těsnost, a koeficient determinace $r^2 = 0,83\%$ značí nízký stupeň těsnosti determinace. Z toho vyplývá, že tyto dva rozměry jsou na sobě téměř nezávislé.

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 $r^2 = 20,08\%$ vykazuje mírný stupeň těsnosti determinace. Tyto dva rozměry jsou na sobě mírně závislé.

10 DISKUZE

V naší práci jsem se zabýval možností odvození *basion-bregmalního* rozměru z alternativních rozměrů. Chtěl bych poukázat na pár důležitých informací, které z mé práce vyplývá. Dále bych chtěl nastolit možnosti dalšího výzkumu, čeho se vyvarovat a co naopak přidat.

Prvně jsem použil dostupný elektronický materiál (Howells, 1995; Howells, 1996). Tento jsem kriticky zhodnotil. Výsledkem byl výběr tří rozměrů na lebce, které nejlépe korelovali s rozměrem *BBH*. Tyto tři rozměry však nebyly přímo směrodatné pro moji práci.

Dle výše uvedených faktorů a vlivů na lebku jsem vytvořil šest alternativních rozměrů, které jsem podrobil dalšímu zkoumání. Zde bych chtěl poukázat na pár poznatků. Prvně je důležité říci, že zachovalost lebky a jejích kosterních elementů je proměnlivá. Navíc se skládá ze dvou dílčích částí, které mají rozdílný základ a ontogenetický vývoj. Snažil jsem se podchytit všechny možné faktory, které mohou ovlivnit výsledek. Jelikož jsem měl velmi obsáhlý soubor, mohl jsem si vybírat ty lebky, které nevykazovaly chybějící body či rozměry. Z důvodu testování rozměru *Ba/Mbs* jsem musel svůj soubor rozšířit ještě o jeden osteologický materiál čítající padesát jedinců.

Hodnocení itraobservační chyby bylo hodnoceno na materiálu o deseti lebkách. Zde jenom zdůrazním, že je velmi důležité dobře nastudovat polohu anatomických bodů na lebce a techniku měření.

Mé dva hlavní soubory jsem tedy ve finále zhodnotil, a to pomocí regresních a korelačních analýz. Bohužel výsledek je velmi neuspokojivý. Pouze jeden rozměr vykazoval význačnou závislost na *BBH*. Ovšem ve velmi malé procentuální míře.

Tento nepřilíš uspokojivý závěr vychází z mnoha dílčích faktorů: Lebka a její elementy jsou stavěny na dvou různých základech,

chrupavčitém a vazivovém. Již tento fakt signalizuje velmi malou pravděpodobnost, že by se můj výzkum dobral pozitivního konce.

Lebeční deformace se v prvopočátcích zdála jako silný faktor, který bude narušovat výsledné hodnoty. Opak je pravdou. Mírná deformace nemá vliv na alternativní rozměry. Minimálně jeden z těchto rozměrů se i v tomto případě bude dát změřit. Pokud lebka prošla silnou deformací, mé metody a rozměry budou nepoužitelné.

Byl bych rád, kdyby já, či někdo jiný, zkusil moji práci a teorii, na které stojí, vzít z jiného konce a zkusit další možnosti odhadu *BBH* z alternativních kraniálních rozměrů. V tom případě bych doporučil podstoupit naměřená data Dixonovu testu. Pomocí něj se dá zjistit, zda extrémní odchylky (jak minimální tak maximální) mají vliv na celý soubor (jsou zatíženy chybou). Tento test jsem do své práce nezařadil.

Doporučoval bych zvětšit testovací soubor. Můj testový soubor jsem rozšířil o sto dalších jedinců, než byl původní záměr. Tento čin upřesní výsledné hodnoty. Bohužel pro psaní diplomové práce je možnost testování alternativních rozměrů na souborech čítající stovky, ne-li tisíce jedinců neuskutečnitelný.

Posledními dvěma poznatky, které jsem objevil během výzkumu, bych chtěl napomoci ke zlepšení a zjednodušení budoucích prací na toto téma. První poukazuje na volbu alternativního rozměru *Ba/Mbs*. Nutnost přítomnosti dvou protilehlých, na sebe působících zubů, není omezujícím faktorem. Zuby se z osteologického materiálu zachovávají prakticky nejvíce. Navíc stoličky převážně zůstávají v alveolárních jámách. Takže málokdy dochází k situaci, že není přítomen ani jeden zub. Bohužel jsem nezohlednil možné nemoci zubu a jejich následky. Pokud budou zuby silně abradované, použití mé metody je bezpředmětné. Obdobná situace nastane, došlo-li během života jedince k nemoci, mající za následek vypadání zubů či deformaci (periodontitida).

