

**Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta
Katedra antropologie a genetiky člověka**

**Charles University, Faculty of Science
Department of Anthropology and Human Genetics**

Doktorský studijní program: Antropologie a genetika člověka
Ph.D. study program: Anthropology and Human Genetics



Autoreferát disertační práce
Summary of the Ph.D. Thesis

**Rekonstrukce přibližné podoby člověka podle lebky:
kritické zhodnocení principů metody a analýza vybraných kraniofaciálních vztahů**

**Facial approximation:
An assessment of the principles of the method and analysis of the craniofacial relationships**

Pavla Zedníková Malá

Školitel/Supervisor: doc. RNDr. Jana Velemínská, Ph.D.

Praha, 2018

Obsah

Abstrakt	ii
Abstract	iv
1. Úvod	1
2. Cíle práce	2
3. Souhrn předkládaných publikací	3
4. Závěr	8
1. Introduction.....	10
2. Aims of the study.....	11
3. Summary of the presented publications.....	12
4. Conclusions.....	17
Bibliografie / References	20
Curriculum vitae	23
Seznam publikací a prezentační činnost / Selected publications and conference presentation	25

Abstrakt

Tato disertační práce je předkládána ve formě svazku odborných publikací spolu s teoretickým úvodem. V teoretickém úvodu je prezentován aktuální stav poznání problematiky faciální rekonstrukce. Stručně jsou popsány oblasti využití, principy metody a typy metod dle použitého média. Dále jsou popisovány spolehlivosti a omezení metod, které jsou zároveň východisky výzkumné části disertační práce.

Pro metodu rekonstrukce přibližné podoby člověka podle lebky je typická paralelní existence mnohonásobných predikčních pravidel, jejichž spolehlivost není známa nebo nebyla publikována. Cílem práce bylo otestovat spolehlivosti vybraných vodítek pro odhad polohy a velikosti částí obličeje (očí, nosu a rtů) a na základě výsledků doporučit, která vodítka přednostně používat. V druhé části výzkumu bylo cílem kvantifikovat těsnost vztahu mezi tvarem lebky a tvarem obličeje, tj. určit, do jaké míry a jakým způsobem tvar kostěného podkladu určuje (predikuje) tvar měkkých tkání, a to pomocí geometrické morfometrie.

Materiál pro tuto disertační práci tvořil soubor laterálních telorentgenových snímků 87 dospělých jedinců pořízený v letech 1977–1992. Soubor sestával z 52 mužů (21–43 let, průměrný věk: 30 let) a 35 žen (19–39 let, průměrný věk: 21 let) středoevropské populace. Jedinci ve zkoumaném vzorku nevykazovali žádnou obličejovou disharmonii nebo reverzní okluzi, nikdy nepodstoupili ortodontický zákrok. Na snímcích byla zachycena jak kontura lebky, tak kontura měkkých tkání obličeje.

Testovaná predikční pravidla zahrnovala následující znaky: protuse oční koule, vertikální poloha oční koule, prominence zevního nosu ve vertikální a horizontální rovině (tj. poloha bodu *pronasale*), poloha štěrbiny ústní, poloha okrajů a výška červeně rtů.

Jako nejspolehlivější metoda (s nejnižší standardní chybou odhadu, SEE) pro odhad protruse oční koule se ukázala metoda dle Guyomarc'h et al. (2012), která antero-posteriorní polohu oční koule vzhledem k nejvíce posteriornímu bodu na laterálním okraji očnice odhadovala poměrem z výšky orbity (51,3 % výšky očnice) s SEE = 1,9 mm. V případě vertikální polohy oční koule nejvyšší míru spolehlivosti (SEE = 0,3 mm) vykazovala metoda „centrální polohy“ oční koule v očnici dle Gatliff (1984), tj. střed zornice odpovídá středu očnice.

Jako nejvhodnější metoda určená k predikci anteriorní (ProAnt) a vertikální (ProVert) polohy bodu *pronasale* se ukázala metoda dle Rynn et al. (2010) používající soustavu jednoduchých regresních rovnic. Její spolehlivost, vyjádřená jako velikost průměrné diference mezi odhadovanou a skutečnou polohou a její směrodatné odchylky, dosahovala nejnižších hodnot, tj. -1,3 mm (SD = 2,4 mm) pro horizontální polohu a 0,04 mm (SD = 2,2 mm) pro vertikální polohu bodu *pronasale*. Velikost průměrné chyby nepřekročila 4,5 % (ProAnt) resp. 1 % (ProVert) skutečného rozměru.

Nejspolehlivější výsledky (vyjádřeny jako velikost průměru absolutní chyby) pro odhad polohy štěrbiny ústní vykazovalo pravidlo dle George (1987), kde byla zaznamenána chyba predikce 1,3 mm. Poloha štěrbiny ústní zde odpovídala hranici 3/4 výšky korunky horních mediálních řezáků. Toto pravidlo navržené pro muže bylo vhodnější k predikci polohy štěrbiny ústní i u žen.

Nejlepší odhad polohy okraje červené části horního rtu u mužů poskytovala metoda dle George (1987) s chybou predikce 1,7 mm, kde hranice horního rtu ležela v úrovni rozhraní první a druhé čtvrtiny výšky korunky maxilárních řezáků. U žen hranice horního rtu ležela ještě výše, avšak ve většině případů (80 %) nepřekročila úroveň horního okraje korunky maxilárních řezáků. Pro odhad polohy hranice červené části dolního rtu se ukázala jako nejspolehlivější metoda dle Veselovskaya (2004, osobní sdělení), Fedosyutkin & Nainys (1993), Lebedinskaya (1998), Gatliff (1984) nebo Taylor (2001) s chybou predikce 2,3 mm, tj. ve většině případů odpovídala úrovni dolního okraje korunky mandibulárních řezáků.

Pro odhad výšky horního a dolního rtu u žen byly nejspolehlivější výsledky dosaženy za použití regresních rovnic dle autorů Wilkinson et al. (2003), chyba predikce činila pro horní ret 0,9 mm (13 % skutečné výšky horního rtu) a 1,7 mm (18 %) pro dolní ret. Pro odhad výšky horního rtu u mužů byly nejspolehlivější výsledky dosaženy za použití metody dle George (1987) s chybou predikce 1,1 mm (19 % skutečné výšky), tj. výška horního rtu odpovídala polovině výšky korunky horního mediálního řezáku (vzdálenost mezi rozhraním 1/4 a rozhraním 3/4 výšky korunky). Výška dolního rtu u mužů byla nejlépe odhadnuta pomocí regresní rovnice dle Wilkinson et al. (2003) s chybou predikce 1,8 mm (21 % skutečné výšky rtu).

Ve druhé části výzkumu jsme se zaměřili na hodnocení míry asociace mezi konturou profilu lebky a konturou profilu obličeje pomocí geometrické morfometrie. Výsledky analýzy vzájemné kovariance tvaru kontury lebky a kontury měkkých tkání hlavy ukázaly, že měkké tkáně nemusí sledovat pod nimi ležící kostní struktury tak těsně, jak se předpokládalo. Nejtěsnější vztah mezi konturou měkké a tvrdé tkáně byl zjištěn v horní a dolní části obličeje (kořen nosu: prediktivní síla 40,2 %, RV koeficient = 0,42, $r_{PLS1} = 0,72$; dolní ret a brada: prediktivní síla 37,3 %, RV koeficient = 0,41, $r_{PLS1} = 0,65$). Střední část obličeje (chrupavčitá část nosu: prediktivní síla 5,8 %, RV = 0,05, $r_{PLS1} = 0,26$ a horní ret: prediktivní síla 9,6 %, RV = 0,14, $r_{PLS1} = 0,43$) vykazovala velmi malou míru tvarové kovariance. Tento závěr koresponduje s empirickým poznatkem, že tvar profilu nosu a horního rtu lze při vytváření faciální rekonstrukce jen velmi obtížně spolehlivě odhadnout.

Práci uzavírají dva publikované příklady praktické aplikace metody na historický kosterní materiál.

Abstract

This doctoral thesis is submitted in the form of scientific publications together with theoretical introduction. The present state of knowledge of facial approximation methods is presented in the introduction. Areas of application, principles of the method and classification of the methods according to medium used are briefly described. Accuracy and limits of the method are further described as they form a base of the research of this thesis.

Simultaneous existence of multiple prediction guidelines, of which the accuracy is not known or published, is typical characteristic of the facial approximation method. The aim of this thesis was to assess the accuracy of the particular prediction rules for estimation of position and size of facial parts (eyes, nose, lips), and based on the results to recommend the most accurate and suitable guidelines for middle European population. An assessment of the strength of the association between craniofacial shape and the shape of soft tissues in the profile using geometric morphometric methods, and determination of the extent to which it might be possible to predict the latter from the former, were the purpose of the second part of the research.

Material for this study consisted of 87 lateral head cephalograms of a recent adult Central European population (52 males and 35 females, aged between 19 and 43 years, 30 years – mean age for males and 21 years – mean age for females). The individuals in the sample were without obvious facial disharmony or reverse occlusion as well as never having undergone orthodontic treatment. The contour of the skull as well as the contour of the facial soft tissues were displayed in the radiographs.

Features included for accuracy tested prediction guidelines were: protrusion of the eye globe, vertical position of the eye globe, vertical and horizontal prominence of the external nose (position of *pronasale* point), the mouth fissure position, the upper and the lower vermilion line position, the height of the lips.

