

**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 uvede-  
ných pramenů a literatury.

*Plzeň, listopad 2014*

.....

## Poděkování:

Rád bych poděkoval hlavně Mgr. Patriku Galetovi, Ph.D. za vedení mé práce, odborné rady, kritické připomínky, poskytnutou literaturu, čas, pomoc, a hlavně za velkou míru trpělivosti, kterou se mnou musel mít. Panu Mgr. Lukáši Friedlovi, Ph.D. a Mgr. Anně Pankowské, Ph.D. za užitečné komentáře a připomínky v předchozích oponentských posudcích. Zároveň bych rád poděkoval Ing. Haně 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.

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>TEORETICKÁ VÝCHODISKA</b> .....	<b>5</b>
	<b>3.1 Růst lebky</b> .....	<b>5</b>
	<b>3.2 Ontogeneze lebky</b> .....	<b>6</b>
	3.2.1 Prenatální vývoj lebky .....	7
	3.2.1.1 Desmogenní osifikace .....	8
	3.2.1.2 Chondrogenní osifikace .....	9
	3.2.1.3 Postup osifikace lebečních kostí .....	10
	3.2.2 Postnatální vývoj lebky .....	11
	<b>3.3 Metodologie odhadu výšky postavy</b> .....	<b>13</b>
	3.3.1 Matematické metody .....	13
	3.3.2 Anatomické metody .....	15
	<b>3.4 Přehled vybraných metod odhadu výšky postavy</b> .....	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>MATERIÁL</b> .....	<b>30</b>
	<b>4.1 Howellsův soubor (n = 2525)</b> .....	<b>30</b>
	<b>4.2 Soubor LBA ZČU Plzeň (n = 10)</b> .....	<b>31</b>
	<b>4.3 Soubor NM Praha (n = 150)</b> .....	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>METODY</b> .....	<b>32</b>
	<b>5.1 Význačné body a jejich definice</b> .....	<b>32</b>
	<b>5.2 Výběr standardních rozměrů</b> .....	<b>38</b>

<b>5.3</b>	<b>Výběr alternativních rozměrů .....</b>	<b>40</b>
<b>5.4</b>	<b>Statistické metody .....</b>	<b>44</b>
5.4.1	Hodnocení intraobservační chyby .....	44
5.4.2	Dixonův test extrémních odchylek.....	45
5.4.3	Lineární regrese .....	46
5.4.4	Měření těsnosti závislosti .....	50
5.4.5	Regresní diagnostika a test významnosti modelu .....	53
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY.....</b>	<b>55</b>
6.1	Intraobservační chyba.....	55
6.2	Dixonův test extrémních odchylek.....	56
6.3	Korelace BBH a standardních rozměrů lebky .....	56
6.4	Regresní a korelační analýza alternativních a standardních rozměrů.Návrh regresních rovnic.....	58
6.5	Test významnosti modelu .....	60
<b>7</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>61</b>
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>65</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ .....</b>	<b>67</b>
<b>10</b>	<b>SUMMARY.....</b>	<b>77</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>78</b>



## 1 ÚVOD

Výška postavy je velmi důležitá pro antropologické a forenzní vědy (Krogman a İşcan, 1986; Sjøvold, 1990; Raxter et al., 2006). Je základní informací pro stanovení energetické spotřeby a stavu výživy jednotlivce za života (Ulijaszek a Lourie, 1997; Özer et al., 2007; Gündüz, 2000), a je také hlavním vodítkem pro rekonstrukci zdravotního stavu u minulých populací (Voth a Leuning, 1996). Užívá se jako jeden ze čtyř nejvýznamnějších parametrů při identifikaci jedince: výška postavy, pohlaví, věk, etnický původ (Scheuer, 2002; Dirkmaat et al., 2008; Özaslan et al., 2003). Je důležitá především při vyšetřování a identifikaci obětí hromadných katastrof či masových hrobů (Krishan a Sharma, 2007; Agnihotri et al., 2007; Agnihotri et al., 2008; Sen a Gosh, 2008).

Pokud nejsme schopni změřit výšku postavy jedince, jsme schopni ji odhadnout. Pro odhad výšky postavy z lidské kostry užíváme anatomické nebo matematické metody (Raxter et al., 2006; Vercellotti et al., 2009).

Principem matematických metod odhadu výšky postavy je odhad výšky z délek kostí dlouhých končetin (např. stehenní, holenní, pažní) s využitím regresních rovnic.

Principem anatomických metod odhadu výšky postavy je odhad výšky na základě součtu výšek (délek) všech kosterních segmentů, které se na výšce postavy podílejí, s úpravou výšky měkkých tkání.

Aplikace matematických metod je rychlejší a jednodušší a je méně omezena nízkou zachovalostí kostry než u metod anatomických (Trotter a Gleser, 1952; Trotter a Gleser, 1958; Sjøvold, 1990; Vercellotti et al., 2009). Matematické metody mají nízkou spolehlivost, která je omezena shodou vztahů na kostře mezi zkoumaným a referenčním souborem, a jsou méně omezeny nízkou zachovalostí kostry (Formicola, 2003; Trotter a Gleser, 1951; Sjøvold, 1990; Vercellotti et al.,



2009; Giannecchini a Moggi-Cecchi, 2008; Madows a Jantz, 1995). Je tedy možné užít regresní rovnice pro výpočet výšky postavy pouze u populací se stejnými charakteristikami, jako populace, pro kterou byly vytvořeny (Trotter a Gleser 1952; Trotter a Gleser, 1958; Sjøvold, 1990; Sjøvold, 2000; Formicola, 1993; Formicola, 2003; Giannecchini a Moggi-Cecchi, 2008; Vercellotti et al., 2009). Anatomické metody jsou oproti tomu považovány za spolehlivější (Vercellotti et al., 2009; Lundy, 1985). Použití anatomických metod je omezeno pouze mírou zachovalosti paleoantropologických souborů (Raxter et al., 2006; Auerbach, 2011a; Vercellotti et al., 2009).

Zachovalost kosterních souborů může být proměnlivá, proto byly formovány regresní rovnice pro anatomické metody odhadu výšky postavy redukující špatnou zachovalost (Auerbach, 2011a; Auerbach a Ruff, 2010; Chiba a Terazawa, 1998; Ryan a Bidmos, 2007; Meadows a Jantz, 1992; Steele a McKern, 1969; Musgrave a Harneja, 1978; Holland, 1992; Holland, 1995; Bidmos, 2006; Ozden et al., 2005; Krishan, 2007).

Anatomické metody jsou založeny na součtu pěti nadefinovaných kosterních elementů, které se nejvíce podílejí na výšce postavy jedince, a to: výška lebky (BBH), výšky těl obratlů, výška kosti křížové, délka stehenní kosti, délka holenní kosti, výšky kostí patních a hlezenních (Fully, 1956; Raxter et al., 2006; Fully a Pineau, 1960). Naše práce pracuje v rámci anatomických metod, ovšem s faktem, že někdy jeden či více segmentů potřebných pro odhad anatomickou metodou chybí. Rozměry chybějících segmentů lze na základě recentních studií dopočítat. Například Auerbach (2011a) ve své práci navrhuje metodu pro odhad délek chybějících segmentů výšky kostry ze segmentů dostupných (Auerbach, 2011a).

Basion-bregmální výška (dále BBH) je jedním z nich. Pokud délku BBH nemáme, je problematické ji odhadnout z postkraniálního skeletu (Auerbach, 2011a).

Odhad BBH z kraniálních rozměrů zatím uskutečněn nebyl. Autoři se shodují, že odhad BBH není možný z důvodu multifaktoriálního ontogenetického vývoje lebečních kostí (Auerbach, 2011a; Chiba a Terazawa, 1998; Ryan a Bidmos, 2007). Auerbach ve své práci (2011a) uvádí, že nebyl schopen výšku postavy odhadnout, protože basion-bregmální výšky chyběly u 33,54 % mužských lebek a 29,03 % ženských lebek (Auerbach, 2011a). Proto usnadnění odhadu BBH výrazně zvýší použitelnost metod odhad výšky postavy.

## 2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je odhadnout výšku basion-bregma (BBH) na základě jiných kraniálních rozměrů. Záměrem je zvýšit použitelnost anatomických metod odhadu výšky postavy i u jedinců s nižší zachovalostí lebky. V první řadě ověříme sílu korelace BBH s rozměry lebky, které jsou již standardizované v kraniometrických příručkách (Knussmann, 1988; Howells, 1973; Bräuer, 1988). Následně na základě studia růstu, vývoje lebky a současně její zachovalosti navrhne alternativní body a rozměry lebky, které by mohly korelovat s rozměrem BBH a poté ověřit korelaci alternativních rozměrů s BBH. V poslední řadě navrhne regresní rovnice pro odhad BBH z alternativních rozměrů.

### 3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

#### 3.1 Růst lebky

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

## 3.2 Ontogeneze lebky

Během první fáze vzniku a vývoje se lebka začíná diferencovat v hlavovém konci lidského zárodku kolem čtvrtého až pátého týdne nitroděložního vývoje plodu (Čihák, 2001). Lebka se formuje velmi rychle. V následujících týdnech se v této části odehraje mnoho dramatických změn a tak tělo musí před těmito změnami zformovat celý základ budoucí lebky mající charakteristickou lidskou morfologii (Ulijaszek et al., 1998).

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

Zajímavé je, že *neurokranium* sleduje v průběhu ontogeneze růstový vzorec, který je shodný s růstovým vzorcem nervové tkáně (Jurda, 2008). Vyznačuje se prudkým počátečním růstem, který začíná v prvním měsíci nitroděložního vývoje a následně postupným úpadkem růstové rychlosti v období dětství a dospívání (Ulijaszek et al., 1998). Naopak *splanchokranium* využívá k růstu jiný vzorec. Kopíruje vzor typický pro tělní orgány a pohybový aparát (Ulijaszek et al., 1998). U nich dochází k dvojité 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* (Ulijaszek et al., 1998; Čihák, 2001).

### 3.2.1 Prenatální vývoj lebky

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

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

klad chrupavky žaberních oblouků či část obličejových svalů a kostí (Vacek, 1992; Čihák, 2001).

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

### **3.2.1.1 Desmogenní osifikace**

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

Na počátku desmogenní osifikace se v blízkosti cév blastému diferencují z mezenchymových buněk osteoblasty produkující kostní matrix (Vacek, 1992). Kostní matrix je později ukládán na kolagenní vlákna blastému (Horky et al., 2006). Tímto způsobem vytvářejí osteoblasty tenké vrstvy nemineralizované kostní tkáně (Horky et al., 2006).

Z nemineralizované kostní tkáně se formují sítě trámčů kostní matrix (Čihák, 2001). U nich už se pak následně začíná projevovat proces mineralizace (Horky et al., 2006). Část osteoblastů je díky ukládání mezibuněčné hmoty oddělena od ostatních osteoblastů a začne se transformovat na jiný typ kosterní buňky – osteofyty (Čihák, 2001). Osteoblasty, které se vyskytují na povrchu tvořící se kosti, produkují kostní hmotu a jejich činností se kost dále rozrůstá (Horky et al., 2006).

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

### **3.2.1.2 Chondrogenní osifikace**

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

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



### 3.2.1.3 Postup osifikace lebečních kostí

Lidskou lebku tvoří kosti, které vznikají z obou výše uvedených popsaných typů osifikací. V rámci neurokrania tvoří enchondrálně osifikující kosti základ spodiny lebeční (Moore a Persaud, 2002). Hlavní podíl na překrytí mozku a jeho ochraně mají kosti krycí (Čihák, 2001). Kosti krycí tvoří lebeční klenbu.

Kosti neurokrania, osifikující enchondrálně, se začínají tvořit počátkem druhého měsíce těhotenství (Čihák, 2001). Základy těchto kostí jsou tvořeny z několika chondrifikačních center nacházejících se v blastému budoucí lebeční baze. U některých kostí dávají vzniku skoro celým kostem. Mezi tyto kosti patří kost týlní (*pars basilaris*, *ossis occipitalis*, *partes laterales* a část *squama occipitalis* přiléhající k týlnímu otvoru) a téměř celá kost klínová (Vacek, 1992; Čihák, 2001). Z chrupavčitých schránek okolo membranózního labyrintu, které se rozkládají po stranách parachordové chrupavky, *capsulae oticae*, osifikuje v nadcházejícím průběhu vývoje kost skalní (Vacek, 1992). Dále v krajině nosní chondrifikuje *capsula nasalis* (Čihák, 2001). Jedná se o základní chrupavčité pouzdro pro nosní dutinu (Čihák, 2001). Během chondrifikace *capsula nasalis* už osifikují kost čichová, nosní septum a dolní skořepky nosní (Čihák, 2001). Zbylé kosti *neurokrania* (šupiny kostí klínové a spánkové, kost temenní, kost čelní a část kosti klínové) osifikují endesmálně a začínají se formovat v podkožní vazivě 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 (Čihák, 2001). Desmogenní osifikace ve *splanchokraniu* zcela převládá (Vacek, 1992; Čihák, 2001). *Arcus branchiales* neboli žaberní oblouky se objevují za hlavovým koncem lidského plodu převážně na konci prvního

měsíce gravidity (Vacek, 1992). Mezenchym tvořící první žaberní oblouk vytváří tři chrupavky (Čihák, 2001). První z nich leží dorzálně a je základem kovádky (Čihák, 2001). Druhá leží taktéž na dorzální straně, ale je základem pro kladívko (Čihák, 2001). Třetí tvoří tzv. *cartilago Meckeli* (Meckelova chrupavka; Čihák, 2001; Jurda, 2008). Meckelova chrupavka vytváří oporu pro osifikaci dolní čelisti (Jurda, 2008). Dolní čelist osifikuje stejně jako čelist horní, přímo z mezenchymového blastému, a je tedy řazena mezi kosti krycí (Vacek, 1992). Výjimkou jsou krček, hlavice, *processus coronoideus* a *processus condylaris*. Tyto části osifikují chondrogeně (Vacek, 1992).

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

### 3.2.2 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 *splanchnocrania* (Vacek, 1992; Čihák, 2001). *Neurokranium* má tvar pětiúhelníku při pohledu ze shora a je protáhlé (Moore a Persaud, 2002). Tento tvar vytváří díky výrazně prominujícím hrbolům kostí temenních a čelních (Moore a Persaud, 2002). Lebeční klenba je tvořena okraji krycích kostí, které jsou při narození spojeny vazivovou membránou tvořící i vazivové blány, které jsou většího rozsahu. Nazývají se fontanely či lupínky (Moore a Persaud, 2002). Vazivové švy, nacházející se mezi kostmi lebeční klenby, svojí stavbou a funkcí dovolují částečnou deformaci lebky, která je nesmírně důležitá při průchodu hlavičky dítěte porodními cestami během porodu (Vacek, 1992). To ale není jediná výhoda. Umožňují mozkovně adekvátně reagovat na prudký

růst hlavičky dítěte v prvních dvou letech života jedince (Vacek, 1992; Čihák, 2001; Moore a Persaud, 2002). *Splanchnokranium* novorozence je velmi malé oproti *neurokraniu*. Tento fakt je způsoben tvarem a malými proporcemi nosní dutiny a čelisti (Moore a Persaud, 2002).

V průběhu ontogenetického vývoje dochází k růstu a změnám tvaru lebky díky růstu jednotlivých kostí, jejich rotací a posunem (Jurda, 2008). Ploché kosti lebky rostou pomocí přirůstání kosti v lebečních švech a procesem remodelace, jenž je kombinací absorpce a depozice (Moore a Persaud, 2002; Vacek, 1992; Ulijazsek et al., 1998). Při remodelaci kosti 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 a Persaud, 2002). Docházíme tedy k závěru, že všechny lebky procházejí stejnými tvarovými změnami během růstu. Lebky stejných velikostí vykazují typické odlišnosti od lebek jiných rozměrů (Ulijazsek et al., 1998). Alometrie (korelace velikosti a tvaru) je u lidských lebek velmi silná (Ulijazsek et al., 1998).

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

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

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

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

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

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

### **3.3 Metodologie odhadu výšky postavy**

V současné době se používají dva základní přístupy pro odhad výšky postavy lidské kostry: tzv. matematické a anatomické metody (Raxter et al., 2006; Vercellotti et al., 2009).

#### **3.3.1 Matematické metody**

Matematické metody užívají pro odhad výšky postavy regresní rovnici. Ta popisuje vztah mezi měřenou částí kostry a výškou postavy, a

vzniká pomocí regresní analýzy vztahu měřené části skeletu a výškou postavy (Sjøvold, 1990; Sjøvold, 2000). Charakter jejich vztahu popíšeme za pomoci regresních koeficientů (Agresti a Finlay, 1997; Hendl, 2006). Pro účely matematických metod je nutné vybrat takový referenční soubor, aby co možná nejlépe reprezentoval zkoumanou populaci. Je nutné zvolit i takovou část skeletu, která co možná nejlépe koreluje s výškou postavy. Nejčastěji se užívají délky dlouhých kostí a to především kosti lýtkové a stehenní (Sjøvold, 2000).

Pro odhad výšky postavy za pomoci regresních rovnic se tedy nejčastěji užívají rozměry dlouhých kostí horní a dolní končetiny (Sjøvold, 2000). Nejsou však výjimkou ani metody, které pro matematický odhad výšky postavy užívají i jiné rozměry. Nejčastějšími jsou například poměry mezi rozměry ruky či nohy a výšky postavy (Cordeiro et al., 2009). Dokonce se uvažuje o nahrazení rozměrů dlouhých kostí právě rozměry ruky či nohy (Codeiro et al., 2009; Krishan, 2008). Také užití výšky celé páteře či jednotlivých obratlů pro konstrukci regresních rovnic měly zpřesnit výsledný odhad výšky postavy (Auerbach, 2011a). Většina autorů se však shoduje na tom, že nejvyšší korelační koeficienty mezi obratly pro odhad výšky postavy vykazuje bederní část páteře (Jason a Tyler, 1995; Nagesh a Kumar, 2006).