11 ZÁVĚR

Tato má 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. Vycházel jsem ze studie Benjamina Aurebacha (2011), který v roce 2011 vytvořil novou metou 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.*

Ve své práci se snažím tento názor vyvrátit. Na základě alternativních rozměrů, které jsem sám navrhnul, a statistických analýz, jsem se pokusil délku BBH stanovit skrze tyto alternativní rozměry.

K dispozici jsem měl 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 jsem praktikoval své teorie a domněnky. Jelikož jeden rozměr nebylo možné v tomto souboru změřit, uchýlil sem se k výběru druhého testovacího souboru z naleziště Ducové (n=50).

Rozměry jsem podrobil statistickým analýzám a vyhodnotil výsledky. Žádný z mnou navržených rozměrů nevykazoval vysokou míru závislosti na rozměru BBH.

Na základě regresních a korelačních analýz použitých v mé práci, jsem se snažil zjistit, zda je možné odhadnout *BBH* z alternativních rozměrů na lebce. Dle výsledků, které jsou uvedeny výše, docházím k finálnímu verdiktu. Žádný alternativní rozměr nebyl silně závislý na rozměru *BBH*. Jednou výjimkou je rozměr *Ba/Ft*, který vykazuje význačnou míru závislosti. Ovšem jen ve výši 31,08%, což je velmi málo. Ostatní rozměry dosahovaly nízké, až mírné závislosti. Rozměr *Ba/Ena* 0,15% míry závislosti, *Ba/La* 25,63% míry závislosti, *Ba/Fmt* 18,29% míry závislosti, *M9* 0,83% míry závislosti a *Ba/Mbs* 20,08% míry závislosti. Z tohoto závěru usuzuji, že možnost dopočítání či odvození délky *BBH* z jiných rozměrů lebky (ať už daných či alternativních) nelze. Možnost odvození *BBH* z postkraniálního skeletu se snažil podchytit Benjamin Auerbach (Auerbach, 2011). Došel ke stejnému závěru, tedy, že je to nemožné. Myslím si, že pokud by toto téma bylo podrobena hlubšímu zkoumání, širšímu spektru statistických analýz a použití většího kraniálního souboru, výsledky by mohli přinést kýžené ovoce. Bohužel je zde mnoho faktorů, které je nutno zohlednit, a tím i přehled mnoha možností, jak udělat fatální chybu.

12 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

- Agresti A, and 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. 2011. Methods for estimating missing human skeletal element osteometric dimensions employed in the revised fully technice for estimating stature. American Journal for Physical Anhtropology 145: 67-80.
- Auerbach BM. 2011. 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 Korperhohe aus den langen Gliedmasenknochen weiblicher Skelette. Anthropologischer Anzeiger.
- Bräuer G. 1988. Osteometrie. In: Knussmann R, editor. Antropologie: handbuch der vergleichended biologie des menschen I. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag: 160-230.

- 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 V. 1995. Význam tafonomických procesů při studiu pohřebního ritu. Archeologické rozhledy 37: 301-313.
- Čihák R. 2001. Anatomie 1. Praha. Nakladatelství Grada.
- Denys C. 2002. Taphonomy and experimentation. Archaeometry: 469-484.
- Dirkmaat DC, Adovasio JM. 1997. The role of archaeology in the recovery and interpretation of human remains from an outdoor forensic setting. 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: 39-64.
- Dobisíková M, Kuželka V, Stloukal, M, Stránská P, Velemínský P, Vyhnálek L, Zvárka KA. 1999. Příručka pro studium kostry. Praha: Národní muzeum
- Drozdová E. 2004. Základy osteometrie. Brno. Nakladatelství a vydavatelství Nauma.
- El-Najjar MY, McWilliams KR. 1978. Forensic antropology: the stature, morfology, and variation of human bone and dentition.
- Fully G. 1956. Une nouvelle méthode de détermination de la taille. Ann Méd Lég 36: 266-273.

