

Masarykova univerzita
Přírodovědecká fakulta
Ústav antropologie

Morfometrie lidských rtů:
studie sexuálního dimorfismu
Magisterská diplomová práce

Mgr. Bc. Zuzana Kotulanová

Vedoucí práce: doc. RNDr. Miroslav Králík, Ph.D.

Brno
2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto magisterskou diplomovou práci vypracovala samostatně a s použitím literatury uvedené v seznamu literatury.

Poděkování

Můj první dík patří doc. RNDr. Miroslavu Králíkovi, PhD. bez jehož rad, pomoci a obětavosti by tato diplomová práce nevznikla. Dále děkuji Mgr. Josefovi Dudovi a Mgr. Marii Střítecké za souhlas s používáním jejich materiálu a dat v této práci.

Tato práce by také nebyla dokončena bez podpory ze strany mých rodičů a rodiny. Jejich víra v mé schopnosti a projevovaná láska mi dodávaly naději a sílu.

OBSAH

ABSTRAKT.....	7
KLÍČOVÁ SLOVA.....	7
1. ÚVOD A CÍLE PRÁCE	8
2. ANATOMIE A HISTOLOGIE RTŮ	9
2.1. Anatomický popis rtů	9
2.2. Histologická stavba rtů	9
2.3. Svaly kolem šterbiny ústní	10
2.4. Srovnání <i>musculus orbicularis oris</i> člověka a primátů	12
2.5. Philtrum	14
2.6. Vztah rtů a dentoskeletálního podkladu	15
3. ONTOGENETICKÝ RŮST A VÝVOJ RTŮ	17
3.1. Prenatální růst a vývoj rtů a obličeje	17
3.1.1. Homeotické geny a vývoj obličeje.....	18
3.1.2. Hormonální řízení prenatálního růstu a vývoje	19
3.2. Postnatální růst a vývoj rtů a obličeje.....	20
3.2.1. Endokrinní regulace postnatálního růstu a vývoje.....	20
3.2.1.1. <i>Karlbörgův ICP model růstu</i>	21
3.2.1.2. <i>Somatotropní, tyrotropní a kortikotropní hormonální osa</i>	22
3.2.1.3. <i>Gonadotropní osa</i>	23
3.2.1.4. <i>Pohlavní hormony a pohlavně specifické rozložení tukové tkáně</i>	25
3.2.2. Růst a vývoj obličeje	28
3.2.3. Růst a vývoj rtů.....	29
3.2.4. Růst a vývoj chrupu	31
4. SEXUÁLNÍ DIMORFISMUS A VÝBĚR PARTNERA U ČLOVĚKA	33
4.1. Sexuální dimorfismus	33
4.2. Výběr pohlavního partnera u člověka.....	34
4.3. Atraktivita obličeje.....	36
4.4. Propojení atraktivity obličeje a těla	38
4.5. Tvar obličeje a 2D:4D	42
5. METODY HODNOCENÍ RTŮ	45
5.1. Somatoskopie	45
5.2. Antropometrie	45
6. GEOMETRICKÁ MORFOMETRIE.....	50
6.1. Význačné body.....	50
6.1.1. Vymezení význačných bodů	50
6.1.2. Booksteinovy typy význačných bodů	52
6.2. Tvar a prostory tvarových proměnných	52
6.3. Superpoziční metody	54
6.4. Metoda tenkých ohebných plátek	55
6.5. Analýza hlavních komponent a kanonická analýza	56
6.6. Analýza křivek pomocí pomocných bodů	56
7. MATERIÁL A METODY	58
7.1. Materiál.....	58

7.2. Metody geometrické morfometrie	58
7.2.1. Fotografie a výběr vhodných fotografií	58
7.2.2. Věk a tělesné parametry	59
7.2.3. Určení tvaru rtů a obličeje	61
7.2.3.1. <i>Definice význačných bodů a klouzavých pomocných bodů v pohledu en face</i>	61
7.2.3.2. <i>Definice význačných bodů a klouzavých pomocných bodů v pohledu z profilu</i>	65
7.2.3.3. <i>Digitalizace význačných bodů a klouzavých pomocných bodů</i>	67
7.2.3.4. <i>Posouzení vhodnosti použití metod založených na tangenciálním prostoru</i>	67
7.2.3.5. <i>Určení chyby digitalizace</i>	68
7.2.3.6. <i>Superpozice</i>	68
7.2.4. Hodnocení celkové variability a sexuálního dimorfismu tvaru červeně rtů	68
7.2.5. Hodnocení sexuálního dimorfismu tvaru červeně rtů podle věkových kategorií	70
7.2.6. Hodnocení sexuálního dimorfismu velikostí centroidů	71
7.2.7. Souvislost velikosti a tvaru červeně rtů s vybranými tělesnými parametry a indexy	72
7.2.8. Hodnocení sexuálního dimorfismu vybraných poměrů červeně rtů a obličeje	73
7.3. Somatoskopie krajiny rtů a brady	75
7.3.1. Výběr somatoskopických znaků	75
7.3.2. Přehled somatoskopických znaků krajiny rtů a brady	75
7.3.3. Postup somatoskopického hodnocení	80
7.3.4. Zpracování somatoskopického hodnocení	80
7.3.5. Analýza somatoskopického znaku 12 pomocí metod geometrické morfometrie	81
7.4. Použité programové vybavení	81
8. VÝSLEDKY	83
8.1. Posouzení vhodnosti použití metod založených na tangenciálním prostoru	83
8.2. Určení chyby digitalizace	84
8.3. Celková variabilita a sexuální dimorfismus tvaru červeně rtů	84
8.3.1. V pohledu en face	84
8.3.1.1. <i>Celková variabilita tvaru červeně rtů</i>	84
8.3.1.2. <i>Sexuální dimorfismus tvaru červeně rtů</i>	89
8.3.2. V pohledu z profilu	93
8.3.2.1. <i>Celková variabilita tvaru červeně rtů</i>	93
8.3.2.2. <i>Sexuální dimorfismus tvaru červeně rtů</i>	98
8.4. Sexuální dimorfismus tvaru červeně rtů podle věkových kategorií	100
8.4.1. V pohledu en face	100
8.4.4. V pohledu z profilu	101
8.5. Sexuální dimorfismus velikostí centroidů	103
8.5.1. V pohledu en face	103
8.5.2. V pohledu z profilu	104
8.6. Souvislost velikosti červeně rtů a tvaru rtů s vybranými tělesnými parametry a indexy	106
8.6.1. V pohledu en face	106
8.6.2. V pohledu z profilu	107
8.7. Sexuální dimorfismus vybraných poměrů červeně rtů a obličeje	108
8.7.1. Poměr výšky červeně rtů a výšky dolního obličeje	108

8.7.2. Poměr výšky červeně rtů a šířky úst	109
8.8. Výsledky somatoskopické části	111
8.8.1. Výsledky somatoskopického hodnocení	111
8.8.2. Analýza somatoskopického znaku 12 pomocí metod geometrické morfometrie	112
9. DISKUZE	115
9.1. Průběh a chyba digitalizace	115
9.2. Vytváření reálných vizualizací tvaru rtů	115
9.3. Problém asymetrie	116
9.4. Variabilita tvaru červeně rtů	116
9.5. Sexuální dimorfismus tvaru červeně rtů	118
9.6. Sexuální dimorfismus velikostí rtů, obličeje a jejich poměru	119
9.7. Sexuální dimorfismus vybraných poměrů	120
9.8. Vztah velikosti červeně rtů a tvarových proměnných, vybraných tělesných parametrů a indexů	122
9.8.1. V pohledu en face	122
9.8.2. V pohledu z profilu	123
9.9. Somatoskopické hodnocení	124
9.10. Analýza somatoskopického znaku 12 pomocí metod geometrické morfometrie	125
10. ZÁVĚR	126
11. O AUTORCE	127
12. SLOVNÍK DŮLEŽITÝCH JMEN A POJMŮ	128
13. REJSTRÍK	131
14. SEZNAM LITERATURY	133
15. SEZNAM ZKRATEK	141
16. PŘÍLOHY	142