Nespornou výhodou matematických metod pro odhad výšky postavy zemřelého je, že k odhadu výšky postavy potřebujeme regresní rovnici vytvořenou pouze pro námi vybranou část skeletu (Sjøvold, 2000). Proto se tyto metody praktikují většinou na špatně zachovaných souborech. Naopak velkou nevýhodou matematických metod je jejich populační specifická. Vztahy na kostře reprezentované pomocí regresních rovnic se mezi populacemi liší a to díky genetickým dispozicím jako proporcionalita těla či environmentálními vlivy. Není tedy možné užít regresní rovnice pro výpočet výšky postavy u populací s odlišnými charakteristikami, než měla populace, pro kterou byly regresní rovnice vytvořeny (Trotter a Gleser 1952; Trotter a Gleser, 1958; Sjøvold, 1990; Sjøvold, 2000; Formicola,

1993; Formicola, 2003; Giannecchini a Moggi-Cecchi, 2008; Vercellotti et al., 2009). U paleoantropologických souborů je užití matematických metod omezeno tím, že většinou u těchto souborů základní charakteristiky neznáme.

### 3.3.2 Anatomické metody

Anatomické metody jsou založeny na součtu několika kosterních elementů, které se nejvíce podílejí na výšce postavy jedince. Mezi tyto rozměry patří: výška lebky (vzdálenost basion-bregma), výška těla obratle (od C2 až po S1), délka stehenní kosti, délka holenní kosti, výška kostí nohy (hlezenní a patní kost). K výsledné hodnotě je potřeba přičíst hodnotu zastupující podíl měkkých tkání na výšce postavy (Fully, 1956). Anatomické metody odhadu výšky postavy jsou považovány za spolehlivé (Raxter et al., 2006; Vercellotti et al., 2009). Jejich užití v paleoantropologii je však závažně omezeno špatnou zachovalostí kosterního materiálu. Pro praktické užití těchto metod je nutná zchovalost téměř celé kostry (Raxter et al., 2006; Auerbach, 2011a).

Anatomické metody jsou považovány za spolehlivější než metody matematické (Vercellotti et al., 2009; Lundy, 1985). Použití anatomických metod je omezeno pouze mírou zchovalosti paleoantropologických souborů (Raxter et al., 2006; Auerbach, 2011a; Vercellotti et al., 2009).

Zchovalost kosterních souborů může být proměnlivá, proto byly formovány regresní rovnice pro anatomické metody odhadu výšky postavy redukující špatnou míru zchovalosti (Auerbach, 2011a; Auerbach a Ruff, 2010; Chiba a Terazawa, 1998; Ryan a Bidmos, 2007; Meadows a Jantz, 1992; Steele a McKern, 1969; Musgrave a Harneja, 1978; Holland, 1992; Holland, 1995; Bidmos, 2006; Ozden et al., 2005; Krishan, 2007).

### 3.4 Přehled vybraných metod odhadu výšky postavy

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

Prvním, kdo se pokusil odhadnout výšku postavy zemřelého z délek dlouhých kostí u dospělých jedinců, byl Mathieu Orfila. Pro vytvoření své metody odhadu výšky postavy použil 50 mrtvých těl a 20 koster (Orfila a Lesueur, 1831). Jeho údaje jsou založeny pouze na empirickém určení koeficientů délek kostí a to bez jakéhokoli statistického zhodnocení variability. Orfila tedy plně nepochopil zákonitosti vztahů mezi délkou kosti a celkovou výškou postavy. Navíc je metoda odhadu výšky postavy dle Orfila značně nepřesná. Orfila ve své práci dokonce ani nepopisuje způsob, jakým jednotlivé dlouhé kosti měřil. Tento fakt snižuje věrohodnost odhadu výšky postavy založené na jeho datech (Zeman a Králik, 2012). Metodu Orfila podrobil kritickému shodnocení Paul Topinard. Byl prvním, kdo doporučoval pro měření maximálních rozměrů dlouhých kostí užít Brocovu osteometrickou desku (Zeman a Králik, 2012). Dnes má metoda dle Orfila pouze historický význam.

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

Dalším, kdo provedl odhad výšky postavy zemřelého, byl Etienne Rollet. Pro účely své práce změřil 100 jedinců (50 mužů a 50 žen) ve věku 24-99 let (Rollet, 1889). Bohužel autor se zmiňuje pouze o tom, že výška jedinců byla zjišťována posmrtně. Ale způsob měření publikován nebyl (Fully, 1956). Pouze informace, že rozměry byly měřeny na kostech se zachovalými chrupavkami (Fully, 1956). Interval, kterého nabývala výška postavy, činila 152-180 cm u mužů a 140-172 cm u žen (Rollet, 1889). Později měřil kosti i za sucha a stanovil korekci na 2 mm mezi suchou a mokrou kostí. Své výsledky shrnul v tabulce, kde sestavil procentuální podíly všech délek čerstvých kostí k délce těla.

V roce 1894 vytvořil první propracovanou metodu odhadu výšky postavy Léonce Manouvrier, který použil Rolletovi naměřená data. Zpracoval však pouze data 49 jedinců (25 žen a 24 mužů) aby eliminoval jedince starší šedesáti let (Stloukal a Hanáková, 1999). K výpočtu užil pouze suché kosti (Stloukal a Hanáková, 1999). Tělesná výška se vyčetla z tabulek na základě délek kostí pažní, loketní, vřetenní, stehenní, holení a lýtkové. Charakteristiky tohoto souboru jsou posány v Tabulce 1.

Tabulka 1. Charakteristika Manouvrierova souboru (Manouvrier, 1894).

	Muži	Ženy
Počet případů	24	25
Věk	24-59 let	25-58 let
Délka těla	153-183 cm	140-171,5 cm

Také seřadil jedince dle délky dlouhých kostí a tím mohl zachytit regresi k průměru (Zeman a Králik, 2012). Ve své práci rozděluje jedince na macroskeles (s dlouhými končetinami ve vztahu k výšce postavy) a



microskeles (s krátkými končetinami ve vztahu k výšce postavy), (Manouvrier, 1894). Navrhnul i mnoho korekcí, které měly napomoci odstranit metodické nesrovnalosti s prací Etienne Rolleta (Zeman a Králik, 2012). Manouvrier je také jedním z prvních kdo vyčíslil spolehlivost odhadu výšky postavy podle jeho metody (Zeman a Králik, 2012). Průměrná chyba jeho metody se pohybovala od 2,7 cm po 3,3 cm (Zeman a Králik, 2012).

Také Karl Pearson užil naměřených dat Rolleta a výšku postavy zemřelého se pokusil odhadnout na základě lineární regrese a korelace rozměrů (Kuželka, 1999). Ještě předtím odečetl od celkové délky těla mrtvého 1,2 cm (muži) a 2 cm (ženy), (Pearson, 1899). Zajímavostí je, že použil pouze kosti z pravé strany těla. Z naměřených hodnot délek kostí nakonec odečetl 2mm, kvůli korekci pro délky suchých kostí. Karl Pearson použil celý Rolletův materiál (100 osob). Naměřené délky kostí se následně násobí příslušným koeficientem a připočítá se hodnota konstanty (Pearson, 1899). Přehled regresních rovnic vytvořených Pearsonem je v Tabulce 2.

Tabulka 2. Regresní rovnice pro muže a ženy dle Karla Pearsona (Pearson, 1899).

Rovnice pro muže	Rovnice pro ženy
$VP = 1,88 \times F + 81,31$	$VP = 1,95 \times F + 72,84$
$VP = 2,89 \times H + 70,64$	$VP = 2,75 \times H + 71,48$
$VP = 2,38 \times Tb + 78,66$	$VP = 2,35 \times Tb + 74,77$
$VP = 3,27 \times R + 85,93$	$VP = 3,34 \times R + 81,22$
$VP = 1,16 \times (F + Tb) + 71,44$	$VP = 1,13 \times (F + Tb) + 69,15$
$VP = 1,22 \times F + 1,08 \times Tb + 71,44$	$VP = 1,12 \times F + 1,13 \times Tb + 69,57$
$VP = 1,73 \times (H + R) + 66,86$	$VP = 1,63 \times (H + R) + 69,91$
$VP = 2,77 \times H + 0,19 \times R + 69,79$	$VP = 2,58 \times H + 0,28 \times R + 70,54$
$VP = 1,03 \times F + 1,56 \times H + 68,4$	$VP = 1,34 \times F + 1,03 \times H + 67,44$

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

Zajímavou metodu odhadu výšky postavy vytvořil fin A. Telkkä (1950). Tato metoda je přínosná hlavně charakterem zkoumaného souboru, jelikož byla aplikována na kostech Finů, kteří patří k průměrně vyšším populacím. Soubor čítal 115 kostí mužů a 39 kostí žen ve věku mezi 42 až 50 lety (Telkkä, 1950). Průměrná výška tohoto souboru činila 169,3 cm u mužů a 156,8 cm u žen (Telkkä, 1950). Jeho metoda spočívá v tom, že se od zjištěné délky kostí odečte příslušná hodnota konstanty a výsledný rozdíl je násoben příslušným koeficientem (Telkkä, 1950). Nakonec se k výsledku připočte výše uvedená konstanta dle pohlaví. Od konečné výšky je potřeba ještě odečíst 2 cm, abychom zjistili výšku jedince za jeho života (Telkkä, 1950).

Tabulka 3. Rovnice pro odhad výšky postavy dle A. Telkkä (Telkkä, 1950)

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

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

Metodicky již propracovanou metodu vytvořil Georges Fully (1956). Podrobil metody Rollet (1888) a Manouvrier (1893) důkladnému testování a zjistil, že odhady dle těchto metod jsou pro identifikaci dosti nepřesné (Fully, 1956). Zavedl měření kosterní výšky. Definoval ji jako součet odpovídajících rozměrů dlouhých kostí bez korekce na tloušťku měkkých tkání a zakřivení páteře (Fully, 1956). Ty mohou zásadně ovlivnit výsledný odhad výšky postavy (Fully, 1956).

Pro stanovení regresních rovnic určených k výpočtu tělesné výšky užil 102 jedinců, u nichž změřil následující rozměry (Fully, 1956; Fully a Pineau, 1960): 1) basion-bregmální výška lebky, 2) přední výška těla čepovce, 3) součet předních výšek obratlových těl, 4) výška prvního křížového obratle, 5) celková délka kosti stehenní, 6) celková délka kosti holenní, 7) projekivní výška spojené kosti hlezenní a patní v anatomické poloze.

Při výpočtu se všechny rozměry sčítají a výslednou hodnotu je ještě nutno zvětšit o konstantu, která je závislá na hodnotě součtu (Fully, 1956). Fully ve své práci konstatuje, že chyba u jeho metody nepřesahuje 3,5 cm a u 80 % jedinců nepřesahuje ani 2,0 cm (Fully, 1956). Nevýhodou této metody je nutnost vysoké míry zachovalosti. Tento fakt donutil autora aplikovat tuto metodu na špatně zachovalé kostry a pozorovat její chování. Společně s H. Pineau použili Fullyho metodu na materiálu čítajícím 164 mužů (Fully a Pineau, 1960). Průměrný věk byl 40 let a průměrná výška 170 cm (Fully a Pineau, 1960). Výsledkem práce byly tabulky, ze kterých se dal vyčíst procentuální podíl výšky všech obratlů od horního i dolního konce páteře, takže bylo možné zjistit délku páteřního sloupce na základě výšky zachovaných obratlů (Fully a Pineau, 1960).

Tabulka 4. Procentuální vyjádření chybějících obratlů (El-Najjar a McWilliams, 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		

Autoři dále uvádějí regresní rovnice pro výpočet délky celého páteřního sloupce od druhého krčního obratle k pátému bedernímu obratli a to ze součtů předních výšek různých úseků páteře.

---


$$DP = 7,12 \times (V \text{ Th } 1 - \text{Th}3) + 13,9 \pm 1,50 \text{ cm}$$

$$DP = 6,53 \times (V \text{ Th } 5 - \text{Th } 7) + 10,34 \pm 1,42 \text{ cm}$$

$$DP = 5,59 \times (V \text{ Th } 10 - \text{Th } 12) + 8,86 \pm 1,45 \text{ cm}$$

$$DP = 3,21 \times (V \text{ Th } 5 - \text{Th } 7) + (V \text{ L } 1 - L 3) + 3,48 \pm 0,96 \text{ cm}$$

$$DP = 2,87 \times (V \text{ Th } 10 - \text{Th } 12) + (V \text{ L } 1 - L 3) + 4,75 \pm 1,13 \text{ cm}$$

---

DP = délka páteře, V Th x = výška těla hrudního obratle číslo x, V L x = výška těla bederního obratle číslo x

Obrázek 1. Regresní rovnice pro výpočet délky páteřního sloupce (Fully a Pineau, 1960).

Dále upravili původní rovnici pro výpočet výšky těla živého jedince tak, aby nebylo nutné užívat různé konstanty (Fully a Pineau, 1960):

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

nebo

$$\text{výška živého jedince} = \text{výška skeletu} + 10,8 \pm 2,54 \text{ cm.}$$

Všechny uvedené rovnice platí jak pro mužské tak i ženské pohlaví, obě strany těla i všechny etnické skupiny (Fully a Pineau, 1960).

V posledních letech byla Fullyho metoda odhadu výšky postavy častokrát diskutována a to převážně její využitelnost a spolehlivost. Navíc se ukázalo, že tato metoda není použitelná u souborů, které nemají stejné demografické parametry jako soubor, na němž byla tato metoda vystavena. Rozdíl mezi dvěma soubory může být zapříčiněn například odlišným zastoupením věku, pohlaví, etnické afinity. Navržené korekční faktory pro vypočítání výšky postavy z výšky kostry jsou dnes označeny za nepřesné (King, 2004; Raxter et al., 2006). Na základě výše uvedených nejednoznačností byla metoda odhadu výšky postavy podle Fully (1956)

vytvořena a její spolehlivost revidována a následně testována (Raxter et al., 2006). Spolehlivost anatomických metod se testovala za pomoci srovnání hodnot výšky postavy odhadnuté za pomoci Fullyho metody s reálnými hodnotami výšky postavy měřených a zaznamenaných po-smrtně. Tyto záznamy byly upraveny odečtením 2,5 cm kvůli korekci měkkých tkání (Raxter et al., 2006). Navíc byla revidována i definice a způsob měření zvolených rozměrů, a to z důvodu ověření, který ze způsobů měření je pro spolehlivý odhad výšky postavy nejvhodnější (Raxter et al., 2006). Jednalo se o tyto rozměry: délka holenní kosti, výška těla obratle, výška kostí nohy. Ty bohužel nebyly Fullym jednoznačně nade-finovány a tak při použití docházelo k různým variantám způsobů měření (Formicola, 1993; Raxter et al., 2006).

Následovaly práce Breitingera a Bacha. Tyto dvě metody jsou si velmi podobné s tím rozdílem, že Breitingerova metoda byla vytvořena na pouze mužském souboru a Bachova na ženském souboru. Na rozdíl od ostatních metod odhadu výšky postavy byly Bachovy a Breitingerovy metody založeny na měření rozměrů na živých tělech (Bach, 1965; Breitinger, 1937). Avšak metodicky jejich postup je stále založen na měření délek 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).

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

Vp = výška postavy, F = délka stehenní kosti, H = délka pažní kosti, Tb = délka holenní kosti

Obrázek 2. Rovnice pro odhad výšky postavy dle Breitingera a Ba-cha (Kuželka, 1999).

Vlivu věku na odhad výšky postavy se podrobněji zabývaly Mildred Trotter a Goldine Gleser. Zavedly tzv. *maximální výšku* (Trotter a Gleser, 1952). Odhadly, že celkové stárnutí těla může měnit výšku jedince až o 4 cm (Trotter a Gleser, 1952). Maximální výšku tedy dopočítávají pomocí lineární regrese (Trotter a Gleser, 1952).

Skutečnost, že se od sebe liší regresní přímky dvou různých populací ve velikosti absolutního členu, byla závažná. Takto mohlo docházet k systematické chybě (Zeman a Králik, 2012). Existence regresních rovnic určených pouze pro určitý typ etnika byla nezbytná. S řešením přichází Torstein Sjøvold. Jeho metoda odhadu výšky postavy pracuje s regresními rovnicemi sloužícími k odhadu výšky postavy jedince na základě délek stehenní, holenní, lýtkové, pažní, loketní a vřetenní kosti (Sjøvold, 1990). Dále zjistil, že regresní přímky rozdílných populací mají stejnou směrnici, liší se však posunutím (Zeman a Králik, 2012). Vinu přikládá užité metodě minimalizace reziduálních čtverců (Sjøvold, 1990). Pokud použijeme tuto regresní přímku pro odhad výšky postavy jedinců pocházejících z populace s rozdílnou průměrnou délkou dlouhé kosti, budou tyto odhady systematicky vychýleny (Zeman a Králik, 2012). Sám ovšem podotýká, že je to jediný možný postup, který poskytuje v rámci populace nejpřesnější možné odhady (Sjøvold, 1990).

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

Tabulka 5. Regresivní rovnice dle Sjøvolda (Sjøvold, 1990).