- Gill-King H. 1997. Chemical and ultrastructural aspects of decomposition. 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: 93-108.
- 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 Ontologia de Porto Alegre* 35: 3-8.
- Guterl MP. 2001. The color of race in America 1900-1940. Cambridge.
- Haglund WD, Sorg HM. 1997. Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains. CRC Press: 636.
- Hammer O, Harper DT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4(1). <http://folk.uio.no/ohammer/past>.
- Hanáková H, Sekáčová A, Stloukal M. 1984. Pohřebiště v Ducovém 1. Praha. Národní muzeum.
- Hanáková H, Sekáčová A, Stloukal M. 1984. Pohřebiště v Ducovém 2. Praha. Národní muzeum.
- Henke W, Tattersall I. 2007. Handbook of paleopathology, vol. 1: Principles, methods and approaches. Springer: 241-259.
- Hindls R, Likeš J, Cyhelský L. 1993. Úvod do statistiky a pravděpodobnosti-Statistika A. VŠE Praha.
- Horáčková L, Stloukal E, Vargová L. 2004. Základy paleontologie. Brno. Nakladatelství NAUMA.

- 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.
- Hošek R. 2010. Eugenika ve Spojených státech amerických: bakalářská práce. Západočeská univerzita.
- 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. 1996. Howell's craniometric data on the internet: Notes and comments. *American Journal of Physical Anthropology* 101: 441-442
- Howells WW. 1996. 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.
- Jans MME, Nielsen-Marsch CM, Smith CL, Collins MJ, Kars H. 2004. Characterisation of microbial attack on archeological bone. *Journal of Archeological Science* 31: 87-95.
- Jantz RL. 2000. Secular change in craniofacial morphology. *American Journal of Physical Anthropology* 12: 327-338.

- Jelínek J, Pelíšek J, Valoch K. 1959. Der fossile Mensch Brno 2, Anthropos 9. Brno.
- Jurda M. 2008. Tafonomické změny lidské lebky z pohledu geometrické morfometrie. Masaríkova 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.
- Kriegerbecková J. 2005. Eugenické hnutí v USA jako specifická forma pseudovědeckého rasismu. Západočeská univerzita Plzeň: 80-93.
- Kurki HK, Ginter JK, Stock JT, Pfeiffer S. 2010. Body size estimation of small-bodied humus: 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
- Lyman LR. 1994. Vertebrate taphonomy. Cambridge University Press.
- Manouvrier L. 1894. La determination de la taille d'apres les grands os des membres. Memoires de la Societe d'Anthropologie de Paris. In: Zeman T, Králík M. 2012. Historický přehled principů tvorby metod pro odhad výšky postavy člověka na základě skeletu. Anthropologia Integra 3: 7-22
- 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.

- Neeser R, Gain J, Ackermann RR. 2003. The use of free-form deformation for correcting the taphonomic distortions of fossilized hominid crania. Technical Report CS03-06-00, Department of Computer Science, University of Cape Town. <http://pubs.cs.uct.ac.za/archive/00000033/-14.06.2013>
- Norman TL, Vashishth D, Burr DB. 1995. Fracture toughness of human bone under tension. *Journal of Biomechanics*: 309-320.
- Ogihara N, Nakatsukasa M, Nakano Y, Ishida H. 2006. Computerized restoration of nonhomogenous deformation of a fossil cranium based on bilateral symmetry. *American Journal of Physical Anthropology*: 1-9.
- Orfila MJ, Lesueur MO. 1848. Traite des exhumation juridique et considerations sur les changemens physiques que les cadavres eprouvent en se pourrissant dans la terre, dans l'eau, dans les fosses d'aisance et dans le fumier. In: Zeman T, Králík M. 2012. Historický přehled principů tvorby metod pro odhad výšky postavy člověka na základě skeletu. *Anthropologia Integra* 3: 7-22
- Pearson K. 1899. Mathematical contribution to the theory of evolution. V. On the reconstruction of the stature of prehistoric races. In: Kuželka V. 1999. Osteometrie: In: Stloukal et al., *Antropologie: Příručka pro studium kostry*. Praha: Narodni muzeum: 105-112
- Pinhasi R, Stock JT. 2011. Human bioarchaeology of the transition to agriculture. London: Wiley-Liss.
- Pokorný V. 1992. Všeobecná paleontologie. Praha: Karolinum.
- Ponce de León MS, Zollikofer PE. 1999. New evidence from Le Moustier 1: Computer-assisted reconstruction and morphometry of the skull. *The Anatomical Record*: 474-489.

- Raxter MH, Auerbach BM, Ruff CB. 2006. Revision of the Fully technique for estimating statures. *American Journal of Physical Anthropology* 52: 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.
- Ruttkay A. 1971. Druhá fáza kostěného cintorína na Kostolci pri Ducovom. 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. Sídllo veľkomoravského veľmoža 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*.