Abstrakt

V práci byl hodnocen sexuální dimorfismus tvaru červeně lidských rtů a jejich velikosti, a to v souvislosti s obličejem, vybranými tělesnými parametry a věkem. Analýza byla provedena na základě archivních barevných fotografií obličejů vzorku českých chlapců a dívek ve věku od 6 do 19 let. Fotografie byly zaznamenány v pohledu en face (188 jedinců) a pohledu z profilu (206 jedinců). Tvar červeně rtů v obou pohledech byl popsán pomocí metod geometrické morfometrie, dalšími použitými metodami byly klasická morfometrie a somatoskopie. Zřetelný sexuální dimorfismus tvaru červeně rtů zjištěn nebyl, tvarová variabilita obou pohlaví se překrývala, nalezeny byly jen tvarové tendence menšího významu. Je možné, že sexuální dimorfismus červeně rtů nespočívá přímo v jejich tvaru, ale v relativní velikosti rtů vůči dolnímu obličejí. U žen (dívek) by mohly menší vertikální rozměry dolního obličejí přispět k vizuálnímu dojmu větších, plnějších rtů. Souvislost tvaru a velikosti rtů s vybranými tělesnými parametry a indexy byla nalezena zejména u těch, které lze vztáhnout k tělesnému tuku (obvod pasu, obvod boků, BMI, WHR), ale jejich interpretace je omezena věkovým charakterem studovaného vzorku.

Klíčová slova

rtý – sexuální dimorfismus – tvar – hormony – atraktivita – geometrická morfometrie – metoda tenkých ohebných plátek – somatoskopie

1. Úvod a cíle práce

Lidský obličej je důležitým vodítkem pro určení pohlaví, věku, etnické příslušnosti, zdravotního, fyziologického nebo psychického stavu člověka. K hodnocení těchto kategorií přispívá i celé tělo a také netělesné znaky (oblečení, šperky aj.), ale obličej se dostává snad nejvíce pozornosti. Prostřednictvím obličeje, ať už vědomě nebo nevědomě, tak člověk o sobě vysílá svému okolí signály, neverbálně komunikuje. K obličejí je vázána i komunikace verbální – zvuky (řeč) jsou sice tvořeny v hrtanu, ale jsou to rty, zuby a jazyk, které jim dávají konečnou podobu a opět tím připoutávají pozornost k obličejí.

Díky své barvě je červeň rtů výrazným prvkem lidského obličeje. Červení se také lišíme od ostatních druhů řádu primátů, neboť jejich rty červeň postrádají, jsou tvořeny jen kožní částí. Proč se u člověka ovšem tento znak vyvinul je zahaleno tajemstvím. Někdy bývá červeň rtů dávána do souvislosti se sexuální komunikací, jelikož při sexuálním vzrušení se nápadně mění intenzita jejího zbarvení. Dále rtům bývá přičítána významná role v atraktivitě obličeje, zejména ženského. Plné rty u žen bývají považovány za atraktivní a vedle dalších parametrů ženského obličeje a těla bývají dávány do souvislosti s vyššími hladinami estrogenů během dospívání dívek. Zároveň jsou plné rty chápány jako znak typický pro ženy, zatímco rty tenké jako znak typický pro muže.

Cílem této diplomové práce je zjistit celkovou variabilitu červeň rtů a zjistit, zda v rámci tvaru červeň rtů existuje sexuální dimorfismus a případně v čem spočívá; dále se pokusit odhalit souvislost velikosti a tvaru červeň rtů s některými tělesnými parametry. K dosažení těchto cílů je použito metod geometrické morfometrie (pro určení tvaru) a částečně i morfometrie klasické (pro určení rozměrů a poměrů). K těmto metodám je přidáno i hodnocení somatoskopické, které lze považovat za metodu tradiční a zároveň metodu, která má blízko k reálnému vnímání a hodnocení vzhledu lidského těla v běžném životě.

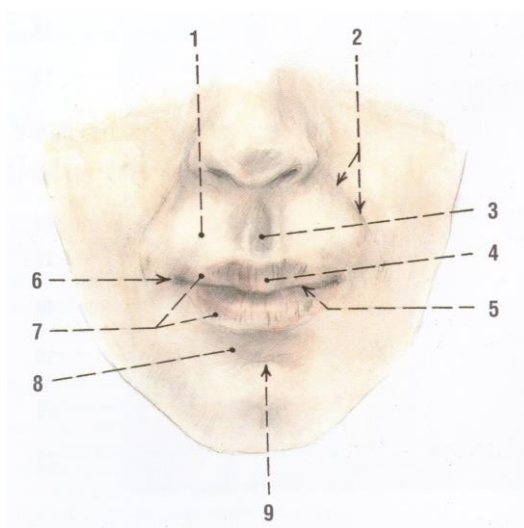
V teoretické části práce je v první kapitole pojednáno o anatomii a histologii rtů. Dvě navazující kapitoly se věnují ontogenetickému růstu a vývoji rtů a roli rtů při výběru partnera u člověka a to s důrazem na odlišnosti mezi pohlavími. Tyto kapitoly jsou pojaty širěji, neboť nelze pominout, že rty jsou součástí komplexnějšího celku (obličeje, těla). Další kapitola se zabývá základními metodami hodnocení lidských rtů a detailněji metodami geometrické morfometrie. Zbylé kapitoly jsou již praktického rázu a jejich členění je klasické: materiál, metody a výsledky. Práce je zakončena diskuzí opírající se o zjištěné výsledky.

2. Anatomie a histologie rtů

2.1. Anatomický popis rtů

Rty (*labia oris*) jsou tvořeny dvěma silnými řasami – horním rtem (*labium superius*) a dolním rtem (*labium inferius*). Svými volnými okraji (kaudálním u horního rtu a kraniálním u rtu dolního) uzavírají horizontální štěrbinu zvanou štěrbina ústní (*rima oris*). Na jejích laterálních okrajích se oba rty stýkají jako koutky ústní (*anguli oris*). Přejít kůže horního a dolního rtu v koutku ústním se také nazývá *commisura labiorum* (Čihák 2002, s. 11).

Horní ret je kraniálně ohraničen dolním okrajem nosu, laterálně šikmo probíhající rýhou nosortovou (*sulcus nasolabialis*). Ve střední rovině se na horním rtu nachází *philtrum* – je to oblá svíslá vkleslina sahající od nosní přepážky k okraji rtu, který je v místě filtra vyzdvižen jako *tuberculum labii superioris*. Dolní ret je kaudálně ohraničen horizontální rýhou bradortovou (*sulcus mentolabialis*) (Čihák 2002, s. 12). Anatomický popis rtů je znázorněn na obrázku 1.



Obr. 1. Anatomický popis rtů. 1 – *labium superius*, 2 – *sulcus nasolabialis*, 3 – *philtrum*, 4 – *tuberculum labii superioris*, 5 – *rima oris*, 6 – *angulus oris*, 7 – červeň rtů, 8 – *labium inferius*, 9 – *sulcus mentolabialis*. Přejato z Čihák 2002, s. 12.