Sjøvoldovy rovnice	
$VP = 4,62 \cdot H1 + 19,00$	$VP = 2,71 \cdot F1 + 45,86$
$VP = 3,78 \cdot R1 + 74,10$	$VP = 3,01 \cdot F2 + 32,52$
$VP = 4,80 \cdot R1b + 51,15$	$VP = 3,29 \cdot T1 + 47,34$
$VP = 4,61 \cdot U1 + 46,83$	$VP = 3,67 \cdot T1b + 29,50$
$VP = 3,59 \cdot Fi1 + 36,31$	

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

Z českých autorů vypočítali regresní rovnice pro odhad výšky postavy Černý a Komenda. Tato metoda je založena na základě užití délek kostí pažní a stehenní. Jejich soubor čítal 148 mužů a 104 žen české a německé národnosti z let 1933-1939 (Černý a Komenda, 1982). K výpočtu použili největší délku kosti pažní a stehenní obou stran těla.

Autoři dodávají, že délky byly měřeny posmrtně a proto bylo nutné odečíst z vypočítané výšky postavy 1-2 cm (Černý a Komenda, 1982). Černý je navíc přesvědčen, že pokud budou změřeny délky obou stran, výsledný odhad výšky postavy bude přesnější (Černý, 1958). Z jejich studie však vyplývá, že změření délek kostí obou stran jen statisticky nevýznamně zpřesní výsledný odhad (Černý a Komenda, 1982). Dále popisují, že variační šíře výšky postavy je podmíněna délkou obou kostí pouze z 65 %, zbytek této variační šíře je způsoben jinými vlivy (Černý a Komenda, 1982). Tato metoda je přesnější pro mužské pohlaví než pro ženské. Je důležité si uvědomit, že rovnice v Tabulce 6 mohou vykazovat výšku nižší než je reálná a to na základě použití metody na mladším souboru než pro jaký byla vytvořena. Naopak u starších jedinců budou vypočítané hodnoty o něco vyšší.



Tabulka 6. Regresivní rovnice podle Černý a Komenda (Černý a Komenda, 1982).

Rovnice	r
Muži – pravá strana těla	
$VP = 53,31 + 3,474 \times H + 4,38$	0,781
$VP = 60,04 + 2,385 \times F + 4,21$	0,801
$VP = 49,59 + 1,559 \times H + 1,48 \times F + 4,02$	0,820
Muži – levá strana těla	
$VP = 62,23 + 3,246 \times H + 4,35$	0,761
$VP = 62,57 + 2,325 \times F + 4,15$	0,785
$VP = 54,58 + 1,418 \times H + 1,483 \times F + 3,98$	0,804
Ženy – pravá strana těla	
$VP = 40,58 + 3,777 \times H + 4,99$	0,718
$VP = 51,46 + 2,49 \times F + 4,44$	0,785
$VP = 42,62 + 0,979 \times H + 1,989 \times F + 4,38$	0,791
Ženy – levá strana těla	
$VP = 39,64 + 3,846 \times H + 5,16$	0,660
$VP = 58,54 + 2,307 \times F + 4,51$	0,754
$VP = 50,61 + 0,765 \times H + 1,948 \times F + 4,47$	0,759

VP = výška postavy, F = délka stehenní kosti, H = délka pažní kosti, r = korelační koeficient mezi výškou postavy výpočtem a měřením

Recentní studie se rychle stávají účinnými metodologickými nástroji pro spolehlivý odhad (Raxter et al., 2006; Raxter et al., 2007; Auerbach, 2011).

Z výsledků revize Fullyho anatomické metody odhadu výšky postavy vyplynulo několik zásadních zjištění. Původní navržené korekční faktory pro převod výšky kostry na výšku postavy nejsou vhodné. Statisticky signifikantně podhodnocovaly skutečnou výšku jedince. Dále bylo účinněno zjištění, že odhad výšky postavy může být statisticky významně ovlivněn věkem. Tyto dva problémy se redukuje pomocí doporučených nejspo-

lehlivějších rozměrů na kostech, u nichž byl vyvrácen statisticky významný vliv pohlaví či věku na výsledný odhad výšky postavy zemřelého (Raxter et al., 2006). Byly zavedeny dvě nové rovnice. Jedna byla určena pro odhad výšky postavy ze skeletu se známým věkem a druhá pro odhad výšky postavy jedince bez známého věku dožití.

Revize anatomické metody odhadu výšky postavy podle Fully (1956) přinesla i několik inovací. Například se poprvé začalo uvažovat o *sagitálním* zakřivení páteře, které ubírá v průměru 3 cm z celkové výšky páteře (Raxter et al., 2006). Další inovací je připočtení v průměru 0,7 cm k odhadnuté výšce postavy. Tato hodnota odráží velikost prostoru mezi bodem *basion* a vrcholem *dens axis* na druhém krčním obratli. Poslední inovací je odečtení v průměru 1,5 cm kvůli přesahu *malleolus medialis* holenní kosti přes oblast hlezenního kloubu.

Anatomická metoda odhadu výšky postavy podle Fullyho (1956) byla doplněna přesnějšími definicemi rozměrů, které nebyly v původní metodě jednoznačně vysvětleny (Raxter et al., 2006). Navíc byl do původní metody zahrnut i přepočítání kosterní výšky na výšku postavy s korekcí na věk (Zeman a Králik, 2012).

Dnes často užívané a spolehlivé metody jsou ty, které odhadují výšku postavy na základě rozměrů nohy (Byers et al., 1989; Bidmos, 2008; Atamturk a Duyar, 2008; Cordeiro et al., 2009) a ruky (Krishan a Shama, 2007; Saxena, 1984; Habib, 2010). Například práce Codeirová a kolektiv z roku 2009 se zabívala metodou odhadu výšky postavy na základě délky nártních kostí. Hodnoty pro výpočet výšky postavy byly získány z měření 220 metatarsů zapůjčených z Národního institutu medicíny v Portugalsku (Codeiro et al., 2009).

Tabulka 7. Rovnice pro odhad výšky postavy podle nártních kostí (Codeiro et al., 2009).

---

Regresní rovnice pro muže:

---

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

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

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

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


---

Regresní rovnice pro ženy:

---

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

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

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

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


---

Regresní rovnice bez rozdílu pohlaví:

---

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

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

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


---

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

Recentní metodou pro odhad výšky postavy zemělého na základě délky ruky je metoda Habib (2010). U 159 egyptských studentů změřil výšku postavy, délku ruky a článků prstů (Habib, 2010). Vytvořil regresní rovnice pro délku ruky, smíšenou rovnici zahrnující délku ukazováku a rovnice užívající rozměry každého článku prstu. Zajímavostí je, že palec byl ze studie vyloučen, protože má na rodíl od ostatních prstů vyšší míru ohebnosti a tím by mohla být změřená délka zkreslená (Habib, 2010).

Tabulka 8. Rovnice pro odhad výšky postavy dle délky ruky a ukazováčku (Habib, 2010).

---

Regresní rovnice pro muže:

---


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

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

---

Regresní rovnice pro ženy:

---


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

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

---

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

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

## 4 MATERIÁL

Naše práce vyžadovala užití tří lebečních souborů. Za a) Howellsův soubor, b) Soubor LBA ZČU Plzeň a c) Soubor NM Praha. Přehled všech souborů a jejich základních informací je v Tabulce 9.

Tabulka 9. Základní přehled užitých souborů.

Soubor	n	Stáří	Účel
Howells	2525	1965-1980	Korelace se standardizovanými rozměry.
LBA ZČU Plzeň	10	19.-20. století	Výpočet intraobservační chyby.
NM Praha	150	15.-19. století	Korelace s alternativními a standardizovanými rozměry.

### 4.1 Howellsův soubor (n = 2525)

Howellsův soubor byl využit ke stanovení standardních rozměrů s nejvyšší korelací s *bregma-basionální* vzdálenosti.

Soubor vznikl mezi léty 1965-1980 díky W. W. Howellovi, který své výsledky poskytnul v roce 1980 Oddělení Antropologie na Univerzitě v Tennessee, nacházející se v Knoxville. Soubor je celek složený z 28 populací z celého světa, z níž pouze 2 neobsahují ženské lebky. Materiál obsahuje 524 testovacích souborů. Ovšem ty nejsou celistvé a obsahují lebky prehistorické či jejich odlitky (Howells, 1996b). Ty jsme do našeho výpočtu nezahrnovali ať už z výše uvedených důvodů, tak i z nutnosti použitelnosti mé metody na recentní populace.

Howells (1973) definuje přesné pozice anatomických bodů a rozměrů. Ty však stanovuje na základě starších ale stále platných pra-

cí(Bräuer, 1988; Martin a Saller, 1975; Buxto a Morant, 1933; Wilder, 1920). K malým změnám však Howells opravdu přistoupil. 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, 1973; Howells, 1996a).

#### **4.2 Soubor LBA ZČU Plzeň (n = 10)**

Soubor LBA ZČU Plzeň byl využit ke statistickému změřením intra-observační chyby.

Soubor čítal 10 lebek (n=10) anatomicky moderního člověka. Bližší informace o složení souboru či místě nálezů poskytnuty nebyly. Bohužel jsme nebyli schopni kvůli nepřítomnosti dolních čelistí změřit intraobservační chybu rozměru *Ba/Mbs*. Tuto metodu jsem proto musel odzkoušet až na hlavním materiálu NM Praha.

#### **4.3 Soubor NM Praha (n = 150)**

Soubor NM Praha byl využit ke korelaci BBH s alternativními a vybranými standardizovanými rozměry.

Soubor čítal 150 lebek (n = 150) datovaných mezi 15.-19. století z nálezů: Ducové (50 lebek), Velké Losenice (7 lebek), Mouřenec (54 lebek), Mělník (16 lebek), Kotouň (15 lebek), Němičevy (5 lebek) a Žabonosy (3 lebky). Soubor obsahoval mužské i ženské lebky. Korelace užité na souboru NM Praha počítáme pro obě skupiny dohromady.

## 5 METODY

Všechny níže jmenované definice kranio-metrických bodů, měř a jejich vyobrazení byly převzaty z učebnice Knussmanna (Knussmann, 1988). U každého bodu je kurzívou uveden jeho název, v závorce zkratka bodu a český ekvivalent řeckého či latinského pojmenování. U uvedených měř je v závorce místo českého ekvivalentu názvu uveden původní název v německém jazyce.

### 5.1 Význačné body a jejich definice

Seznam význačných bodů a jejich definic je uveden v Tabulce 10.

Tabulka 10. Seznam význačných bodů a jejich definic.

Bod	Zkratka	Popis místa určení bodu
Bregma	B	Bod při styku sutura sagittalis a sutura coronalis.
Basion	Ba	Bod v mediální rovině na předním okraji foramen magnum.
Ena	Ena	Bod odpovídající spina nasalis anterior.
Frontomalare temporale	Fmt	Bod přechodu boční plochy processus zygomaticus ossis frontalis v zadní plochu.
Frontotemporale	Ft	Nejhlubší bod konkávního pronutí linea temporalis superior.
Lambda	La	Bod styku sutura lambdoidei a sutura sagitalis.
Mandibulární symfýza	Mbs	Bod v mediální rovině uprostřed mandibulární symfýzy.

*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 věn-

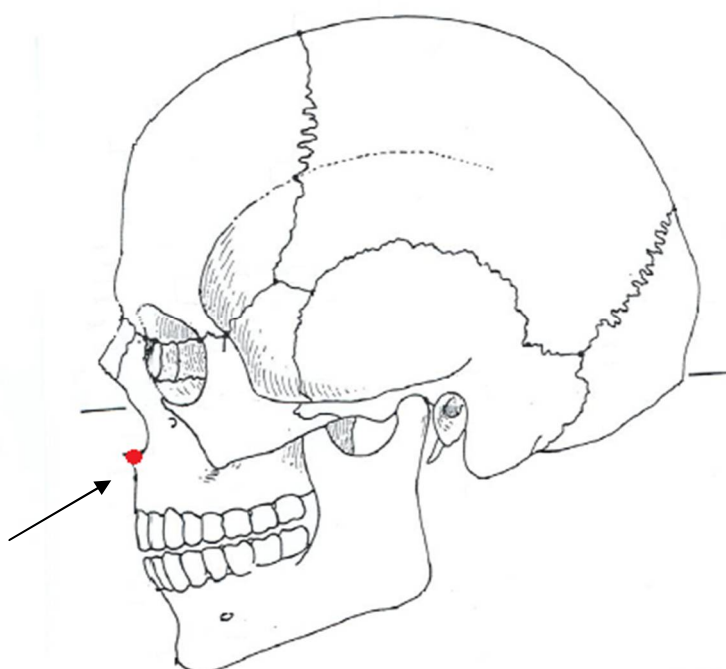
cového švu (Drozdová, 2004; Howells, 1973). Pokud máme švy téměř či zcela obliterovány, poloha *bregmy* jde určit pouze přibližně, a to na základě průběhu zbytků švů (navlhčení švů napomáhá k jejich zviditelnění). Tužkou prodloužíme průběh obou švů a tam, kde se protnou, umístíme bod *bregma* (Drozdová, 2004).

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

*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 na-

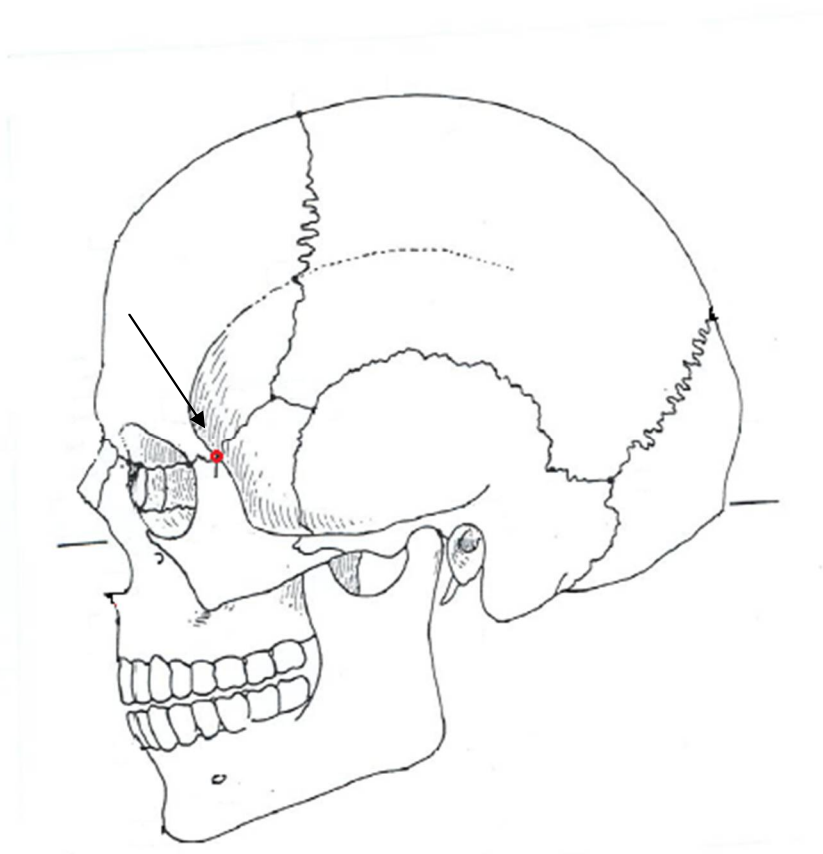


chází na horní hraně *spina nasalis anterior*. Také je nutné si uvědomit, že *ena* neodpovídá ani spinálnímu bodu (Luschanse), ani bodu *akantheim* (Töröks) (Drozdová, 2004). Pokud máme bod *nasospinale*, bod *ena* dostaneme tak, že prodloužíme kolmý průběh *sutura plana* a horizontální průběh přímky vedoucí skrz *nasospinale* (musí svírat s přímkou *sutura plana* pravý úhel. Kde se přímky protnou, tam se nachází bod *ena*) (Godolphim et al., 1995).



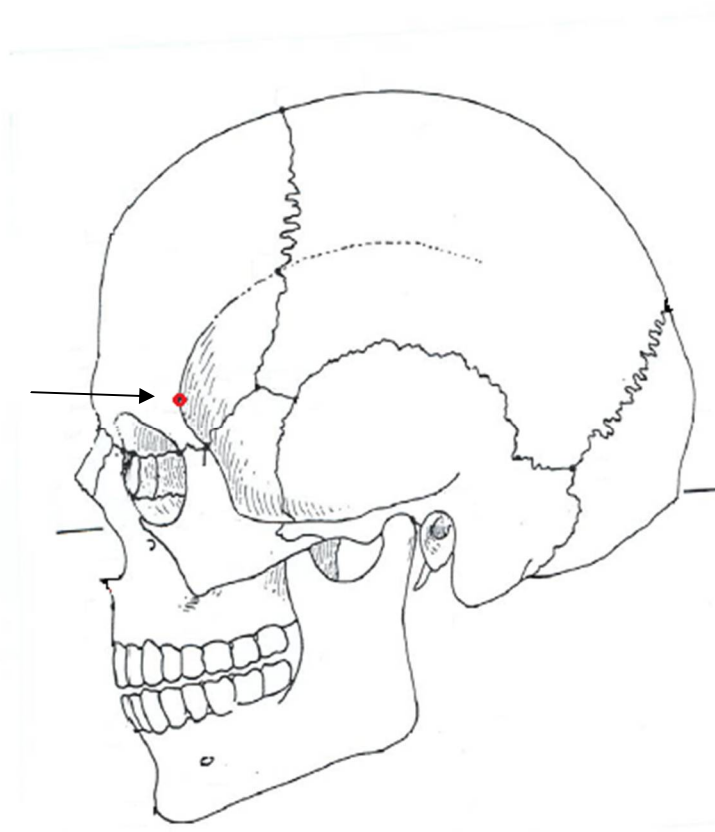
Obrázek 3. Grafické znázornění bodu *Ena*.

