

**Univerzita Karlova**

**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Speciální chemicko-biologické obory

Studijní obor: Molekulární biologie a biochemie organismů



**Iva Trsová**

**Faciální rekonstrukce: Chyba predikce obličejových znaků a rozpoznatelnost obličeje**

Facial reconstruction: an error of facial features prediction and facial recognition

Bakalářská práce

Školitelka: Mgr. Pavla Zedníková Malá

Praha, 2017

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 23. 8. 2017

Podpis:

**Poděkování:**

Tímto bych chtěla poděkovat své školitelce Mgr. Pavle Zedníkové Malé za její trpělivost, cenné rady a možnost psát bakalářskou práci pod jejím vedením. Za přínosné konzultace děkuji i RNDr. Haně Eliášové, Ph.D. Další poděkování patří mé rodině za podporu v průběhu celého studia.

## **Abstrakt**

Rekonstrukce přibližné podoby obličeje podle znaků na lebce je jednou z možností, jak odhadnout podobu a vytipovat identitu člověka. Její využití v praxi ale čelí nemalé kritice. Ani v dnešní moderní době se nejedná o výlučně vědecký postup, který by měl vysokou úspěšnost a vždy vedl k rozpoznání cílového jedince. Své uplatnění nachází hlavně v archeologii a ve forenzní antropologii. Pro každou část obličeje existuje více predikčních principů. Každý autor preferuje jiný a stále přicházejí nové. Cílem bakalářské práce je vytvoření přehledu dosavadních predikčních principů využívaných při rekonstrukci podoby obličeje zepředu s informací o jejich přesnosti/spolehlivosti a zmapování problematiky rozpoznávání obličejů se zaměřením na vliv změn v poloze či velikosti obličejových prvků (očí, nosu, rtů).

**Klíčová slova:** rekonstrukce obličeje, predikce obličeje, metody rekonstrukce, rozpoznání obličeje, změna polohy obličejových znaků, přesnost predikčních vodítek

## **Abstract**

Approximate facial reconstruction by features of the skull is one of the ways of estimating a person's appearance and assessing their identity. However, its use in practice has often been criticised. Even in our modern age, it is not an exclusively scientific method with an outstanding success ratio that would under any circumstances lead to identification of the target individual. It is applied primarily in archeology and forensic anthropology. There are more prediction methods for each part of the face. Each author prefers a different one and new ones are still emerging. The aim of the thesis is to provide an overview of the current prediction methods used in frontal facial reconstruction and also provide information about their precision/reliability. Furthermore, the thesis introduces the matter of facial recognition with focus on the influence of the changes in the position or size of the facial features (eyes, nose, lips).

**Key words:** facial reconstruction, facial prediction, methods of reconstruction, face recognition, change of the position of facial features, accuracy of prediction guides

# Obsah

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>2. PRINCIPY REKONSTRUKCE ČÁSTÍ OBLIČEJE PŘI POHLEDU ZEPŘEDU .....</b>	<b>12</b>
2.1. OKO .....	12
2.1.1. Oční koule.....	12
2.1.2. Koutky oka.....	15
2.1.2.1. Laterální koutek oka.....	15
2.1.2.2. Mediální koutek oka.....	17
2.2. OBOČÍ.....	18
2.3. NOS.....	19
2.3.1. Šířka nosu .....	19
2.4. RTY.....	21
2.4.1. Ústní šterbina .....	22
2.4.2. Šířka rtů.....	23
2.4.3. Výška rtů.....	26
<b>3. PERCEPCE OBLIČEJE.....</b>	<b>29</b>
3.1. ZPRACOVÁNÍ PERCEPCE OBLIČEJE V MOZKU.....	29
3.2. HOLISTICKÝ MODEL VNÍMÁNÍ.....	31
3.3. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ PERCEPCI OBLIČEJE.....	32
3.3.1. Vlivy při prvním kontaktu s obličejem .....	32
3.3.2. Vliv osvětlení .....	33
3.3.3. Rozlišení .....	33
3.4. ČÁSTI OBLIČEJE A JEJICH VLIV NA ROZPOZNÁVÁNÍ OBLIČEJE.....	34
3.4.1. Oči.....	35
3.4.1.1. Posun očí .....	35
3.4.1.2. Změna parametrů očí.....	36
3.4.2. Nos .....	37
3.4.2.1. Posun nosu.....	37
3.4.2.2. Změna parametrů nosu .....	38
3.4.3. Rty.....	39
3.4.3.1. Posun rtů.....	39
3.4.3.2. Změna parametrů rtů .....	40
3.4.4. Obočí.....	41
<b>4. ZÁVĚR .....</b>	<b>42</b>
<b>5. LITERATURA.....</b>	<b>45</b>

# 1. Úvod

Rekonstrukce či aproximace podoby člověka podle lebky (faciální rekonstrukce, faciální aproximace) je metoda, která využívá tvaru lebky k odhadu vzhledu jedince v čase smrti. Opírá se o poznatky o vzájemných vztazích mezi velikostí a tvarem obličejových částí a částí lebky, a také hloubky/tloušťky měkkých tkání v daných antropometrických bodech na obličejí (Claes et al., 2006). Tuto metodu je možné využít při policejním vyšetřování, kdy pomáhá vytipovat pravděpodobnou totožnost obličeje neznámých lidských pozůstatků. Používá se hlavně v případech, kdy se nepodaří najít žádné jiné vodítko pro identifikaci neznámé mrtvé osoby (Wilkinson, 2010). Zda se skutečně jedná o jedince, který byl vytipován na základě faciální rekonstrukce, je nezbytné prokázat pomocí spolehlivých metod (např. analýza DNA, porovnání rentgenových snímků) (Wilkinson et al., 2006). Další využití metoda rekonstrukce nachází při archeologických výzkumech při vytváření podoby osob (Wilkinson, 2010).

Jako první začal s využitím trojdimenzionální (3D) metody ruský antropolog Mikhail Mikhaylovich Gerasimov (1907-1970). Zkoumal a měřil tloušťku měkkých tkání lebky a provedl manuální rekonstrukci tak, že na lebku umístil vrstvu svalů a tenkou vrstvu kůže. Ve stejné době vznikla v USA podobná metoda, která se ale tolik neopírá o anatomii. Spíše spoléhá na tabulkové hodnoty tloušťky měkkých tkání. Nakonec britský expert na faciální rekonstrukce Richard Neave obě metody spojil (Claes et al., 2010).

Původní manuální metody, jako je modelace obličeje z hlíny či plastelíny, které dovolují příliš velkou míru subjektivity, nahrazují počítačové technologie, kdy automatické počítačové zpracování stále méně dovoluje autorovi jakýkoli zásah vlastní fantazie do vytvářené podoby. Dnes se počítačové rekonstrukce uplatňují například v policejní praxi (Wilkinson et al., 2006).

Antropologickou společnost můžeme rozdělit na dvě pomyslné skupiny. První odmítá jakoukoli spolehlivost a přínos faciálních rekonstrukcí k identifikaci člověka. Naopak druhá skupina se snaží prokázat její pozitivní stránku. Není pochyb o tom, že při vytváření rekonstrukce podoby obličeje často dochází k chybám, avšak mnohdy se jedince podaří identifikovat jen díky zveřejnění možné podoby v médiích (Quatrehomme et al., 2007).

Důkazem ve prospěch kritiků byly například výsledky experimentu, kdy vědecký tým vytvořil čtyři aproximace na základě čtyř různých lebek s využitím čtyř odlišných metod. Šestnáct výsledných obličejů bylo prezentováno sedmatřiceti lidem v různých věkových kategoriích, kteří měli za úkol vybrat cílového jedince z několika nabízených fotografií. Ve výsledku bylo 68 %

ze všech vytvořených rekonstrukcí určeno chybně. Takto vysoký podíl falešně pozitivních identifikací potvrzuje názor, že faciální aproximace nemůže sama o sobě sloužit k jednoznačné pozitivní identifikaci jedince. Na druhou stranu sami autoři připouštějí, že najde-li se alespoň jeden člověk, který rozpozná cílového jedince, který je následně identifikován jinými forenzními metodami, je metoda rekonstrukce přínosná. V jejich experimentu by bylo možno očekávat úspěšnou identifikaci v 81 % případů, protože 13 z 16 provedených rekonstrukcí bylo správně rozpoznáno alespoň jedním člověkem (Stephan & Henneberg, 2001).

Jiný z výzkumů (Quatrehomme et al., 2007) porovnává tři přístupy, kterými se dá dospět k vytváření rekonstrukce podoby. Ve slepém experimentu skupina A porovnávala portrétní fotografii s klasickou 3D rekonstrukcí obličeje, kterou vytvořil vědec bez odborných znalostí a bez pomoci specifických vodítek. Ve skupině B byl již zkušeným odborníkem nejprve vypracován podrobný popis lebky a rekonstrukce byla vytvořena podle hloubky měkkých tkání v určitých bodech při současném využití některých predikčních vodítek, která jsou popsána v odborné literatuře. I výsledek tohoto postupu byl porovnán se skutečnou podobou na fotografii. U poslední skupiny (skupiny C) byla vytvořena podoba podle komplexní metodiky včetně cefalometrického měření. Z výsledků vyplývá, že úspěšnost u těchto skupin stoupá od skupiny A ke skupině C, tedy pokud rekonstrukci prováděl zkušený odborník, a poté znovu, pokud jí předcházela komplexní analýza lebky. Ale i přes tyto poznatky se neukázala být metoda rekonstrukce podoby bezchybná. Z celkového počtu 25 rekonstrukcí dosáhlo výsledku klasifikovaného jako „dobře až skvěle rozpoznatelné“ jen 5 z nich (Quatrehomme et al., 2007).

Další vědecký tým se zaměřil na porovnání spolehlivosti metod manuálních a počítačových. Pro tento účel byly zvoleny dva počítačové programy – FaceIT a ReFace. Oba programy jsou modelovací s rozdílem, že FaceIT zahrnuje i modelaci obličejových svalů, zatímco ReFace nikoli. Proti počítačovým metodám se postavil Wesley Neville, odborník na manuální rekonstrukci podoby u FBI. K těmto třem vypracovaným rekonstrukcím autoři přidali ještě jednu rekonstrukci vytvořenou v programu ReFace, která znázorňovala stejného jedince ve věku šedesáti let. Pro všechny varianty sloužily jako podklady snímky získané pomocí počítačové tomografie (CT) hlavy žijícího jedince, na jejichž základě byl vytvořen virtuální model lebky (Obr. 1) i její fyzická replika. Konečné výsledky všech rekonstrukcí byly porovnány se skutečnou podobou (Obr. 2) a byla určena procentuální shoda mezi rekonstrukcemi a reálnou podobou na základě odchylky porovnávaných povrchů  $\pm 5$  mm (Obr. 3). Nejvyšší procentuální shodu 76 % vykazovala rekonstrukce vytvořená v programu FaceIT, na druhém místě byla verze rekonstrukce obličeje šedesátiletého jedince v programu ReFace (67 %), třetí model v programu ReFace vykazoval shodu 62 % a nejnižší shodu (61 %) měl Neville se svou manuálně zpracovanou rekonstrukcí podoby. Každá z aproximací měla určité nedostatky v různých částech obličeje,



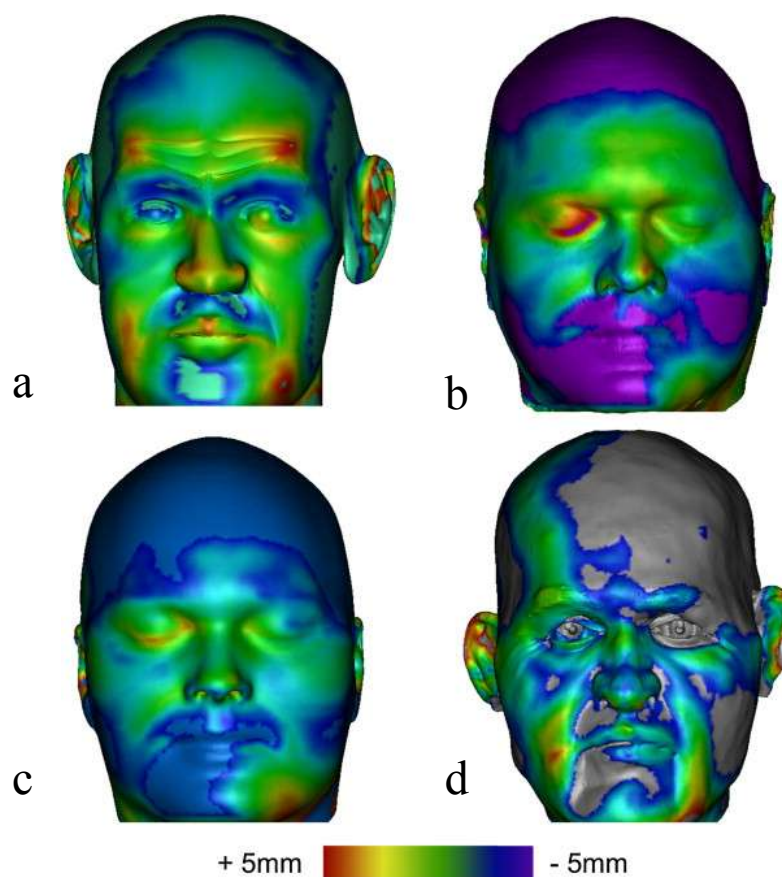
ale souhrnně můžeme říct, že nejvíce nepřesností bylo v oblasti uší, rtů a brady (Decker et al., 2013).