2.2. Histologická stavba rtů

Stavba rtů odpovídá obecné stavbě vrstev trubice trávicí, je tu však rozdíl v tom, že vazivo na zevním povrchu svaloviny je vazivo podkožní a ret je zvenčí krytý kůží. Kůže rtů je kryta mnohvrstevným dlaždicovým rohovatějícím epitelem, obsahuje potní a

mazové žlázy a chlupy. Červeně zbarvená oblast při volném okraji rtů je přechodem mezi povrchovou kůží a vnitřní sliznicí rtů. Bývá nazývána jako *červeň rtů* nebo *přechodná zóna rtů*.¹ Na povrchu je kryta velmi tenkou kůží neobsahující pigment, a proto je průsvitná. Díky tomu, že v oblasti červeně rtů jsou ve škáře četné vysoké vazivové papily, jimiž probíhají krevní kapiláry, získává tato část těla červené zbarvení. Dále se zde vyskytují drobné mazové žlázy, ale ne chlupy a potní žlázy. Svalovou vrstvu rtů tvoří především *musculus orbicularis oris* a dále svalová vlákna svalů do něj připojených (Čihák 2002, s. 12; Malínský 1995, s. 36). Pod vrstvou svalových vláken se nachází tuková vrstva, a to u horního i dolního rtu. Tato hluboká vrstva podkožního tuku se nachází jak v oblasti kožního rtu, tak v oblasti červeně (Rohrich, Pessa 2009, s. 267-269). Vnitřní strana rtů (obrácená do dutiny ústní) – sliznice rtů – je kryta nerohovatějším vrstevnatým dlaždicovým epitelem. Podslizniční vazivo obsahuje malé slinné žlázy – *glandulae labiales* (Čihák 2002, s. 12).

2.3. Svaly kolem štěrbiny ústní

Svaly kolem štěrbiny ústní jsou jedním z funkčních celků svalů mimických (*musculi faciei*). Svaly mimické jsou stejně jako svaly žvýkácí (*musculi masticatorii*) spojeny s kostmi splanchnokrania a řadí se do vyššího celku svalů hlavy (*musculi capitis*). Dalšími funkčními celky svalů mimických jsou svaly kolem štěrbiny očních víček, svaly na nose, svaly na klenbě lebeční, svaly boltce ušního a hluboká vrstva mimického svalstva – *musculus buccinator*. Svaly mimické leží většinou poměrně povrchově, začínají na kostech nebo na vazivových okrajích jiných mimických svalů a upínají se do kůže. Kontrakcí těchto svalů se mění kožní vrásky a rýhy na obličeji, mění se poloha a tvar štěrbiny ústní a štěrbin očních. Svou činností tak určují výraz obličeje (Čihák 2001, s. 376).

Do skupiny svalů kolem štěrbiny ústní patří jednak *musculus orbicularis oris* a jednak svaly, které se do něj paprscitě připojují. Tyto svaly jsou vyobrazeny na obrázku 2.

Musculus orbicularis oris (kruhový sval ústní) obkružuje štěrbinu ústní. Tvoří pohyblivou výplň rtů a je spoluurčujícím faktorem jejich tvaru (Čihák 2001, s. 376). Tento sval je v porovnání s ostatními mimickými svaly méně prozkoumaný. Jedná se totiž o sval komplexní, zkoumání jeho přesné (mikro)anatomie je komplikováno tím, že do něj ze stran vzařují svalová vlákna jiných mimických svalů (Namnoun *et al.* 1997, s. 205; Rogers *et al.* 2009, s. 37). Obvykle bývá uváděno, že je složen ze čtyř úseků vláken, která se napojují do

¹ Rty jsou tedy rozděleny na dvě základní části: červeň rtů a kožní část rtů.

kruhu. Na svalu bývají rozlišovány dvě části: *pars marginalis*, která je podkladem červeně rtů, a *pars peripheralis* – vnější část, která je při kostech.² Za hranici mezi nimi je považována hranice mezi kožní částí rtu a červení. Zapojení těchto částí vytváří jiný typ pohybu: při mírné kontrakci s převahou *pars marginalis* dochází ke svírání rtů, při silnější kontrakci s větší účastí *pars peripheralis* jsou rty vysunovány dopředu. Laterálně od koutku úst je v okraji *musculus orbicularis oris* šlachový a vazivový uzel nazývaný *modiolus*, který je místem úponu některých svalů souvisejících se rty (Čihák 2001, s. 377-378; Rogers *et al.* 2009, s. 37).

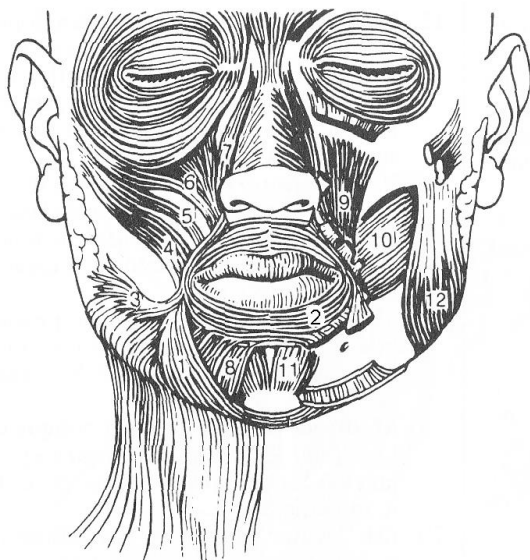
Shora a z laterální strany se do *musculus orbicularis oris* připojují v mediolaterálním sledu tyto svaly: *musculus levator labii superioris* (od okraje očnice), *musculus zygomaticus minor* (od kosti lící do *sulcus nasolabialis*), *musculus zygomaticus major* (začíná laterálně od předešlého a upíná se do koutku úst), *musculus levator anguli oris* (od přední plochy horní čelisti do *modiolu*) a *musculus risorius* (z laterální strany od *fascia masseterica* k *modiolu*). Funkcí těchto svalů je zvedání horního rtu a rozšiřování úst laterálním směrem (Čihák 2001, s. 378).

Zdola se do *musculus orbicularis oris* postupně od koutku úst k mediánní rovině připojují: *musculus depressor anguli oris* (od okraje dolní čelisti k *modiolu*) a *musculus depressor labii inferioris* (od okraje dolní čelisti do *musculus orbicularis oris* a kůže dolního rtu). Při jejich kontrakci dochází k stáhnutí koutku úst a dolního rtu (Čihák 2001, s. 378).

Do kůže dolního rtu se ještě upíná *musculus mentalis*, který začíná při mediánní rovině na dolní čelisti. Tento sval vtauje kožní *sulcus mentolabialis* (Čihák 2001, s. 378).

S *musculus orbicularis oris* je ještě spřízněn jeden sval – *musculus buccinator*, což je sval obdélníkovitého tvaru tvořící svalový podklad tváří. Tento sval začíná na *raphe pterygomandibularis* a na zevních plochách alveolárních výběžků horní a dolní čelisti, upíná se do *modiolu* a vlákny vzařuje i do samotného *musculus orbicularis oris* (Čihák 2001, s. 379).

² Takto jsou tyto části označovány v anglicky psané literatuře (např. Rogers *et al.* 2009). Čihák (2001, s. 376) označuje část *pars marginalis* jako *pars labialis* a část *pars peripheralis* jako *pars marginalis*.