The most accurate method (i.e. displaying the least standard error of the estimate, SEE) for eyeball protrusion was the method of Guyomarc'h et al. (2012) displaying SEE = 1,9 mm. Anterior position of the eyeball from the most posterior point of the lateral orbital margin was estimated by proportion of the orbital height (51,3 %) according to this guideline. The vertical position of the eye globe was estimated the most accurately (SEE = 0,3 mm) using the method of "central position" (Gatliff, 1984), i.e. the midpoint of the pupil coincided with the midpoint of the orbit.

The most suitable method of prediction of vertical (ProVert) and anterior (ProAnt) position of the *pronasale* point seemed to be the method of Rynn et al. (2010), which is based on a set of simple regression equations. Its accuracy, expressed as the mean difference between the estimated and the actual position and its standard deviation, reached the lowest values of -1,3 mm (SD = 2,4 mm, ProAnt) and 0,04 mm (SD = 2,2 mm, ProVert). The magnitude of the mean error did not exceed 4,5 % (ProAnt) and 1 % (ProVert), respectively, of the actual dimension.

As for position of the mouth fissure the method of George (1987) performed with the greatest accuracy (error of prediction 1,3 mm), i.e. the position of mouth fissure corresponded to the level of

3/4 mark of the central maxillary incisor height. This rule proposed for males worked accurately in females as well.

The best estimation (expressed as the absolute mean difference) of upper vermilion line position in males was produced using the guideline of George (1987), performing with error of prediction of 1,7 mm, i.e. the upper lip margin was situated at the level of transition between the first and the second quarter of the central maxillary incisors. In females, the margin was positioned a little bit upwards, but mostly (in 80 %) did not exceed the level of the upper margin of the maxillary incisor crown. The lower vermilion line was predicted the most accurately using the method of Veselovskaya (2004, personal communication), Fedosyutkin & Nainys (1993), Lebedinskaya (1998), Gatliff (1984) or Taylor (2001), with error of prediction 2,3 mm, i.e. it corresponded to the level of lower edge of mandibular central incisor crown in the most of cases.

The height of upper and lower lip in females was the most accurately estimated by the method of Wilkinson et al. (2003). The error of prediction was 0,9 mm (13 % of the actual height) for the upper lip, and 1,7 mm (18 %) for the lower lip. The height of upper lip in males was the most accurately estimated by the method of George (1987), displaying difference of 1,1 mm (19 % of the actual height), i.e. the upper lip height is equal to a half of the maxillary central incisor height (a distance between 1/4 and 3/4 transition marks). The lower lip height in males was the most accurately predicted using a regression equation of Wilkinson et al. (2003) showing the error of prediction 1,8 mm (21 % of the actual lip height).

The second part of the research concerned with an assessment of the strength of the association between craniofacial shape and the shape of soft tissues in the profile via geometric morphometrics. The results of this study lead to the realization that soft tissues might not follow the underlying structures as closely as expected. The greatest amount of association between the skeletal contour and overlying soft tissues was exhibited by the region of the nasal root (predictive power: 40.2%, $RV = 0.42$, $r_{PLS1} = 0.72$) and the lower lip and chin (predictive power: 37.3%, $RV = 0.41$, $r_{PLS1} = 0.65$). The smallest statistically significant covariation was displayed by the upper lip and the maxilla (predictive power: 9.6%, $RV = 0.14$, $r_{PLS1} = 0.43$). The shape covariation between the nasal bridge and the tip and lateral border of the nasal aperture was found to be statistically insignificant (predictive power: 5.8%, $RV = 0.05$, $r_{PLS1} = 0.26$). These findings are in agreement with the experience that the shape of nose profile and upper lip are very difficult to be reconstructed accurately.

The thesis is closed by two examples of practical application of the method on historical osteological material.

1. Úvod

Rekonstrukce přibližné podoby člověka podle lebky (též faciální rekonstrukce, faciální aproximace) je metoda antropologie, jejímž předmětem je „znovuobnovení“ ztracených nebo neznámých rysů obličeje člověka na základě morfologie jeho lebky. Forenzní faciální rekonstrukce (např. Haglund & Reay, 1991; Prag & Neave, 1997; Taylor, 2001; Stephan & Henneberg, 2006; Hayes, 2014), tj. rekonstrukce podoby vytvořená v rámci kriminalistického vyšetřování za účelem identifikace kosterních pozůstatků, je využívána v případech, kdy policie nemá žádné další stopy vedoucí ke zjištění identity neznámé zemřelé osoby (Wilkinson et al., 2006). Podle doporučení Vědecké pracovní skupiny pro forenzní antropologii (Scientific Working Group for Forensic Anthropology, SWGANTH, Guyomarc'h et al., 2014) jsou úkolem faciální rekonstrukce (a) odhadnout *ante mortem* podobu obličeje, (b) navrhnout možnou identitu, (c) upoutat pozornost veřejnosti. Metoda faciální rekonstrukce nemůže poskytnout jednoznačnou pozitivní identifikaci. Ta musí být prokázána jinými spolehlivými forenzními metodami (např. DNA analýza, porovnání zubních záznamů či rentgenových snímků). Nejedná se tedy o identifikační nástroj, nýbrž nástroj vyšetřovací – investigativní (Richard et al., 2014).

Faciální aproximace je založena na správné aplikaci predikčních pravidel v kombinaci s tloušťkou měkkých tkání obličeje. Predikční pravidla definují vzájemné vztahy mezi velikostí a tvarem lebky (její obličejové části) a velikostí a tvarem obličeje (očí, nosu, rtů a uší). Vychází z anatomických poměrů lebky a obličeje („anatomická“ vodítka) nebo jsou založena na výsledcích statistických analýz („statistická“ vodítka). U mnoha predikčních vodítek nevíme, zda nejsou založena pouze na osobním pozorování či zkušenosti (tzv. „rules of thumb“, Taylor, 2001), nevíme, na jakém vzorku a jakými metodami byly dané vztahy zjištěny, zda mají anatomický základ nebo jsou založeny na statistické korelaci vybraných znaků, neznáme jejich spolehlivost. Dalším problémem metody faciální rekonstrukce je existence několika různých predikčních vodítek pro jeden a tentýž znak. Mnohonásobnost predikčních pravidel se týká většiny odhadovaných metrických znaků (např. poloha koutků očí, šířka nosu, prominence nosu, šířka rtů, výška rtů, aj). Tato skutečnost explicitně a nepochybně ukazuje na nedostatečnou znalost vztahů mezi tvrdými a měkkými tkáněmi obličeje (Stephan, 2003). Je logicky a prakticky nemožné, aby všechna tato mnohonásobná vodítka byla správná, pokud dávají rozdílné výsledky. Rozhodnutí, které vodítko použít pro maximalizaci celkové spolehlivosti výsledné rekonstrukce, nelze bez znalosti spolehlivosti jednotlivých vodítek zodpovědně provést. Neznáme velikost chyby vnášené každým takovým vodítkem do výsledné rekonstrukce podoby. Celková spolehlivost rekonstrukce podoby pak závisí na kombinaci použitých pravidel a jejich odchylek od skutečnosti.

Podle Stephan & Henneberg (2001) vedou faciální rekonstrukce jen málokdy ke specifickému a jednoznačnému rozpoznání obličeje jako cílového jedince. Hlavním bodem kritiky rekonstrukčních metod je malá nebo neznámá míra korelace mezi kostními strukturami lebky a obličejovými rysy. Brues (1958) uvádí, že oblasti obličeje jako jsou špička nosu, rty a tváře nelze na základě lebky odhadovat, a trojdimenzionální manuální metody je vhodnější přenechat autorům detektivní fikce. Stephan (2002) tvrdí, že tradiční metodu faciální aproximace ve své celistvosti je vhodnější popisovat jako pseudovědu. Nemožnost predikovat rysy obličeje zmiňují i Haglund & Reay (1991). Quatrehomme et al. (1997) upozorňují, že vytvořit spolehlivou faciální rekonstrukci není jednoduché, protože existuje mnoho variant jednoho obličeje, zvláště s ohledem na stav výživy a rozdíly v projevech a intenzitě stárnutí. Navíc, detaily nosu, očí, uší, rtů a brady nemohou být rekonstruovány přesně pouze na základě charakteristik lebky. Souhlasně i Richard & Monson (2017) komentují svá zjištění tím, že největší odchylky mezi rekonstrukcemi a skutečnými obličejí v oblasti uší, rtů, hrotu nosu a tváří nejsou překvapivé, protože všechny tyto regiony postrádají silnou korelaci s charakteristikami lebky. Decker et al. (2013) ve své komparativní studii poukazují na nedostatek formálních výzkumů zaměřených na vzájemné kraniofaciální vztahy a nutnost spoléhat se při rekonstrukci oblastí obličeje právě na expertovu zkušenost.

2. Cíle práce

Cíle výzkumu disertační práce byly stanoveny následující:

První část výzkumu

Kritické zhodnocení rekonstrukčních principů

- Otestovat spolehlivost vybraných vodítek pro odhad polohy a velikosti částí obličeje.
- Doporučit, která vodítka přednostně používat.