*Obr. 1 Virtuální model lebky rekonstruovaného jedince; zleva doprava – frontální pohled na lebku, pohled z levého profilu a tříčtvrteční poloprofil (Decker et al., 2013)*



*Obr. 2 Fotografie skutečné podoby rekonstruovaného jedince; zleva doprava – pohled zepředu a pohled z profilu (Decker et al., 2013)*



*Obr. 3 Znárodnění prolínání povrchů skutečné podoby obličejce a rekonstrukcí podoby; a) FaceIT – 76% přesně rekonstruovaného povrchu; b) ReFace ve věku 60 let – 67%; c) ReFace – 62%; d) Nevillova busta – 61%. Zelené jsou oblasti rekonstruované přesně, tmavě modré jsou minimálně 5 mm pod úrovní povrchu obličejce skutečného jedince a červené nejméně o 5 mm nad úrovní povrchu obličejce skutečného jedince (Decker et al., 2013).*

Existuje několik postupů, kterými lze dosáhnout zrekonstruování podoby obličejce, ale každý z nich dává trochu jiný výsledek. Antropologové se dodnes prou, který z nich je ten nejpřesnější. Některá vodítka pro predikci jednotlivých obličejových znaků již byla testována (např. Stephan, 2002; Stephan, 2003; Stephan et al., 2009; Wilkinson et al., 2003; Rynn et al., 2010). Výsledky těchto testů jsou číselné hodnoty, které vyjadřují, o kolik (milimetrů nebo procent) se poloha či velikost rekonstruovaného znaku liší od skutečného rozměru či umístění, a zda je tento rozdíl statisticky významný. Tyto chyby v predikci často dosahují hodnot pouze jednotek milimetrů. Jsme jako pozorovatelé při rozpoznávání rekonstruovaných obličejů citliví na tak malé chyby?

Ve své bakalářské práci se zaměřím na charakterizování predikčních vodítek u jednotlivých částí obličejce, a to především z pohledu zepředu. Ve druhé části se budu zajímat o vliv chybovosti

zpracovaných rekonstrukcí na rozpoznání osoby. Toto téma jsem si zvolila, protože si myslím, že je ve faciálních rekonstrukcích velký potenciál i přes velkou míru kritiky. Cílem práce je zhodnotit různé používané metody a pokusit se zjistit dopad chyb, kterých se autor rekonstrukce může dopustit. Jinými slovy, jak moc velkou nepřesnost si smí dovolit, aby nebyla jeho práce zbytečná.

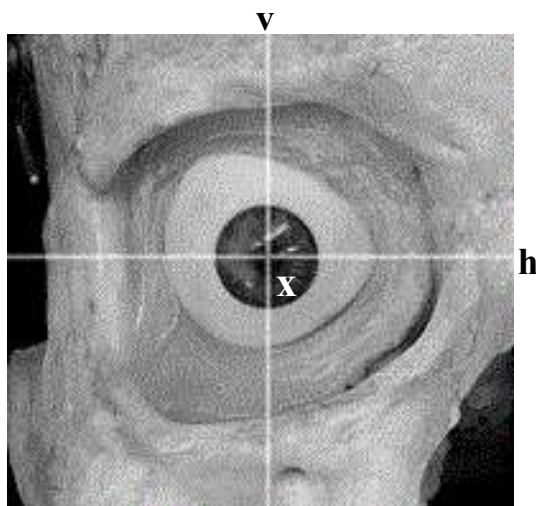
## 2. Principy rekonstrukce částí obličeje při pohledu zepředu

### 2.1. Oko

#### 2.1.1. Oční koule

Rekonstrukce polohy oční štěrbiny blízce souvisí s odhadem polohy vnitřního a vnějšího koutku oka a oční bulvy v orbitě (Wilkinson, 2010). Existuje několik metod k určení pozice oka v očníci (Stephan & Davidson, 2008).

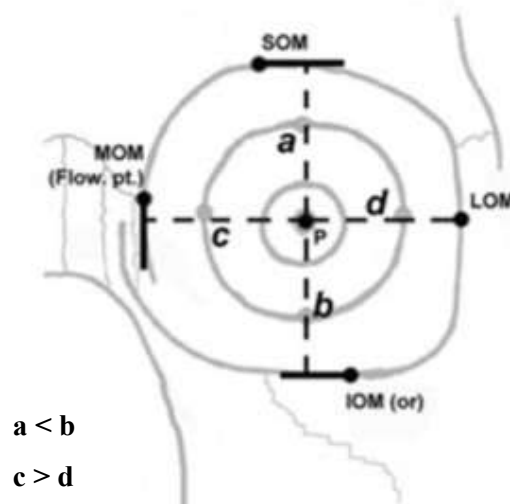
V roce 1984 Gatliffová zveřejnila článek, kde popsala svou metodu, jak rekonstruovat polohu oka v očníci. Jednalo se o centrální polohu oční koule v očníci (Obr. 4), kdy středová osa oka vedla od superiorního k inferiornímu okraji očníce. Zornici umísťovala do průsečíku horizontální a vertikální středové osy očníce (Gatliff, 1984). Gatliffová nebyla jediná, kdo využíval centrální polohu oční koule. V její spolehlivost věřili i další autoři například Taylorová (Taylor, 2000) nebo autoři Krogman a İşcan (Krogman & İşcan, 1986). Tento postup byl ale vyvrácen (Stephan & Davidson, 2008).



*Obr. 4 Metoda centrální polohy oční koule v očníci; horizontální (h) a vertikální (v) středová osa s průsečíkem ve středu zornice – střed očníce (x) (Stephan & Davidson, 2008)*

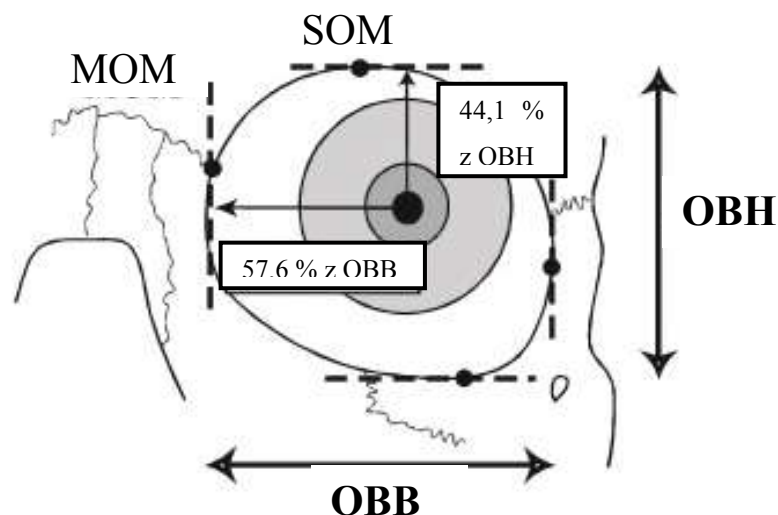
Ve studii podle Stephana & Davidsona (2008), kde se uvádí, že střed oční koule oproti středu očníce leží blíže k laterálnímu a superiornímu okraji očníce (Obr. 5). Polohu středu oka, kterým se myslí střed zornice, autoři definovali i číselně: v průměru je vzdálený 16,2 mm od horního okraje, 18,3 mm od dolního okraje, 14,8 mm od laterálního okraje a 17,8 mm od mediálního okraje očníce. Zjištěný průměrný posun středu zornice vzhledem ke středu očníce je tedy 1,1 mm superiorně a 1,4 mm laterálně (Stephan & Davidson, 2008). V navazující práci

z roku 2009 Stephan výše uvedené nálezy potvrdil a upřesnil. Měření bylo prováděno na mrtvolách, a když výsledky porovnali s živými jedinci, dospěli k velice podobným závěrům. Hodnoty pro odhad polohy středu zornice byly upřesněny konkrétně takto: 16,9 mm od horního okraje, 19,4 mm od dolního okraje, 15,5 mm od laterálního a 20,9 mm od mediálního okraje, tedy vzhledem ke středu oční je střed oka posunut o +1,4 mm superiorně a +2,3 mm laterálně (Stephan et al., 2009).



Obr. 5 Schéma metody podle Stephana a Davidsona, kdy je střed oka posunut více laterálním a superiorním směrem oproti středu vchodu do oční; SOM – superiorní okraj oční, LOM – laterální okraj oční, IOM – inferiorní okraj oční, MOM – mediální okraj oční, P – střed zornice (Stephan & Davidson, 2008)

Jiná metoda odhaduje polohu oční koule na základě proporcí výšky a šířky oční (Obr. 6). Autoři této metody umisťují střed oka do vzdálenosti, která odpovídá 44,1 % z celkové výšky oční směrem od horního okraje dolů a do vzdálenosti 57,6 % z celkové šířky oční měřeno od bodu *dacryon*, což je bod styku slzní kosti, čelní kosti a horní čelisti. Podle měření autorů je střed zornice posunut od středu vstupu do oční o +2,98 mm laterálně a o +2,05 mm superiorně (Guyomarc'h et al., 2012).



Obr. 6 Znárodnění predikčního vodítka podle Guyomarc'h'e; OBH – výška očníce, OBB – šířka očníce, MOM – mediální okraj očníce, SOM – superiorní okraj očníce (Guyomarc'h et al., 2012)

Tab. 1 Přehled predikčních vodítek pro odhad polohy oční koule v očníce

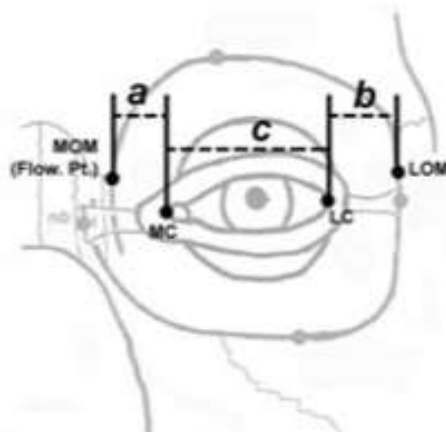
Predikční vodítka	Autor	Spolehlivost vodítka *	Ověření spolehlivosti (autor)
<b>Centrální poloha oční koule v očníce</b>	Gatliff (1984)	-	-
<b>Střed oční koule posunut o 1,4 mm laterálně a o 1,1 mm superiorně</b>	Stephan & Davidson (2008)	-	+0,3 mm (md) superiorně a +0,9 mm (md) laterálně (Stephan, 2009)
<b>Proporce výšky a šířky očníce</b>	Guyomarc'h (2012)	+1,4 mm (SEE) superioinferiorně a +1,3 mm (SEE) mediolaterálně	-

\* Spolehlivost je uváděna jako průměrný rozdíl mezi odhadnutou a rekonstruovanou polohou daného znaku (md = mean difference) nebo jako standardní chyba odhadu (SEE = standard error of estimate).

### 2.1.2. Koutky oka

Pozice vnějšího i vnitřního koutku oka je popsána velmi detailně, proto zbývá jen málo místa pro uměleckou interpretaci. Základním pilířem pro pozici koutků oka je očnice (Obr. 7). Tu podrobně popsal v roce 1921 Whitnall a o jeho studii se dodnes opírá mnoho dalších autorů (Wilkinson, 2010). Uvádí se v ní mimo jiné, že křivky očních víček nejsou stejné, a byl to právě on, kdo popsal hrbolek na vnitřní straně lící kosti (laterální stěně očnice) při pohledu na lebku zepředu, který najdeme pohmatem, tzv. Whitnallův hrbolek (angl. malar tubercle) (Whitnall, 1932). Metod pro odhad polohy očních koutků vzhledem k okrajům očnice je několik. Nejvýznamnější rozdíl mezi nimi je v poloze mediálního a laterálního koutku podél horizontální roviny (Stephan & Davidson, 2008).

Vzdálenost mezi oběma koutky se v průměru pohybuje okolo 24,5 mm, což je 74 % z celkové šířky očnice (Stephan & Davidson, 2008).



*Obr. 7* *Vzdálenosti a body, podle kterých jsou definovány laterální a mediální koutky oka; MOM – mediální okraj očnice, LOM – laterální okraj očnice, a – vzdálenost mediálního koutku a MOM, b – vzdálenost mezi laterálním koutkem a LOM, c – vzdálenost mezi laterálním a mediálním koutkem, MC – mediální koutek oka, LC – laterální koutek oka (Stephan & Davidson, 2008)*

#### 2.1.2.1. Laterální koutek oka

První, kdo se snažil definovat polohu laterálního koutku, byli Robinson & Stranc, kteří tvrdili, že koutek leží 11,7 mm mediálně od laterálního okraje očnice (Robinson & Stranc, 1970). Naproti tomu Krogman a İřcan tvrdí, že leží 3-5 mm mediálně od laterálního okraje očnice (Krogman & İřcan, 1986). Další autoři umísťují vnější koutek 13,3 mm mediálně od laterálního okraje očnice (Anastassov & Van Damme, 1996). Tím ale rozdíly v měřeních nekončí. V roce 2000

se objevil názor, podle kterého se vnější koutek nachází 7,5 mm mediálně od laterálního okraje očníce (Rosenstein et al., 2000).

Podle ruských autorů laterálnímu koutku oka odpovídá bod *ektocanthion* na měkké tkáni, který najdeme 5 mm mediálně od laterálního okraje očníce v úrovni Whitnallova hrbolku (Balueva et al., 2009).