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



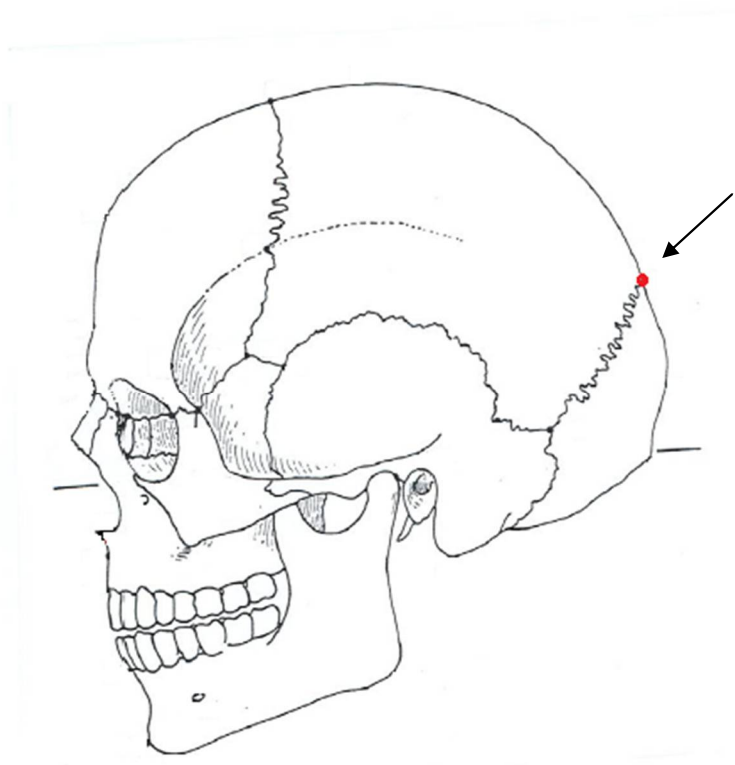
Obrázek 4. Grafické znázornění bodu *frontomalare temporale*.

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



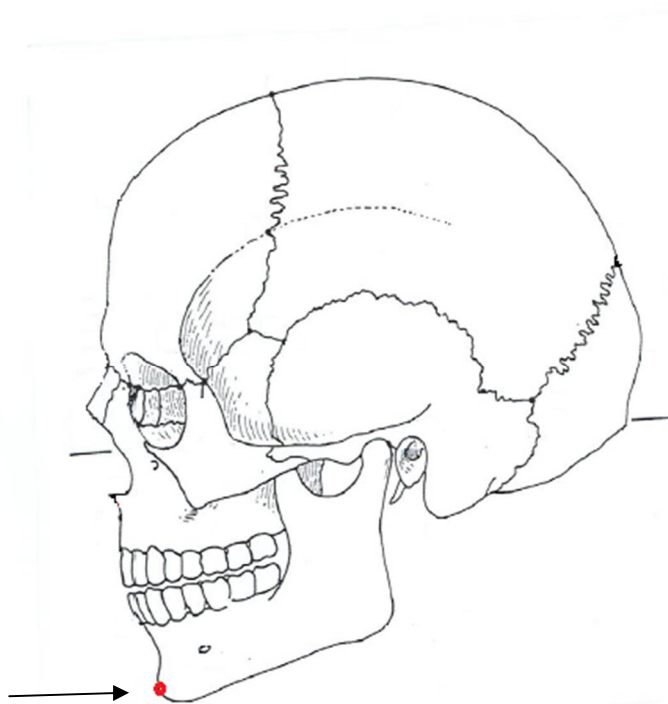
Obrázek 5. Grafické znázornění bodu *frontotemporale*.

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



Obrázek 6. Grafické znázornění bodu *lambda*.

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



Obrázek 7. Grafické znázornění bodu *Mbs*.

## 5.2 Výběr standardních rozměrů

Za standardní kranio-metrické rozměry označujeme v této práci rozměry lebky, které ve své studii standardizuje Howells (1973). Jedná se o rozměry, které se používají pro popis tvaru a velikosti lebky, tj. nebyly apriori vybírány z hlediska vysoké korelace s BBH. Celkem jsme takových rozměrů zkoumali 82, a jejich definice jsou uvedeny v Howells (1973). Vypočítali jsme korelace pro všechny rozměry pro každou populaci zvlášť. Z nich jsme vybrali tři, které mají v Howellovém souboru nejvyšší korelaci s BBH. Jejich definice a definici rozmeru BBH jakožto standardizovaného rozměru uvádíme v Tabulce 10.

Tabulka 11. Přehled vybraných standardních rozměrů.

Název rozměru	Zkratka	Popis rozměru
Basion-Bregma Height	BBH	Vzdálenost mezi bodem basion a bregma.
Poloměr vertexu	VRR	Kolmá vzdálenost od ektokonchia na ušní osu.
Poloměr frontomalare	FMR	Kolmá vzdálenost od frontomalare anterior sinister (dexter) na ušní osu.
Poloměr ektokonchia	EKR	Kolmá vzdálenost od nejvyššího bodu na ossa parietalia na ušní osu.

Výška *Basion-Bregma* (M17, Basion-Bregma Höhe): Jedná se o přímočarou vzdálenost *basia* od *bregmy*. Měří se pomocí dotykového měřidla. Jedná se o jednu z nejzákladnějších výškových měř na lebce. Díky ní jsme schopni odhadnout výšku postavy zemřelého. Dále vykazuje vysokou korelaci s výškou ucha a je určena dvěma snadno identifikovatelnými body (Drozdová, 2004). Důležité je upozornit, že někteří autoři za *basion* pokládají *hypobasion*. My však zastáváme definici dle Howellsa (Howells, 1973).

Poloměr *vertexu* (M94, VRR; *vertex radius*): Tento rozměr je určen kolmicí na ušní osu od nejvyššího bodu na *ossa parietalia*. Lebku otočíme *splanchokraniem* k sobě. Parabolické konce bočních ramen nasadíme na oba zvukovody tak, aby přesně seděly (Drozdová, 2004). Koordinátovým ramenem posunujeme stále dopředu a dozadu a to sagitálním směrem<sup>1</sup>, dokud nenajdeme největší hodnotu (Howells, 1973). Užíváme radiometr.

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.

<sup>1</sup> není však nutnost pohybovat se v mediální rovině

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

### 5.3 Výběr alternativních rozměrů

Alternativní rozměry jsme museli vytvořit s ohledem na mnoho faktorů spojených s ontogenezí a zachovalostí lebky. Alternativní rozměry byly vybrány tak, aby co nejvíce korelovaly s BBH. Přehled alternativních bodů je v Tabulce 12.

Tabulka 12. Přehled navržených alternativních rozměrů.

Název rozměru	Zkratka	Popis rozměru
Basion-Ena	Ba/Ena	Vzdálenost mezi bodem basion a spina nasalis anterior.
Basion-Mbs	Ba/Mbs	Vzdálenost mezi bodem basion a mandibulární symfýzou.
Basion-lambda	Ba/La	Vzdálenost mezi bodem basion a bodem lambda.
Basion-Frontomalare temporale	Ba/Fmt	Vzdálenost mezi bodem basion a bodem frontomalare temporale.
Basion-Frontotemporale	Ba/Ft	Vzdálenost mezi bodem basion a bodem frontotemporale.
Nejmenší šířka čela	M9	Vzdálenost mezi levým a pravým bodem frontotemporale.

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

velmi podobně (Godolphim, et al, 1995). Bohužel se nachází v oblasti *splanchnokrania*, která silně podléhá tafonomickým vlivům.

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

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

Čtvrtým alternativním rozměrem je vzdálenost *basion-frontomalare temporale*. Tento rozměr byl vybrán na základě následujících vlastností. Bod *frontomalare temporale* je snadno identifikovatelný (Drozdová, 2004). Oba body i kosti, na kterých se nacházejí, jsou kosti osifikující z chrupavky<sup>2</sup> (Čihák, 2001). Pokud lebka neprošla deformačními procesy a jeden bod *frontomalare temporale* nelze identifikovat či zcela chybí, je možnost jej nahradit stejným rozměrem na druhé straně lebky. Bohužel se domníváme, že po stránce zachovalosti bude *os zygomaticum* (oproti *os frontale*) méně zachovalá v archeologických souborech (Hanáková et al., 1984a). Tuto nevýhodu se snažíme kompenzovat možností identifikace bodu na *os frontale*.

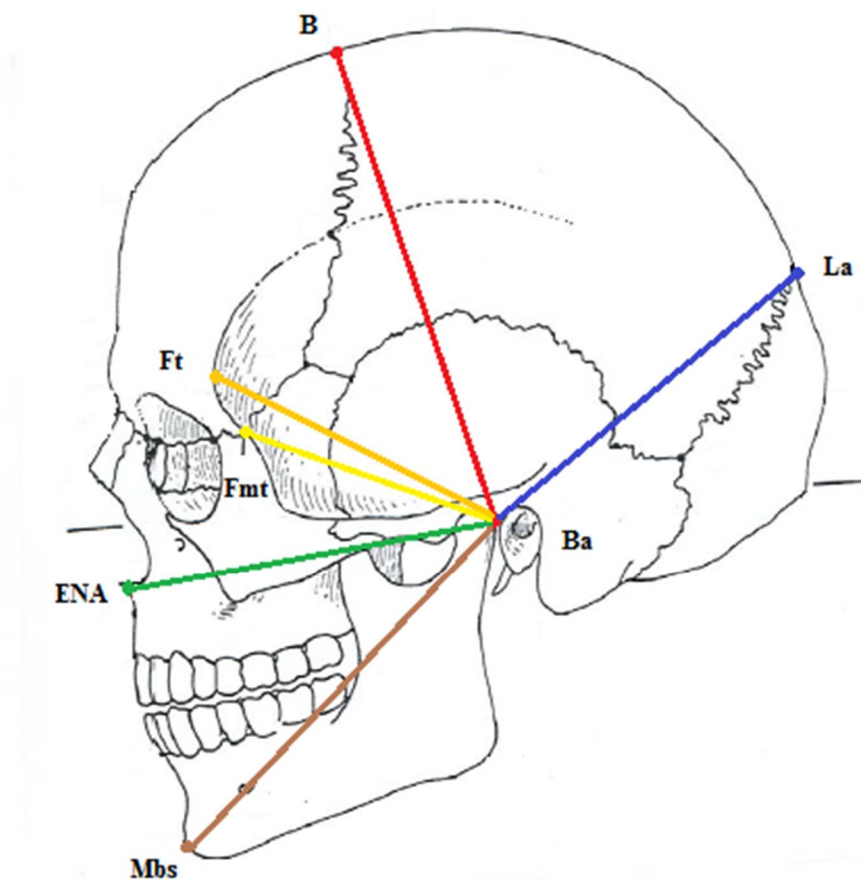
---

<sup>2</sup> 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).

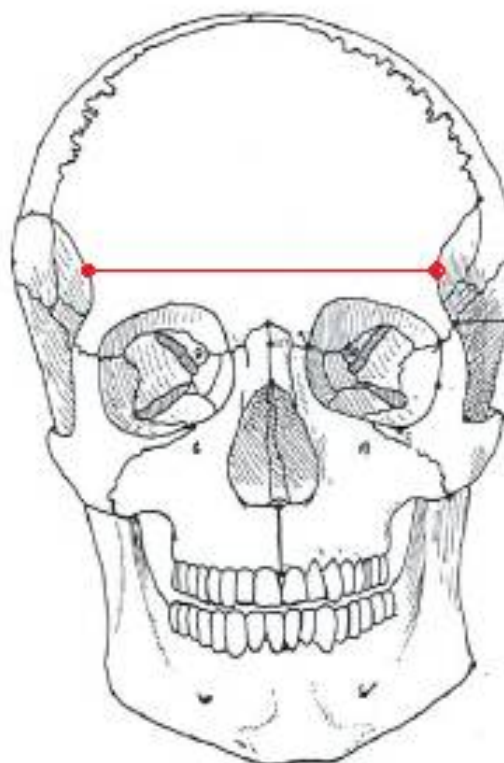


Pátým alternativním rozměrem je rozměr *basion-frontotemporale*. Pokud lebka neprošla deformačními procesy a jeden bod *frontotemporale* nelze identifikovat či zcela chybí, je možnost jej nahradit stejným rozměrem na druhé straně lebky. Navíc je směrodatný pro další alternativní rozměr M9. Tento rozměr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

Alternativní rozměr nejmenší šířka čela (M9, Kleinste Stirnbreite) byl zvolen na základě vysoké zachovalosti *os frontale* v kosterních souborech (Hanáková et al., 1984a). Nejmenší šířka čela by měla korelovat s *BBH* (Godolphim et al., 1995). Nespolehlivost rozměru shledáváme hlavně v případech, kdy jeden bod *frontotemporale* chybí. Jedná se o přímočarou vzdálenost obou bodů *frontotemporale* (Ft) od sebe. Pro měření se používá posuvné měřidlo.



Obrázek 8. Grafické znázornění alternativních rozměrů.



Obrázek 9. Grafické znázornění rozměru M9.

## 5.4 Statistické metody

### 5.4.1 Hodnocení intraobservační chyby

Pro statistické hodnocení intraobservační chyby jsme použili metody dle Blanda a Altmana (1986, 1996, 2003). Hodnocení intraobservační chyby podstupoval soubor LBA ZČU Plzeň. Intraobservační chyba byla počítána u rozměru BBH a všech alternativních rozměrů kromě Ba/Mbs. Intraobservační chybu jsme vyjádřili pomocí průměrné odchytky (MD), směrodatné odchytky (SD) a limitů shody (LA).

Průměrnou odchytkou (MD) myslíme průměr rozdílů prvního a druhého měření. Směrodatná odchytky (SD) popisuje, variabilitu rozdílů prv-

ního a druhého měření. Limity shody (LA) udávají interval, ve kterém se pohybuje 95 % odchylek mezi prvním a druhým měřením. V grafech je vymezen přerušovanou čarou.

Autoři považují grafické řešení za nejlepší znázornění dat pomocí modifikace grafu residuálních hodnot pro regresi, kdy na osu Y nanášíme rozdíl mezi prvním a druhým měřením a na osu X hodnoty průměru mezi prvním a druhým měřením (Bland a Altman, 1986). Jejich modifikace však spočívá v tom, že na osu Y nanášíme rozdíl hodnot  $x_1 - x_2$  získaných prvním a druhým měřením, a na osu X jejich průměr  $(x_1+x_2)/2$ , abychom vyrušili jev regrese k průměru a umělou korelaci mezi hodnotami  $(x - y)$  a  $x$  (Bland a Altman, 1986). Tento rozdílový graf adekvátněji hodnotí nepodobnost mezi dvěma měřeními. Tento graf je navíc doplněn o 3 kontrolní čáry prezentující průměr rozdílů, od něhož jsou zakresleny limity shody (LA), tj. přímkou ve vzdálenosti  $1,96 S_d$  na obě strany (Bland a Altman, 2003).

#### **5.4.2 Dixonův test extrémních odchylek**

Dixonovým testem extrémních odchylek hodnotíme výsledky měření a snažíme se vyloučit hrubé chyby.

Dixonův test extrémních odchylek počítáme u souboru NM Praha. Testu podstupují rozměry: BBH, Ba/Ena, Ba/La, Ba/Fmt, Ba/Ft, M9.

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

Nulová hypotéza představuje tvrzení, že je odchylka pouze náhodná a tedy, že hodnota není zatížena hrubou chybou (Svatošová a Kába, 2011). Tato hodnota je ve výběru ponechána.

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

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

Naopak pro nejvyšší odlišnou hodnotu ( $x_n$ ) vyjádříme testové kritérium jako (Svatošová a Kába, 2011):

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

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

### 5.4.3 Lineární regrese

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

Lineární regresi podstupuje soubor NM Praha. Lineární regrese je počítána pro mužské i ženské lebky dohromady.

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 a Kába, 2011). Nejdůležitějším typem regresní funkce v praxi je regresní funkce lineární, která má tvar:

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

O náhodných chybách ( $e_i$ ) se předpokládá, že se jedná o nezávislé náhodné veličiny. Musejí mít normální rozdělení s nulovou střední hodnotou a rozptylem  $\sigma^2$ . 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 ( $\beta$ ) se označuje jako teoretický regresní koeficient a charakterizuje nám průměrnou změnu závislé proměnné, která odpovídá změně nezávislé proměnné o jednu její jednotku (Hindls et al., 1993). Pokud je tento koeficient kladný, dochází při růstu hodnot nezávislé proměnné X také k růstu hodnot závislé proměnné Y (v průměru). Jedná se tedy o přímou (pozitivní) závislost (Hindls et al., 1993). Pokud však máme koeficient záporný, dochází při růstu hodnot nezávislé proměnné v průměru k poklesu hodnot závislé proměnné. V tomto případě se jedná o nepřímou (negativní závislost).

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

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

Z výše uvedených vztahů pro bodové odhady  $a$ ,  $b$  parametrů  $\alpha$ ,  $\beta$  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 odhadu<sup>3</sup>. 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 a Kámba, 2011). Statistika

---

<sup>3</sup> nejlepším odhadem regresní přímky  $\alpha + \beta x$

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

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

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

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

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

Pokud tedy máme oboustrannou závislost, přímka lineární oboustranné závislosti bude vypadat následovně (Agresti a Finlay, 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.

#### 5.4.4 Měření těsnosti závislosti

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

Měření těsnosti závislosti podstupuje soubor NM Praha. Je počítána pro mužské i ženské lebky dohromady.

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 rozptýl naměřených hodnot závislé proměnné kolem příslušné regrese menší (závislost je těsnější), tím budou regresní odhady přesnější.