Druhá část výzkumu

Analýza vybraných kraniofaciálních vztahů pomocí geometrické morfometrie

- Popsat variabilitu jednotlivých úseků profilu obličeje a lebky.
- Kvantifikovat těsnost vztahu mezi tvarem lebky a tvarem obličeje, tj. určit, do jaké míry tvar kostěného podkladu určuje (predikuje) tvar měkkých tkání a jakým způsobem.

3. Souhrn předkládaných publikací

Mala, P. Z. (2013). Pronasale position. An appraisal of two recently proposed methods for predicting nasal projection in facial reconstruction. *Journal of Forensic Sciences*, 58, 957–963.

V této studii jsme se zaměřili na spolehlivost dvou recentně navržených metod pro odhad prominence nosu, a to dle Stephan et al. (2003) a Rynn et al. (2010). Obě metody jsou založeny na regresní analýze různých kraniálních rozměrů. Tyto metody nebyly doposud dostatečně testovány, jejich autoři proto požadují ověření platnosti jimi navržených principů na jiných populačních souborech. Cílem této studie bylo aplikovat nově navržená predikční pravidla pro odhad prominence nosu na soubor jedinců ze střední Evropy, otestovat tak spolehlivost těchto metod, na základě zjištěných výsledků posoudit, která metoda je spolehlivější a měla by být používána přednostně. Měření bylo provedeno na souboru 86 laterálních telorentgenových snímků hlavy dospělých jedinců ze střední Evropy. Následně byly porovnávány predikované (odhadované) hodnoty s hodnotami skutečnými. Metoda dle Stephan et al. (2003) anteriorní prominenci nosu podhodnocovala (ve skutečnosti byl nos více prominující) a nadhodnocovala vertikální polohu bodu *pronasale* (ve skutečnosti se nacházel výše), a to u obou pohlaví. Průměrná diference pro anteriorní polohu bodu *pronasale* byla -2,14 mm (SD = 3,07 mm) u mužů a -0,83 mm (SD = 2,09 mm) u žen. Chyba odhadu do velikosti 5 % skutečného rozměru byla učiněna u 38 % jedinců zkoumaného vzorku. Průměrná diference pro vertikální polohu bodu *pronasale* byla 1,37 mm (SD = 2,95 mm) u mužů a 0,71 mm (SD = 2,28 mm) u žen. Chyba odhadu do velikosti 5 % skutečného rozměru byla učiněna u 52 % jedinců. Metoda dle Rynn et al. (2010) anteriorní prominenci nosu rovněž podhodnocovala, zatímco odhadovaná vertikální poloha bodu *pronasale* odpovídala jeho skutečné poloze. Průměrná diference pro anteriorní polohu bodu *pronasale* byla -1,42 mm (SD = 2,54 mm) u mužů a -1,31 mm (SD = 2,47 mm) u žen a chyba odhadu do velikosti 5 % skutečného rozměru byla učiněna u 45 % jedinců zkoumaného vzorku. Průměrná diference pro vertikální polohu bodu *pronasale* byla 0,34 mm (SD = 2,32 mm) u mužů a -0,41 mm (SD = 1,93 mm) u žen. Chyba odhadu do velikosti 5 % skutečného rozměru byla učiněna u 66 % jedinců. Zjistili jsme tedy, že metoda dle Rynn et al. (2010) pracuje lépe s menší chybou predikce než metoda navržená autory Stephan et al. (2003). Přesto však průměrná diference mezi skutečnou a predikovanou hodnotou u většiny testovaných proměnných obou metod nepřekročila 2,2 mm (6,5 % skutečného rozměru). Vertikální rozměry byly odhadovány s vyšší spolehlivostí, než rozměry horizontální.

Zednikova Mala, P., & Veleminska, J. (2016). Vertical lip position and thickness in facial reconstruction: A validation of commonly used methods for predicting the position and size of lips. *Journal of Forensic Sciences*, 61, 1046–1054.

V této studii jsme se zaměřili na hodnocení metod pro odhad polohy štěrbiny ústní a okrajů červeně rtů a výšku červeně rtů autorů Angel (1978), George (1987), Lebedinskaya (1998), Taylor (2001), Wilkinson et al. (2003), Balueva & Veselovskaya (2004, osobní sdělení). Spolehlivost těchto metod nebyla doposud testována, chyba odhadu, s jakou tyto metody pracují, není známa (nebyla publikována). Měření bylo provedeno na souboru 86 laterálních telorentgenových snímků hlavy dospělých jedinců ze střední Evropy. Následně byly porovnávány predikované (odhadované) hodnoty s hodnotami skutečnými. Výsledky jsou shrnuty následovně. Nejlepší odhad polohy štěrbiny ústní byl učiněn s použitím metody dle George (1987), tj. štěrbina ústní leží v úrovni 3/4 výšky horních řezáků (průměrná absolutní chyba byla 1,3 mm). Toto pravidlo navržené pro muže poskytovalo spolehlivější výsledky i v případě žen ve srovnání s predikčním pravidlem specifickým pro ženy. V případě *post mortem* chybějících horních řezáků pak může být pro odhad polohy štěrbiny ústní využito pravidlo dle Balueva & Veselovskaya (2004, osobní sdělení) jako druhé nejspolehlivější (průměrná absolutní chyba činila 1,6 mm), tj. poloha štěrbiny ústní odpovídá úrovni kousací hrany dolních mediálních řezáků. Štěrbina ústní rekonstruovaná dle Angel (1978) ležela příliš vysoko (průměrná absolutní chyba byla 3,0 mm) a štěrbina ústní odhadovaná dle Lebedinskaya (1998) příliš nízko (průměrná absolutní chyba 2,6 mm). Okraj červené části horního rtu byl nejspolehlivěji odhadnut s použitím metody dle George (1987) s průměrnou absolutní chybou 1,7 mm, tj. hranice horního rtu ležela v úrovni rozhraní první a druhé čtvrtiny výšky korunky předních maxilárních řezáků, a to zejména u mužů. U žen hranice horního rtu ležela ještě výše, avšak ve většině případů (86 %) nepřekročila úroveň horního okraje korunky maxilárních řezáků. Pro odhad polohy hranice červené části dolního rtu se ukázaly jako nejspolehlivější (průměrná absolutní chyba 2,3 mm) metody dle Veselovskaya (2004, osobní sdělení), Lebedinskaya (1998) nebo Taylor (2001), tj. ve většině případů odpovídala úrovni dolního okraje korunky mandibulárních řezáků. Výška červené části horního rtu byla ve všech případech (100 %) menší než je výška korunky středních horních řezáků. V případě žen se jako nejspolehlivější metoda pro odhad výšky červeně obou rtů ukázala metoda dle Wilkinson et al. (2003) s průměrnou absolutní chybou 0,9 mm a 1,7 mm, což představuje 13 % a 18 % skutečné výšky horního a dolního rtu. Výška horního rtu u mužů byla nejspolehlivěji odhadována metodou dle George (1987) s chybou predikce 1,1 mm (19 % skutečného rozměru). Výška dolního rtu u mužů byla nejlépe odhadována s použitím metody dle Wilkinson et al. (2003). Regresní rovnice pracovala s chybou 1,8 mm (21 % skutečného rozměru).

Nejhorší výsledky byly dosaženy aplikací metody dle Lebedinskaya (1998), průměrná absolutní chyba představovala 78 % a 33 % skutečné výšky horního a dolního rtu.

Zednikova Mala, P., & Velemínska, J. (2018). Eyeball position in facial approximation: Accuracy of methods for predicting globe positioning in lateral view. *Journal of Forensic Sciences*, 63, 221–226.

V této studii jsme se zaměřili na měření spolehlivosti tradičních (Taylor, 2001; Lebedinskaya, 1998; Gatliff, 1984) a validaci nově navržených metod (Wilkinson & Mautner, 2003; Guyomarc'h et al., 2012) pro odhad polohy oční koule v očníci v laterální rovině. Skutečné a predikované rozměry byly porovnány na souboru laterálních telorentgenových snímků 80 dospělých Středoevropanů. Nejmenší standardní chybu odhadu (SEE) antero-posteriorní polohy oční koule vykazovala metoda založená na výpočtu poměru z výšky očnice dle Guyomarc'h et al. (2012), SEE = 1,9 mm. Jako druhé nejspolehlivější predikční pravidlo se ukázalo vodítko „tečny k duhovce“ dle Wilkinson & Mautner (2003) se SEE = 2,4 mm. Tradiční metoda „tečny k rohovce“ (Taylor, 2001; Lebedinskaya, 1998; Gatliff, 1984) protrusí oční koule podhodnocovala se SEE = 5,8 mm. V případě hodnocení superio-inferiorní (SI) polohy oční koule v očníci výsledky ukázaly odchylku od centrální polohy směrem superiorním v průměru o 0,3 mm. Tradiční metoda „centrální polohy“ (Taylor, 2001; Lebedinskaya, 1998; Gatliff, 1984) tak nemohla být odmítnuta jako nespolehlivá (SEE = 0,3 mm). Metoda dle Guyomarc'h et al. (2012) založená na regresní analýze a proporcích výšky očnice pracovala se SEE = 2,1 mm. V souvislosti s velikostí chyby (nespolehlivosti) a jejím vlivu na rozpoznatelnost obličeje bylo zjištěno, že lidé jsou velmi vnímaví ke změně SI polohy očí. Brooks & Kemp (2007) zjistili, že lidé jsou schopni rozlišit posun očí o 4,5 % mezioční vzdálenosti nebo přibližně 3 mm na obličeji skutečné velikosti, a to bez ohledu na směr posunu. Pro známé obličeje byla tato hranice 2,5 mm. Můžeme proto předpokládat, že (ne)spolehlivost metody odhadu SI polohy oční koule nemusí mít žádný vliv na správnou rozpoznatelnost rekonstruovaného obličeje.