Obr. 2. Mimické svaly kolem štěrbiny ústní:
 1 – *musculus depressor anguli oris*
 2 – *musculus orbicularis oris*
 3 – *musculus risorius*
 4 – *musculus zygomaticus major*
 5 – *musculus zygomaticus minor*
 6 – *musculus levator labii superioris*
 7 – *musculus levator labii superioris alaeque nasi*
 8 – *musculus depressor labii inferioris*
 9 – *musculus levator anguli oris*
 10 – *musculus buccinator*
 11 – *musculus mentalis*
 Převzato (a upraveno) z Feneis 1996, s. 81.

2.4. Srovnání *musculus orbicularis oris* člověka a primátů

Z fylogenetického hlediska je červeň rtů důležitější než jejich kožní část. Červeň ve své velikosti, tvaru a barvě představuje charakteristický znak pro homininy. Jen u šimpanzů se dají nalézt náznaky tenké červeně (Martin 1956, s. 2045). Lidské rty jsou totiž oproti jiným primátům při volném okraji jakoby „ohrnuté“. Duckworth (1910, s. 349-351) měl za to, že na tomto ohrnutí se podílí uspořádání svalových vláken ve rtu. Vycházel z výsledků provedeného zkoumání uspořádání svalových vláken na sagitálním průřezu rtů u několika druhů primátů. U člověka (a to již v prenatalním vývoji) a v omezené míře u šimpanze zjistil, že svalová vlákna při volném okraji rtů jsou ohnutá. U orangutana (*Pongo*) a gorily (*Gorilla gorilla*) našel již jen náznak tohoto ohnutí, u nártouna celebeského (*Tarsius spectrum*) se ohnutí nenacházelo vůbec a navíc se tento druh odlišoval i větším podílem mazových žláz. Pozorovaná zahnutá vlákna podle něj mohla pocházet z úponu *musculus buccinator* do *musculus orbicularis oris*.

Musculus orbicularis oris je společný mnoha primátům (viz Diogo *et al.* 2009, s. 302), na anatomické a mikroanatomické úrovni se ovšem dají nalézt rozdíly. Rogers *et al.* (2009) provedli mikroanatomickou studii, jejímž cílem bylo srovnat svalová vlákna *musculus orbicularis oris* člověka a šimpanze (*Pan troglodytes*) v oblasti horního rtu vymezené nosními křídly. Řezy byly vedeny příčně, kolmo na pokožku rtu. Bylo zjištěno, že u člověka i šimpanze jsou odlišeny již zmíněné dva soubory vláken – *pars marginalis* a *pars peripheralis*. Hustota svalových vláken je u obou druhů větší v *pars peripheralis*, u šimpanze je v obou částech hustota větší než u člověka. Svalová vlákna probíhají ve třech základních směrech – podélném, příčném a šikmém. U člověka jsou příčná vlákna častější

v *pars peripheralis*, podélná vlákna jsou rovnoměrně rozmístěna v obou částech. U šimpanze oproti člověku se příčná vlákna hojněji vyskytují v *pars marginalis*, podélná a šikmá vlákna jsou častější v *pars peripheralis*, ale *pars marginalis* obsahuje také husté svazky podélných vláken. *Pars peripheralis* byla u šimpanze typicky charakterizována hustými svazky vláken se zhruba stejným podílem podélných a příčných vláken (Rogers *et al.* 2009, s. 38-40). U makaka rhesus (*Macaca mulatta*) není rozdělení *musculus orbicularis oris* na dva segmenty tak jasné a pravidelné, u komby Garnettovy (*Otolemur Garnetti*) oddělení není ani naznačeno (Docherty *et al.* 2008, cit. Rogers *et al.* 2009, s. 41). Výskyt dvou odlišných segmentů vláken u člověka a šimpanze oproti některým dalším primátům by mohl naznačovat, že toto uspořádání se vyvinulo relativně nedávno a je znakem odvozeným (Rogers *et al.* 2009, s. 41).

Rogers *et al.* (2009, s. 40-41) srovnávali ještě další parametry. Svalová vlákna šimpanzů měla větší průměr než u člověka (přibližně třikrát), šimpanzi měli statisticky významně menší poměr plochy příčného řezu pojivovou tkání k ploše příčného řezu svalovou tkání než člověk. To naznačuje, že šimpanzi by mohli disponovat větší svalovou silou *musculus orbicularis oris*. Kromě toho bylo také zjištěno, že člověk má tlustší vrstvu škáry.

Rogers *et al.* (2009, s. 41-42) se snažili přijít na evoluční důvody rozdílnosti *musculus orbicularis oris* u člověka a šimpanze. U obou druhů mají rty stejné funkce – jsou prostředkem mimické a vokální komunikace, uplatňují se při příjmu potravy. Usoudili, že u rtů člověka a šimpanze došlo k evolučnímu odchýlení. Lidské rty se zdají být specializované na unikátní hlasovou komunikaci, při níž ani tak není potřeba velké svalové síly *musculus orbicularis oris* jako spíše schopnosti provádět jemné, drobné pohyby při vytváření retních souhlásek (b, m, p, v, f). Zároveň mohou rty u člověka sloužit jako vizuální prostředek upoutání pozornosti nebo signalizace (při řeči a při posuzování atraktivity). K tomu přispívá silnější vrstva škáry u člověka, která se podílí na vytvoření plnosti rtů. Rty šimpanze jsou asi specializované na uchopování a speciální způsob konzumace ovoce, který spočívá v tom, že celé ovoce je dáno do úst a pomocí rtů je mačkáno o dolní řezáky, čímž je získána šťáva a dřev (anglicky je tento způsob označován jako *wadging*). Autoři této studie nakonec konstatují, že k úplnějšímu porozumění funkce a evolučního vývoje funkce *musculus orbicularis oris* (a rtů) by ale bylo potřeba provést srovnání u více živočišných druhů, dále se zaměřit na histochemické vlastnosti tohoto svalu a na *nervus facialis*, kterým je inervován.

2.5. Philtrum

Horní ret člověka je unikátní ještě z jednoho důvodu – tím, že je na něm vytvořeno *philtrum*³ a horní hranice červeně horního rtu je členěná, neboť v jejím středu je prohlubeň (tzv. Kupidův luk, *Cupid's bow*). Filtrum je laterálně ohraničeno hřebeny. Neexistuje však jednotný názor na to, čím jsou tyto hřebeny podmíněny.

Jednou z hypotéz je, že hřebeny jsou podmíněny úpony *musculus orbicularis oris* do kůže laterálně od filtra. Vlákná tohoto svalu se podle této hypotézy z obou stran přibližují ke střední čáře, kříží se a kontralaterálně se upínají do kůže rtu. V oblasti mezi hřebeny filtra se úpony svalů nevyskytují. Vrcholy Kupidova luku jsou zvedány úponem mediálních svalových vláken *musculus levator labii superioris*. Svalová vlákna tohoto svalu se dále ještě upínají v oblasti dolní třetiny hřebenů filtra, čímž přispívají k jejich vyzvednutí, a dále se ještě upínají do horního okraje červeně horního rtu, čímž přispívají k formování Kupidova luku (Latham, Deaton 1976, s. 152-160). Hřebeny filtra se v embryonálním vývoji objevují ve 14. týdnu, tedy asi o šest týdnů později než jsou vytvořeny základy rtů. Základy *musculus orbicularis oris* se objevují v 11. týdnu, což tedy není v rozporu s tím, že vývoj hřebenů s nimi mohl být spojen (Martin, Jones, Benirschke 1996, s. 119). Výše popsaná křížící se svalová vlákna *musculus orbicularis oris* jsou podle jedné studie rozpoznatelná již ve 14. týdnu (Latham, Deaton 1976, s. 152), podle druhé až v 16. týdnu (Martin, Jones, Benirschke 1996, s. 119); rozdíl je pravděpodobně způsoben použitými metodami zkoumání, které v prvním případě umožňují podrobnější pohled na svalová vlákna. Zjištěním podporujícím významnou roli *musculus orbicularis oris* pro vznik hřebenů filtra je to, že u jedinců, kteří tyto hřebeny vyvinuté nemají, k takovému křížení nedochází. Příkladem jsou lidské plody postižené fetálním alkoholovým syndromem nebo makak jávský (*Macaca fascicularis*) (Martin, Jones, Benirschke 1996, s. 118).