Těsnost závislosti měříme mnoha způsoby. Předpokládáme, že mezi veličinami X a Y existuje lineární závislost. Disponuje-li náhodným výběrem  $(x_i, y_i)$   $i = (1, 2, \dots, n)$  z dvourozměrného normálního rozdělení,

popisujeme intenzitu lineární závislosti mezi X a Y výběrovým korelačním koeficientem  $r$ , jenž je definován (Svatošová a Kába, 2011):

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

V tomto případě vzorec:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabulka 13. Hodnocení těsnosti lineární závislosti (Hindls et al., 1993)

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

Znaménko korelačního koeficientu je dáno na základě koeficientu regresního, protože směrodatné odchylky  $s_x$  a  $s_y$  bereme konvenčně vždy s kladným znaménkem (Svatošová a Kába, 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, dosta-

neme nejpoužívanější vzorec výpočtu korelačního koeficientu  $r$  (Svatošová a Kába, 2011):

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

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

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

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

#### 5.4.5 Regresní diagnostika a test významnosti modelu

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

Regresní diagnostiku zakládáme na třech bodech:

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

Test významnosti modelu je počítán jako (Hindls et al., 1993):

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

## 6 VÝSLEDKY

### 6.1 Intraobservační chyba

Naměřená data prvního a druhého měření jsou v příloze v Tabulkách 2p až 10p v příloze. Z tabulky 14 zjišťujeme, že se průměrné odchylky u všech rozměrů pohybují do 1 mm. Nejšnější průměrnou odchylku vidíme u rozměru BBH (0,05 mm), nejvyšší průměrnou odchylku má rozměr M9 (0,75 mm)

Výsledky intraobservační chyby jsou uvedeny v Tabulce 14.

Tabulka 14. Hodnocení intraobservační chyby.

Rozměr	n	MD (mm)	SD (mm)	Limits of agreement (mm)	
				L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>
BBH	10	0,05	0,316	-0,720	0,520
Ba/Ena	10	0,70	1,160	-3,454	1,094
Ba/La	10	0,25	0,476	-0,952	0,912
Ba/Fmt	10	0,40	0,790	-1,330	1,768
Ba/Ft	10	0,20	0,633	-1,440	1,040
M9	10	0,75	1,580	-2,420	3,777
VRR	10	0,30	0,996	-2,042	1,862
FMR	10	0,40	0,690	-1,771	0,931
EKR	10	0,40	0,955	-2,162	1,582

Grafy 1p až 9p v příloze graficky hodnotí intraobservační chybu. Intraobservační chyba u všech uvedených rozměrů nepřesahovala více než 3 mm. Většina měření spadala do 95 % intervalu spolehlivosti.

## 6.2 Dixonův test extrémních odchylek

Hodnoty byly podstoupeny testování Dixonova testu, kde je vždy počet měření 17. Hodnotu jsme vyhledávali vždy dle tabulkové hodnoty  $Q(0,05;17) = 0,32$ . Hodnotu 0,32 jsme zvolili, protože se jedná o kritickou hodnotu pro 95 % interval spolehlivosti. Souhrn všech hodnot pro každý rozměr je vyjádřen v Tabulce 15.

Na základě výsledků Dixonova testu vylučuji pro rozměr Ba/Ft ze zkoumaného souboru hodnotu 9,7. Tato hodnota je zatížena hrubou chybou.

Tabulka 15. Přehled hodnot Dixonova testu ( $Q = 0,32$ ).

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

$n$  = počet jedinců,  $Q_1$  = vypočítaná nejnižší kritická hodnota,  $Q_{17}$  = vypočítaná nejvyšší kritická hodnota

## 6.3 Korelace BBH a standardních rozměrů lebky

Korelační koeficienty BBH a standardizovaných rozměrů jsou v Tabulce 16. Korelace byly uskutečněny pro všechny rozměry a populace zvlášť. Vybrali jsme tři nejlepší s nejvyšší mírou korelace. Rozsah, ve kterém se korelace pohybují je uveden v Tabulce 16.

Tabulka 16. Rozsah korelace pro vybrané standardní rozměry.

Rozměr	Rozsah korelace (r)	
	Min	Max
VRR	0,167	0,664
FMR	0,168	0,683
EKR	0,164	0,713

Nejvyšší korelaci s BBH u každé populace zvlášť vykazovaly rozměry: *poloměr vertexu* (VRR), *poloměr frontomalare* (FMR), *poloměrektokonchia* (EKR). Korelační koeficienty jsou uvedeny v Tabulce 17 pro každou populaci zvlášť.

Tyto tři míry dále sledujeme na souboru NM Praha.

Tabulka 17. Korelační koeficienty vybraných standardních rozměrů pro každou populaci zvlášť.

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

n = počet jedinců, VRR = poloměr *vertexu*, FMR = poloměr *frontotemporale*, EKR = poloměr *ektokonchia*, r = koeficient korelace



## 6.4 Regresní a korelační analýza alternativních a standardních rozměrů. Návrh regresních rovnic

Rozměry *vertex radius* (VRR), *frontomalare radius* (FMR) a *ektokochion radius* (EKR) návrhu regresních rovnic nepodstupují. Výpočty korelačního a determinačního koeficientu jsme však uskutečnili na těchto standardních rozměrech a také na všech alternativních rozměrech. V Tabulce 18 uvádím základní statistické údaje pro všechny stanovené míry včetně hodnot pro normalitu.

Tabulka 18. Základní statistické údaje pro všechny stanovené míry.

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

Souhrn koeficientů korelace a determinace pro alternativní a standardní rozměry jsou uvedeny v Tabulce 19.

Korelace pro uvedené rozměry dosahovaly převážně nízkých hodnot stupňů těsnosti. Nejnižší stupeň těsnosti jsme zjistili u korelace BBH s Ba/Ena ( $r = 0,23$ ) a M9 ( $r = 0,14$ ). Tyto rozměry jsou na BBH téměř nezávislé.

Mírný stupeň závislosti na BBH byl zjištěn u rozměrů Ba/Mbs ( $r = 0,45$ ), Ba/La ( $r = 0,48$ ), VRR ( $r = 0,39$ ) a FMR ( $r = 0,39$ ).

Rozměry Ba/Fmt ( $r = 0,52$ ) a Ba/Ft ( $r = 0,58$ ) vykazují stupeň těsnosti. Uvedené rozměry jsou na rozměru BBH význačně závislé.

Rozměr EKR ( $r = 0,70$ ) jako jediný vykazoval velký stupeň těsnosti. Rozměry BBH a EKR jsou na sobě vysoce závislé.

Tabulka 19. Korelační a determinační koeficienty pro všechny rozměry.

Rozměr	n	r	$r^2$
Ba/Ena	100	0,23	0,05
Ba/Mbs	50	0,45	0,20
Ba/La	100	0,48	0,23
Ba/Fmt	100	0,52	0,27
Ba/Ft	100	0,58	0,33
M9	100	0,14	0,02
VRR	100	0,39	0,15
FMR	100	0,39	0,15
EKR	100	0,70	0,50

Na základě výpočtu korelačních a determinačních koeficientů jsme se snažili navrhnout regresní rovnice pro zvolené alternativní lebeční rozměry. Všechny navržené rovnice pracují s 95 % intervalem spolehlivosti. Přehled vytvořených regresních rovnic je v Tabulce 20.

Tabulka 20. Přehled navržených regresních rovnic pro odhad BBH z alternativních rozměrů.

Rozměr	n	Sklon	Úsek na Y	r	SEE
Ba/Ena	100	0,25	107,40	0,23	5,35
Ba/Mbs	50	0,64	66,28	0,45	4,78
Ba/La	100	0,50	75,84	0,51	4,83
Ba/Fmt	100	0,72	61,58	0,52	4,67
Ba/Ft	100	0,73	56,66	0,58	4,46
M9	100	0,17	113,23	0,15	5,44
VRR	100	0,49	92,91	0,39	5,04
FMR	100	0,49	95,22	0,39	5,06
EKR	100	0,84	29,04	0,70	3,90

n = počet jedinců, SEE = směrodatná chyba odhadu

## 6.5 Test významnosti modelu

Pro test významnosti modelu jsme počítali nulové a alternativní hypotézy pro zhodnocení významnosti modelu. V Tabulce 21 jsou shrnuty všechny F hodnoty pro alternativní rozměry. Pro test jsme použili tyto hodnoty:  $n = 100$ ,  $m = 1$ . Po dosazení hodnot do vzorce nám vychází, že  $F(1;17-2) = 4,54$ .

Z Tabulky 21 lze vypožorovat, že nelze užít regresní funkci k odhadům u rozměrů: Ba/Ena, Ba/Fmt, M9.

Tabulka 21. Hodnoty F pro alternativní rozměry.

Rozměr	n	F	H <sub>0</sub>
Ba/Ena	100	0,02656	přijímám
Ba/La	100	5,85870	zamítám
Ba/Fmt	100	3,80600	přijímám
Ba/Ft	100	7,66730	zamítám
M9	100	0,14387	přijímám

## 7 DISKUZE

toto je vyborny začátek do diskuze, kratce shrnete, co jste delal a ještě by to chtělo stejne kratce shrnout hlavni vysledky (hlavne korelace)

Cílem mé práce bylo navrhnout alternativní lebeční rozměry a s jejich pomocí navrhnout regresní rovnice pro výpočet BBH. Vybrali jsme tři standardní rozměry, které vykazovaly nejvyšší míru korelace. Dále jsme navrhli a vytvořili šest alternativních rozměrů i níž jsme předpokládali vysokou míru korelace s BBH.

Na základě studia vědeckých prací a ontogenetického vývoje lebky jsme navrhli šest alternativních lebečních rozměrů. Standardní i alternativní kranioметриcké rozměry jsme podrobili výpočtu intraobservační chyby na souboru LBA ZČU v Plzni.

Všechny vybrané rozměry byly měřeny na souboru NM v Praze.

Data z měření souboru NM v Praze pro standardní i alternativní rozměry byla základ pro další výpočty, tj. Dixonův test extrémních odchylek, lineární regrese, měření těsnosti závislosti, regresní diagnostiku a testu významnosti, návrh regresních rovnic pro odhad BBH z navržených alternativních rozměrů.

Na základě nejvyšší míry korelace jsem vybral rozměry *poloměr vertexu (VRR)*, *poloměr ektokonchia (EKR)* a *poloměr frontomolare (FMR)*. Přehled korelačních koeficientů pro všechny standardní rozměry je uveden v Tabulce 9. Na základě růstu a ontogeneze lebky jsme navrhli šest alternativních rozměrů: Ba/Ena, Ba/Ft, Ba/Fmt, Ba/La, Ba/Mbs, M9. Všechny rozměry jsem měřil na souboru NM v Praze ( $n = 150$ ). Na základě Shapiro-Wilkova testu normality rozložení dat jsme zjistili, že jsou všechny rozměry normálně rozloženy. Shapiro-Wilkův test normality rozložení dat ale může zásadně ovlivnit výsledek. Někteří autoři upozorňují na to, že se tento test chová „těžkopádně“ u souborů, pro které platí  $n > 50$  (Zar, 1999). Další možností chybného určení normality může být ne-

náhodný výběr z minulé, tedy původní populace. Tento jev je v paleoantropologii běžný. Na výsledné rozložení dat v souboru působí mnoho vlivů, které mohou být biologického, kulturního, environmentálního i metodologického charakteru (Brůžek, 2008). Pokud by se nejednalo o normální rozložení, indikoval by tento fakt například rozdíly v hodnotách znaku mezi pohlavími. Mohli bychom také uvažovat nad inferací k sociální stratifikaci nebo kulturní a etnické afinitě jedinců v souboru. Pro hlubší pochopení struktury sledovaných souborů by bylo vhodné srovnat popisné statistiky a testy normality rozložení dat v populaci s archeologickými daty. Tím bychom mohli získat jasnější představu o způsobu života (kulturní zvyky, substituční strategie) a její souvislosti s biologickými charakteristikami (výška postavy).

Při interpretaci výsledků vycházíme ze základních charakteristik našich dat. Nejprve sledujeme intraobservační chybu měření. Pro vyjádření intraobservační chyby jsme užili metodu podle Bland a Altman (1986, 1996, 2003). Intraobservační chybu jsme vyjádřili pomocí průměrné odchylky (MD). Nejnižší průměrné odchylky nabýval rozměr BBH (0,05 mm). Naopak nejvyšší průměrné odchylky nabýval rozměr M9 (0,75 mm).

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

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

Základními analytickými nástroji pro ověření spolehlivosti alternativních rozměrů jako základu pro odhad výšky BBH byla korelační a regresní analýza. Korelační analýza nám hodnotí sílu vztahu mezi BBH a zvolenými alternativními rozměry. Nejnižší hodnoty korelačního koeficien-

tu sledujeme u rozměrů Ba/Ena ( $r = 0,23$ ) a M9 ( $r = 0,14$ ) a jedná se o korelaci nízkou. Mírnou míru korelace vykazují rozměry Ba/Mbs ( $r = 0,45$ ), Ba/La ( $r = 0,48$ ), VRR ( $r = 0,39$ ), FMR ( $r = 0,39$ ). Význačně závislými rozměry na rozměru BBH byly rozměry: Ba/Fmt ( $r = 0,52$ ), Ba/Ft ( $r = 0,58$ ). Velkou míru závislosti na BBH vykazuje rozměr EKR ( $r = 0,70$ ). Bohužel se jedná o standardní a ne navržený alternativní rozměr. Není tedy možné usuzovat z hodnot korelačních koeficientů použitelnost alternativních rozměrů jako spolehlivého základu pro odhad BBH a následně výšky postavy. Výsledky této analýzy jsou shrnuty v Tabulce 14. a lze konstatovat, že nejsou přínosné a hovoří v neprospěch předpokladu odhadu BBH z alternativních rozměrů.

Předpokládali jsme, že na základě údajů v literatuře budou mít alternativní rozměry vyšší korelaci s BBH a proto by bylo možné vytvořit spolehlivý nástroj pro odhad BBH. Tento předpoklad byl na základě korelační analýzy vyvrácen. Navíc hodnoty korelačních koeficientů nevypovídají v prospěch založení metody pro odhad BBH a následně výšky postavy založeném na alternativních rozměrech. Na základě informací z literatury jsme usuzovali o nejhorší korelaci BBH s Ba/La a to na základě možné silné defragmentarizace a špatné zachovalosti. Naše výsledky tento předpoklad vyvracejí. Rozměr Ba/La vykazoval význačnou míru korelace ( $r = 0,48$ ).

V poslední řadě jsme navrhli regresní rovnice pro odhad BBH z navržených alternativních rozměrů. Přehled navržených rovnic je uveden v Tabulce 20.

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

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

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

## 8 ZÁVĚR

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

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

K dispozici jsme měli tři testovací soubory. První sloužil ke zjištění korelace *BBH* ke všem standardním kraniometrickým rozměrům (soubor Howells). Druhý soubor sloužil jako učební pomůcka pro nacvičení správného vyhledávání kraniálních bodů a měření rozměrů (LBA ZČU v Plzni). Na třetím souboru ( $n = 100$ ) jsme praktikovali své teorie a domněnky (NM v Praze).

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



Na základě regresních a korelačních analýz použitých v mé práci, jsme se snažili zjistit, zda je možné odhadnout BBH z alternativních rozměrů na lebce. Žádný alternativní rozměr nebyl silně závislý na rozměru *BBH* standardní. Nejvyšší korelace vykazuje rozměr EKR ( $r = 0,70$ ) a je tedy na rozměru BBH vysoce závislý. Rozměr EKR je ovšem rozměr standardní. Z tohoto usuzujeme, že možnost dopočítání či odvození délky *BBH* z alternativních rozměrů lebky nelze. Možnost odvození *BBH* z postkraniálního skeletu jsme se snažili podchytit, Benjamin Auerbach (Auerbach, 2011a), došel k závěru, že odhad výšky postavy jedince je velmi nepřesný.

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

- Agnihotri AK, Agnihotri S, Jeebun N, Googoolye K. 2008. Predication of stature using hand dimension. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 15: 479-482.
- Agnihotri AK, Purwar B, Googoolybe K, Agnihotri S, Jeebun N. 2007. Estimation of stature by foot lenght. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 14: 279-283.
- Agresti A, Finlay B. 1997. *Statistical methods for the social sciences*. New Jersey: Prentice Hall.
- Atamturk D, Duyar I. 2008. Age-Related Factors in the Relationship Between Foot Mesaurments and Living Stature and Body Weight. *Journal of Forensic Sciences* 53: 6.
- Auerbach BM. 2007. *Human skeletal variation in the New World during the Holocene: effects of climate and subsistence acrosss geografy and time*. John Hopkins University.
- Auerbach BM. 2010. *Human variation in the Americas: the integration of archeology and biological antropology*. Carbondale, IL: Center for archeological Investigations: 172-214.
- Auerbach BM. 2011a. Methods for estimating missing human skeletal element osteometric dimensions employed in the revised fully technique for estimating stature. *American Journal of Physical Anthropology* 145: 67-80.
- Auerbach BM. 2011b. Reaching great heights: ganges in the indigenous stature, body size, and body shape with agricultural intensification in North America. London: Wiley-Liss: 203-233.
- Auerbach BM, Ruff CB. 2010. Stature estimation formulae for indigenous North American populations. *American Journal of Physical Anthropology* 141: 190-207.

- Bach H. 1965. Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßenknochen weiblicher Skelette. *Anthropologischer Anzeiger* 29: 12-21.
- Bidmos MA. 2006. Adult stature reconstruction from the calcaneus of South Africans of European descent. *Journal of Clinical Forensic Medicine* 13: 247-252.
- Bidmos MA. 2008. Metatarsal in the estimation of stature in South Africans. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 15: 505-550.
- Bland JM, Altman DG. 1986. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1: 307-310.
- Bland JM, Altman DG. 1996. Measurement error and correlation coefficients. *British Medical Journal* 313: 41-42.
- Bland JM, Altman DG. 2003. Applying the right statistics: analyses of measurement studies. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* 22: 85-93.
- Bräuer G. 1988. Osteometrie. In: Knussmann R, editor. *Antropologie: handbuch der vergleichenden biologie des menschen I*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag: 160-230.
- Breitinger E. 1937. Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßenknochen weiblicher Skelette. *Anthropologischer Anzeiger* 14: 249-274.
- Brůžek J. 2008. Současná česká paleodemografie: falešné naděje přílišného optimismu a nový reálný cíl. *Archeologické rozhledy* LX: 329-344.
- Byers S, Akoshima K, Curran B. 1989. Determination of adults stature from metatarsal length. *American Journal of Physical Anthropology* 79: 275-279.