Zedníková Malá, P., Krajíček, V., & Velemínská, J. (2018). How tight is the relationship between the skeletal and soft-tissue facial profile: A geometric morphometric analysis of the facial outline. *Forensic Science International*, 292, 212–223.

Znalost vztahů mezi kostními strukturami obličeje a charakteristikami měkkých tkání obličeje je zásadní pro aplikaci metod faciální aproximace. Cílem této studie bylo vyhodnotit sílu vzájemné asociace mezi tvarem lebky a tvarem měkkých tkání profilu obličeje a určit, do jaké míry je možné predikovat tvar obličeje z tvaru lebky. Z laterálních telorentgenových

snímků 86 dospělých jedinců (52 mužů a 34 žen ve věku 19–43 let) jsme extrahovali křivku profilu lebky a profilu měkkých tkání obličeje. Následně jsme obě křivky rozdělili do několika kratších úseků a povedli jejich automatickou segmentaci a vyhodnocení pomocí geometrické morfometrie. Míru vzájemné asociace jsme hodnotili pomocí analýzy hlavních komponent (PCA) a následnou regresní analýzou (Halazonetis, 2007), dále jsme využili postup partial least square analýzy (Rohlf & Corti, 2000) a RV koeficient (Klingenberg, 2009). Kovariance tvarů byla vizualizována prostřednictvím thin-plate spline deformačních mřížek. Nejvyšší míru asociace mezi konturou kosti a konturou přilehlých měkkých tkání vykazovala oblast čela (prediktivní síla: 95,1 %, RV = 0,91, korelace $r_{PLS1} = 0,96$). Následovala oblast kořene nosu (prediktivní síla 40,2 %, RV koeficient = 0,42, $r_{PLS1} = 0,72$). Metoda thin-plate spline prvního singulárního warpu (PLS1) odhalila, že *nasion* na kontuře měkkého profilu ležel vždy níže než na kontuře kosti, což potvrzuje nález George (1993), a že hluboká kontura kosti znamená vždy stejně hlubokou konturu přechodu měkké tkáně čela do oblasti nosu. Měkká tkáň má tendenci výrazný fronto-nasální zářez vyrovnávat. Podobnou míru asociace jako oblast kořene nosu vykazovala i dolní část obličeje. Dolní ret a brada vykazovaly prediktivní sílu 37,3 %, RV koeficient = 0,41, $r_{PLS1} = 0,65$. Měkká tkáň sledovala podobný vzor tvarových změn jako kost, ale nepředstavovala kopii tvaru kontury dolní čelisti. Oproti oblasti kořene nosu a horního rtu, v oblasti dolního rtu a brady měkká tkáň zvyrazňuje a prohlubuje vzor tvarových změn dolní čelisti. Body na lebce (bod B a *pogonion*) byly umístěny níže než na obličeji, což opět potvrzuje nálezy George (1993). Sklon dolního rtu byl ovlivněn sklonem a prominencí horních řezáků. Oblast horního rtu vykazovala druhou nejnižší míru asociace mezi tvrdými a měkkými tkáněmi (prediktivní síla 9,6 %, RV = 0,14, $r_{PLS1} = 0,43$). Čím hlubší byla kontura horní čelisti a více prominující přední nosní trn, tím více konkávní a nižší byl horní ret. Tvary kontura kosti a měkké tkáně si byly více podobné v případě ploché kontury horní čelisti ve srovnání s navzájem odlišným tvarem obou křivek v případě výrazně zakřivené kontury horní čelisti. Měkká tkáň vykazovala tendenci vyhlazovat výrazný reliéf horní čelisti (podobně jako u kořene nosu). Tvarová kovariance mezi hřbetem a hrotem nosu a laterálním okrajem nosního otvoru byla statisticky nevýznamná (prediktivní síla 5,8 %, RV = 0,05, $r_{PLS1} = 0,26$). Nezdá se tedy, že by tvar profilu nosu zrcadlil konturu nosního otvoru. Závěry této studie korespondují s empirickým poznatkem, že tvar profilu nosu a horního rtu lze při vytváření faciální rekonstrukce jen velmi obtížně spolehlivě odhadnout. Výsledky analýzy vzájemné kovariance tvaru kontury lebky a kontury obličeje ukázaly, že měkké tkáně nemusí sledovat pod nimi ležící kostní struktury tak těsně, jak se předpokládalo.

Klepáček, I., & Malá, P. Z. (2012). "Bochdalek's" skull: morphology report and reconstruction of face. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 8, 451–459.

Cílem této studie bylo vytvořit model obličeje na základě dobře zachovalé „Bochdalekovy lebky“ (z 18. století, patřící ženě ve věku 18 let), která je uložena v Muzeu anatomie 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy. Lebka byla předběžně vyhodnocena jako deformovaná lebka se srůstem dolní čelisti na obou stranách, nejpravděpodobněji posttraumatického původu (bilaterální *syngnathia*). Ve snaze nalézt nejlepší zobrazení obličeje a zachycení proporčních a tvarových změn měkkých tkání obličeje jsme aplikovali metodu faciální rekonstrukce. Abychom zachovali unikátní a nepoškozený originál lebky, nejprve jsme v počítači vytvořili digitální odlitek lebky, který byl následně převeden do fyzického modelu pomocí 3D RepRap tiskárny. K dispozici nebyl žádný dochovaný portrét dívky. Pro aproximaci podoby obličeje dívky jsme zvolili kombinaci různých přístupů (modifikaci zejména Manchesterské metody), které z našeho pohledu dovolovaly zachycení optimální topografie obličeje dle deformované lebky. Výsledný obličej působí „starým“ dojmem, s převislým dolním rtem a oploštěnými oblastmi spánkového a žvýkacího svalu.

Vanek, D., Brzobohata, H., Silerova, M., Horak, Z., Nyvltova Fisakova, M., Vasinova Galiova, M., Zednikova Mala, P., Urbanova, V., Dobisikova, M., Beran, M., & Brestovansky, P. (2015). Complex Analysis of 700-Year-Old Skeletal Remains found in an Unusual Grave—Case Report. *Anthropology*, 2, 138.

Tato studie je zaměřena na prezentaci analýzy 700 let starých kosterních zbytků z hrobu s výraznou odchylkou od běžného pohřebního ritu, při které byl využit multidisciplinární přístup zahrnující metody antropologické, archeologické, genealogické, hmotnostní spektrometrii, trojrozměrné modelování a rekonstrukci přibližné podoby. Z kostí byla vyextrahována DNA a amplifikována s použitím autosomálních a Y-chromozomových kitů pro identifikaci krátkých tandemových repetitivních sekvencí navržených pro forenzní účely. Další genetická data byla získána metodou sekvenování hypervariabilních oblastí I (HVRI) mtDNA. Analýza stopových prvků a jejich kvantifikace byla provedena na principu laserové hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (LA-ICP-MS). Pomocí počítačové tomografie (CT) byl vytvořen virtuální model lebky. Fyzická replika lebky byla vytvořena pomocí rapid prototyping technologie. Tato byla využita pro sochařskou rekonstrukci přibližné podoby zkoumaného jedince. Y chromozomová haploskupina zkoumaného vzorku byla určena jako E1b1, haploskupina mtDNA byla predikována jako H. LA-ICP-MS a geochemická analýza odhalily, že studovaný jedinec konzumoval rostlinnou a masitou stravu s výjimkou vepřového.

Antropologickým hodnocením bylo zjištěno, že kosterní ostatky patřily muži ve věku 45–55let bez známek postižení či fyzických anomálií. Na závěr byla vytvořena rekonstrukce přibližné podoby jedince.

4. Závěr

Problematika metody rekonstrukce přibližné podoby člověka podle lebky je značně složitá a nepřehledná. Tato složitost je dána souběžnou existencí několika různých přístupů k samotnému vytváření odhadované podoby, existencí mnohonásobných predikčních pravidel často s neznámou spolehlivostí, znalostí pouze omezeného množství prokázaných kraniofaciálních vztahů a absencí standardizace postupu. Tyto a další skutečnosti poskytují značný prostor pro vlastní subjektivitu, vedou k poměrně variabilním výsledkům metody a často omezují metodu v dosažení jejího cíle, tj. správného rozpoznání sledovaného jedince.

Cílem disertační práce bylo otestovat spolehlivost vybraných predikčních pravidel pro odhad polohy či velikosti obličejových prvků (očí, nosu a rtů), zejména těch, která doposud ověřena nebyla. Na základě literatury a vlastních výsledků pak doporučit ta vodítka, která pro středoevropskou populaci vykazovala nejvyšší spolehlivost.