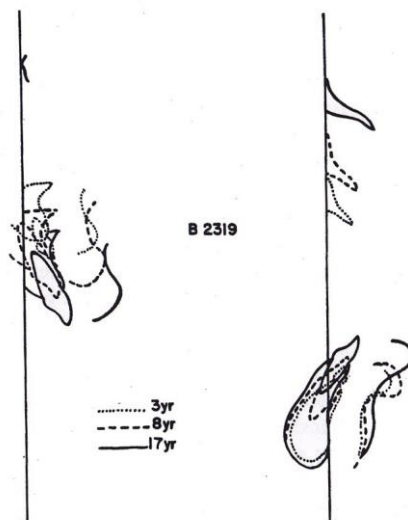
Ve studii Namnoun *et al.* (1997) je ale role *musculus orbicularis oris* při formování hřebenů filtra popírána. V této práci byl vytvořen trojrozměrný model filtra z digitalizovaných obrázků sériových příčných řezů filtrem. Materiálem zkoumání byla filtra potracených lidských plodů z třetího trimestru těhotenství. Podle autorů lze v oblasti filtra rozeznat tři histologicky jasně odlišené zóny. První zóna se nachází na rozhraní mezi tkání filtra a nosního septa, kde se vyskytují četné žlázy, deriváty epidermis a pojivová tkáň. Převládajícími svalovými vlákny jsou vlákna začínající na horní čelisti a upínající se

³ Dále jako filtrum.

laterálně od hřebenů filtra; tato vlákna pravděpodobně pocházejí převážně ze svalů *musculus levator labii superioris alaeque nasi*, *musculus levator labii superioris* a *musculus zygomaticus minor*. Druhá zóna kaudálně ohraničená začátkem červeně horního rtu byla charakterizována ztluštělou škárkou, zejména v oblasti hřebenů filtra, svalová vlákna vypadala podobně jako v první zóně. Křížení svalových vláken přes střední čáru bylo zaznamenáno jen ojediněle. Zóna třetí nacházející se na hranici kožní části rtu a červeně se po histologické stránce dramaticky odlišovala od předchozích zón. Chyběly zde nápadné žlázy, deriváty epidermis a pojivová tkáň. Zato se zde nacházela svalová vlákna začínající laterálně, křížící se ve střední rovině a upínající se do škóry, množství vláken se zvyšovalo kaudálním směrem. Tato křížící se svalová vlákna se vyskytovala až v oblasti kaudálně od konce hřebenů filtra a Kupidova luku – tedy v oblasti červeně rtu. Vlákna pocházela pravděpodobně z *musculus orbicularis oris* (pars marginalis). Závěr ze studie autorů Namnoun *et al.* (1997, s. 207-208) je tedy takový, že filtrum je převážně tvořeno ztluštělou škárkou a hojnými deriváty epidermis a ne svalovými vlákny, i když je připouštěno, že k jeho vzhledu mohou přispívat i svalová vlákna výše zmíněných zvedáčů rtů. Minimální vliv svalových vláken na vytvoření „normálně“ vypadajícího filtra je podpořen i tím, že při jednostranném rozštěpu rtu je filtrum vytvořeno, ačkoliv mimické svalstvo je poškozené.

2.6. Vztah rtů a dentoskeletálního podkladu

Rty jsou v kontaktu s tvrdými tkáněmi obličeje, konkrétně se zuby a alveolárními výběžky čelistí. Ukazuje se, že některé z těchto tvrdých tkání mají vliv na pozici rtů. Tento vliv se projevuje zejména na profilu rtů. Pozice rtů je ovlivněna anteroposteriorní pozicí horních a dolních řezáků (mj. např. předkusem), na horní ret má ještě vliv úhel „nasazení“ horních řezáků, u dolního rtu úhel dolních řezáků takový vliv nemá (Saxby, Freer 1985, s. 152). Subtelny (1959, s. 503) přisuzuje významný vliv i dolním řezákům, konkrétní příklad je znázorněn na obrázku 3.



Obr. 3. Superponované obrysy horních a dolních řezáků se rty stejného jedince ve třech různých letech (3, 8 a 17 let). Se zvětšující se protruzí zubů se zvětšuje i protruze rtů. Převzato ze Subtelny (1959, s. 503).

3. Ontogenetický růst a vývoj rtů

Tato kapitola se zabývá ontogenetickým růstem a vývojem rtů, a to od prenatálního období po práh dospělosti. Růst a vývoj rtů je zasazen do kontextu růstu a vývoje obličeje a celkového somatického růstu, s důrazem na hormonální působení a rozdíly mezi pohlavími.

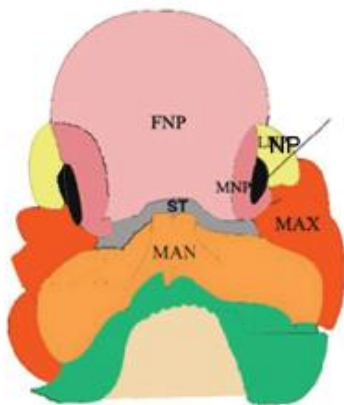
3.1. Prenatální růst a vývoj rtů a obličeje

K formaci hlavy a krku významně přispívá tzv. faryngový (žaberní) aparát, který se sestává z faryngových oblouků, faryngových výchlípek, faryngových štěrbin a faryngových membrán. Vývoj faryngových oblouků začíná počátkem 4. týdne embryonálního vývoje migrací buněk neurální lišty do budoucí krční a hlavové oblasti. Koncem 4. týdne jsou pohledem snadno rozeznatelné čtyři páry faryngových oblouků; pátý a šestý pár jsou rudimentární. Mezi těmito oblouky jsou vklesliny – faryngové vklesliny. Zásadní roli ve vývoji obličeje hraje první faryngový oblouk (mandibulární). Ten vytváří dva výběžky: maxilární, jenž dává vznik maxile, kosti jařmové a šupině kosti spánkové, a dále výběžek mandibulární, ze kterého vzniká mandibula (Moore, Persaud 2002, s. 216-219; Malínský 1995, s. 7).