- Cordeiro C, Munoz-Brús JI, Wasterlain S, Cunha E, Vieira DN. 2009. Predicting adult stature from metatarsal length in a portuguese population. *Forensic Science International* 193: 131-134.
- Crist TAJ, Washburn AP, Hydock HI, Hickey MA. 1997. Cranial bone displacement as a taphonomic process in potential child abuse cases. In: Haglund, William-Sorg, Marcella, ed., *Forensic taphonomy: The postmortem fate of human remains*. Boca Raton, Boston, London, New York, Washington D.C.: CRC Press: 319-336.
- Černý M. 1958. K otázce zjišťování tělesné výšky z dlouhých kostí. II. Konference československých antropologů na Kokoříně 1957, Společnost Národního muzea v Praze: 19-23.
- Černý M, Komenda S. 1982. Reconstruction of body height based on humerus and femur lengths (material from Czech lands). *Anthropological Congress of Aleš Hrdlička*. Praha: Univerzita Karlova: 475-479.
- Čihák R. 2001. *Anatomie 1*. Praha. Nakladatelství Grada.
- Denys C. 2002. Taphonomy and experimentation. *Archaeometry*: 469-484.
- Dirkmaat DC, Cabo LL, Ousley SD, Symes SA. 2008. New perspectives in forensic anthropology. *Yearbook of Physical Anthropology* 51: 33-52.
- Drozdová E. 2004. *Základy osteometrie*. Brno. Nakladatelství a vydavatelství Nauma.
- El-Najjar MY, McWilliams KR. 1978. *Forensic anthropology: the stature, morphology, and variation of human bone and dentition*.

- Formicola V. 1993. Stature reconstruction from long bones in ancient population samples: an approach to the problem of its reliability. *American Journal of Physical Anthropology* 90: 351-358.
- Formicola V. 2003. More is not always better: Trotter and Gleaser's equation and stature estimates of Upper Paleolithic European samples. *Journal of Human Evolution* 45: 239-243.
- Fully G. 1956. Une nouvelle méthode de détermination de la taille. *Annales de médecine légale, criminologie, police scientifique et toxicologie* 36: 266-273.
- Fully G, Pineau H. 1960. Détermination de la stature au moyen du squelette. *Annales de Médecine Légale et de criminologie, police scientifique et toxicologie* 40: 145-154.
- Giannecchini M, Moggi-Cecchi J. 2008. Stature in archeological samples from central Italy: methodological issues and diachronic changes. *American Journal of Physical Anthropology* 135: 284-292.
- Godolphim BH, Godolphim BF, Huning SV. 1995. Proposta de cefalograma circular para estudo longitudinal de crescimento. *Ortodontia* 28: 75-88.
- Godolphim BH, Pereira CB, Godolphim BF, Huning SV. 1994. Estudo longitudinal do crescimento crânio-facial: análise circular. *Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre* 35: 3-8.
- Gündüz OH. 2000. Posture and gait in elderly. *Journal of Geriatrics* 4: 155-162.
- Habib SR. 2010. Stature estimation from hand and phalanges lengths of Egyptians. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 17: 156-160.
- Hanáková H, Sekáčová A, Stloukal M. 1984a. Pohřebiště v Ducovém 1. Praha. Národní muzeum.

- Hanáková H, Sekáčová A, Stloukal M. 1984b. Pohřebiště v Ducovém 2. Praha. Národní muzeum.
- Hendl J. 2006. Přehled statistických metod zpracování dat. Praha: Portál.
- Hindls R, Likeš J, Cyhelský L. 1993. Úvod do statistiky a pravděpodobnosti-Statistika A. VŠE Praha.
- Holland TD. 1992. Estimation of adult stature from fragmentary trias. *Journal of Forensic Sciences* 37: 1223-1229.
- Holland TD. 1995. Estimation of adult stature from the calcaneus and talus. *American Journal of Physical Anthropology* 96: 315-332.
- Horky LL, Galimi F, Gage FH, Horner PJ. 2006. Fate of endogenous stem/progenitor cells following spinal cord injury. *Journal of Comparative Neurology* 498: 525-538.
- Howells WW. 1973. Cranial variation in man: a study by multivariate analysis of patterns of difference among recent human populations. *Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology*. Cambridge: MA:Harvard University Press.
- Howells WW. 1989. Skull shapes and the map. Craniometric analyses in the dispersion of modern Homo. *Papers of the Peabody Museum Of Archeology and Ethnology* 67.
- Howells WW. 1995. Who's who in skulls. Ethnic identification of crania from measurements. *Papers of the Peabody Museum of Archeology and Ethnology* 82.
- Howells WW. 1996a. Howell's craniometric data on the internet: Notes and comments. *American Journal of Physical Anthropology* 101: 441-442.

- Howells WW. 1996b. Howell's craniometric data on the internet. <http://www.cleber.com.br/howells.html>
- Chiba M, Terazawa K. 1998. Estimation of stature from the somatometry of the skull. *Forensic Science International* 97: 87-92.
- Jantz RL. 2000. Secular change in craniofacial morphology. *American Journal of Physical Anthropology* 12: 327-338.
- Jurda M. 2008. Tafonomické změny lidské lebky z pohledu geometrické morfometrie. Masarykova univerzita Brno: Diplomová práce.
- King KA. 2004. A test of the Fully anatomical method of stature Estimation [abstrakt]. *American Journal of Physical Anthropology* 38: 125.
- 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.
- Krishan K. 2007. Individualizing characteristics of footprints in Gujjars of North India - forensic aspects. *Forensic Science International* 169: 137-144.
- Krishan K. 2008. Estimation of stature from footprint and foot outline dimensions in Gujjars of North India. *Forensic Science International* 175: 93-101.
- Krishan K, Sharma A. 2007. Estimation of stature from dimensions of hands and feet in North Indian population. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 14: 327-332.
- Krogman WM, Îşcan MY. 1986. *The Human Skeleton in Forensic Medicine*. Springfield

- Kuželka V. 1999. Osteometrie: In: Stloukal et al., Antropologie: Příručka pro studium kostry. Praha: Narodni muzeum: 105-112.
- Lundy JK. 1985. The mathematical versus anatomical methods of stature estimate from long bones [abstrakt]. American Journal of Forensic Medicine and Pathology 6: 73-75.
- Manouvrier L. 1894. La determination de la taille d'apres les grands os des membres. Memoires de la Societe d'Anthropologie de Paris 4: 347-402.
- Martin R, Saller K. 1957. Lehrbuch der anthropologie. Stuttgart.
- Meadows L, Jantz RL. 1992. Estimation of stature from metacarpal length. Journal of Forensic Sciences 37: 147-154.
- Microsoft. 2010. MS Office Excel. [www.microsoft.com](http://www.microsoft.com).
- Moore KL, Persaud TVN. 2002. Zrození člověka. Praha.
- Musgrave JH, Harneja JK. 1978. The estimation of adult stature from metacarpal bone length. Journal of Physical Anthropology 48: 113-120.
- Orfila MJB, Lesueur MO. 1831. Traité des exhumation juridique et considerations sur les changemens physiques que les cadavres éprouvent en se pourrissant dans la terre, dans l'eau, dans les fosses d'aisance et dans le fumier. Paris: Béchét Jeune.
- Özer BK, Gültekin T, Sağır M. 2007. Estimation of stature in Turkish adults using knee height. Anthropologischer Anzeiger 65: 213-222.
- Özaslan A, Iscan MY, Özaslan I, Tugcu H, Koc S. 2003. Estimation of stature from body parts. 1-6.
- Ozden H, Balci Y, Demirustu C, Turgut A, Ertugrul M. 2005. Stature and sex estimate using foot and shoe dimensions. Forensic Science International 147: 181-184.



- Pearson K. 1899. VII. Mathematical contribution to the theory of evolution. V. On the reconstruction of the stature of prehistoric races. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A*, 187: 253-318.
- Raxter MH, Auerbach BM, Ruff CB. 2006. Revision of the Fully technique for estimating statures. *American Journal of Physical Anthropology* 130: 374-384.
- Raxter MH, Ruff CB, Auerbach BM. 2007. Technical note: revised fully stature estimation technique. *American Journal of Physical Anthropology* 133: 817-818.
- Raxter MH, Ruff CB, Azab A, Erfan M, Soliman M, El-Sawaf A. 2008. Stature estimation in ancient Egyptians: a new technique based on anatomical reconstruction of stature. *American Journal of Physical Anthropology* 136: 147-155.
- Rollet E. 1888. *De la mensuration des os longs des metres dans ses rapports avec antropologie, la clinique et la médecine judiciaire*. Lyon - Paris: Stock - Steinheil.
- Ryan I, Bidmos MA. 2007. Skeletal height reconstruction from measurements of the skull in Indigenous South Africans. *Forensic Science International* 167: 16-21.
- Saxena SK. 1984. A study of correlations and estimation of stature from hand length, hand breadth and sole length. *Anthropologischer Anzeiger* 42: 271-276.
- Scheuer L. 2002. Application of osteology to forensic medicine. *Clinical Anatomy* 15: 297-312.
- Sen J, Gosh S. 2008. Estimation of stature from foot length and foot breadth among the Rajbanshi: an indigenous population of North Bengal. *Forensic Science International* 181: 1-6.

- Sjøvold T. 1990. Estimation of stature from long bones utilizing the line of organic correlation. *Human Evolution* 5: 431-447.
- Sjøvold T. 2000. Stature Estimation from the Skeleton. In: Siegel JA, Saukko PA, Knupfer GC. *Encyclopedia of forensic science*. San Diego: Academic Press: 276-284.
- StatSoft, Inc. 2002. STATISTICA 7.0 (data analysis software system). [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Steele G, McKern T. 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.
- 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.
- Telkkä A. 1950. On the prediction of human stature from the long bones. *Journal of Physical Anthropology* 4: 206-220.
- Trotter M, Gleser GC. 1951. The effect of ageing on stature. *American Journal of Physical Anthropology* 9: 311-324.
- Trotter M, Gleser GC. 1952. Estimation of stature from long bones of american whites and negros. *American Journal of Physical Anthropology* 10(4): 463-514.
- Trotter M, Gleser GC. 1958. Estimation of stature from long bones of American whites and Negroes. *American Journal of Physical Anthropology* 16: 79-123.
- Ulijaszek SJ, Johnston FE, Preece MA. 1998. *Human growth and development*. Cambridge university press.

- Ulijaszek SJ, Lourie JA. 1997. Anthropometry in Health Assessment: The Importance of Measurement Error. *Collegium Anthropologicum* 21: 429-438.
- Vacek Z. 1992. *Embryologie pro pediatrii*. Praha: Karolinum
- Vercellotti G, Agnew AM, Justus HM, Sciulli PW. 2009. Stature estimation in an early medieval (XI-XII c.) Polish population: testing the accuracy of regression equations in a bioarcheological sample. *American Journal of Physical Anthropology* 140: 135-142.
- Voth HJ, Leunig T. 1996. Did Smallpox Reduce Height? Stature and the Standard of Living in London, 1770-1873. *The Economic History Review* 49: 541-560.
- Wilder HH. 1920. *A Laboratory Manual of Anthropometry*. Philadelphia.
- Zar JH. 1999. *Biostatistical analysis*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Zeman T, Králík M. 2012. Historický přehled principů tvorby metod pro odhad výšky postavy člověka na základě skeletu. *Anthropologia Integra* 3: 7-22.

## 10 SUMMARY

My thesis is called *The estimate of bregma-basion high from alternative skull dimesion: 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*.

## 11 SEZNAM PŘÍLOH

Tabulka 1. Charakteristika Manouvrierova souboru (Manouvrier, 1894) .....	17
Tabulka 2. Regresní rovnice pro muže a ženy dle Karla Pearsona (Pearson, 1899).....	18
Tabulka 3. Rovnice pro odhad výšky dle A. Telkkä (Telkkä, 1950).....	19
Tabulka 4. Procentuální vyjádření chybějících obratlů (El-Najjar a McWilliams, 1978).....	20
Tabulka 5. Regresivní rovnice dle Sjøvolda (Sjøvold, 1990).....	24
Tabulka 6. Regresivní rovnice podle Černý a Komenda (Černý a Komenda, 1982).....	26
Tabulka 7. Rovnice pro odhad výšky postavy podle nártních kostí (Codeiro et al., 2009).....	28
Tabulka 8. Rovnice pro odhad výšky postavy dle délky ruky a ukazováčku (Habib, 2010).....	29
Tabulka 9. Základní přehled užitých souborů .....	30
Tabulka 10. Seznam význačných bodů a jejich definic.....	32
Tabulka 11. Přehled vybraných standardních rozměrů.....	39
Tabulka 12. Přehled navržených alternativních rozměrů.....	40
Tabulka 13. Hodnocení těsnosti lineární závislosti (Hindls et al., 1993).....	52
Tabulka 14. Hodnocení intraobservační chyby.....	55

Tabulka 15. Přehled hodnot Dixonova testu ( $Q = 0,32$ ).....	56
Tabulka 16. Rozsah korelace pro vybrané standardní rozměry.....	56
Tabulka 17. Korelační koeficienty vybraných standardních rozměrů pro každou populaci zvlášť.....	57
Tabulka 18. Základní statistické údaje pro všechny stanovené míry.....	58
Tabulka 19. Korelační a determinační koeficienty pro všechny rozměry.....	59
Tabulka 20. Přehled rovnic pro odhad BBH z alternativních rozměrů.....	60
Tabulka 21. Hodnoty F pro alternativní rozměry.....	60

Tabulka 1p. Kritické hodnoty $Q_{n,\alpha} = Q_{1,\alpha}$ pro Dixonův test (Hindls et al., 1993).....	83
Tabulky 2p až 10p. Přehled hodnot prvního a druhého měření intraobservační chyby pro soubor LBA ZČU v Plzni.....	84-86
Tabulka 11p. Kompletní přehled naměřených hodnot na materiálu NM Praha.....	87
Tabulka 12p. Kompletní přehled naměřených hodnot na souboru NM v Praze pro alternativní rozměr Ba/Mbs.....	90

Grafy 1p až 9p. Grafické znázornění intraobservační chyby pro rozměry: Ba/Ena, Ba/La, Ba/Fmt, Ba/Ft, M9, BBH, VRR, FMR, EKR.....	92-96
Graf 10p. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/Ena ( $r = 0,23$ ; $p = 0,033$ ).....	97
Graf 11p. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/Mbs ( $r = 0,45$ ; $p = 0,278$ ).....	98
Graf 12p. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/La ( $r = 0,51$ ; $p = 0,036$ ).....	99
Graf 13p. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/Fmt ( $r = 0,52$ ; $p = 0,547$ ).....	100
Graf 14p. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/Ft ( $r = 0,58$ ; $p = 0,191$ ).....	101
Graf 15p. Bodový korelační graf pro rozměr M9 ( $r = 0,15$ ; $p = 0,275$ ).....	102



Obrázek 1. Regresní rovnice pro výpočet délky páteřního sloupce (Fully a Pineau, 1960).....	21
Obrázek 2. Rovnice pro odhad výšky postavy dle Breitingera a Bacha (Kuželka, 1999).....	23
Obrázek 3. Grafické znázornění bodu <i>Ena</i> .....	34
Obrázek 4. Grafické znázornění bodu <i>frontomalare temporale</i> ....	35
Obrázek 5. Grafické znázornění bodu <i>frontotemporale</i> .....	36
Obrázek 6. Grafické znázornění bodu <i>lambda</i> .....	37
Obrázek 7. Grafické znázornění bodu <i>Mbs</i> .....	38
Obrázek 8. Grafické znázornění alternativních rozměrů.....	43
Obrázek 9. Grafické znázornění rozměru <i>M9</i> .....	44

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

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

Tabulky 2p až 10p. Přehled hodnot prvního a druhého měření intraobservační chyby pro soubor LBA ZČU v Plzni.