Pro odhad polohy oční koule v očnici v laterální rovině se jako nejspolehlivější ukázala recentně navržená metoda dle Guyomarc'h et al. (2012), která antero-posteriorní polohu oční koule vzhledem k nejvíce posteriornímu bodu na laterálním okraji očnice odhaduje poměrem z výšky orbity (51,3 % výšky očnice). Jako nejspolehlivější metoda pro odhad vertikální polohy oční koule se jevil princip „centrální polohy“ dle Gatliff (1984), tj. že střed zornice odpovídá středu výšky očnice. Nejvhodnější metoda určená k predikci anteriorní a vertikální polohy bodu *pronasale* se ukázala metoda dle Rynn et al. (2010), která spočívá v použití jednoduchých regresních rovnic. Nejspolehlivější výsledky pro odhad polohy štěrbiny ústní vykazovalo pravidlo dle George (1987) pro muže, tj. poloha štěrbiny ústní odpovídá hranici 3/4 výšky korunky horních mediálních řezáků. Toto pravidlo bylo vhodnější k predikci polohy štěrbiny ústní i u žen. Nejspolehlivější odhad polohy okraje červené části horního rtu poskytovala metoda dle George (1987), tj. hranice horního rtu leží v úrovni rozhraní první a druhé čtvrtiny výšky korunky mediálních maxilárních řezáků. Pro odhad polohy hranice červené části dolního rtu se ukázala jako nejspolehlivější metoda dle Veselovskaya (2004, osobní sdělení), Fedosyutkin & Nainys (1993), Lebedinskaya (1998), Gatliff (1984) nebo Taylor (2001), tj. ve většině případů odpovídala úrovni dolního okraje korunky mandibulárních řezáků. Pro odhad výšky horního a dolního rtu byly nejspolehlivější výsledky dosaženy s použitím regresních rovnic dle autorů Wilkinson et al. (2003).

Ve druhé části výzkumu jsme se zaměřili na hodnocení míry asociace mezi konturou profilu lebky a konturou profilu obličeje. Výsledky analýzy vzájemné kovariance tvaru kontury lebky a kontury obličeje ukázaly, že měkké tkáně nemusí sledovat pod nimi ležící kostní struktury tak těsně, jak se předpokládalo. Značná část variability tvaru obličeje je dána samotnými měkkými tkáněmi. Z vlastních výsledků i publikovaných studií se zdá, že v rámci obličeje (mimo klenbu lební vč. čela) lze stěží očekávat vyšší míru tvarové kovariance vyjádřenou RV koeficientem než 0,6. Ani detailnější reprezentace tvaru pomocí kontinuálních křivek v našem případě nepřinesla zvýšení míry asociace mezi měkkou tkání obličeje a tvrdou tkání lebky. Nejtěsnější vztah mezi konturou měkké a tvrdé tkáně byl zjištěn v horní a dolní části obličeje (kořen nosu, dolní ret a brada). Střední část obličeje (chrupavčitá část nosu a horní ret) vykazovala velmi malou míru tvarové kovariance. Tento nálezkoreponduje s empirickým poznatkem, že tvar profilu nosu a horního rtu lze při vytváření faciální rekonstrukce jen velmi obtížně spolehlivě odhadnout.

Zodpovědný přístup k aplikaci metody rekonstrukce podoby vyžaduje mimo jiné orientaci v takto složité problematice, znalost slabých míst metody a jejich otevřenou prezentaci. V této práci jsme se snažili poskytnout přehled aktuálního stavu řešené problematiky, nabídnout aktuální a nezkrácené informace o spolehlivosti metody, doplnit je tam, kde v publikované literatuře doposud chyběly, a usnadnit poučenému čtenáři výběr vhodného postupu při realizaci rekonstrukce podoby

1. Introduction

The reconstruction of the approximate appearance of the face according to the skull (facial reconstruction, facial approximation) is the method of anthropology. Its aim is to recreate the lost or unknown facial features based on the morphology of the skull. Forensic facial reconstruction (e.g. Haglund & Reay, 1991; Prag & Neave, 1997; Taylor, 2001; Stephan & Henneberg, 2006; Hayes, 2014), i.e. facial approximation created within the forensic investigation for the purpose of human remains identification, is used in cases, where no other clues for finding the identity of the deceased are available (Wilkinson et al., 2006). According to Scientific Working Group for Forensic Anthropology (SWGANTH, Guyomarc'h et al., 2014) the aim of facial approximation is to (i) estimate antemortem facial appearance, (ii) suggest identity, and (iii) capture public attention. The method of facial approximation cannot provide definite positive identification. That must be proved by other reliable forensic methods (e.g. DNA analysis, dental records of radiographs comparison). Facial approximation is not a tool for identification, but strictly an investigative tool (Richard et al., 2014).

Facial approximation is based on a correct application of prediction guidelines in combination with average facial soft tissue depths. Prediction guidelines are defined by the relationships between the size and morphology of the skull (its facial part) and the size and morphology of the face (eyes, nose, lips, ears). They rise from anatomical relations or statistical analysis. Regarding many prediction rules, it is unknown, if they are based only on personal observations or experiences („rules of thumb“, Taylor, 2001). A sample and methods, which they are based on, are unknown. We do not know their accuracy. Existence of multiple prediction guidelines for the one and the same facial feature is the next problem of facial reconstruction method. It concerns the most of estimated metrical features (e.g. position of eye corners, width of the nose, prominence of the nose, width of the lips, height of the lips, etc.). This fact explicitly and undisputedly indicates a lack of soft to hard tissue relationship knowledge (Stephan, 2003). It is logically and practically impossible for all of these guidelines to be correct if they provide different results. Decision which guideline to use to maximize overall accuracy of facial approximation could not to be made responsibly without the knowledge of prediction guideline accuracy. We do not know the magnitude of error introduced by each such a guideline and the overall accuracy of facial approximation depends on combination of guidelines and their errors used.

According to Stephan & Henneberg (2001), facial approximations infrequently result in specific and purposeful facial recognition. Poor correlations between facial bony structures and facial soft features are one of the main points of critiques of facial approximation methods. Brues (1958) stated that areas of the face, such as the tip of the nose, the lips, and

the fleshy part of the cheek are not predictable from the skull, and three-dimensional clay facial approximation methods are better left to detective fiction. Stephan (2002) reported that the traditional facial approximation method, in its entirety, appears to be more appropriately described as a pseudoscience. Haglund & Reay (1991) experienced a failure of facial approximation to achieve its goal and discussed its usefulness for personal identification. Quatrehomme et al. (1997) noted that it is not easy to create an accurate facial approximation because a lot of variation of the one face exist, in particular regarding the state of nutrition or intensity of ageing. Moreover, details of the nose, eyes, ears and lips could not be accurately and exactly approximated based on cranial characteristics only. Richard & Monson (2017) commented their findings, that areas of the approximations that tended to show the greatest deviation from ground truth include the ears, lips, nose tip, and cheeks, is not surprising considering that all of these are soft tissue features that lack a strong correlation to characteristics of the cranium. Decker et al. (2013) pointed out the lack of formal investigations of craniofacial relationships and the need to rely on expert's experience while reconstructing some of the facial parts.

2. Aims of the study

Aims of the investigation were set as follows:

The first part of the research

Critical assessment of the principles of the method

- To test an accuracy of the selected prediction guidelines.
- To recommend which guidelines to use preferably.

The second part of the research

Analysis of hard to soft tissue relationships using geometric morphometrics

- To describe the variability of cranial and soft-tissue facial profile curves
- To quantify the strength of association between the shape of the skull and the shape of the face, i.e. to determine the extent to which it might be possible to predict the latter from the former.

3. Summary of the presented publications

Mala, P. Z. (2013). Pronasale position. An appraisal of two recently proposed methods for predicting nasal projection in facial reconstruction. *Journal of Forensic Sciences*, 58, 957–963.

This study examines two recently proposed methods for predicting nose projection from the skull, those developed by Stephan et al. (2003) and Rynn et al. (2010). Both of these methods are based on regression models using various cranial dimensions. These methods have not been sufficiently tested on larger samples; therefore, authors claim the need for testing to confirm the robustness of their proposed principles. The aim of this study was to apply these recently proposed prediction guidelines for nose projection, which are considered to be more accurate than some traditional techniques, to the Central European sample to test the accuracy and applicability of these two of new methods, to determine whether they are robust enough to be used in other samples, to decide which of these two methods performs “better”, and possibly to recommend which one should be used preferentially. A sample of 86 lateral head cephalograms of adult subjects from Central Europe was measured, and the actual and predicted dimensions were compared. The method of Stephan et al. (2003) underestimated the average nose projection (in reality, the nose was more prominent) and overestimated the average vertical position of the *pronasale* (in reality, it was positioned more upward) in both of sexes. The mean difference for anterior prominence was -2.14 mm (SD = 3.07 mm) in males and -0.83 mm (SD = 2.09 mm) in females, and 38 % of the sample was estimated within 5 % error. The mean difference for vertical position of the *pronasale* was 1.37 mm (SD = 2.95 mm) in males and 0.71 mm (SD = 2.28 mm) in females, and 52 % of the sample was estimated within 5 % error. The method of Rynn et al. (2010) underestimated the average nose projection, while the average vertical position of the *pronasale* was equal to its real position. The mean difference for anterior prominence was -1.42 mm (SD = 2.54 mm) in males and -1.31 mm (SD = 2.47 mm) in females, and 45 % of the sample was estimated within 5 % error. The mean difference for vertical position of the *pronasale* was 0.34 mm (SD = 2.32 mm) in males and -0.41 mm (SD = 1.93 mm) in females, and 66 % of the sample was estimated within 5 % error. In general, the method of Rynn et al. (2010) was found to perform better and with less error variance than the method of Stephan et al. (2003). However, the mean difference between the actual and predicted values did not exceed 2.2 mm (6.5% of the actual dimension) in most of the variables tested of both of the methods. The vertical dimensions of the nose were predictable with greater accuracy than the horizontal dimensions.