Ve shodě s ruskými autory i podle další studie odpovídá vertikální poloha laterálního koutku oka umístění Whitnallova hrbolku a současně se koutek oka nachází v průměru 4,5 mm mediálně od laterální stěny očníce (Stephan & Davidson, 2008).

Pokud není Whitnallův hrbolok hmatatelný, vnější koutek bývá umisťován 10 mm pod *sutura zygomaticomaxillaris* a 5-7 mm mediálně od laterálního okraje očníce (Wilkinson, 2010).

Tab. 2 Přehled predikčních vodítek pro odhad polohy laterálního koutku oka

Predikční vodítko	Autor	Spolehlivost vodítka *	Ověření spolehlivosti (autor)
<b>11,7 mm mediálně od laterálního okraje očníce</b>	Robinson & Stranc (1970)	-	-
<b>3-5 mm mediálně od laterálního okraje očníce</b>	Krogman & İşcan (1986)	-	-
<b>13,3 mm mediálně od laterálního okraje očníce</b>	Anastassov & Van Damme (1996)	-	-
<b>7,5 mm mediálně od laterálního okraje očníce</b>	Rosenstein (2000)	-	-
<b>V úrovni Whitnallova hrbolku a 4,5 mm mediálně od laterálního okraje očníce</b>	Stephan & Davidson (2008)	0 mm (md)	-
<b>5 mm mediálně od Whitnallova hrbolku</b>	Balueva (2009)	-	-
<b>10 mm pod <i>sutura zygomaticomaxillaris</i> a 5-7 mm mediálně od laterálního okraje očníce</b>	Wilkinson (2010)	-	-

\* Spolehlivost je uváděna jako průměrný rozdíl mezi odhadnutou a rekonstruovanou polohou daného znaku (md = mean difference) nebo jako standardní chyba odhadu (SEE = standard error of estimate).



### 2.1.2.2. Mediální koutek oka

Nejstarší predikční vodítko pro odhad polohy mediálního koutku publikoval Whitnall. Mediální koutek podle něj leží proti *fossa lacrimalis* (Whitnall, 1912).

Dlouho po něm se poloze tohoto očního koutku nikdo nevěnoval. Až Angel, který naměřil jeho pozici jako 2 mm laterálně od *crista lacrimalis* a 4-5 mm pod bodem *dacryon* (Angel, 1978). Ve své studii z roku 1983 zveřejnil autor Steward podobný postup. Proti Angelovi posunul pozici mediálního koutku o 10 mm pod bod *dacryon* (Steward, 1983).

V jedné z novějších studií se udává poloha mediálního koutku v průměru 4,8 mm laterálně od mediální stěny očnice (Stephan & Davidson, 2008).

Podle ruských autorů mediální koutek leží 2 mm laterálně od bodu *entocanthion*, což je označení pro bod na frontálním výstupku horní čelisti na mediálním okraji očnice (Balueva et al., 2009).

Tab. 3 Přehled predikčních vodítek pro odhad polohy mediálního koutku oka

Predikční vodítko	Autor	Spolehlivost vodítka *	Ověření spolehlivosti (autor)
Proti <i>fossa lacrimalis</i>	Whitnall (1912)	-	-
2 mm laterálně od <i>crista lacrimalis</i> a 4,5 mm pod bodem <i>dacryon</i>	Angel (1978)	-	-
4,8 mm laterálně od mediálního okraje očnice	Stephan & Davidson (2008)	-0,3 mm (md)	-
2 mm laterálně od bodu <i>entocanthion</i>	Balueva (2009)	-	-

\* Spolehlivost je uváděna jako průměrný rozdíl mezi odhadnutou a rekonstruovanou polohou daného znaku (md = mean difference) nebo jako standardní chyba odhadu (SEE = standard error of estimate).

## 2.2. Obočí

Obočí bývá umístěno v úrovni horního okraje očníce, jeho zvýšená nebo snížená poloha i jeho tvar je ovlivňován výrazností nadočnicových oblouků a tvarem horního okraje očníce (İşcan & Helmer, 1993).

Důležitý bod pro určení polohy obočí, respektive tvaru jeho průběhu, je nazýván *superciliare*. Jedná se o nejvyšší rozeznatelný bod na kontuře obočí, který leží nad nejvíce laterálním bodem duhovky oka. Jako jediný se přesností a spolehlivostí tohoto vodítka zabýval Stephan (Stephan, 2002). Jeho výzkumu se účastnilo 128 jedinců ve věku 18-30 let. Jednalo se o příslušníky různých národností. Na základě sesbíraných dat a fotografií všech účastníků se podařilo prokázat, že *superciliare* neleží přesně nad laterálním okrajem duhovky, ale nachází se přibližně 2,7 mm laterálně od něj. Nicméně objevily se odchylky, které nebylo možné zanedbat, a to mezi pohlavími. V průměru se u mužů nachází *superciliare* o 3,5 mm více laterálně od duhovky než u žen (Stephan, 2002).

Ve výsledku se názor, že se nejvyšší bod obočí nachází nad nejvíce laterálním bodem duhovky, dá považovat za relativně přesný u žen, u kterých byla naměřena odchylka jen 1 mm (Stephan, 2002).

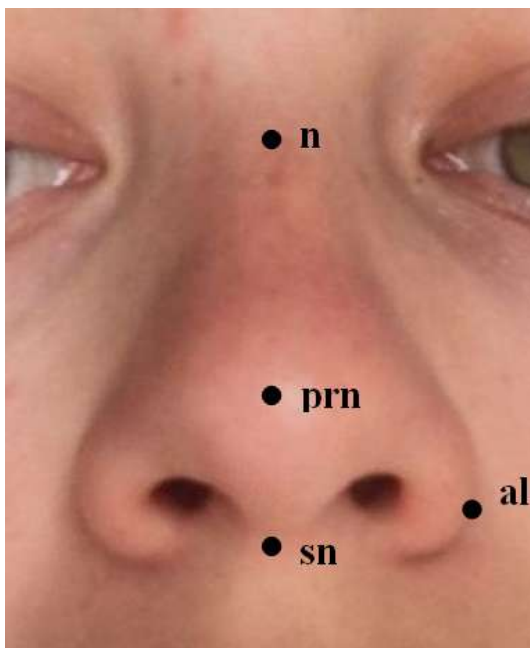
Součástí výzkumu byla i metoda „nemetrická“. Dle jejích výsledků se u pravého oka nachází *superciliare* v 80 % vzdálenosti mezi centrem zornice a bodem *exocanthion*. U levého oka zmíněný bod najdeme v 70 % mezi centrem zornice a bodem *exocanthion* (Stephan, 2002).

Tab. 4 Přehled predikčních vodítek pro odhad polohy obočí

Predikční vodítko	Autor	Spolehlivost vodítka	Ověření spolehlivosti (autor)
<b><i>Superciliare</i> nad laterálním okrajem duhovky</b>	Stephan (2002)	-	-
<b><i>Superciliare</i> v 80 % vzdálenosti střed zornice – <i>exocanthion</i> u pravého oka a u levého v 70 %</b>	Stephan (2002)	-	-

## 2.3. Nos

Při popisu měkkých tkání nosu se můžeme opřít o landmarky, které popisuje Sforza ve své rozsáhlé studii (Obr. 8). Pro střední linii nosu se jedná o body nasion (n), pronasale (prn), subnasale (sn) a pro párové landmarky na laterálních stranách jsou to body alare (al). Šířka nosu je dána vzdáleností mezi body alare, výška nosu pak vzdáleností mezi body nasion a subnasale (Sforza et al., 2011).



*Obr. 8 Fotografie nosu z frontálního pohledu; poloha landmarků v oblasti nosu dle Sforzi: nasion (n) – bod ve střední čáře frontonazálního švu, subnasale (sn) – bod spoje nosní přepážky a horního rtu, pronasale (prn) – nejvíce dopředu vystupující bod na chrupavčité části nosu, alare (al) – nejvíce laterálně ležící bod na okraji chrupavčité části nosu (Foto autor)*

### 2.3.1. Šířka nosu

Nos patří mezi obtížně rekonstruovatelné části obličeje. Při odhadu jeho proporcí je základem si uvědomit, že měkké tkáně nosu budou širší než *apertura piriformis*. Rozdíl v šířce ale nebude příliš markantní, aby nedocházelo k bránění pohybu vzduchu nosní dutinou do plic (Wilkinson, 2010). Garasimov v roce 1955 uvedl, že šířka *apertura piriformis* v nejširší oblasti odpovídá 3/5 šířky nosu (vzdálenosti *alare – alare*) (Gerasimov, 1955). To potvrdila i studie, kterou v roce 2006 zveřejnil Rynn (Wilkinson, 2010).

Dalším predikčním vodítkem mohou být vzdálenosti středů korunek horních špičáků nebo jejich alveolů, kterým šířka nosu odpovídá (Fedosyutkin & Nainys, 1993; Stephan & Henneberg, 2001).

Objevují se ale i jiné názory. Podle jednoho z nich jsou měkké tkáně nosu o 10 mm širší než *apertura piriformis*, měřeno v nejširším místě. Při rekonstrukci šířky nosu se tak na každém okraji *apertura piriformis* přidá 5 mm. Báze nosu je podle této teorie umístěna 4 mm pod inferiorním okrajem *apertura piriformis* (Starbuck & Ward, 2007).

Tuto teorii ne všechny výzkumy potvrzují. Ruští autoři, kteří porovnali rentgenové snímky živých jedinců, na kterých jsou patrné hranice *apertura piriformis* i nosních křídel, existenci výše popsaného vztahu vyvrátili (Balueva et al., 2009). Na základě porovnání kraniálních a obličejových znaků navrhli regresní rovnici, s jejíž pomocí vypočítáme šířku nosu, která podle autorů koreluje se vzdáleností alveolů horních špičáků v úrovni bodu *subspinale* (Balueva et al., 2010).

$$NB_{MUŽI} = 18,035 + 0,444 \times DCP$$

$$NB_{ŽENY} = 17,390 + 0,424 \times DCP$$

*Regresní rovnice pro šířku nosu; NB = nasal breadth, DCP = distance between canine points (Balueva et al., 2010)*

Jedna z novějších studií o rekonstrukci nosu potvrzuje, že maximální šířka nosu koreluje s maximální šířkou *apertura piriformis*. Její výsledky opět dokazují původní Gerasimovu teorii. Udává také, že podoba okrajů nosního otvoru indikuje mělké nebo hluboké alární záhyby nosních křídel. Z polohy nosní přepážky můžeme odvodit, na jakou stranu se nos rekonstruované osoby vychyluje. Pokud se přepážka vychyluje doleva, nos bude mírně zakřivený doprava a opačně (Rynn et al., 2010).

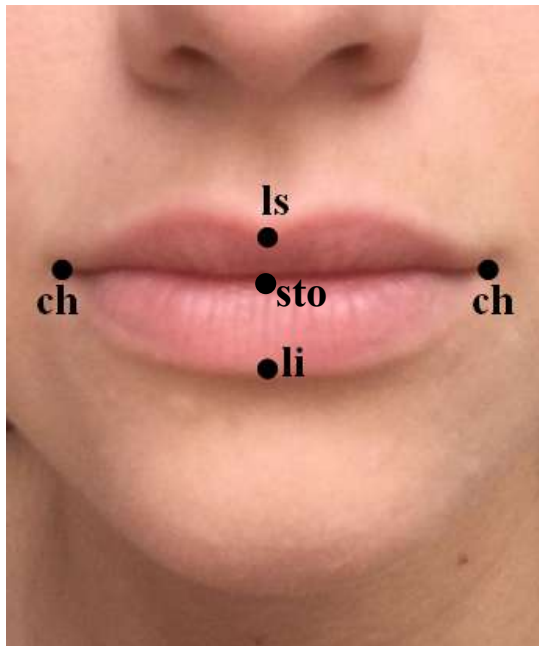
Tab. 5 Přehled predikčních vodítek pro odhad šířky nosu

Predikční vodítko	Autor	Spolehlivost vodítka	Ověření spolehlivosti (autor)
Šířka <i>apertura piriformis</i> odpovídá 3/5 šířky nosu; šířka nosu = 1,67* šířka <i>apertura piriformis</i>	Gerasimov (1955)	-	Vodítko je platné; šířka nosu = 1,65* šířka <i>apertura piriformis</i> (Rynn et al., 2010)
Šířka nosu odpovídá vzdálenosti podélné osy horních špičáků nebo jejich alveolů	Fedosyutkin & Nainys (1993)	-	-
Chrupavčitá část nosu o 10 mm širší než <i>apertura piriformis</i>	Starbuck & Ward (2007)	-	100% nespolehlivost (Balueva, 2010)
Podle regresních rovnic	Balueva (2010)	-	-

## 2.4. Rty

Pro odhad červených částí rtů existuje více predikčních vodítek. U tvaru rtů člověka se více než u jiných částí obličeje spoléhá na umělecké ztvárnění (Wilkinson, 2010).

Stejně v jako již výše zmíněné studii vypracované Sforzou se můžeme u rtů opírat o definované landmarky (Obr. 9). Na vertikální ose rtů to jsou: *labiale superius* (ls), *stomion* (sto) a *labiale inferius* (li). Na pravé a levé straně od vertikály to jsou párové body *cheilion* (ch). Stejně jako u landmarkrů na nose i u rtů jsou důležité pro popis intervalů vzdáleností. Interval *cheilion – cheilion* udává šířku rtů. Spojením bodů *labiale superius* a *labiale inferius* zase získáme výšku rtů (Sforza et al., 2010).