Číslo lebky	BBH	
	1.měření	2.měření
1	132	132
2	143	142
3	127	127
4	137	137
5	131	131
6	127	127
7	142	142
8	142	142
9	116	116
10	126	126

Číslo lebky	Ba/Ena	
	1.měření	2.měření
1	92	94
2	79	79
3	88	87
4	97	94
5	96	95
6	90	88
7	87	86
8	83	80
9	80	79
10	83	83

Číslo lebky	Ba/La	
	1.měření	2.měření
1	102	100
2	105	105
3	110	109
4	108	108
5	112	112
6	105	106
7	104	104
8	106	106
9	103	103
10	108	107

Číslo lebky	Ba/Fmt	
	1.měření	2.měření
1	99	98
2	85	88
3	100	100
4	103	103
5	94	94
6	92	94
7	105	106
8	95	94
9	88	88
10	96	96

Číslo lebky	Ba/Ft	
	1.měření	2.měření
1	98	98
2	93	93
3	102	102
4	105	105
5	101	102
6	95	94
7	105	104
8	100	100
9	99	99
10	95	94

Číslo lebky	M9	
	1.měření	2.měření
1	92	93
2	89	86
3	100	100
4	102	106
5	93	95
6	98	99
7	92	90
8	102	103
9	87	87
10	99	100

Číslo lebky	VRR	
	1.měření	2.měření
1	117	118
2	129	129
3	109	109
4	122	122
5	114	114
6	115	115
7	126	125
8	122	124
9	111	109
10	111	111

Číslo lebky	FMR	
	1.měření	2.měření
1	69	69
2	66	64
3	74	74
4	63	62
5	80	79
6	71	70
7	60	60
8	81	80
9	67	66
10	72	73

Číslo lebky	EKR	
	1. měření	2.měření
1	66	65
2	60	62
3	81	79
4	72	72
5	78	78
6	64	62
7	68	68
8	80	81
9	77	77
10	60	60

Tabulka 11p. 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

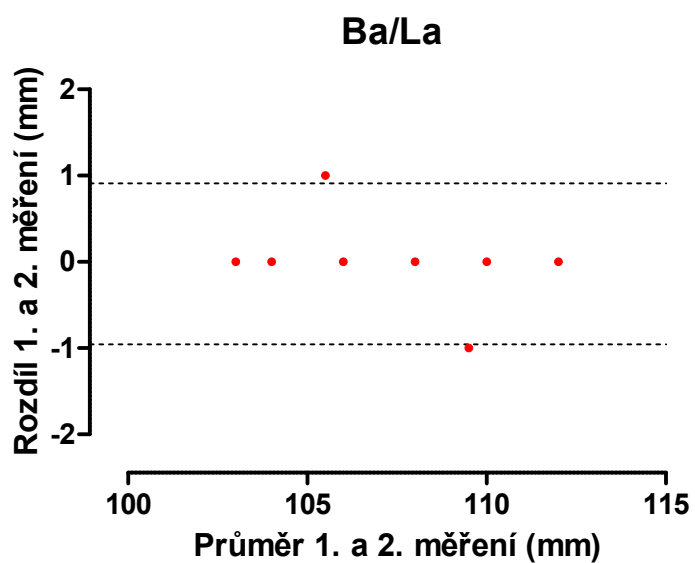
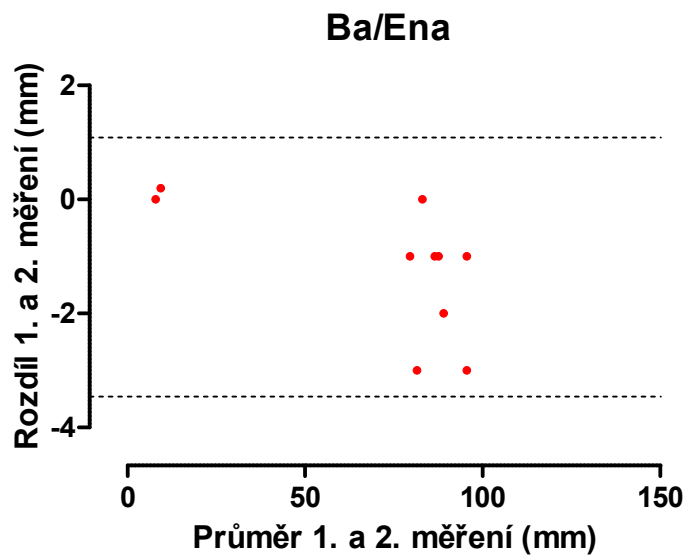


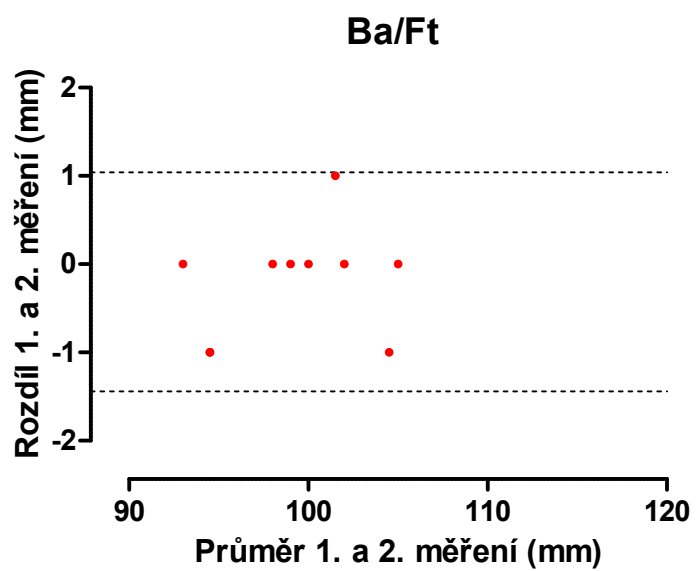
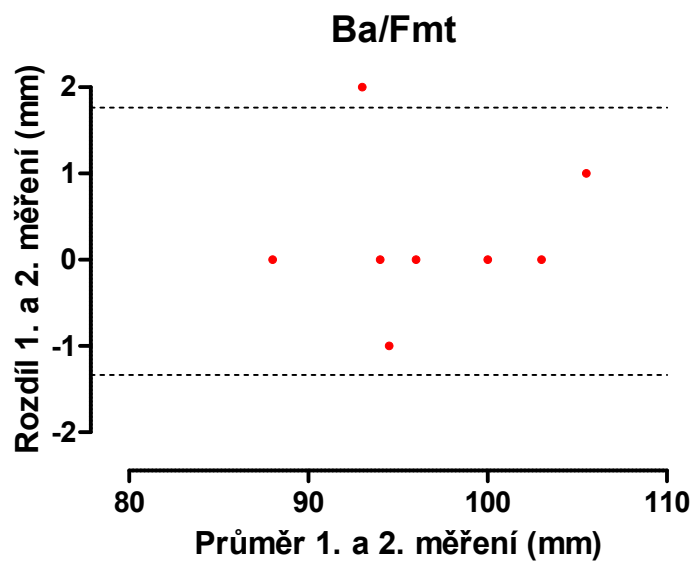
Tabulka 12p. Kompletní přehled naměřených hodnot na souboru NM v Praze pro alternativní rozměr Ba/Mbs.

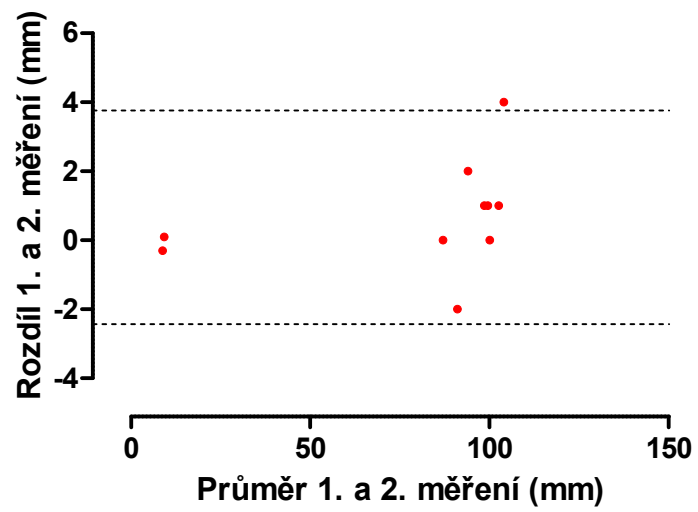
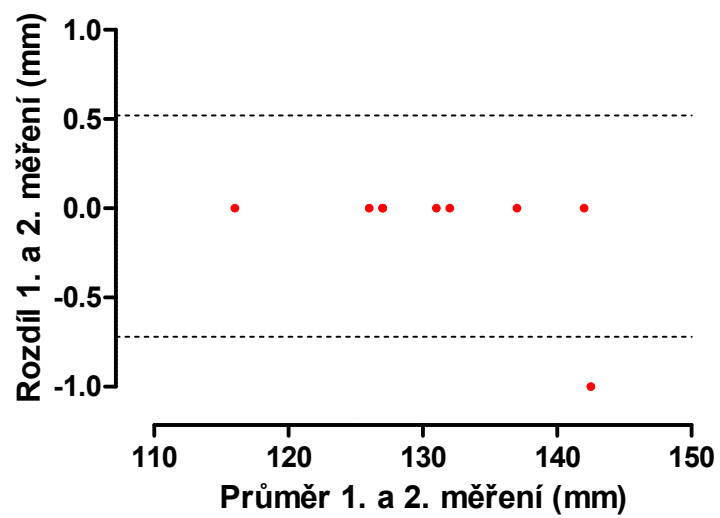
číslo	Naleziště	Pohlaví	BBH	Ba/MBS
Hr 1861	Ducové	F	13,4	10,8
Hr 1853	Ducové	M	13,3	10,0
Hr 1649	Ducové	F	13,1	9,8
Hr 1637	Ducové	M	13,4	10,5
Hr 1621	Ducové	F	13,4	10,3
Hr 1380	Ducové	M	13,9	10,0
Hr 33a	Ducové	N	13,3	9,1
Hr 1400	Ducové	F	13,1	10,4
Hr 445	Ducové	F	14,2	10,3
Hr 1827	Ducové	F	12,9	10,3
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

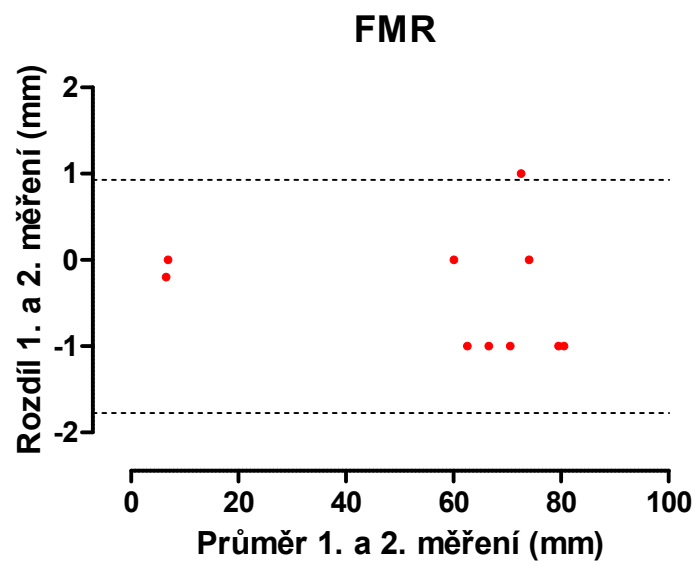
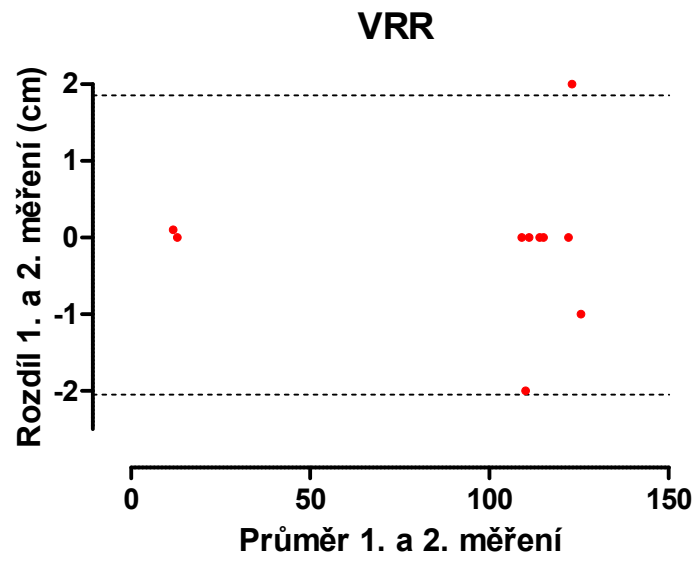
Hr 1224	Ducové	M	14,2	11,0
Hr 1250	Ducové	F	13,2	10,3
Hr 980	Ducové	F	12,1	10,1
Hr 890	Ducové	M	14,0	11,2
Hr 973	Ducové	F	12,9	10,2
Hr 966	Ducové	F	13,4	10,3
Hr 975	Ducové	F	12,9	9,6
Hr 961	Ducové	N	14,2	11,4
Hr 908	Ducové	M	13,7	11,7
Hr 915	Ducové	M	13,8	10,8

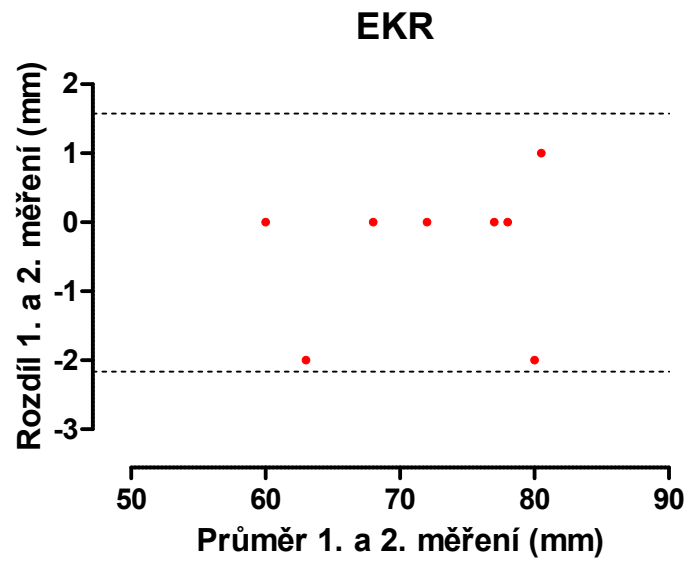
Grafy 1p až 9p. Grafické znázornění intraobservační chyby pro rozměry: Ba/Ena, Ba/La, Ba/Fmt, Ba/Ft, M9, BBH, VRR, FMR, EKR.