Zednikova Mala, P., & Velemínska, J. (2016). Vertical lip position and thickness in facial reconstruction: A validation of commonly used methods for predicting the position and size of lips. *Journal of Forensic Sciences*, 61, 1046–1054.

This study examined several methods used to estimate oral fissure position, lip margin position and lip thickness recommended by Angel (1978), George (1987), Lebedinskaya (1998), Taylor (2001), Wilkinson et al. (2003), Balueva & Veselovskaya (2004, personal communication). Accuracy of these methods have not been tested previously, the error of estimate was unknown (was not published). A sample of 86 lateral head cephalograms of adult subjects from central Europe were measured, and the actual and predicted dimensions were compared. The summary of our results is as follows. The best estimation for oral fissure position was made using the guideline according to George (1987), i.e. opposite the lower 3/4 mark of maxillary incisors (mean absolute error of 1.3 mm). This guideline proposed for males provided more accurate results in females than guideline specific for females. In case of missing maxillary incisors, the guideline of Balueva & Veselovskaya (2004, personal communication) could be used as the second best estimation (mean absolute error of 1.6 mm), i.e. oral fissure was positioned opposite the superior margin of mandibular incisors. Oral fissure predicted according to Angel (1978) was positioned too high (mean absolute error 3.0 mm), and that reconstructed according to Lebedinskaya (1998) was too low (mean absolute error 2.6 mm). The best estimation for the upper lip margin position was the method of George (1987) showing mean absolute error 1.7 mm, i.e. it was positioned opposite the upper quarter mark of the maxillary incisors, especially for males, or slightly above this mark. For females, the upper vermilion line was mostly situated further up than for males, but its position usually (in 86 %) did not overcome the level of the upper margin of the maxillary incisor crowns. The lower lip margin was the most accurately predicted by “cementum enamel junction of mandibular incisors” (guideline of Taylor, 2001; Lebedinskaya, 1998; Balueva & Veselovskaya, 2004, personal communication) performing with mean absolute error of 2.3 mm. As for upper lip thickness, it was lower than the height of the maxillary incisor crowns in 100 % of cases. To reconstruct the thickness of the lips, the best estimation for females was provided by the regression equations proposed by Wilkinson et al. (2003) for both of the lips (mean absolute error 0.9 mm and 1.7 mm, which represents 13 % and 18 % of the actual average height of the upper and lower lip, respectively). Upper lip thickness of males was the most accurately estimated by the method of George (1987) with error of 1.1 mm (19 % of actual dimension). The lower lip thickness in males should be estimated according to Wilkinson et al. (2003), regression equation worked

with error of 1.8 mm (21 % of the actual dimension). The worst performance of lip thickness estimation was provided using the guideline of Lebedinskaya (1998), mean absolute error represented 78 % and 33 % for upper and lower lip thickness, respectively).

Zednikova Mala, P., & Velemínska, J. (2018). Eyeball position in facial approximation: Accuracy of methods for predicting globe positioning in lateral view. *Journal of Forensic Sciences*, 63, 221–226.

This study measured the accuracy of traditional (Taylor, 2001; Lebedinskaya, 1998; Gatliff, 1984) and validated newly proposed methods (Wilkinson & Mautner, 2003; Guyomarc'h et al., 2012) for globe positioning in lateral view. Eighty lateral head cephalograms of adult subjects from Central Europe were taken, and the actual and predicted dimensions were compared. The anteroposterior eyeball position was estimated as the most accurate method based on the proportion of the orbital height (SEE = 1.9 mm) proposed by Guyomarc'h et al. (2012), and was followed by the "tangent to the iris method" showing SEE = 2.4 mm (Wilkinson & Mautner, 2003). The traditional "tangent to the cornea method" (Taylor, 2001; Lebedinskaya, 1998; Gatliff, 1984) underestimated the eyeball projection by SEE = 5.8 mm. Concerning the superoinferior (SI) eyeball position, the results showed a deviation from a central to a more superior position by 0.3 mm, on average, and the traditional method of central positioning of the globe (Taylor, 2001; Lebedinskaya, 1998; Gatliff, 1984) could not be rejected as inaccurate (SEE = 0.3 mm). Method based on regression analyses or proportionality of the orbital height (Guyomarc'h et al., 2012) showed the SEE = 2.1 mm. Regarding the magnitude of error (inaccuracy) and its influence on the ability to recognize the face, it was found that people were very sensitive to SI position of the eyes. Brooks & Kemp (2007) found that, on average, individuals were able to reliably detect displacement of the eyes by 4.5% of the interocular distance, or approximately 3 mm on a corporeal face regardless of the direction of SI displacement. For familiar faces, the threshold was slightly smaller, but not more than 2.5 mm. It could be assumed that (in)accuracy of the tested methods for prediction of SI eyeball position had no influence on the reconstructed face to be correctly recognized.

Zedníková Malá, P., Krajíček, V., & Velemínská, J. (2018). How tight is the relationship between the skeletal and soft-tissue facial profile: A geometric morphometric analysis of the facial outline. *Forensic Science International*, 292, 212–223.

Correlations between facial bony structures and soft facial features are fundamental for facial approximation methods. The purpose of this study was to assess the strength of the association between craniofacial shape and the shape of the soft-tissue profile and to determine the extent to which it might be possible to predict the latter from the former. Soft-tissue and skeletal facial profile curves were extracted from 86 lateral head cephalograms of the recent Central European population (52 males and 34 females, aged between 19 and 43 years), divided into five parts, segmented automatically and evaluated using geometric morphometrics. The magnitude of the hard-soft shape association was assessed by principal component analysis and subsequent multiple linear regression (Halazonetis, 2007), by partial least square analysis (PLS) (Rohlf & Corti 2000) and the RV coefficient (Klingenberg, 2009). Shape covariation was visualized and described by thin-plate spline grids. The greatest amount of association between the skeletal contour and overlying soft tissues was exhibited by the region of the forehead (predictive power: 95.1 %, RV = 0.91, correlation for PLS1 $r = 0.96$), followed by the region of the nasal root (predictive power: 40.2 %, RV = 0.42, $r_{\text{PLS1}} = 0.72$). The thin-plate spline of PLS1 revealed that the soft-tissue landmark *nasion* is positioned lower than the cranial landmark *nasion*, in agreement with George (1993), and that a very deep frontonasal transition does not necessarily lead to a very deep nasal root. Soft tissues displayed a tendency to smooth down a pronounced frontonasal transition. The strength of the association between the skeletal and the soft-tissue lower part of the facial profile curve was similar to that of the nasal root. The lower lip and chin displayed predictive power 37.3 %, RV = 0.41, and $r_{\text{PLS1}} = 0.65$. The soft-tissue contour followed the same shape changes as the bone, but it was not 'a copy' of the mandibular contour. Soft tissues seemed to be more pronounced and, opposite to the nasal root part, they highlighted the shape pattern of the underlying bone. The relationship between the cranial landmarks *pogonion* and *supramentale* (point B) and their soft-tissue counterparts *pogonion'* and inferior labial sulcus confirmed the results of George (1993) that soft-tissue landmarks were positioned higher than cranial ones. Lower lip inclination was influenced by upper incisor inclination and projection. The smallest statistically significant covariation was displayed by the upper lip and the maxilla (predictive power: 9.6 %, RV = 0.14, $r_{\text{PLS1}} = 0.43$). The deeper contour of the maxilla and the more projecting anterior nasal spine were, the more concave and less high was the upper lip. The shapes of the skeletal and soft-tissue contours were more similar to each other in cases of a flat upper jaw in contrast to more different shapes of hard and soft tissues in cases of a pronounced curvature of the maxilla. Similarly as in the case of the frontonasal

transition, it seemed that soft tissues tended to smooth down notably deep skeletal contours. The shape covariation between the nasal bridge and the tip and lateral border of the nasal aperture was found to be statistically insignificant (predictive power: 5.8%, $RV = 0.05$, $r_{PLS1} = 0.26$). It does not seem that the shape of the soft-tissue nasal profile is simply a mirror image of the opposite nasal aperture viewed from the profile. These findings correspond with the observation that the shape of the nasal profile and the upper lip contour are difficult to reconstruct or predict reliably in facial approximations. It seems that the shape of soft tissues might not follow underlying structures as closely as expected.

Klepáček, I., & Malá, P. Z. (2012). "Bochdalek's" skull: morphology report and reconstruction of face. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 8, 451–459.

The objective of this study was to create a real model of a face using the well preserved "Bochdalek's skull" (from an eighteenth century female aged 18 years) kept in the museum of anatomy (Institute of Anatomy, 1st Medical Faculty, Charles University in Prague). The skull had previously been appraised as a deformed skull with an adhesion present on both sides of the jaw, most likely of post-traumatic origin (bilateral *syngnathia*). In an attempt to find the best description for it, and to identify the spatial relationships between the surface of the facial bones which had changed in shape, as well as the formation of soft tissue on the face, we decided to perform a 3D reconstruction of the face. Due to the necessity of preserving the unique original undamaged skull, we created an exact digital "casting" of the facial bone structure on a computer first, which we then converted into a three-dimensional model using a 3D RepRap printer. We needed to take into consideration the fact that we had no portrait of the girl, just the skull. For this reason, we opted for a selected combination of anthropologic steps (the modified Manchester technique), which in our view, allows for optimum creation of the topography of the face in keeping with the deformed skull. The resulting reconstructed face was old in appearance with an overhanging lower lip and flattened surfaces in the areas of the temporalis and masseter muscles.