Obr. 9 Fotografie rtů z frontálního pohledu; poloha landmarků v oblasti červené části rtů dle Sforzi; *labiale superius (ls)* – udává polohu horní hranice horního rtu v mediansagitální rovině, *labiale inferius (li)* – udává polohu dolní hranice dolního rtu v mediansagitální rovině, *stomion* – leží ve středu ústní štěrbiny, *cheilion (ch)* – pravý a levý koutek rtů (Foto autor)

#### 2.4.1. Ústní štěrbina

Při odhadu polohy ústní štěrbiny se antropologové spoléhají na zuby horní čelisti. Jako například Angel, který ústní štěrbinu umísťuje do poloviny výšky korunek řezáků (Angel, 1978). Další studie se opět opírá o horní řezáky, ale umísťuje štěrbinu úst proti jejich řeznému okraji (Lebedinskaya, 1998; Fedosyutkin & Nainys, 1993; Stephan & Henneberg, 2001). George tvrdí, že správná poloha se nachází mezi těmito vzdálenostmi. Přesněji u žen ústní štěrbina protíná dolní třetinu korunky horního řezáku a u mužů dolní čtvrtinu korunky horního řezáku (George, 1987). V roce 2001 vydala Taylorová publikaci, ve které uvídí, že ústní štěrbina leží mírně nad spodními okraji korunek horních řezáků. Tuto myšlenku nicméně nepodložila žádným prokazujícím výzkumem (Taylor, 2000).

V roce 2016 došlo k porovnání všech výše uvedených predikčních postupů. Nejlepších výsledků bylo dosaženo použitím metody dle George (1987). Jeho metoda nadhodnocuje polohu štěrbiny ústní v průměru o +0,6 mm. Metoda dle Angela také odhaduje polohu štěrbiny ústní příliš superiorně oproti skutečnosti, a to v průměru o +3 mm. Ani metoda Lebedinské není příliš přesná. U ní byla naměřena průměrná odchylka -2,6 mm. Při porovnání se skutečnou pozicí umísťuje *rima*

oris příliš inferiorně. Domněnka Taylorové se ukázala být pravdivá u 92 % mužů a u 97 % žen (Zednikova Mala & Velemínska, 2016).

Tab. 6 Přehled predikčních vodítek pro odhad polohy ústní štěrbiny

Predikční vodítko	Autor	Spolehlivost *	Ověření spolehlivosti (autor)
V 1/2 výšky korunky horního řezáku	Angel (1978)	-	+3 mm (md) (Zednikova Mala & Velemínska, 2016)
U žen v dolní 1/3 korunky horního řezáku a u mužů v dolní 1/4	George (1987)	-	+0,6 mm (md) (Zednikova Mala & Velemínska, 2016)
Proti řeznému okraji horních řezáků	Lebedinskaya (1998)	-	-2,6 mm (md) (Zednikova Mala & Velemínska, 2016)
Lehce nad kousací hranou horního řezáku	Taylor (2000)	-	Platné v 94,5 % případů (Zednikova Mala & Velemínska, 2016)

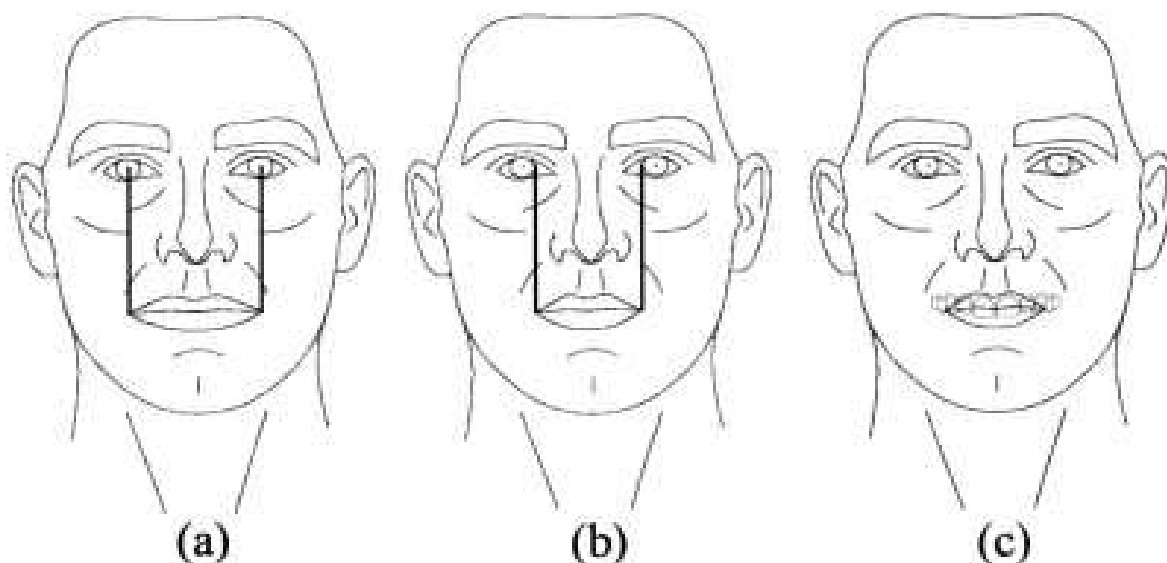
\* Spolehlivost je uváděna jako průměrný rozdíl mezi odhadnutou a rekonstruovanou polohou daného znaku (md = mean difference) nebo jako standardní chyba odhadu (SEE = standard error of estimate).

#### 2.4.2. Šířka rtů

Krogman, který je autorem mnoha již zmíněných prací, se podílel na dvou predikčních vodítkách pro odhad šířky rtů. Obě otestoval Stephan ve své ověřovací studii (Obr. 10) (Stephan, 2003). První ze dvou testovaných Krogmanem publikovaných postupů říká, že šířka rtů je rovna vzdálenosti mezi středy zornic (Stewart & Krogman, 1962). Tento postup ale přidává odhadované šířce okolo 11 mm v porovnání se skutečnou šířkou (Stephan, 2003). Druhou možností, jak podle Krogmana odhadnout polohu bodů *cheilion*, je změřit vzdálenost mezi laterálními okraji špičáků (Stewart & Krogman, 1962). Ani tato metoda nedopadla při ověřování dobře. Její výsledky ubírají ze skutečné šířky až 13 mm, reálnou šířku tedy podhodnocují (Stephan, 2003).

Stephan testoval rovněž spolehlivost metodu Praga a Neava (Stephan, 2003). Podle těchto autorů je šířka rtů rovna vzdálenosti mediálních limbů. Jedná se o body na oční kouli, kde duhovka přechází v neprůhlednou bělimu (Prag & Neave, 1997). Tato metoda se ukázala být

nejspolehlivější z testovaných, má odchylku -2 mm (Stephan, 2003). Podle Wilkinsonové a jejího týmu je zmíněná metoda nejspolehlivější, stanovili pro tento postup odchylku +2,6 mm (Wilkinson et al., 2003).



Obr. 10 Znárodnění metod pro odhad šířky rtů testovaných Stephanem (Stephan, 2003): a) šířka rtů je rovna vzdálenosti mezi středy zornic (Stewart & Krogman, 1962); b) šířka rtů je rovna vzdálenosti mediálních okrajů duhovek (Prag & Neave, 1997); c) šířka rtů odpovídá vzdálenosti mezi místy dotyku špičáků a prvních premolárů (Stewart & Krogman, 1962)

Stephan a Hennenberg navrhli metodu, podle níž šířka rtů odpovídá vzdálenosti obou horních špičáků, ke kterým se přičte 57 % vzdálenosti laterální hrany špičáku a středu zornice oka. Tento postup se zdá být přesný, protože průměrná odchylka se rovnala +0,1 mm (Stephan & Henneberg, 2003). Spolehlivost jejich postupu ověřila další studie, ve které autoři vypočetli odchylku +3,3 mm (Stephan & Murphy, 2008).

Další používané predikční vodítka pro šířku rtů uvádí, že šířka rtů (vzdálenost *cheilion – cheilion*) odpovídá 75% vzdálenosti středu zubních korunek horních špičáků. Jedná se o velmi přesnou metodu, protože se opírá o landmarky na tkáni tvrdé. U vzorku 93 pacientů byly naměřeny obě vzdálenosti – šířka rtů a vzdálenost středu zubních korunek horních špičáků. Ve výsledku se vzdálenost středu zubních korunek horních špičáků rovnala 75,8% vzdálenosti koutků rtů. Pro úplnost byly stejné hodnoty použity i pro odhad šířky rtů a naměřená odchylka byla +3,5 mm. Takový výsledek ukazuje na použitelnost tohoto vodítka v praxi (Stephan & Henneberg, 2003).



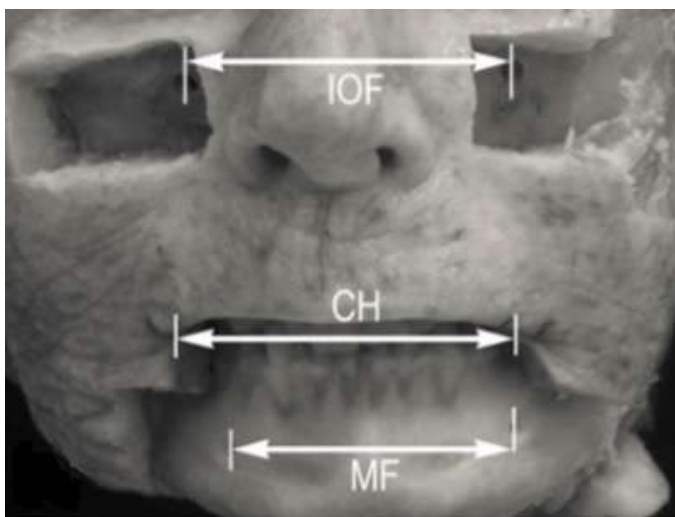
Stejně jako u predikce šířky nosu i pro odhad šířky rtů byla vytvořena rovnice pro každé pohlaví na základě znaků na lebce. Šířku rtů (MW) určuje na základě vzdálenosti mezi druhými premoláry v horní čelisti (UDAW) (Balueva et al., 2010).

$$MW_{MUŽI} = 21,817 + 0,700 \times UDAW$$

$$MW_{ŽENY} = 27,905 + 0,512 \times UDAW$$

*Regresní rovnice pro šířku rtů; MW = mouth width, UDAW = upper dental arch width between second premolars (Balueva et al., 2010)*

Může ovšem nastat i případ, kdy je rekonstrukce vyžadována u lebky, která je zbavena chrupu. Touto situací se zabývali Stephan a Murphy, kteří přišli s názorem, že landmarky *cheilion* leží pod *foramen infraorbitale* (Obr. 11). Jejich výsledky měření podhodnotily skutečnou šířku rtů o 3,3 mm. Jedná se tedy o metodu, která je jen o málo méně přesná než metoda Stephana a Henneberga. Je tedy vhodná pro lebky bez dentice (Stephan & Murphy, 2008).



*Obr. 11 Metoda Stephana a Murphyho, kdy je vzdálenost bodů cheilion dx. et sin. rovna vzdálenosti mezi levým a pravým foramen infraorbitale (měřeno od středových os nikoli od kostěného okraje); CH = vzdálenost cheilion dx. – cheilion sin., IOF = vzdálenost mezi foramen infraorbitale dx. a foramen infraorbitale sin., MF = vzdálenost foramen mentale dx. a foramen mentale sin. (Stephan & Murphy, 2008).*

Tab. 7 Přehled predikčních vodítek pro odhad šířky rtů

Predikční vodítko	Autor	Spolehlivost *	Ověření spolehlivosti (autor)
Odpovídá vzdálenosti středů zornic	Stewart & Krogman (1962)	-	+11 mm (md) (Stephan, 2003)  +10,5 mm (md) (Wilkinson, 2003)
Vzdálenost bodu dotyku horních špičáků a prvních premolárů horní čelisti	Stewart & Krogman (1962)	-	-13 mm (md) (Stephan, 2003)
Šířka rtů rovna vzdálenosti mediálních okrajů duhovky	Prag & Neave (1997)	-	-2 mm (md) (Stephan, 2003)  +2,6 mm (md) (Wilkinson, 2003)
Vzdálenost horních špičáků +57 % vzdálenosti od laterální strany špičáku ke středu zornice oka	Stephan & Henneberg (2003)	+0,1 mm (md)	-
75% vzdálenosti horních špičáků	Stephan & Henneberg (2003)	+3,5 mm (md)	-2,4 mm (md) (Stephan & Murphy, 2008)  -0,2 mm (md) (Stephan & Henneberg, 2003)
Pomocí regresních rovnic	Balueva (2010)	-	-
Vzdálenost levého a pravého foramen infraorbitale	Stephan & Murphy (2008)	-3,3 mm (md)	-

\* Spolehlivost je uváděna jako průměrný rozdíl mezi odhadnutou a rekonstruovanou polohou daného znaku (md = mean difference) nebo jako standardní chyba odhadu (SEE = standard error of estimate).

### 2.4.3. Výška rtů

Výška, stejně jako i šířka, rtů se nepatrně mění v průběhu života nezávisle na pohlaví. Ale na rozdíl od šířky, která se s věkem zvyšuje, se výška s věkem snižuje. To můžeme přičíst ztrátě elasticity a pohyblivosti tkání. Výška rtů závisí i na etnické příslušnosti. Dias udává, že výška

rtů, měřeno od bodu *labiale superius* k bodu *labiale inferius*, odpovídá 26 % jejich šířky (Dias et al., 2016).