Vývoj obličeje se odehrává především mezi 4. a 8. týdnem prenatálního vývoje. Koncem embryonální periody má obličej nezpochybnitelnou lidskou podobu, proporce se však dále vyvíjejí během fetálního období (Moore, Persaud 2002, s. 236). Základ obličeje se tvoří kolem široké primitivní ústní jamky – *stomodea*. Stomodeum je ohraničeno pěti mezenchymovými výběžky, a tak má pětiúhelníkový tvar. Kraniální okraj je tvořen velkým zaobleným valem – frontonasálním výběžkem, laterální okraje jsou tvořeny maxilárními výběžky a kaudální okraj je tvořen dvěma mandibulárními výběžky. Na laterálních částech frontonasálního výběžku dochází ztlušťováním ektodermu ke vzniku dvou oválných útvarů – čichových plakod. Mezenchym po obvodu plakod prolifерuje a vytváří podkovovité valy, z laterální strany tak plakody ohraničují laterální nosní výběžek (*processus nasalis lateralis*) a z mediální strany mediální nosní výběžek (*processus nasalis medialis*). Čichové plakody se tak ocitají na dně prohlubní – čichových jamek, které představují základ nostril a nosních dutin. Mezi mediálními valy zůstává nepárová část původního frontonasálního výběžku, tzv. *area triangularis*. Z této oblasti vzniká později kořen a část hřbetu nosu. Z kraniální části frontonasálního výběžku vzniká čelo (Malínský 1995, s. 8-

10; Moore, Persaud 2002, s. 236, 239). Schematické znázornění prenatálního vzhledu obličeje je na obrázku 4.

Mandibulární výběžky se spojují v mediální rovině již během 5. týdne a vyvíjí se z nich dolní ret a mandibula. V 5. týdnu také dochází ke zvětšování maxilárních výběžků, přibližují se jednak ke střední čáře, jednak k nosním výběžkům. Mediální posun maxilárních výběžků přiblíží mediální nasální výběžky k sobě navzájem a ke střední čáře. Laterální nosní výběžky zatím od maxilárních výběžků zůstávají odděleny štěrbinou – nasolakrimální rýhou (*sulcus nasolacimalis*). Ke splývání dochází koncem 6. týdne; propojeny jsou tak postranní části nosu, tvořené laterálními nosními výběžky, s tváří, která vzniká z maxilárních výběžků. Mezi 7. a 10. týdnem splývají mediální nasální výběžky mezi sebou i s okolními výběžky maxilárními a laterálními nosními. Fúzí mediálních nasálních výběžků vzniká tzv. *intermaxilární segment*, z něj se vytváří střední část horního rtu (filtrum), premaxilární část maxily s příslušným úsekem dásně a primární patro. Postranní části horního rtu, větší část horní čelisti a sekundární patro se vyvíjejí z maxilárních výběžků. Primitivní rty a tváře jsou osídleny mezenchymem druhého páru žaberních oblouků, jenž se diferencuje v mimické svaly. Svaly žvýkací vznikají z mezenchymu prvního páru žaberních oblouků (Moore, Persaud 2002, s. 239-242).



Obr. 4. Schematické znázornění prenatální podoby lidského obličeje u 37 denního embrya. Zkratky: FNP – frontonasální výběžek, ST – stomodeum, MAN – mandibulární výběžky, MAX – maxilární výběžky, MNP – mediální nasální výběžky, LNP – laterální nasální výběžky. Převzato z Alappat, Zhang, Chen (2003, s. 430).

3.1.1. Homeotické geny a vývoj obličeje

Kraniofaciální morfologie se vyvíjí pod vlivem komplexních interakcí mezi embryonálními tkáněmi a vyžaduje přesné řízení buněčného pohybu, buněčného růstu a diferenciací tkání. Na těchto procesech se podílí mnoho genů, např. geny kódující transkripční faktory, růstové faktory nebo receptory. Zásadní roli v kraniofaciálním vývoji

hrají geny Msx homeotické genové rodiny (Alappat, Zhang, Chen 2003, s. 429). Homeotické geny jsou souborem genů, které jsou zodpovědné za základní segmentaci mnohobuněčných živočichů. Produkují proteiny přímo či nepřímo kontrolující transkripci dalších genů. Každý z homeotických genů obsahuje vysoce konzervativní sekvenci – *homeobox*. Tato sekvence kóduje 60 aminokyselin dlouhou oblast proteinu – *homeodoménu*, prostřednictvím které se protein váže na molekulu DNA. Právě tato specifická vazba umožňuje regulaci exprese jiných genů (Macholán 2009, s. 1316). Msx geny byly izolovány u mnoha obratlovců včetně člověka. Savčí Msx genová rodina se sestává ze tří fyzicky oddělených genů: Msx1, Msx2 a Msx 3. Geny Msx1 a Msx2 jsou důležité především pro vývoj oblastí, kde dochází k epitel-mezenchymálním interakcím (Alappat, Zhang, Chen 2003, s. 429). Tyto dva geny jsou důležité nejen při kraniofaciálním vývoji, ale i při vývoji končetin. Způsob exprese genů v zárodku obličeje je nápadně podobný expresi v zárodku končetin. Dalo by se tedy předpokládat, že homeotické geny Msx1 a Msx2 hrají ve vývoji obličeje i končetin podobnou roli a že exprese genů je řízena podobnými mechanismy. Experimenty provedené na mezenchymální tkáni obličejových a končetinových základů u myších a kuřecích embryí ale ukazují, že alespoň v případě genu Msx1 existují buď kvantitativní nebo kvalitativní rozdíly v místních signalizačních systémech nebo o vývoji rozhodují ještě další faktory (Brown *et al.* 1993, s. 41).

3.1.2. Hormonální řízení prenatálního růstu a vývoje

O hormonálním řízení prenatálního růstu a vývoje je toho známo mnohem méně než o řízení růstu postnatálního. Poznatky se mnohdy odvozují ze zvířecích modelů. Hormony působící na plod pocházejí ze tří zdrojů: z matky, placenty a plodu samotného. Hlavní řízení růstu je řízeno osou glukóza – inzulin – IGF-I (Sedlak, Bláha 2007a, s. 217). Glukóza je transportována placentou, její hladina řídí produkci inzulinu, který zase ovlivňuje produkci insulínu podobnému růstovému faktoru (*insulin-growth like factor*, IGF) v játrech a jiných tkáních plodu. V prvních třech měsících se na růstu uplatňuje především IGF typu II (IGF-II), ve zbytku prenatálního období IGF typu I (IGF-I) (Gluckman, Pinal 2003, s. 1742S). Spolu s tímto růstovým faktorem se na růstu podílejí další faktory, např. fibroblastické růstové faktory, epidermální růstový faktor nebo hemopoetický růstový faktor. Jejich účinek se projevuje ve stimulaci, proliferaci a diferenciaci tkání. Růstový hormon (*growth hormone*, GH), který je hlavním hormonem řídícím postnatální růst, je u plodu vytvářen již 12. týden. Jeho hladiny v druhém trimestru jsou několikrát vyšší než v postnatálním období (Sedlak, Bláha 2007a, s. 217). Zatímco

v postnatálním období řídí růstový hormon růst těla do délky (viz dále), v prenatalním období tento vliv nevykazuje a řídí pravděpodobně diferenciaci tkání, např. lipogenezi, angiogenezi (Waters, Kaye 2002, s. 143).

Pohlavní hormon testosteron je u chlapců produkován v Leydigových buňkách pravděpodobně již od 6.-7. týdne prenatalního života. Obvykle se uvádí, že jeho sekrece je regulována lidským choriovým gonadotropinem pocházejícím z placenty, není to však zcela vyjasněné. Produkce testosteronu je nejvyšší ve 14. - 16. týdnu, pak klesá (Svechnikov, Söder 2008, s. 97-98). U dívek začne být estrogen produkován ve vaječnicích asi o dva týdny později než testosteron u chlapců ve varlatech. Hlavním zdrojem estrogenu u obou pohlaví je ale placenta (Svechnikov, Söder 2008, s. 102).