Vanek, D., Brzobohata, H., Silerova, M., Horak, Z., Nyvltova Fisakova, M., Vasinova Galiova, M., Zednikova Mala, P., Urbanova, V., Dobisikova, M., Beran, M., & Brestovansky, P. (2015). Complex Analysis of 700-Year-Old Skeletal Remains found in an Unusual Grave—Case Report. *Anthropology, 2*, 138.

The study was designed to analyze the 700-year-old human remains from an unusual grave using a combined approach that consisted of anthropological, archaeogenetic, genealogical, mass spectrometry, 3-dimensional (3D) modeling and facial reconstruction methods to confirm or reject several hypotheses about the skeletal remains. DNA was extracted from the skeleton and amplified using autosomal and Y-chromosome human identification short tandem repeat (STR) kits that were designed for forensic use, and sequence data were obtained from hyper variable region I (HVRI) mtDNA sequencing. Elemental mapping and quantification of investigated elements were performed using laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS). The Computed Tomography (CT) images of the skull were created in a transversal plane, and the scans were used to create 3D geometric models of the skull. A plastic physical model (a cast) of the skull was produced by rapid prototyping technology, and the model was used for sculptural facial approximation of the studied individual. As for the results, the Y-chromosome haplogroup of the sample was determined to be E1b1b, and the assigned mtDNA haplogroup was H. LA-ICP-MS and geochemical analysis revealed that the individual consumed plants and meats, except pork. Anthropological examination estimated the age of the individual to be between 45-55 years, and we did not find any traces of disablement or physical anomalies. Interestingly, we were able to produce a facial reconstruction according to the skull.

4. Conclusions

Issues of the facial approximation methods are complicated. This intricacy is due to parallel existence of several approaches to process of facial appearance estimation, existence of multiple prediction guidelines often with unknown accuracy, existence of limited number of proved craniofacial relationships, and absence of standardization. These problems provide enough space for subjectivity and variable results and often unable the method to reach its goal, i.e. correct facial recognition of the target individual.

The aim of this thesis was to assess the accuracy of prediction guidelines for estimation of position and size of facial features (eyes, nose, lips), especially of those, that have not been tested yet. Based on review of literature and our results to recommend those guidelines, that showed the greater accuracy for Central European sample.

The most accurate method for eyeball protrusion was the method of Guyomarc'h et al. (2012). Anterior position of the eyeball from the most posterior point of the lateral orbital margin was estimated by proportion of the orbital height (51,3 %) according to this guideline. The vertical position of the eye globe was estimated the most accurately using the method of "central position" (Gatliff, 1984), i.e. the midpoint of the pupil coincides with the midpoint of the orbit. The most suitable method of prediction of vertical and anterior position of the *pronasale* point seemed to be the method of Rynn et al. (2010), which is based on a set of simple regression equations. As for position of the mouth fissure the method of George (1987), the guideline for males, performed with the greatest accuracy, i.e. the position of mouth fissure corresponded to the level of 3/4 mark of the central maxillary incisor height. This rule proposed for males worked accurately in females as well. The best estimation of upper vermilion line position was produced using the guideline of George (1987), i.e. the upper lip margin was situated at the level of transition between the first and the second quarter of the central maxillary incisors. The lower vermilion line was predicted the most accurately using the method of Veselovskaya (2004, personal communication), Fedosyutkin & Nainys (1993), Lebedinskaya (1998), Gatliff (1984) or Taylor (2001), i.e. it corresponded to the level of lower edge of mandibular central incisor crown in the most of cases. The height of the upper and the lower lip was the most accurately estimated using regression equations of Wilkinson et al. (2003).

The second part of the research concerned with an assessment of the strength of the association between craniofacial shape and the shape of soft tissues in the profile via geometric morphometrics. The results of this study lead to the realization that soft tissues might not follow the underlying structures as closely as expected. A large part of facial shape variability is inherent in the soft tissues themselves. Based on our results and reviewed literature it seems that within the face (apart from forehead) it is hardly to expect greater amount of skeletal–soft tissue association than 0.6 as expressed by RV coefficient. More detailed representation of the shape by using the continuous curves did not provided increase in amount of measured craniofacial association. The greatest amount of association between the skeletal contour and overlying soft tissues was exhibited by the region of the upper and lower face (nasal root and lower lip and chin). The middle face (nasal bridge and tip and upper lip) showed only very small amount of shape covariation. These findings are in agreement with the experience that the shape of nose profile and upper lip are very difficult to be reconstructed accurately.

The responsible approach to the facial approximation methods requires good knowledge of this intricate issues, knowledge of the method weakness and limits and clear and open presentation of them. In this study we tried to provide a review of present state of knowledge of the facial approximation method, to offer undistorted information of its

accuracy, to complete information about the accuracy where missing, and to recommend the suitable and the most accurate guidelines for facial approximation realization.

Bibliografie / References

Angel, J. L. (1987). Restoration of head and face for identification. *Proceedings of the 30th Annual Meeting of the American Academy of Forensic Sciences*. St. Louis, MO. Colorado Springs, CO: American Academy of Forensic Sciences.

Brooks, K. R., & Kemp, R. I. (2007). Sensitivity to feature displacement in familiar and unfamiliar faces. Beyond the internal/external feature distinction. *Perception*, 36, 1646–1659.

Brues, A. M. (1958). Identification of skeletal remains. *Journal of Criminal Law and Criminology*, 48, 551–556.

Decker, S., Ford, J., Davy-Jow, S., Faraut, P., Neville, W., & Hilbelink, D. (2013). Who is this person? A comparison study of current three-dimensional facial approximation methods. *Forensic Science International*, 229, 161.e1–161.e8.

Fedosyutkin, B. A., & Nainys, J. V. (1993). The relationship of skull morphology to facial features. In M. Y. Işcan, & R. P. Helmer (Eds.), *Forensic analysis of the skull* (pp. 199–213). New York: Wiley-Liss.

Gatliff, B. P. (1984). Facial sculpture on the skull for identification. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 5, 327–332.

George, R. M. (1987). The lateral craniographic method of facial reconstruction. *Journal of Forensic Sciences*, 32, 1305–1330.

George, R. M. (1993). Anatomical and artistic guidelines for forensic facial reconstruction. In M. Y. Işcan, & R. P. Helmer (Eds.), *Forensic analysis of the skull* (pp. 215–228). New York: Wiley-Liss.

Guyomarc’h, P., Dutailly, B., Couture, Ch., & Coqueugniot, H. (2012). Anatomical placement of the human eyeball in orbit – validation using CT scans of living adults and prediction for facial approximation. *Journal of Forensic Sciences*, 57, 1271–1275.

Guyomarc’h, P., Dutailly, B., Charton, J., Santos, F., Desbarats, P., & Coqueugniot, H. (2014). Anthropological facial approximation in three dimensions (AFA3D): computer-assisted estimation of the facial morphology using geometric morphometrics. *Journal of Forensic Sciences*, 59, 1502–1516.

Haglund, W. D., & Reay, D. T. (1991). Use of facial approximations techniques in identification of Green River serial murder victims. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 12, 132–142.

Halazonetis, D. J. (2007). Morphometric correlation between facial soft-tissue profile shape and skeletal pattern in children and adolescents. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 132, 450–457.

Hayes, S. (2014). Facial approximation of 'Angel': Case specific methodological review. *Forensic Science International*, 237, e30–e41.

Klingenberg, C. P. (2009). Morphometric integration and modularity in configurations of landmarks: tools for evaluating a priori hypotheses. *Evolution and Development*, 11, 405–421.

Lebedinskaya, G. B. (1998). *Rekonstrukcia lica po cerepu (metodiceskoje rukovodstvo)*. Moskva: Staryj sad. (Needitovaný překlad Pavla Malá).

Prag, J., & Neave, R. A. H. (1997). *Making faces: Using forensic and archaeological evidence*. London: British Museum Press.

Quatrehomme, G., Cotin, S., Subsol, G., Delingette, H., Garidel, Y., Grevin, G., Fidrich, M., Bailet, P., & Ollier, A. (1997). A fully three-dimensional method for facial reconstruction based on deformable models. *Journal of Forensic Sciences*, 41, 649–652.

Richard, A. H., Parks, C. L., & Monson, K. L. (2014). Assessment of presentation methods for ReFace computerized facial approximations. *Forensic Science International*, 242, 283–292.

Richard, A. H., & Monson, K. L. (2017). Recognition of computerized facial approximations by familiar assessors. *Science and Justice*, 57, 431–438.

Rohlf, F. J., & Corti, M., (2000). Use of two-block partial least-squares to study covariation in shape. *Systematic Biology*, 49, 740–753.

Rynn, C., Wilkinson, C. M., & Peters, H. L. (2010). Prediction of nasal morphology from the skull. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 6, 20–34.

Stephan, C. N. (2002). Facial approximation: globe projection guideline falsified by exophthalmometry literature. *Journal of Forensic Sciences*, 47, 730–735.