Existuje více možností, jak určit výšku rtů. První alternativou může být názor, kdy výška zubních korunek koreluje s výškou rtů (Gerasimov, 1971). S touto myšlenkou přišel Gerasimov a podle ověřující studie se ukázala být spolehlivá na 90 %. Zuby byly měřeny od hranice korunky s dásní po řeznou dolní hranici a ret zase od hranice červené části rtu k ústní štěrbině. Tento postup se dá použít nezávisle na pohlaví rekonstruované osoby, ale je třeba dávat pozor na etnickou příslušnost. U subjektů pocházejících z Evropy byly naměřeny tenčí dolní i horní rty než u příslušníků indického původu. Pro Evropany byly stanoveny rovnice pro výpočet výšky rtů opírající se o výšku korunky horního řezáku ( $I_1$ ).

$$\text{Horní } ret_{Evr} = 0,4 + 0,6x \quad (x = \text{výška horní korunky } I_1)$$

$$\text{Dolní } ret_{Evr} = 5,5 + 0,4x \quad (x = \text{výška dolní korunky } I_1)$$

$$\text{Celková výška rtů}_{Evr} = 3,3 + 0,7x \quad (x = \text{výška horní i dolní korunky } I_1)$$

Pro Asiaty indické národnosti byly také rovnice odvozeny (Wilkinson et al., 2003).

$$\text{Horní } ret_{Ind} = 3,4 + 0,4x \quad (x = \text{výška horní korunky } I_1)$$

$$\text{Dolní } ret_{Ind} = 6,0 + 0,5x \quad (x = \text{výška dolní korunky } I_1)$$

$$\text{Celková výška rtů}_{Ind} = 7,2 + 0,6x \quad (x = \text{výška horní i dolní korunky } I_1)$$

Další variantou může být, že horní hranice červené části horního rtu se umísťuje do roviny horní hranice korunek horních řezáků. Dolní hranici červené části horního rtu zase umísťuje proti spodní hraně korunek mandibulárních řezáků (Lebedinskaya, 1998; Gerasimov, 1955).

Taylorová uvádí, že celková výška rtů (tj. obou rtů dohromady) se rovná vzdálenosti rozhraní mezi zubní sklovinou a cementem na horních a dolních řezácích (Taylor, 2000).

Podle George se zase bod *labiale superius* nachází ve stejné rovině jako horní čtvrtina korunek horních řezáků a bod *labiale inferius* v rovině s dolní třetí čtvrtinou korunky spodních řezáků (George, 1987).

Všechny výše uvedené metody byly ověřeny a nejlépe dopadla metoda Wilkinsonové a jejího týmu. U měření horního rtu byl stanoven rozdíl mezi predikovanou a skutečnou hodnotou +0,8 mm, u dolního rtu +0,6 mm a u celkové výšky rtů +2,9 mm. Georgova metoda měla

jen o málo vyšší rozdíly než metoda Wilkinsonové – horní ret: -1,1 mm, dolní ret: -1,5 mm a výška rtů: -2,5 mm. U Lebedinské byly naměřeny průměrné chyby predikce +4,9 mm, -2,2 mm a +2,7 mm (ve stejném pořadí jako předešlé metody). U postupu Taylorové měli testovaní jedinci tloušťku horního rtu nižší, než byla výška korunky horního řezáku. Také predikce dolního rtu podle jejího postupu se shodovalo u 78 % testovaných (Zednikova Mala & Veleminska, 2016).

Tab. 8 Přehled predikčních vodítek pro odhad výšky rtů

Predikční vodítko	Autor	Spolehlivost *	Ověření spolehlivosti (autor)
<b>26 % z šířky rtů</b>	Dias (2016)	-	-
<b>Výška zubů koreluje s výškou rtů</b>	Gerasimov (1971)	-	90 % úspěšnost (Wilkinson, 2003)
<b>Regresní rovnice na základě Gerasimovy myšlenky</b>	Wilkinson (2003)	-	+2,9 mm (md) (Zednikova Mala & Veleminska, 2016)
<b>Horní okraj horního rtu proti horní hranici korunek maxilárních řezáků a spodní okraj dolního rtu proti dolní hranici korunek mandibulárních řezáků</b>	Lebedinskaya (1998)	-	+2,7 mm (md) (Zednikova Mala & Veleminska, 2016)
<b>Vzdálenost obou rozhraní skloviny a cementu horních a dolních řezáků</b>	Taylor (2000)	-	23-24 % velikost chyby z reálné výšky rtů (Zednikova Mala & Veleminska, 2016)
<b><i>Labiale superius</i> ve stejné rovině jako horní čtvrtina korunek horních řezáků a bod <i>labiale inferius</i> v rovině s dolní tři čtvrtinou spodních řezáků</b>	George (1987)	-	-2,5 mm (md) (Zednikova Mala & Veleminska, 2016)

\* Spolehlivost je uváděna jako průměrný rozdíl mezi odhadnutou a rekonstruovanou polohou daného znaku (md = mean difference) nebo jako standardní chyba odhadu (SEE = standard error of estimate).

### 3. Percepce obličej

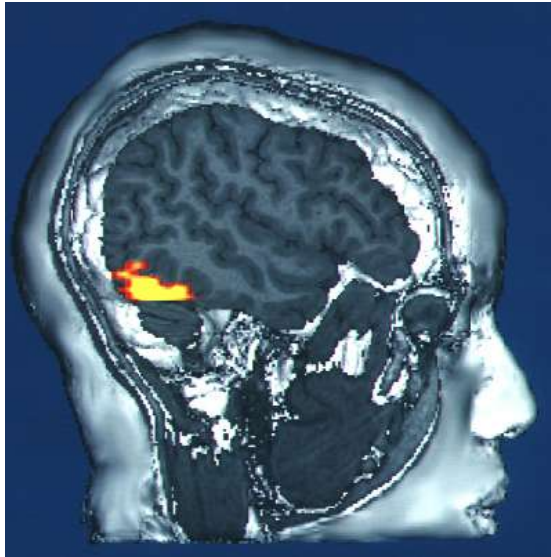
Lidská tvář je důležitým faktorem pro určení identity člověka. Díky ní dokážeme přibližně určit pohlaví, věk, národnost nebo emoční stav, ve kterém se jedinec zrovna nachází (McKone et al., 2007). Zatímco rozeznávání objektů, myšleno například věcí, je založeno hlavně na vyobrazení, kdy si objekt v mozku rozložíme na jednotlivé části, při rozpoznávání obličejů se soustředíme na pozorovaný objekt (obličej) jako celek (Farah, 1991).

Kromě toho, že se obličej mění v čase, stárne, nám percepce znesnadňuje fakt, že se mění pod vlivem emocí, nálad a reakcí. V této souvislosti rozlišujeme neměnné a proměnlivé znaky. Neměnné pomáhají k samotnému rozpoznání identity (barva kůže, tvar lebky a obličejů) a proměnlivé, jako například pohyb rtů nebo očních víček usnadňují nonverbální komunikaci. Kdyby se proces percepce tváře takto nedělil, i nepatrná změna výrazu v obličejích by celý proces značně zneprjemnila (Haxby et al., 2000).

#### 3.1. Zpracování percepce obličejů v mozku

V mozku se nachází specifická oblast zodpovědná za rozpoznávání obličejů. K prokázání existence tohoto centra v mozku pomohl pokus s pacienty, kteří trpěli prosopagnosií (Haxby et al., 2000). To je nemoc, kdy má postižený zhoršenou schopnost rozeznat osoby podle obličejů, a to včetně členů nejbližší rodiny (Harris & Aguirre, 2007). V rámci dalšího zkoumání odpovědné oblasti u primátů byly objeveny neurony v inferiorní části *cortex temporalis* a v superiorní části *sulcus temporalis*, které reagují na obličejů selektivně. Lze předpokládat podobné uspořádání neuronů i v mozku člověka (Haxby et al., 2000).

V dnešní době se k výzkumům na toto téma používá neinvazivní metoda CT (Computed Tomography). Z jejích výsledků je patrné, že vnímání obličejů aktivuje část mozku zvanou *gyrus fusiformis* (Obr. 12), konkrétně její laterální část (Haxby et al., 2000).

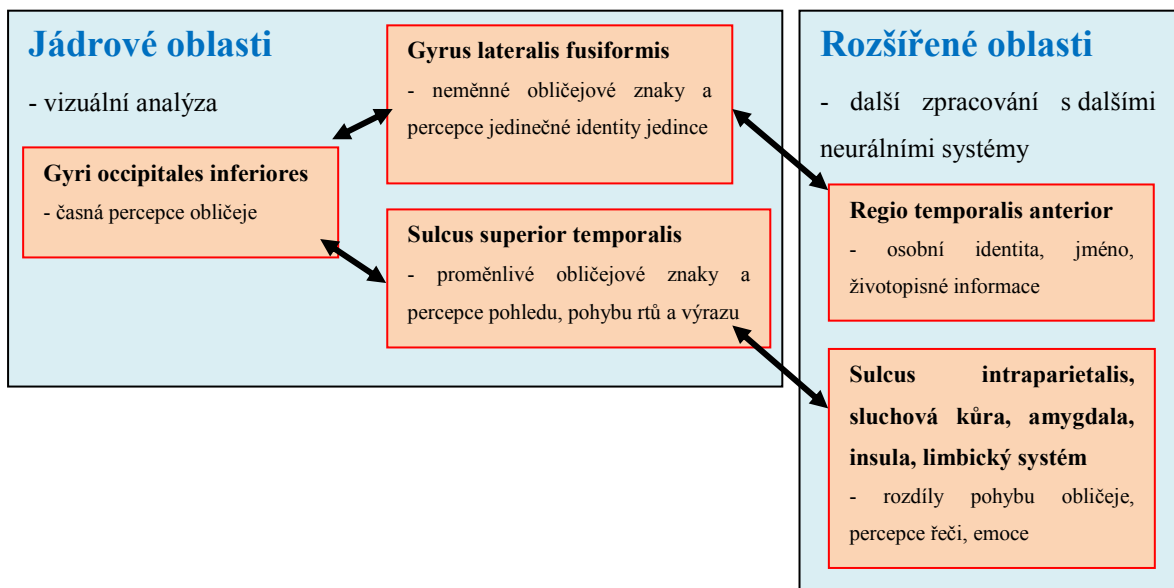


*Obr. 12 Lokalizace centra pro percepci obličejů v mozku*

*([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Face\\_recognition.jpg?uselang=cs](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Face_recognition.jpg?uselang=cs))*

Rozpoznávání obličeje v mozku je specifický proces, který můžeme rozdělit na dvě fáze. V první mozek analyzuje rysy obličeje a jejich prostorové uspořádání a v druhé je identifikovaná struktura porovnána v mozku s obličejí již uloženými v paměti (Bruce & Young, 1986).

Při pozorování mozkové aktivity během percepce obličeje byl v návaznosti na myšlenku Bruce a Younga vypracován model neurálního systému, který popisuje, jak mozek zpracovává informace při percepci (Obr. 13). Model znázorňuje předávání signálu v mozku v rámci různých center. Tato centra můžeme rozdělit na jádrové oblasti, kde probíhá vizuální analýza, a rozšířené oblasti, kde se signál dál zpracovává ve spolupráci více neurálních systémů. Jádrové oblasti se dělí na dvě hlavní mozkové dráhy, které spolupracují. První směr vede z *gyri occipitales inferiores* do *gyrus lateralis fusiformis* a zpracovává neměnné znaky. Dále je pak touto cestou vyhodnocena identita jedince. Směr druhý zpracovává proměnlivé znaky a vede z *gyri occipitales inferiores* do *sulcus superior temporalis* (Haxby et al., 2000).



Obr. 13 Model neurálního systému, který znázorňuje hierarchii mozkových center při percepci a jejich funkce (Haxby et al., 2000).

### 3.2. Holistický model vnímání

Tento model udává, že předmět (v tomto případě obličeje) je vnímán jako celek. Tudíž nedochází k jeho rozložení na části. Obličeje by se nám tím pádem ukládaly do paměti jako celky bez vnímání specifických částí nebo barvy pleti a vzájemných vztahů obličejových znaků (Farah, 1996). Holistický model ale nemůžeme použít na obličej jakkoli otočený. Vylepšenou verzí holistického modelu je holisticko-analytický model. Ten k informacím z obličeje přidává poznatky o výrazech obličeje získaných postupným analyzováním obličeje po částech (McKone & Yovel, 2009). Existují ale i další způsoby vnímání neznámého obličeje. Jeden z nich je založen na vzdálenostech znaků na obličejí (například vzdálenost očí nebo vzdálenost rtů a očí) (de Heering et al., 2007).

Důkazem holistického vnímání je kompozitní efekt (Obr. 14). Ten spočívá v rozdělení obličeje na dvě poloviny horizontální osou. Pokud použijeme poloviny různých tváří a posuneme spodní půlku více do strany, náš mozek získá dojem, že se jedná o zcela jiný obličej. Pokud jsou obě poloviny (každá z jiného obličeje) přesně pod sebou, je těžké zaměřit se jen na jednu polovinu a identifikovat ji (Young et al., 1987). To potvrdil i Grand ve svém výzkumu (Grand et al., 2004).