3.2. Postnatální růst a vývoj rtů a obličeje

Lebka lidského novorozence je od lebky dospělého člověka proporčně odlišná. Neurokranium je poměrně velké a má zakulacený tvar a dominuje nad malým obličejem s bezzubými čelistmi. Neurokranium a oční dutiny se, jakožto schránky pro mozek a oči, vyvíjejí a rostou dle obecného růstového vzoru nervové tkáně. Rostou tedy rychle v časném dětství, poté je jejich růst zpomalen. Hlavní část lidského obličeje je spojena s dýchacím a trávicím traktem, růst odpovídá obecnému vzoru somatického růstu – v dětství roste, ale k výraznému zrychlení dochází v období puberty, k ukončení dochází v časně dospělosti (Shea 1998, s. 206). Toto je ovšem jen velmi obecný náhled na věc. Ve skutečnosti mají různé části lidského obličeje trochu odlišné načasování a tempo růstu a ani růst kostí a měkkých tkání obličeje si zcela neodpovídá.

3.2.1. Endokrinní regulace postnatálního růstu a vývoje

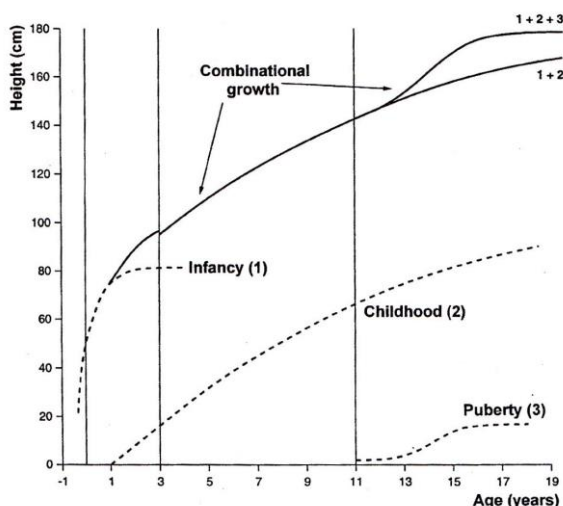
Velikost růstu je závislá na faktorech genetických, environmentálních a endokrinních. Do environmentálních faktorů se řadí výživa, klima, nadmořská výška, stupeň urbanizace, socioekonomický statut, zdravotní stav a psychosociální faktory. Endokrinní vlivy navzájem propojují genetické a environmentální vlivy a jsou oběma ovlivňovány. Hormony jsou sice vytvářeny na základě genetického kódu v DNA, ale jejich hladiny jsou řízeny mnoha zpětnými vazbami a podléhají také zevním vlivům (Šmahel 2001, s. 79).

Na postnatálním růstu těla se podílí čtyři kaskády hormonů, které se obvykle nazývají jako: osa somatotropní (nebo též osa růstový hormon – IGF-I), tyrotropní,

kortikotropní a gonadotropní (Šmahel 2001, s. 80). Zatímco pro růst je nejdůležitější somatotropní osa, pro vznik rozdílů mezi pohlavími je nejdůležitější osa gonadotropní.

3.2.1.1. Karlbergův ICP model růstu

Hormonální působení v postnatálním růstu a vývoji je nejlépe vyjádřené v *Karlbergově ICP modelu růstu*. Tento model je založen na matematické analýze individuálních růstových křivek. Je rozdělen na tři odlišné, aditivní a částečně se překrývající období, která odpovídají třem hlavním složkám růstu. Podle počátečních písmen těchto složek růstu je i model pojmenován – pod I se skrývá infantilní komponenta růstu (*infantile component*), pod C dětská komponenta růstu (*childhood component*) a pod P pubertální komponenta (*pubertal component*) (Sedlak, Bláha 2007b, s. 219). Grafické znázornění ICP modelu růstu je na obrázku 5.



Obr. 5. Karlbergův ICP model růstu. Na ose x je věk v letech, na ose y výška postavy v centimetrech. Čárkované křivky představují jednotlivé komponenty, plná čára kombinovanou růstovou křivku. Převzato z Karlberg (1987), cit. Sedlak, Bláha 2007b, s. 219.

Infantilní komponenta působí v prvních třech až čtyřech letech postnatálního života a přímo navazuje na intrauterinní růst. Hlavním regulátorem růstu v tomto období je IGF-I spolu s vysokými hladinami fetálních hormonů přetrvávajících z prenatálního období. Dětská komponenta růstu začíná být aktivní již před dovršením prvního roku života (u chlapců v průměru v 9. měsíci, u dívek v průměru o měsíc dříve) a působí až do začátku puberty. V tomto období je hlavním regulátorem růstu osa somatotropní, růstový hormon stimuluje parakrinní a autokrinní produkci IGF-I v epifizálních růstových chrupavkách. Výsledkem je proliferace chondrocytů, následná mineralizace a remodelace kostní tkáně

v oblasti epifyzálních růstových zón. Pubertální komponenta představuje růst přidaný k dětské komponentě, projevuje se růstovým zrychlením – tzv. *pubertálním růstovým spurtem*. Řízení růstu je určováno především osou somatotropní stejně jako v případě dětského období, ovšem přidává se tu vliv obnovené sekrece pohlavních hormonů (testosteronu, estrogenů), které zesilují působení této osy a zároveň působí i přímo na růstovou chrupavku. Stimulují proliferaci a diferenciaci buněk kostní tkáně a zrychlují lineární růst kostí dlouhého typu. Nakonec pod jejich vlivem dochází k uzavírání epifyzálních růstových štěrbin. Počátek pubertálního období vykazuje velkou mezipohlavní a interindividuální variabilitu. U české populace začíná v průměru ve věku 12,5 roku u chlapců a 10,5 roku u dívek, trvá 4-5 let (Sedlak, Bláha 2007b, s. 219-220).

3.2.1.2. Somatotropní, tyrotropní a kortikotropní hormonální osa

Somatotropní osa je tvořena růstovým hormonem a růstovými faktory označovanými jako IGF, z nichž se v postnatálním růstu uplatňuje zejména faktor IGF-I (Šmahel 2001, s. 81). Růstový hormon (*growth hormone*, GH) je hlavním hormonem postnatálního růstu. Tento hormon je produkován v předním laloku hypofýzy a stimuluje proliferaci buněk, jejich diferenciaci a proteosyntézu. Sekrece a uvolňování GH je stimulováno GHRH (*growth-hormone releasing hormone*) a inhibováno somatostatinem (SMS). Růstový hormon je uvolňován v pulzech. Nejdůležitější roli při sekreci GH hraje spánek, ve spánku je vylučováno zhruba 70% celkového denního množství tohoto hormonu. Sekrece GH je ovlivňována také výživou (při hladovění se sekrece zvyšuje), dále je zvyšována námahou, značným stresem, hypoglykemií a některými jinými hormony, např. estrogeny. Kvantita sekrece se mění s věkem – zatímco v dětství je zhruba na stejné úrovni jako v časně dospělosti, výrazného nárůstu dosáhne v pubertě (Sedlak, Bláha 2007b, s. 220-222).

Růstový faktor IGF-I je produkován játry, ale také je autokrinně vytvářen v proliferační zóně růstové chrupavky. Ovlivňuje proliferaci a diferenciaci chondrocytů, kostní tkáně a dalších tkání. Jeho sekrece je řízena růstovým hormonem (na základě negativní zpětné vazby), výživou a imunitním systémem. V období puberty hladina IGF-I výrazně stoupá díky vlivu pohlavních hormonů, poté jeho hladina pomalu klesá (Sedlak, Bláha 2007b, s. 223-226).