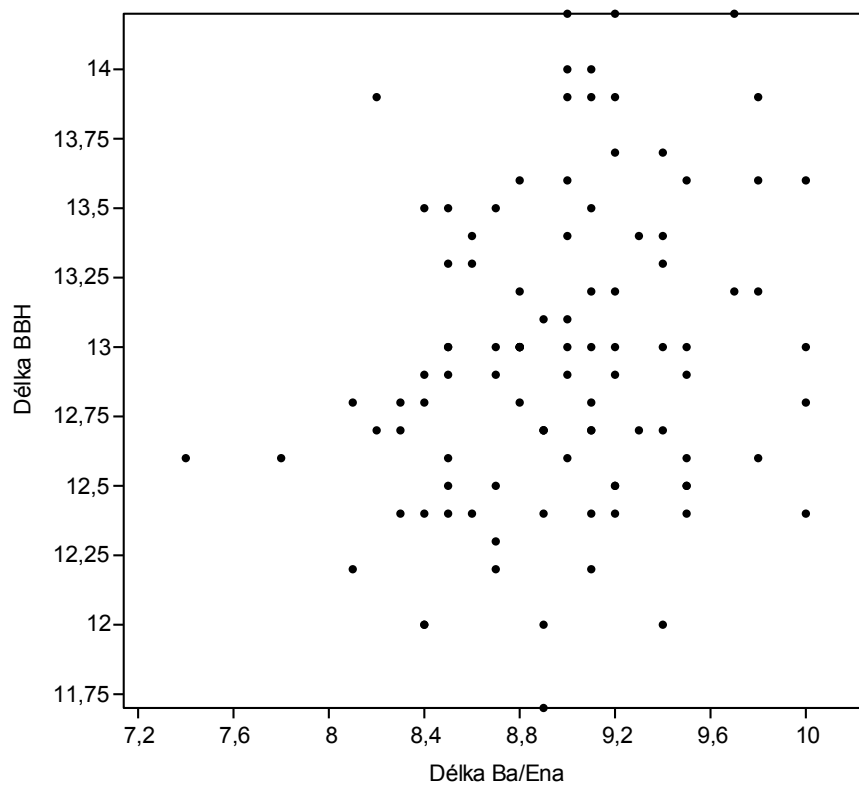




**M9****BBH**

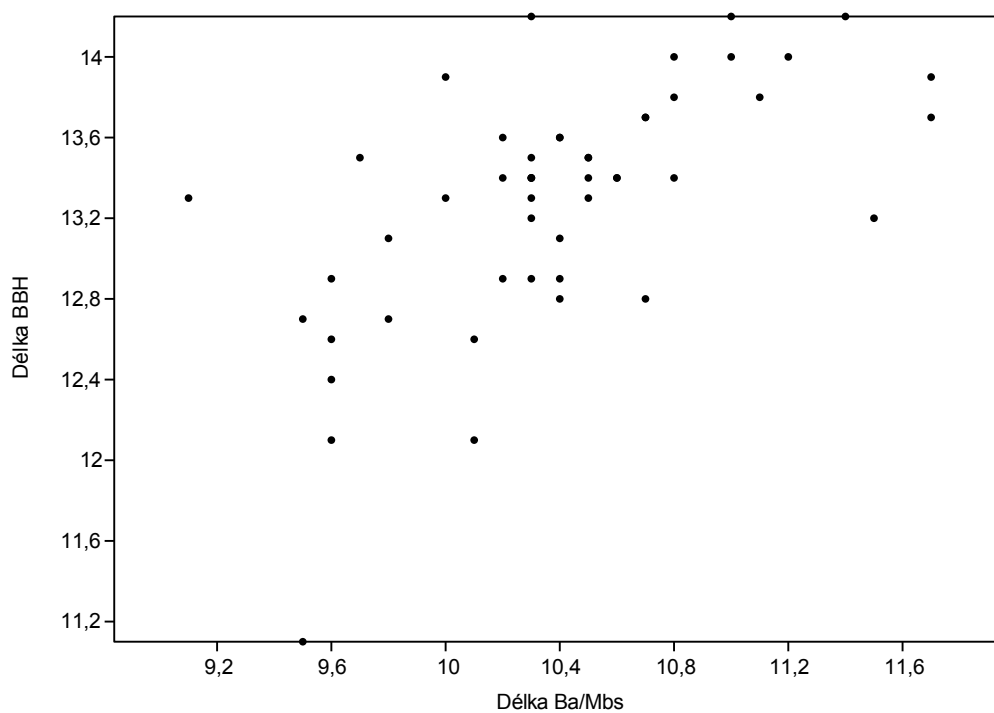




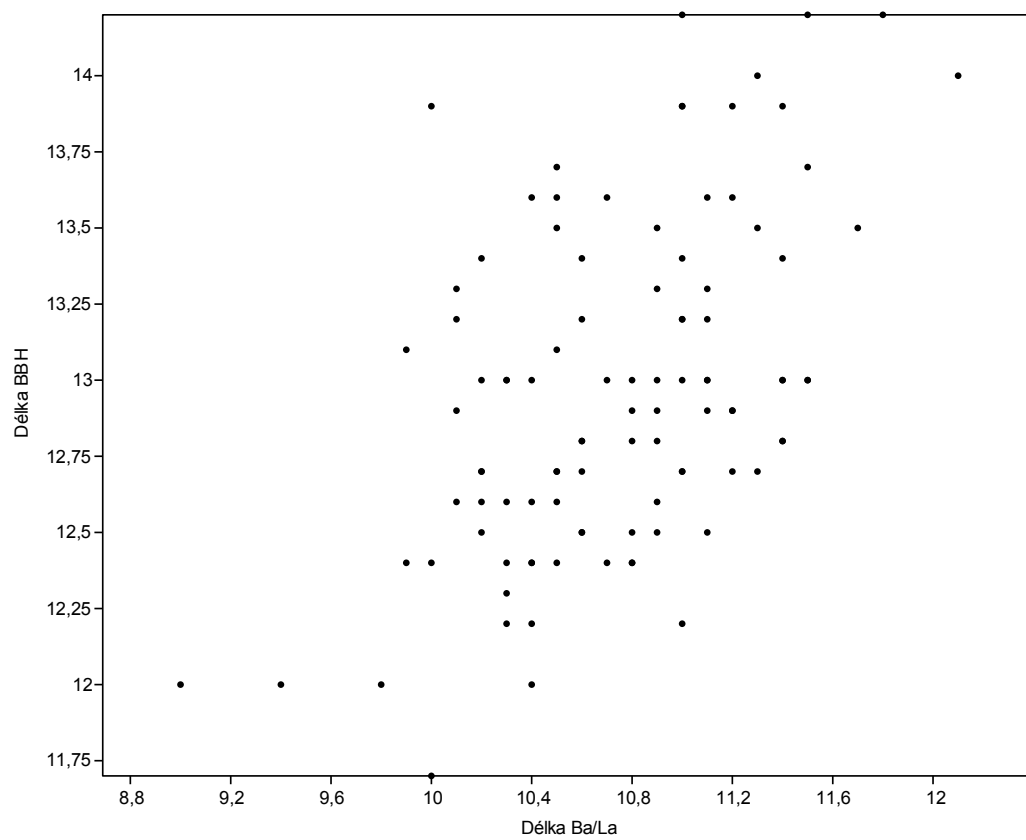


Graf 10p. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/Ena ( $r = 0,23$ ;  $p = 0,033$ )

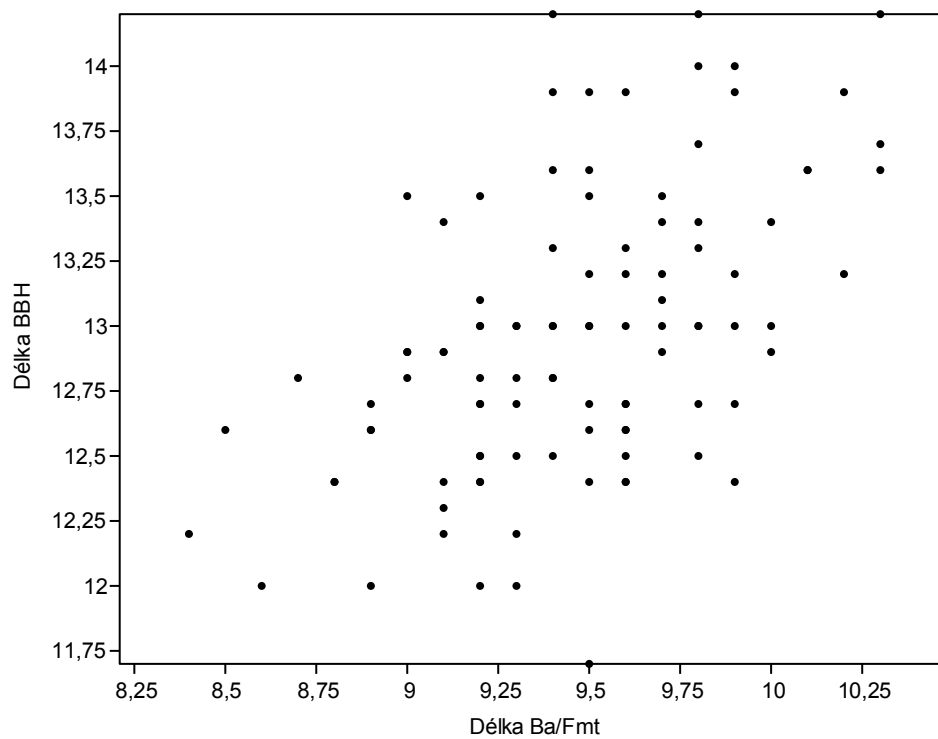




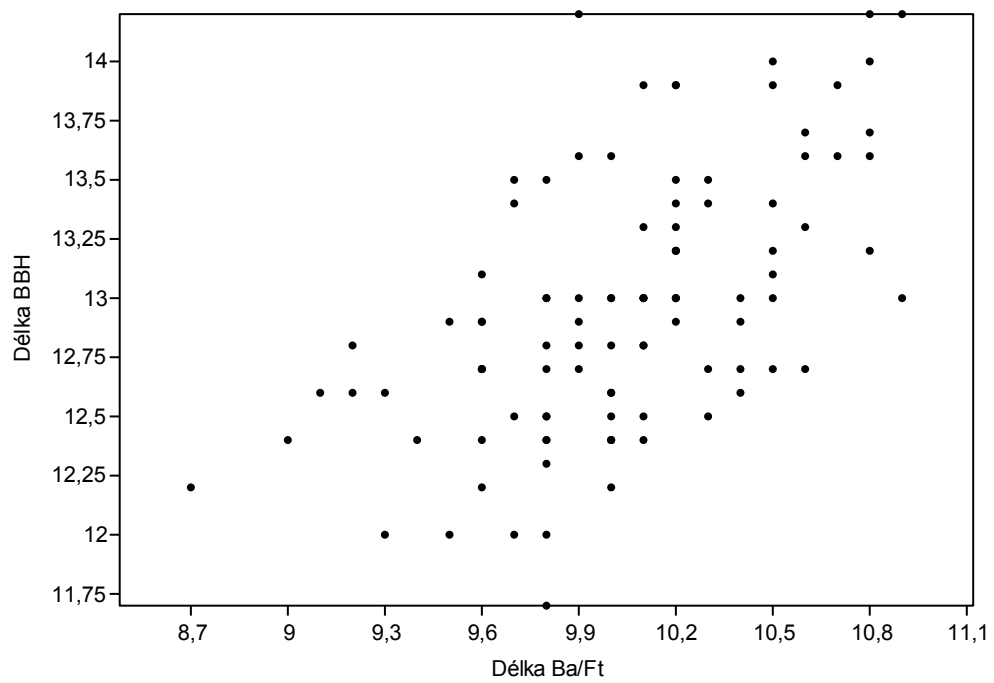
Graf 11p. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/Mbs ( $r = 0,45$ ;  $p = 0,278$ )



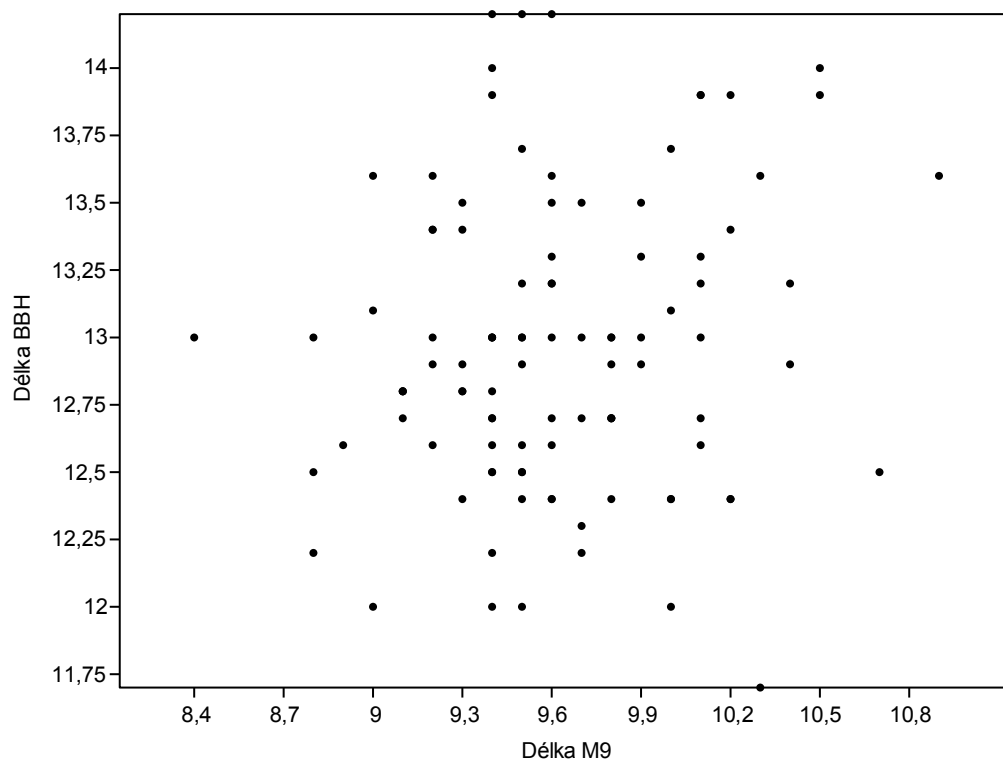
Graf 12p. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/La ( $r = 0,51$ ;  $p = 0,036$ ).



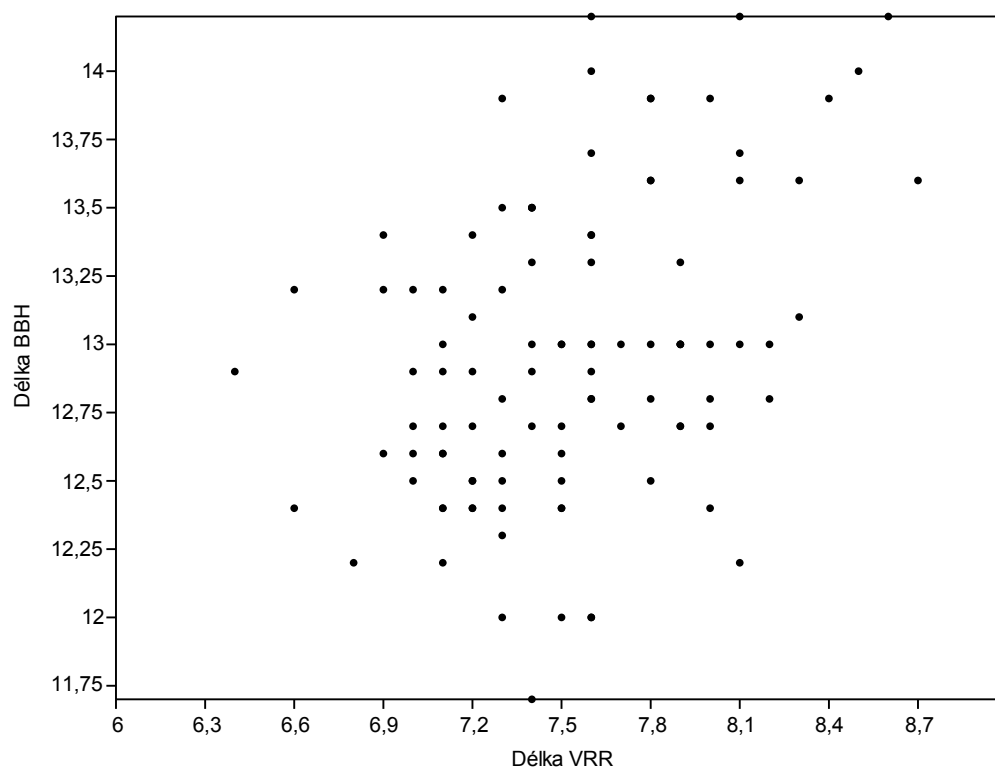
Graf 13p. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/Fmt ( $r = 0,52$ ;  $p = 0,547$ )



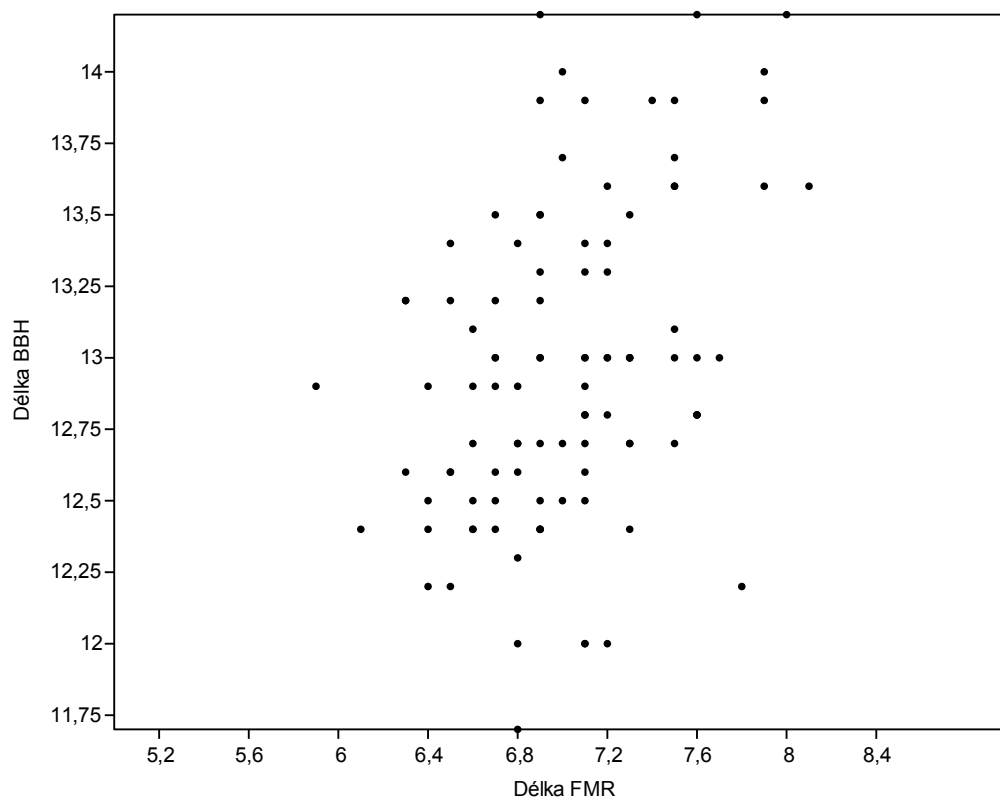
Graf 14p. Bodový korelační graf pro rozměr Ba/Ft ( $r = 0,58$ ;  $p = 0,191$ ).



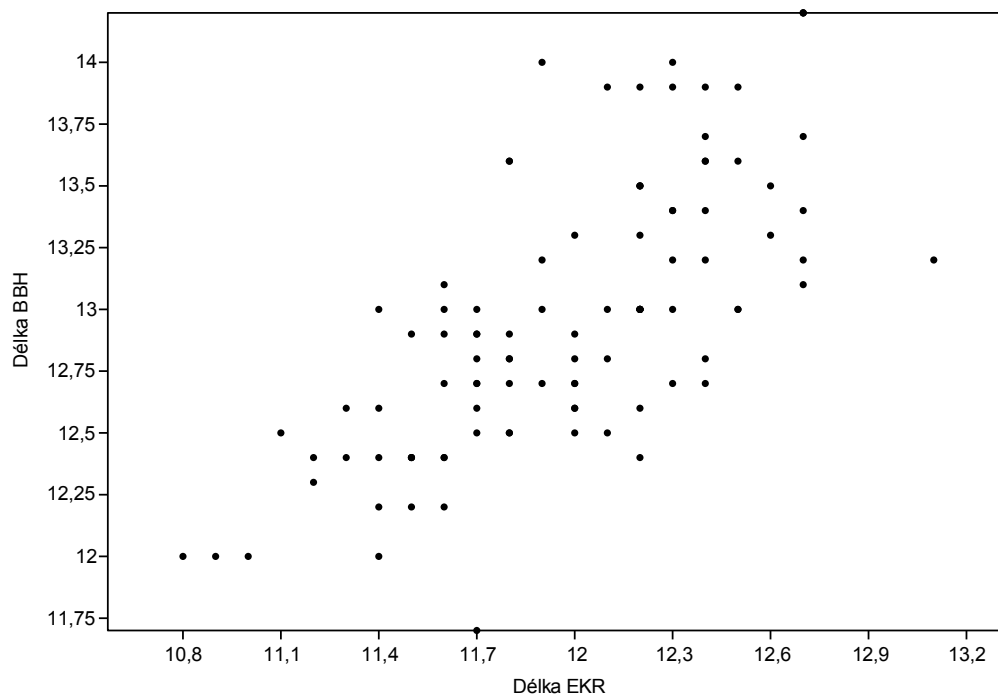
Graf 15p. Bodový korelační graf pro rozměr M9 ( $r = 0,15$ ;  $p = 0,275$ ).



Graf 16p. Bodový korelační graf pro rozměr VRR ( $r = 0,39$ ;  $p = 0,428$ )



Graf 17p. Bodový korelační graf pro rozměr FMR ( $r = 0,39$ ;  $p = 0,454$ )



Graf 18p. Bodový korelační graf pro rozměr EKR ( $r = 0,70$ ;  $p = 0,290$ )