*Obr. 14 Kompozitní efekt; V horním řádku jsou obličejové poloviny vychýlené, ve spodním zarovnané. V levém čtverci jsou horní poloviny obličejové totožné, v pravém čtverci rozdílné. U všech párů jsou dolní poloviny jiné. V zarovnaném stavu tvoří holistické zpracování dojem, že horní poloviny jsou vždy odlišné (Grand et al., 2004).*

### **3.3. Faktory ovlivňující percepci obličeje**

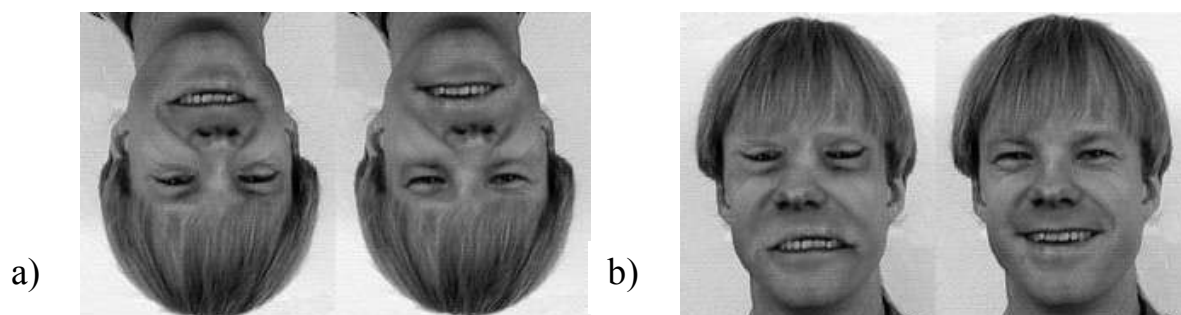
Faktorů působících na percepci obličeje je mnoho některé, ji mohou znesnadňovat jiné naopak ulehčovat. Také mohou působit na rozpoznatelnost známého a neznámého obličeje. Pro faciální rekonstrukci mohou být důležité ty z nich, které ulehčí percepci známého obličeje. Pod pojem „známý obličej“ nepatří pouze blízcí přátelé a rodina ale i osobnosti, které vidáme v médiích (Bruce, 1986).

#### **3.3.1. Vlivy při prvním kontaktu s obličejem**

Člověka, kterého dobře známe, poznáme bez problémů. Dokonce nehraje velkou roli, pokud je osoba nějakým způsobem maskována (paruka, brýle, vousy) nebo je v místnosti šero. S neznámým obličejem už to tak jednoduché není. Rozpoznání obličeje mohou znesnadňovat dva vlivy. První je problém zobrazení. Ten nastává, pokud není v místě, kde se nacházíme, dostatek světla nebo máme špatný zorný úhel. Druhý je problém se strukturami rozeznávaného obličeje (uspořádání obličejových znaků na obličej, změny v obličej). Vliv má i úhel v jakém je nám obličej ukazován. Zdá se, že při pohledu pod úhlem 20-45°, rozeznáme či si zapamatujeme obličej lépe než při frontálním pohledu (Hancock et al., 2010). U známého obličeje úhel nehraje zásadní roli. Pro rozpoznání používáme informace, které už máme uloženy v mozku (Hill et al., 1997).



Člověk je citlivý na kompozici obličeje při pohledu en face, naopak u obličejů v pozici en face otočených o 180° už tak citlivou pozorovací schopnost nemáme. Důkazem je tzv. Thatcher efekt, kdy na obrázku obličeje dojde o otočení regionů obsahující oči a rty o 180°. Když se díváme na snímek, obličej se nejeví nereálně. Pokud ale upravený snímek otočíme do správné polohy, obličej vypadá deformovaně (Obr. 15) (Hancock et al., 2010).



Obr. 15 Ukázka Thatcher efektu; a) zleva doprava – reálný obličej otočený o 180°, obličej s otočenými očima a rty; b) obrázek a) otočený (Hancock et al., 2010)

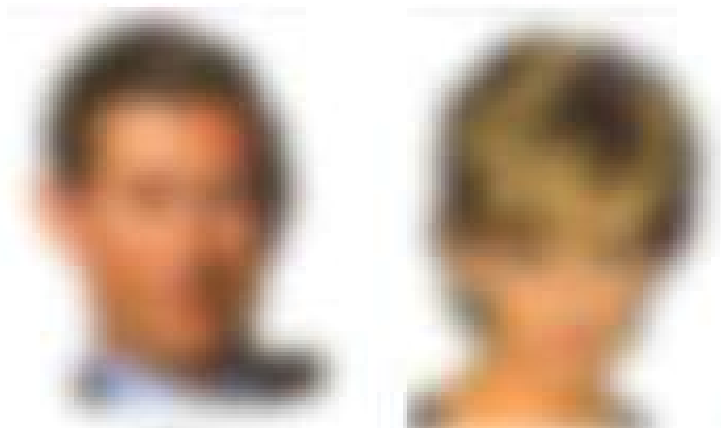
### 3.3.2. Vliv osvětlení

Percepce obličeje je světlem značně ovlivněna. Hned první obtíže při identifikaci mohou nastat, pokud je sledovaný obličej osvětlován z různých stran. Když jsou pozorovateli ukázány dva snímky totožného člověka, kdy na jednom je osvětlen zprava a na druhém zleva, působí na něj fotografie rozdílně (Braje & Tarr, 1998). Stejně tak je tomu pokud zdroj světla umístíme nahoru nebo dolů pod obličej (Hill & Bruce, 1996).

Pokud je pro identifikaci použit negativ, spolehlivost a úspěšnost rozpoznání osoby je nižší než na šernobílé fotografii nebo barevném snímku obličeje (Bruce & Langton, 1994). Dá se tedy usuzovat, že stínování je důležité při rozpoznávání (Sinha et al., 2006)

### 3.3.3. Rozlišení

Protože v dnešní době se k identifikaci používají ve velké míře i fotografie nebo biometrické systémy, rozlišení je také důležitým faktorem, který může percepci ovlivňovat (Sinha et al., 2006). Pro rozpoznání známého obličeje stačí pozorovateli snímek o velikosti 7x10 pixelů (Yip & Sinha, 2002). Jemné rysy v obličejí (například vrásky) nejsou podstatné pro rozpoznání osoby (Obr. 16) (Sinha et al., 2006).



*Obr. 16 Fotografie prince Charlese a princezny Diany v malém rozlišení (Sinha et al., 2006)*

### **3.4. Části obličeje a jejich vliv na rozpoznávání obličeje**

Schopnost rozeznat obličej osoby, se přímo úměrně zvyšuje tím, jak dobře je nám její tvář známá. Pokud se podíváme na známou tvář, náš mozek se zaměří na určité úseky obličejové části, a to konkrétně oči, nos a rty. Ty totiž považujeme za určující oblasti při posuzování známosti či neznámosti obličeje (Brooks & Kemp, 2007). Z těchto tří oblastí se pro rozpoznání zdají být nejdůležitější oči (McKelvie, 1976). Ale ani postranní části obličeje (např. uši) nejsou při rozpoznávání zanedbatelné. Pokud je na obrázku u neznámé osoby zakryjeme, identifikace je náročnější. (Young et al., 1985)

Dokonce je potvrzeno, že pokud porovnáváme dva obrázky neznámé tváře s různým úhlem pohledu nebo jiným výrazem, dělá našemu mozku problém určit, zda se jedná o tutéž osobu. Zatímco u známého jedince nemáme s identifikací problém, ať se dívá kamkoli. K tomuto výsledku dopomohly dva experimenty. V prvním byli jako pozorovatelé vysokoškolští studenti. Jako subjekty k rozeznání byla vytvořena skupina 48 lidí, kdy polovina byli doktorandi a zaměstnanci ze stejné školy jako studenti, ale z jiné fakulty (skupina A) a druhou polovinu tvořili akademici jiné vysoké školy (skupina B). Každý ze subjektů byl vyfocen čtyřikrát – usmívající se a neusmívající se zepředu a pod úhlem tak, aby bylo vidět  $\frac{3}{4}$  tváře. Pozorovatelům byla ukázána série 24 fotografií ze vzorku 48 mužů. Následně jim byla promítnuta další sada fotografií a měli určit, které z tváří už viděli v předchozí sérii. Výsledkem bylo, že tváře bez úsměvu a zepředu byly rozpoznány rychleji a přesněji než ostatní. V druhé části experimentu zůstaly subjekty pozorování stejné a jako pozorovatelé byli vybráni lidé z autorova okolí, kteří znali všechny muže ze skupiny A. Opět jim byly ukázány fotografie mužů a jejich úkolem bylo rozhodnout, jestli osobu na snímku poznávají nebo ne. Závěrem této části byl fakt, že známé tváře byly rozpoznány rychleji a přesněji

než neznámé. Současně se ukázalo, že pokud byly prezentované snímky ve stejném úhlu, pozorovatelé je identifikovali lépe (Bruce, 1982).

Při rekonstrukci obličeje může dojít i k posunu třech nejdůležitějších částí (očí, nosu a rtů) v rámci obličeje. Dle dostupné literatury se této problematice zatím odborníci příliš nevěnovali. Mohli bychom usoudit, že posun očí, nosu a rtů nehraje při rozpoznání obličeje příliš významnou roli. Jedním z mála, kdo se touto problematikou zabývali, byl polský antropolog Zdzisław Lewandowski a Kevin Brooks s Richardem Kempem. Lewandowski vypracoval studii, ve které se porovnávala podobnost dvou portrétů. Na jednom byla zachycena reálná podoba subjektu a na druhém byla změněna velikost, šířka nebo výška jedné obličejové části, a to v rozsahu -20 % až +20 %. 172 porotců ve věku 18-40 let porovnávali reálnou podobu s podobou upravenou vždy v jedné části obličeje. Zvláště byla porovnávána výška, šířka i celá velikost znaku. (Lewandowski, 2015). Brooks a Kemp zase měnili polohu obličejových částí ve vertikální rovině (Brooks & Kemp, 2007).

### **3.4.1. Oči**

#### **3.4.1.1. Posun očí**

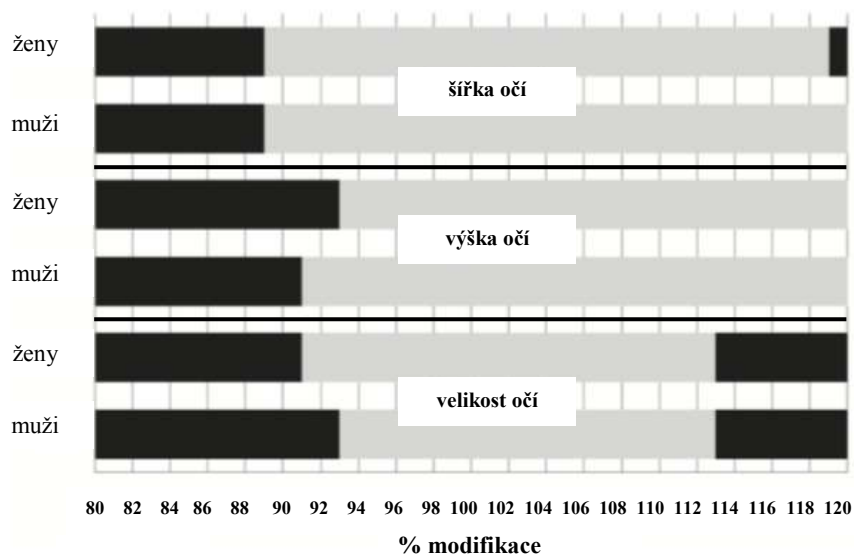
Jak je zmíněno výše, oči jsou jedna z prvních částí, které si při rozpoznávání obličeje všimneme. Proto dá očekávat velká citlivost pozorovatele na změnu v jejich poloze. Posunutí očí výše vyvolá dojem kratšího čela a prodloužení nosu. Snížení polohy očí má opačný efekt (Obr. 17). Číselně odpovídá změna, kterou jsme schopni rozeznat, 7,2 min, což jsou zhruba 3 mm ve tváři skutečné velikosti (Brooks & Kemp, 2007). Jen tak malou změnu polohy očí v obličejí je lidské oko schopno zaznamenat, a to ať se jedná o posun nahoru nebo dolů. Důležitost polohy očí při rozeznávání obličeje potvrdil i fakt, že vertikální změny pozice očí si pozorovatel všimne dřív než změny celé tváře ve vertikálním směru (Haig, 1984). U změny pozice očí hraje velkou roli, zda se díváme na známou nebo neznámou tvář. U známé tváře si změny všimneme dříve (Brooks & Kemp, 2007).



*Obr. 17 Fotografie obličeje muže s očima v přirozené pozici a ve vertikálním směru pozměněné poloze: z levého horního rohu k pravému dolnímu rohu ukazují – posun vzhůru o 6,6 mm, posun vzhůru o 3,33 mm, přirozený tříčtvrteční profil, přirozený frontální pohled, posun dolů o 3,33 mm a posun dolů o 6,66 mm (Brooks & Kemp, 2007)*

#### **3.4.1.2. Změna parametrů očí**

Podle Lewandowského je nejmarkantnější rozdíl v podobnosti u porovnávaných snímků s reálnou a upravenou podobou obličeje týkající se celkové změny velikosti očí, a to ať u zmenšení nebo zvětšení. Zmenšení výšky očí (-7 %) zaznamenal pozorovatel dřív než zmenšení šířky, kterou zaznamenal až při -11 % (Obr. 18). Když byla u očí výška a šířka zvětšována pozorovatelé změnu nezaznamenali ani při +20 % (Lewandowski, 2015).