Stephan, C. N. (2003). Anthropological facial 'reconstruction' – recognizing the fallacies, 'unembracing' the errors, and realizing method limits. *Science and Justice*, 43, 193–200.

Stephan, C. N., & Henneberg, M. (2001). Building faces from dry skull: Are they recognized above chance rates? *Journal of Forensic Sciences*, 46, 432–440.

Stephan, C. N., & Henneberg, M. (2006). Recognition by forensic facial approximation: case specific examples and empirical tests. *Forensic Science International*, 156, 182–191.

Stephan, C. N., Henneberg, M., & Sampson, W. (2003). Predicting Nose projection and pronasale position in facial approximation: A test of published method and proposal of new guidelines. *American Journal of Physical Anthropology*, 122, 240–50.

Taylor, K. T. (2001). *Forensic Art and Illustration*. New York: CRC Press.

Wilkinson, C. M., & Mautner, S. A. (2003). Measurement of eyeball protrusion and its application in facial reconstruction. *Journal of Forensic Sciences*, 48, 12–16.

Wilkinson, C. M., Motwani, M., & Chiang, E. (2003). The relationship between the soft tissue and the skeletal detail of the mouth. *Journal of Forensic Sciences*, 48, 728–732.

Wilkinson, C. M., Rynn, C., Peters, H., Taister, M., Kau, C. H., & Richmond S. (2006). A blind accuracy assessment of computer-modeled forensic facial reconstruction using computed tomography data from live subjects. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 2, 179–187.

Curriculum vitae

Datum a místo narození 7. srpna 1979, Ostrava

E-mail mala.mala@email.cz

Zaměstnání

2008–dosud Kriminalistický ústav Praha, Policie ČR, Oddělení antropologie, biologie a fyziodetekce; znalecká činnost v oboru kriminalistika odvětví antropologie a biologie; od 2013 rodičovská dovolená

Vzdělání

2012–dosud doktorské studium, Antropologie a genetika člověka; Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta; disertace: *Rekonstrukce přibližné podoby člověka podle lebky: kritické zhodnocení principů metody a analýza vybraných kraniofaciálních vztahů.*

2004–2012 doktorské studium, Antropologie a genetika člověka; Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta; disertace: *Rekonstrukce přibližné podoby člověka podle lebky: zhodnocení principů metody.* Studia zanecháno.

1997–2004 Mgr., Antropologie; Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta; diplomová práce: *Antropologická rekonstrukce podoby člověka podle lebky.*

Zahraniční stáže

2006 týdenní stáž; oddělení Vizuální identifikace, Landeskriminalamt Sachsen-Anhalt, Magdeburg, Německo; pod supervizí Dipl.-Ing. Steffi Burrath

09/2002–04/2003 stipendium programu Socrates/Erasmus; Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, Florencie, Itálie

Speciální výcvik

2007 týdenní kurz; 3D zobrazovací metody aplikované v antropologii; Katedra antropologie a genetiky člověka, Univerzita Karlova

2004 týdenní kurz; metoda kresebné rekonstrukce podoby člověka podle lebky; Ústav antropologie, Masarykova univerzita v Brně; pod vedením dr. Veselovské a dr. Baluevy z Laboratoře antropologické rekonstrukce Ruské akademie věd v Moskvě

2001 semestrální kurz; modelování; Ateliér sochařství, Fakulta výtvarných umění, Vysoké učení technické v Brně; pod vedením MgA. Hany Novotné

Terénní výzkum:

1999–2012 lokality: *Jarošov u Uherského Hradiště, Stránská skála – Brno, Minoritský klášter – Opava, Dolní Mlýn – Česká Lípa, Hrobka Dietrichsteinů – Mikulov, Diváky u Brna, Všeruby u Plzně, Abúsír–jih, Egypt*

Granty:

2006 Fond rozvoje vysokých škol (FRVŠ G3/859/2006): Rekonstrukce podoby člověka podle lebky v kulturní a forenzní antropologii; hlavní řešitel

Pedagogická činnost:

2007 Letní antropologická škola; přednáška a vedení praktického cvičení metod rekonstrukce podoby člověka; Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra antropologie a genetiky člověka

2006–dosud Forenzní antropologie; přednáška a vedení praktického cvičení metod rekonstrukce podoby člověka; Západočeská univerzita v Plzni, Filozofická fakulta, Katedra Antropologie, Sekce biologické antropologie; Univerza Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra antropologie a genetiky člověka;

Seznam publikací a prezentační činnost / Selected publications and conference presentation

Seznam v disertaci předkládaných publikací

Mala, P. Z. (2013). Pronasale position. An appraisal of two recently proposed methods for predicting nasal projection in facial reconstruction. *Journal of Forensic Sciences*, 58, 957–963. (IF = 1,184)

Zednikova Mala, P., & Veleminska, J. (2016). Vertical lip position and thickness in facial reconstruction: A validation of commonly used methods for predicting the position and size of lips. *Journal of Forensic Sciences*, 61, 1046–1054. (IF = 1,184)

Zednikova Mala, P., & Veleminska, J. (2018). Eyeball position in facial approximation: Accuracy of methods for predicting globe positioning in lateral view. *Journal of Forensic Sciences*, 63, 221–226. (IF = 1,184)

Zedníková Malá, P., Krajíček, V., & Velemínská, J. (2018). How tight is the relationship between the skeletal and soft-tissue facial profile: A geometric morphometric analysis of the facial outline. *Forensic Science International*, 292, 212–223. (IF = 1,974)

Klepáček, I., & **Malá, P. Z.** (2012). "Bochdalek's" skull: morphology report and reconstruction of face. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 8, 451–459. (IF = 2,027)

Vanek, D., Brzobohata, H., Silerova, M., Horak, Z., Nyvltova Fisakova, M., Vasinova Galiova, M., **Zednikova Mala, P.,** Urbanova, V., Dobisikova, M., Beran, M., & Brestovansky, P. (2015). Complex Analysis of 700-Year-Old Skeletal Remains found in an Unusual Grave—Case Report. *Anthropology*, 2, 138. (bez IF)

Seznam dalších publikací

Malá, P. (2014). Facial reconstruction of two individuals, Excav. No. 42 (Neferinpu) and 54/AS37/2007. In M. Bárta (Ed.), *Abusir XXIII. the tomb of the sun priest Neferinpu (AS 37)* (pp. 199–204). Prague: Charles University in Prague. ISBN 978-80-7308-544-5.

Bárta, M., Havelková, P., & **Malá, P.** (2013). The 'Resurrected' Woman from Abusir. *Études et Travaux*, 26, 88–93. ISSN 2084-6762.

Zedníková Malá, P. (2011). Human skeletal remains. In H. Vymazalová (Ed.), *Abusir XXII. The Tomb of Kaiemtjenenet (AS 38) and The Surroundings Structures (AS 57-60)* (pp. 121–156). Prague: Charles University in Prague. ISBN 978-80-7308-389-2.

Urbanová, P., Eliášová, H., & **Malá, P.** (2011). Mumie v kontextu forenzní antropologie. *Kriminalistika*, XXXIV, 100–109. ISSN 1210-9150.

Malá, P. (2010). Human skeletal remains. In M. Bárta, F. Coppens, H. Vymazalová (Eds.), *Abusir XIX. Tomb of Hetepi (AS 20), Tombs AS 33-35, and AS 50-53* (pp. 318–333). Prague: Charles University in Prague. ISBN 978-80-7308-325-0.

Malá, P., Novotný, V., & Eliášová, H. (2007). One man with many faces. Facial reconstruction of man X. In T. M. Buzug, K.-M. Sigl, J. Bongartz, K. Prüfer (Eds.), *Facial Reconstruction. Gesichtsrekonstruktion* (pp. 593–606). München: Luchterhand. ISBN 978-3-472-06884-6.

Králík, M., Peška, J., Kalábek, M., Urbanová, P., Mořkovský, T., Jarošová, I., Dreslerová, G. Nováček, J., **Malá, P.**, & Krásná, S. (2006). Předběžná analýza kosterních pozůstatků a hrobové výbavy jedince kultury lidu se šňůrovou keramikou z lokality Olomouce-Nemilan, ulice Lidická (Nemilany 4). In M. Bém & J. Peška (Eds.), *Ročenka 2005* (pp. 108–145). Olomouc: Archeologické centrum Olomouc. ISBN 80-86989-01-1.

Novotný, V., **Malá, P.**, Králík, M., & Kotrla, J. (2003). Tváří v tvář našim předkům. *(Re)konstrukce a experiment v archeologii*, 4, 53–70. ISBN 80-239-0253-9.

Příspěvky na mezinárodních konferencích

Zednikova Mala, P. Facial reconstruction: Does it work? Facial reconstruction in forensic and historical anthropology. Bone Workshop 2012, 3th–6th October 2012, Prague, Czech Republic. (přednáška)

Mala, P., Novotny, V., & Eliasova, H. One man with many faces: Facial reconstruction of man X. The 2nd International Conference on Reconstruction of Soft Facial Parts (RSFP 2005), 17th–18th March, 2005, Remagen, Germany. (přednáška)

Novotný, V., **Malá, P.**, & Kotrla, J. Face to face with our Ancestors. The 10th Biennial Scientific Meeting of the International Association for Craniofacial Identification, 11–14th September 2002, Bari, Italy. (přednáška)