- Schultze M. 1997. Microscopic investigation of excavated skeletal remains: A contribution to paleopathology and forensic medicine. 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: 201-222.
- StatSoft, Inc. 2002. STATISTICA 7.0 (data analysis software system). www.statsoft.com.
- Steele DG. 1970. Estimation of stature from fragment 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.
- Svoboda J. 2003. Paleolit a mezolit: Pohřební ritus. Nakladatelství NAUMA.
- 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.
- Ulijaszek SJ, Johnston FE, Preece MA. 1998. Human growth and development. Cambridge university press.
- Vacek Z. 1992. Embryologie pro pediatrii. Praha: Karolinum

Zollikofer PE, Ponce de León MS. 2000. Computer-assisted paleoanthropology: Methods, techniques and applications. *Acta anthropologica sinica* 19: 90-97.

13 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 deimension of *BBH* from other alternative cranial dimesions. *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*.

14 SEZNAM PŘÍLOH

Tabulka 1. Výpočet výšky postavy z délek dlouhých kostí u mužů (Kuželka, 1999).....	12
Tabulka 2. Procentuální vyjádření chybějících obratlů (El-Najar et al., 1978).....	14
Tabulka 3. Korekce velikosti při převodu z kosterní výšky na výšku živého jedince (El-Najar et al., 1978).....	15
Tabulka 4. Rovnice pro odhad výšky postavy leukodermické (bílé) populace (Trotter, 1970).....	19
Tabulka 5. Rovnice pro odhad výšky postavy melanodermální (negroidní) populace (Trotter, 1970).....	20
Tabulka 6. Hodnocení těsnosti lineární závislosti.....	74
Tabulka 7. Hodnocení míry rozptylu okolo regresní přímky.....	75
Tabulka 8. Korelační a determinační koeficienty pro všechny kraniální rozměry (Howells, 1996).....	77
Tabulka 9. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>BBH</i>	78
Tabulka 10. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>Ba/Ena</i>	79
Tabulka 11. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>Ba/Ft</i>	79
Tabulka 12. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>M9</i>	80

Tabulka 13. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>FMR</i>	80
Tabulka 14. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>Ba/La</i>	81
Tabulka 15. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>Ba/Fmt</i>	81
Tabulka 16. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>VRR</i>	82
Tabulka 17. Naměřené hodnoty pro odhad intraobservační chyby pro rozměr <i>EKR</i>	82
Tabulka 18. Základní statistické údaje pro lebky LBA č.1.....	83
Tabulka 19. Základní statistické údaje pro lebky LBA č.2.....	83
Tabulka 20. Základní statistické údaje pro lebky LBA č.3.....	83
Tabulka 21. Základní statistické údaje pro lebky LBA č.4.....	83
Tabulka 22. Základní statistické údaje pro lebky LBA č.5.....	83
Tabulka 23. Základní statistické údaje pro lebky LBA č.6.....	83
Tabulka 24. Základní statistické údaje pro lebky LBA č.7.....	84
Tabulka 25. Základní statistické údaje pro lebky LBA č.8.....	84
Tabulka 26. Základní statistické údaje pro lebky LBA č.9.....	84
Tabulka 27. Základní statistické údaje pro lebky LBA č.10.....	84
Tabulka 28. Základní statistické údaje pro všechny stanovené míry.....	85

Tabulka 29. Kompletní přehled naměřených hodnot na materiálu
NM Praha.....114

Tabulka 30. Kompletní přehled naměřených hodnot na materiálu
z naleziště Ducové.....116

Graf 1. Normálový průběh rozměru <i>BBH</i>	86
Graf 2. Normálový průběh rozměru <i>Ba/Ena</i>	87
Graf 3. Normálový průběh rozměru <i>Ba/La</i>	88
Graf 4. Normálový průběh rozměru <i>Ba/Fmt</i>	89
Graf 5. Normálový průběh rozměru <i>Ba/Ft</i>	90
Graf 6. Normálový průběh rozměru <i>M9</i>	91
Graf 7. Normálový průběh rozměru <i>Ba/Mbs</i>	92

Obrázek 1. Rovnice vytvořené Pearsonem (Kuželka, 1999; Pearson, 1899).....	13
Obrázek 2. Rovnice pro odhad výšky postavy dle Breitingera a Bacha (Kuželka, 1999).....	16
Obrázek 3. Regresivní rovnice pro výpočet výšky postavy dle Černého a Komendy (Kuželka, 1999).....	17
Obrázek 4: Regresivní rovnice dle Sjøvolda (Kuželka, 1999; Sjøvold, 1990).....	18
Obrázek 5. Regresní vzorce pro výpočet výšky živého jedince (v cm) z neúplné stehenní kosti (El-Najjar et al., 1978; Steele, 1970).....	21

Tabulka 29. 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 30. 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