Obr. 18 Graf znázorňující míru podobnosti reálného a upraveného snímku, kdy se měnily parametry u očí; černá – zaznamenaný rozdíl, šedá – nezaznamenaný rozdíl (Lewandowski, 2015).

### 3.4.2. Nos

#### 3.4.2.1. Posun nosu

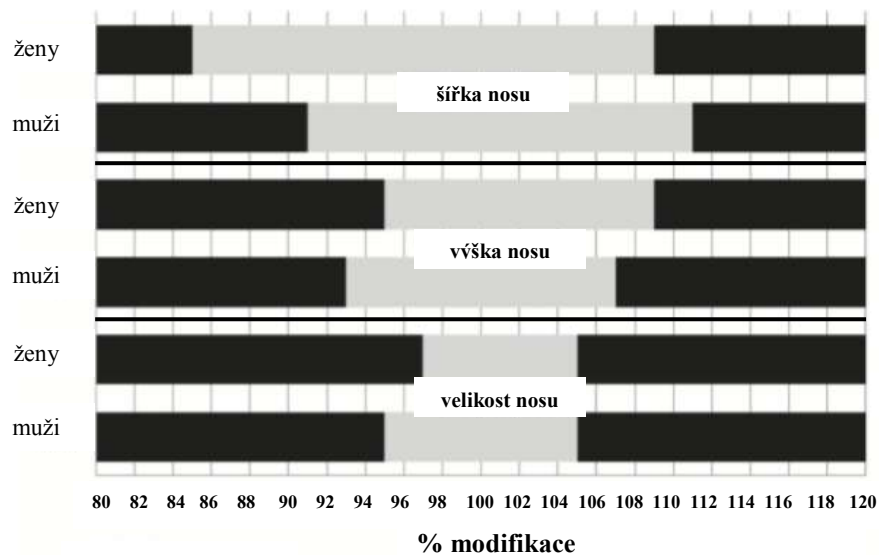
Posunutí inferiorního konce nosu včetně nosních dírek výše vyvolá efekt zkrácení nosu a zároveň horní ret a *philtrum* vypadají protáhlejší (Obr. 19). U nosu byla zaznamenaná odchylka 7,3 min. To odpovídá 3 mm na obličejí skutečné velikosti. Stejně jako u očí i tady má pozorovatel větší problém rozeznat neznámou tvář, ale záleží i na směru posunutí. Změny polohy směrem nahoru si všimneme dříve (Brooks & Kemp, 2007).



*Obr. 19 Fotografie obličeje muže s nosem v přirozené pozici a ve vertikálním směru pozměněné poloze: z levého horního rohu k pravému dolnímu rohu ukazují – posun vzhůru o 6,6 mm, posun vzhůru o 3,33 mm, přirozený tříčtvrteční profil, přirozený frontální pohled, posun dolů o 3,33 mm a posun dolů o 6,66 mm (Brooks & Kemp, 2007)*

#### **3.4.2.2. Změna parametrů nosu**

Modifikace nosu byly vnímány nejrychleji mezi všemi testovanými částmi obličeje. Důvodem může být, že nos je umístěn uprostřed obličeje, a proto je pravděpodobně jeho změna zaznamenána lépe. Nejvíce patrné jsou změny v celkové velikosti nosu. Pozorovatel je schopen zaznamenat změnu o 4-6 %. Změny výšky nosu jsou zase zaznamenány rychleji než změny v šířce. U výšky pozorovatel zaznamená zmenšení už při -5 % a zvětšení o +5 %. I když je u nosu změna v šířce zaznamenána nejpomaleji, stále ji pozorovatel zaregistruje rychleji než u ostatních znaků na obličeji. Pozorovatelné je zúžení o -9 % a rozšíření o +9 % (Obr. 20) (Lewandowski, 2015).



Obr. 20 Graf znázorňující míru podobnosti reálného a upraveného snímku, kdy se měnily parametry u nosu; černá – zaznamenán rozdíl, šedá – nezaznamenán rozdíl (Lewandowski, 2015)

### 3.4.3. Rty

#### 3.4.3.1. Posun rtů

Posun rtů výše způsobí, že horní ret a *philtrum* se zdají být kratší, zatímco oblast mezi bradou a spodním rtem delší. Posun dolů má přesně opačné efekty (Obr. 21). Odchylka, která byla pozorována u rtů, je 5,6 min, což odpovídá 2,3 mm. Prahové hodnoty u posunu směrem dolů byly nižší. U rtů nebyl pozorován signifikantní rozdíl mezi tvářemi známými a neznámými (Brooks & Kemp, 2007). Při studii Haiga, kdy byly subjektům prezentovány obrázky jedince s různými změnami rozložení znaků v obličeji, se podařilo mimo jiné dokázat, že nejcitlivější je pozorovatel na změnu pozice rtů směrem nahoru. Naopak změny v šířce rtů si jako pozorovatelé nevšimneme, dokud není rozdíl skutečně markantní (Haig, 1984).

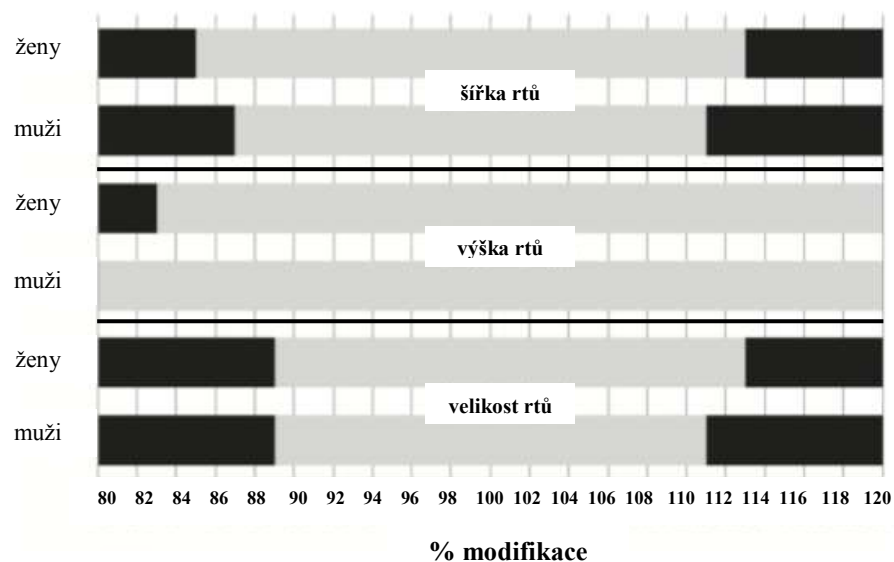


*Obr. 21 Fotografie obličeje muže se rty v přirozené pozici a ve vertikálním směru pozměněné poloze: z levého horního rohu k pravému dolnímu rohu ukazují – posun vzhůru o 6,6 mm, posun vzhůru o 3,33 mm, přirozený tříčtvrteční profil, přirozený frontální pohled, posun dolů o 3,33 mm a posun dolů o 6,66 mm (Brooks & Kemp, 2007)*

#### **3.4.3.2. Změna parametrů rtů**

U rtů je pozorovatel opět nejcitlivější na celkovou změnu velikosti. Zvětšení a zmenšení výšky rtů se ukázala být nepodstatná v porovnání podobnosti. Pozorovatelé zaznamenali až zmenšení o -17 % a zvětšení nebylo postřehnuto ani při +20 %. Změny u šířky rtů byly zaznamenány rychleji než změny výšky ale pomaleji než změny velikosti. Změny v šířce rtů (zvětšení i zmenšení) jsou zaznamenány zhruba ve stejném procentu změny. Zúžení je patrné při -13 % a rozšíření při +11 % (Obr. 22) (Lewandowski, 2015).

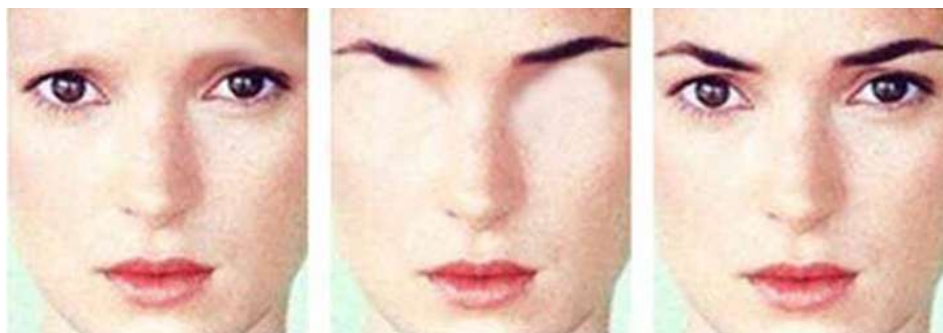




Obr. 22 Graf znázorňující míru podobnosti reálného a upraveného snímku, kdy se měnily parametry u rtů; černá – zaznamenan rozdíl, šedá – nezaznamenan rozdíl (Lewandowski, 2015)

### 3.4.4. Obočí

Změny v poloze obočí hrají roli při definování emočních stavů jedince (Sadr et al., 2003). Také víme, že jeho tloušťka má vliv na určení pohlaví (Bruce et al., 1993). Ukázalo se, že pokud ukážeme subjektu fotografie známé osobnosti bez obočí a další bez očí (Obr. 23), bude mít větší problém dotyčnou osobnost identifikovat na snímku bez obočí (Sadr et al., 2003).



Obr. 23 Fotografie herečky Winony Ryder použité pro studii zkoumající vliv obočí na rozpoznání obličeje, zprava: tvář bez obočí, tvář bez očí, skutečná tvář (Sadr et al., 2003)

## 4. Závěr

K zrekonstruování podoby člověka může autor dojít mnoha způsoby. Pro odhad velikosti či tvaru jednotlivých částí obličeje existují různá predikční vodítka a záleží jen na něm, kterému bude důvěřovat. Nejčastěji se výzkumy zaměřují na oči, nos a rty. Někteří autoři spolehlivost svých predikčních postupů sami určili nebo je ověřili jiní autoři. Pokud jsou chyby rozměrů, ke kterým může při rekonstrukci dojít, uvedeny, pohybují se mezi -2,6 mm až +3 mm. U starších metod z roku 1962 pro odhad šířky rtů byly stanoveny odchylky -13 mm a + 11 mm. Jedná se o extrémy, a proto je z výčtu spolehlivosti vyřazují. Dodnes nebyla spolehlivost všech metod prověřena. Aby měla faciální rekonstrukce význam, neměla by hodnota chyby překročit hranici, při které ji pozorovatel zaznamená a daný znak začne vnímat jako odlišný od skutečné podoby. U tří nejvíce popisovaných částí obličeje pozorovatel nejrychleji zaznamená, pokud dojde k chybě v celkové velikosti, tzn. v porovnání se skutečnou podobou je jiná výška i šířka dané části.

Na základě spojení informací o rozpoznávání obličeje a vypočtených chyb v odhadu polohy rekonstruovaných znaků (tj. rekonstruované části obličeje jsou oproti jejich skutečné poloze posunuty) je možné doporučit, které z vodítek by mělo být používáno v praxi a které ne. Je důležité zmínit, že při vytváření rekonstrukcí příliš často k posunu celé části obličeje nedochází. Mnohem častěji dojde ke změnám parametrů, jako jsou šířka či výška daného znaku. Část obličeje se může posunout celá například díky plastickým operacím, maxilofaciální chirurgii, onkologickým změnám nebo věkem.

Změnu výšky oční štěrbin lze zaznamenat, pokud je při rekonstrukci snížena o 7 % oproti realitě. Zvětšení výšky oční štěrbin pozorovatel nezaznamená, dokud nedosáhne extrémních pozorovaných hodnot (zvětšení o 19 %). U šířky oční štěrbin (vzdálenost laterálního a mediálního koutku) je citlivost na změnu jen o málo menší. Pozorovatel pozná rozdíl ve zúžení o 11 % z reálné podoby. Pro odhad umístění laterálního koutku v horizontálním směru je mezi jednotlivými metodami rozdíl až 10 mm, několik autorů se avšak shoduje v hodnotě cca 5 mm mediálně od laterálního okraje očnice, mohli bychom tedy předpokládat, že je tato hodnota nejbližší skutečnosti. V odhadu vertikální polohy vnějšího koutku oka panuje mezi metodami víceméně shoda podobně jako v případě metod pro odhad polohy koutku vnitřního. Velikostí chyby v predikci u vodítek pro polohu koutků oka, pokud jsou uvedeny, jsou buď rovny, nebo se blíží k nule. Obecně lze jen těžko určit, který predikční postup je nejspolehlivější, protože většina z nich nebyla dosud ověřena. Člověk je schopen zaznamenat posun celé oblasti očí o 3 mm superiorním i inferiorním směrem. Podle odchylek pro pozici oční koule v očnici, které nepřekračují +1,4 mm superiorním směrem, lze tvrdit, že i vertikální poloha oka je rekonstruována s velkou přesností a možná chyba by nemusela ovlivnit rozpoznatelnost

rekonstruovaného obličej. Pro polohu oční koule v očnici bych na základě nejmenší vypočtené možné chyby při rekonstrukci doporučila metodu Stephana a Davidsona. Pro polohu mediálního a laterálního koutku bych zvolila postup od stejných autorů, ale jen proto, že jejich predikční vodítka pro koutky oka byla jediná ověřena.

U nosu je prokázáno, že na změnu šířky je pozorovatel citlivější. Pokud bude rekonstruovaná šířka nosu větší minimálně o 9 % z reálné šířky, může to rozpoznání obličej znesnadnit. Na změnu výšky je pozorovatel citlivý v superiorním i inferiorním směru, ale výška nosu je rekonstruována relativně přesně (je dána pozicí landmarků *nasion* a *subspinale* na lebce) a dochází při ní jen k nepatrným chybám. U nosu je v rámci obličej stanovena minimální vzdálenost, kterou lze zaznamenat při celkovém posunu 3 mm superiorně. Predikční vodítka pro šířku nosu nejsou všechna ověřena. Jediné, které se ukázalo být platné, je to podle Gerasimova.

Pozorovatel si všimne změny v šířce rtů, pokud se zúží o 13 % nebo rozšíří o 11 %. Zjištěné chyby v predikci šířky rtů se nachází v intervalu od -3,3 mm do +3,5 mm. Rozpoznání obličej může být ztíženo, bude-li se chyba rovnat právě jednomu z těchto procent. Změn u výšky rtů si pozorovatel tolik nevšímá. Tolerance chybovosti je tedy větší. Naměřené chyby u predikčních vodítek pro odhad výšky rtů jsou v intervalu od -2,5 mm do +2,9 mm. Hranice, kdy lze zachytit změnu, je definována jen pro snížení výšky o 17 % z reálné podoby. Aby došlo k zachycení zvětšení výšky rtů, musel by se autor dopustit chyby větší než 20 %. Posun celých rtů má nejnížší hranici, kdy ji pozorovatel zaznamená. Všimne si změny o 2,6 mm superiorním směrem. Na základě vypočtených velikostí chyb pro metody rekonstrukce jednotlivých parametrů rtů můžeme pro každý určit tu nejspolehlivější. Pro umístění ústní štěrbiny se jí zdá být metoda podle George, pro šířku rtů metoda Stephana a Henneberga a pro výšku rtů je to metoda Lebedinské.

Tab. 9 Přehled doporučených vodítek pro rekonstrukci vybraných znaků obličeje na základě možných vypočtených chyb při predikci a zjištěné citlivosti na změnu polohy a parametrů daného znaku při rozpoznávání obličeje

Znak	Rozpoznatelné změny v rozměrech a posunu	Doporučené predikční vodítko	Chyba predikce*
<b>Poloha oční koule</b>	3 mm superiorně i inferiorně	Střed oční koule posunut o 1,4 mm laterálně a o 1,1 mm superiorně (Guyomarc'h, 2012)	+0,3 mm superiorně a +0,9 mm laterálně (md)
<b>Laterální koutek oka</b>	-11 % až +21 a víc % ze vzdálenosti mediálního a laterálního koutku oka	V úrovni Whitnallova hrbolku a 4,5 mm mediálně od laterálního okraje očníce (Stephan & Davidson, 2008)	0 mm (md)
<b>Mediální koutek oka</b>		4,8 mm laterálně od mediálního okraje očníce (Stephan & Davidson, 2008)	-0,3 mm (md)
<b>Šířka nosu</b>	-9 % až +9 % z reálného rozměru	Šířka <i>apertura piriformis</i> odpovídá 3/5 šířky nosu; šířka nosu = 1,67* šířka <i>apertura piriformis</i> (Gerasimov, 1955)	Vodítko je platné; šířka nosu = 1,65* šířka <i>apertura piriformis</i>
	3 mm superiorně		
<b>Poloha ústní štěrbin</b>	2,3 mm superiorně	U žen v dolní 1/3 korunky horního řezáku a u mužů v dolní 1/4 (George, 1987)	+0,6 mm (md)
<b>Šířka rtů</b>	-13 % až +11 % z reálného rozměru	Vzdálenost horních špičáků +57 % vzdálenosti od laterální strany špičáku ke středu zornice oka (Stephan & Henneberg, 2003)	+0,1 mm (md)
<b>Výška rtů</b>	-17 % až +21 a víc % z reálného rozměru	Regresní rovnice na základě Garasimovy myšlenky (Wilkinson, 2003)	+2,9 mm (md), odpovídá 23 % z reálné výšky

\* Spolehlivost je uváděna jako průměrný rozdíl mezi odhadnutou a rekonstruovanou polohou daného znaku (md = mean difference) nebo jako standardní chyba odhadu (SEE = standard error of estimate).

## 5. Literatura

Anastassov, G. E., & van Damme, P. A. (1996). Evaluation of the anatomical position of the lateral canthal ligament: Clinical implications and guidelines. *Journal of Craniofacial Surgery*, 7, 429–436.

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.

Balueva, T.S., Veselovskaya, E. V., & Kobylansky, E. (2009). Cranio-facial reconstruction by applying the ultrasound method in live human populations. *International Journal of Anthropology*, 24, 87–111.

Balueva, T. S., Veselovskaya, E. V., & Rasskazova, A. V. (2010). A comparison of the medieval and modern populations of the Novgorod region, based on facial reconstruction. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 38, 135–144.

Braje, W. L., Kersten, D., Tarr, M. J., & Troje, N. F. (1998). Illumination effects in face recognition. *Psychobiology*, 26, 371–380.

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.

Bruce, V. (1982). Changing faces: Visual and non-visual coding processes in face recognition. *British Journal of Psychology*, 73, 105–116.

Bruce, V. (1986). Influences of familiarity on the processing of faces. *Perception*, 15, 387–397.

Bruce, V., Burton, A. M., Hanna, E., Healey, P., Mason, O., Coombes, A., Fright, R., & Linney, A. (1993). Sex discrimination: How do we tell the difference between male and female faces? *Perception*, 22, 131–152.

Bruce, V., & Langton, S. (1994). The use of pigmentation and shading information in recognising the sex and identities of faces. *Perception*, 23, 803–822.

Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77, 305–327.

Claes, P., Vandermeulen, D., De Greef, S., Willems, G., Clement, J. G., & Suetens, P. (2010). Computerized craniofacial reconstruction: Conceptual framework and review. *Forensic Science International*, 201, 138–145.

Claes, P., Vandermeulen, D., De Greef, S., Willems, G., & Suetens, P. (2006). Craniofacial reconstruction using a combined statistical model of face shape and soft tissue depths: Methodology and validation. *Forensic Science International*, 159, 147–158.

de Heering, A., Houthuys, S., & Rossion, B. (2007). Holistic face processing is mature at 4 years of age: Evidence from the composite face effect. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 57–70.

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.e1–8.

Dias, P. E. M., Miranda, G. E., Beaini, T. L., & Melani, R. F. H. (2016). Practical application of anatomy of the oral cavity in forensic facial reconstruction. *PloS One*, 11, e0162732.

Farah, M. J. (1991). Cognitive neuropsychology: Patterns of co-occurrence among the associative agnosias: Implications for visual object representation. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 1–19.

Farah, M. J. (1996). Is face recognition ‘special’? Evidence from neuropsychology. *Behavioural Brain Research*, 76, 181–189.

Fedosytukin, B.A., & Nainys, J.V. (1993). The relationship of skull morphology to facial features. In: Iscan M., & Helmer R. (Eds.), *Forensic Analysis of the Skull*. New York: Wiley-Liss, 199–213.

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

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

- Gerasimov, M.M. (1955). *Vosstavlenie lica po cerepu*. Leningrad: Izdatelstvo akademii nauk.
- Gerasimov, M. M. (1971). *The face finder*. Philadelphia: J. B. Lippincott & Co.
- Grand, R. L., Mondloch, C. J., Maurer, D., & Brent, H. P. (2004). Impairment in holistic face processing following early visual deprivation. *Psychological Science*, 15, 762–768.
- Guyomarc'h, P., Dutailly, B., Couture, C., & Coqueugniot, H. (2012). Anatomical placement of the human eyeball in the orbit—validation using CT scans of living adults and prediction for facial approximation. *Journal of Forensic Sciences*, 57, 1271–1275.
- Haig, N. D. (1984). The effect of feature displacement on face recognition. *Perception*, 42, 1158–1165.
- Hancock, P. J., Bruce, V., & Burton, A. M. (2000). Recognition of unfamiliar faces. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 330–337.
- Harris, A. M., & Aguirre, G. K. (2007). Prosopagnosia. *Current Biology*, 17, R7–R8.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 223–233.
- Hill, H., & Bruce, V. (1996). Effects of lighting on the perception of facial surfaces. *Journal of Experimental Psychology-human Perception and Performance*, 22, 986–1004.
- Hill, H., Schyns, P. G., & Akamatsu, S. (1997). Information and viewpoint dependence in face recognition. *Cognition*, 62, 201–222.
- İşcan, M. Y., & Helmer, R. P. (1993). *Forensic analysis of the skull: Craniofacial analysis, reconstruction, and identification*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Krogman, W. M., & İşcan, M. Y. (1986). *The human skeleton in forensic medicine* (2nd edn.). Springfield: Charles C Thomas Publisher LTD.
- Lebedinskaya, G.B. (1998). *Rekonstrukcia lica po cerepu* (metodiceskoje rukovodstvo). Moskva: Staryj sad.

Lewandowski, Z. (2015). The influence of changes in size and proportion of selected facial features (eyes, nose, mouth) on assessment of similarity between female faces. *Collegium Antropologicum*, 39, 675–684.

McKelvie, S. J. (1976). The role of eyes and mouth in the memory of a face. *The American Journal of Psychology*, 311–323.

McKone, E., Kanwisher, N., & Duchaine, B. C. (2007). Can generic expertise explain special processing for faces? *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 8–15.

McKone, E., & Yovel, G. (2009). Why does picture-plane inversion sometimes dissociate perception of features and spacing in faces, and sometimes not? Toward a new theory of holistic processing. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 778–797.

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

Quatrehomme, G., Balaguer, T., Staccini, P., & Alunni-Perret, V. (2007). Assessment of the accuracy of three-dimensional manual craniofacial reconstruction: A series of 25 controlled cases. *International Journal of Legal Medicine*, 121, 469–475.

Robinson, T. J., & Stranc, M. F. (1970). The anatomy of the medial canthal ligament. *British Journal of Plastic Surgery*, 23, 1–7.

Rosenstein, T., Talebzadeh, N., & Pogrel, M. A. (2000). Anatomy of the lateral canthal tendon. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 89, 24–28.

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

Sadr, J., Jarudi, I., & Sinha, P. (2003). The role of eyebrows in face recognition. *Perception*, 32, 285–293.

Sforza, C., Grandi, G., Binelli, M., Dolci, C., De Menezes, M., & Ferrario, V. F. (2010). Age- and sex-related changes in three-dimensional lip morphology. *Forensic Science International*, 200, 182–e1.



Sforza, C., Grandi, G., De Menezes, M., Tartaglia, G. M., & Ferrario, V. F. (2011). Age- and sex-related changes in the normal human external nose. *Forensic Science International*, 204, 205–e1.

Sinha, P., Balas, B., Ostrovsky, Y., & Russell, R. (2006). Face recognition by humans: Nineteen results all computer vision researchers should know about. *Proceedings of the IEEE*, 94, 1948–1962.

Starbuck, J. M., & Ward, R. E. (2007). The affect of tissue depth variation on craniofacial reconstructions. *Forensic Science International*, 172, 130–136.

Stephan, C. N. (2002). Position of superciliare in relation to the lateral iris: Testing a suggested facial approximation guideline. *Forensic Science International*, 130, 29–33.

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

Stephan, C. N. (2003). Facial approximation: An evaluation of mouth-width determination. *American Journal of Physical Anthropology*, 121, 48–57.

Stephan, C. N., & Davidson, P. L. (2008). The placement of the human eyeball and canthi in craniofacial identification. *Journal of Forensic Sciences*, 53, 612–619.

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

Stephan, C., & Henneberg, M. (2003). Predicting mouth width from inter-canine width—a 75% rule. *Journal of Forensic Sciences*, 48, 725–727.

Stephan, C. N., Huang, A. J., & Davidson, P. L. (2009). Further evidence on the anatomical placement of the human eyeball for facial approximation and craniofacial superimposition. *Journal of Forensic Sciences*, 54, 267–269.

Stephan, C. N., & Murphy, S. J. (2008). Mouth width prediction in craniofacial identification: Cadaver tests of four recent methods, including two techniques for edentulous skulls. *Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 27, 2–7.

Stewart, T. D. (1983). The points of attachment of the palpebral ligaments: Their use in facial reconstructions on the skull. *Journal of Forensic Science*, 28, 858–863.

Stewart, T. D., & Krogman, W. M. (1962). *The Human Skeleton in Forensic Medicine*. Detroit: Wayne State University Press.

Taylor, K. T. (2000). *Forensic art and illustration*. Boca Raton: CRC Press.

Whitnall, S. (1932). *The anatomy of the human orbit and accessory organs of vision*. New York: Oxford University.

Whitnall, S. E. (1912). *The naso-lacrimal canal: The extent to which it is formed by the maxilla, and the influence of this upon its calibre*. Oxford: Oxford Medical Publications.

Wilkinson, C. (2010). Facial reconstruction—anatomical art or artistic anatomy? *Journal of Anatomy*, 216, 235–250.

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

Wilkinson, C., 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.

Yip, A. W., & Sinha, P. (2002). Contribution of color to face recognition. *Perception*, 31, 995–1003.

Young, A. W., Hay, D. C., McWeeny, K. H., Flude, B. M., & Ellis, A. W. (1985). Matching familiar and unfamiliar faces on internal and external features. *Perception*, 14, 737–746.

Young, A. W., Hellowell, D., & Hay, D. C. (1987). Configurational information in face perception. *Perception*, 16, 747–759.

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.