Pro normální funkci snad všech tkání lidského organismu jsou také důležité hormony štítné žlázy (tetrajodthyronin, trijodthyronin), které patří do osy tyrotropní. Mezi jejich nejdůležitější účinky patří řízení metabolismu sacharidů a lipidů, diferenciaci a

maturace tkání a vůbec komplexní ovlivňování růstu a biologického zrání (Sedlak, Bláha 2007b, s. 226-228).

Do osy kortikotropní patří hormony glukokortikoidy, které na růst působí inhibičně, proto jejich nadbytek omezuje formování kostí. Dalšími hormony této osy adrenální androgeny z kůry nadledvin, jejichž sekrece je nápadně zvýšená mezi 6-7 rokem. Důsledkem je krátké zrychlení růstu označované jako *mid-growth-spurt* nebo též jako *adrenarche* (Sedlak, Bláha 2007b, s. 226-228).

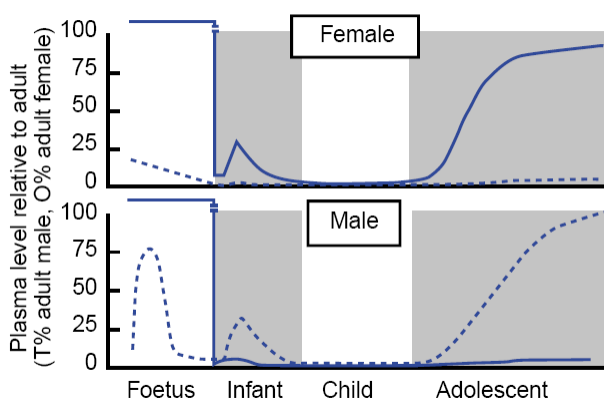
3.2.1.3. Gonadotropní osa

Do gonadotropní osy patří pohlavní hormony – testosteron a estrogeny. Tato osa je řízena hypotalamickým hormonem gonadoliberinem, který stimuluje dva hormony adenohypofýzy – folikuly stimulující hormon (FSH) a luteinizační hormon (LH). Oba hormony, souhrnně nazývané jako gonadotropní, působí na pohlavní žlázy. U chlapců působí na varlata, kde LH vyvolává tvorbu testosteronu (obecně androgenů), a u dívek na vaječníky, kde vyvolávají produkci estrogenů (Šmahel 2001, s. 83). Hladina gonadotropních hormonů vzrůstá ihned po narození, vyrovnává se tak tím přerušení působení placentálních hormonů. Vzrůst hladin je vyšší u dívek než u chlapců. Hladiny gonadotropních a tím i pohlavních hormonů dosahují vrcholu ve 3. měsíci, poté klesají. Celé období dětství je charakterizováno velmi nízkými hladinami pohlavních hormonů, ke změně dochází až počátkem puberty (Sedlak, Bláha 2007b, s. 228). Počátek puberty je spojen s maturací limbického systému mozku. Tak je nastartována osa hypothalamus-hypofýza-pohlavní žlázy: hypofýza začne produkovat gonadotropní hormony, ty působí na pohlavní žlázy, takže dochází ke zvýšené produkci pohlavních hormonů (Sedlak, Bláha 2007a, s. 208-209). Tím je započat komplexní sled pubertálních změn: maturace pohlavních žláz, vývoj sekundárních pohlavních znaků, změny v metabolismu a tělesné stavbě. Pohlavní hormony se také vedle růstového hormonu a IGF-I významně podílejí na *pubertálním růstovém spurtu* (Sedlak, Bláha 2007b, s. 228). U chlapců začíná tento spurt v průměru ve 12 a půl letech a dosahuje vrcholu (tj. období, kdy jsou přírůstky v tělesné výšce největší) ve 14 letech. U dívek začíná pubertální růstový spurt v průměru kolem 10 let a vrcholu dosahuje ve 12 letech. Poté růst klesá až je zcela ukončen – u chlapců mezi 17-18 lety (resp. v rozmezí 15,5 –20 let) a u dívek okolo 15 let (resp. v rozmezí 13-18 let) (Bláha *et al.* 2005, cit. Sedlak, Bláha 2007a, s. 210).

Estrogeny bývají obvykle nazývány „ženskými hormony“ a androgeny „mužskými hormony“. Toto označení není zcela nelogické, uvážíme-li důsledky jejich vlivu, ale je

třeba si uvědomit, že oba hormony se vyskytují a působí u obou pohlaví. Androgeny jsou prekurzory v biosyntéze estrogenů a jsou produkovány v nadledvinách u obou pohlaví. Hormonální rozdíly mezi mužem a ženou jsou tedy relativní (vyjádřitelné pomocí poměru hladin hormonů), u žen se většina androgenů přeměňuje na estrogeny, zatímco u mužů se přeměňuje jen malá část (Frank 2003, s. 217).

Většina pohlavních hormonů u chlapců je produkována Leydigovými buňkami ve varlatech (testosteron, dihydrotestosteron, dehydroepiandrosteron, androstendion, estradiol aj.). Zároveň jsou ale vytvářeny z androgenních a estrogenních prekurzorů vylučovaných varlaty nebo nadledvinami v jiných tkáních. Kromě toho, že tyto pohlavní hormony ovlivňují růst mužských pohlavních orgánů a produkci spermií, terciální ochlupení, ovlivňují i vývoj kostry a svalů. Ženské pohlavní hormony (estrogeny⁴, progesteron aj.) jsou u dívek vytvářeny ve vaječnicích a také jsou vytvářeny z prekurzorů v jiných tkáních. Estrogeny jsou nezbytné pro maturaci ženských pohlavních orgánů a pro vývoj sekundárních pohlavních znaků (Sedlak, Bláha 2007b, s. 228-229). Estrogeny mají kritickou úlohu v růstu a minerálním složení kostí u obou pohlaví. Účinky estrogenů v případě růstu kostí jsou závislé na jeho množství: v malém množství stimuluje růst kostí, v množství velkém ho naopak zastavují, neboť podporuje uzavírání epifyzárních štěrbin (Frank 2003, s. 220; Alonso, Rosenfield 2002, s. 22). V grafu 1 je znázorněn vývoj hladin pohlavních hormonů (estradiolu a testosteronu) u dívek a chlapců od početí po dospělost.



Graf 1 Sérové koncentrace estradiolu (plná čára) a testosteronu (přerušovaná čára) v procentech dospělé hodnoty u dívek a chlapců během růstu. Female – žena, male – muž; foetus – plod, infant – kojeneček, child – dítě, adolescent – dospívající (období puberty a adolescence). Převzato z Rosenfield 2002, cit. Alonso, Rosenfield 2002, s. 14.

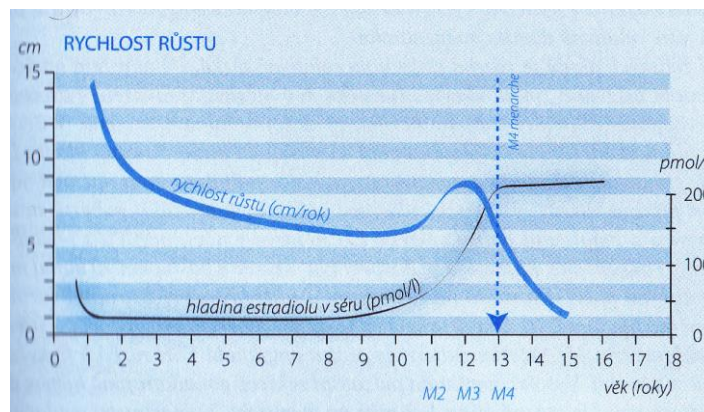
Významný mezník pubertálního vývoje u dívek – *menarche*, první menstruační krvácení, je zřejmě spojen s výrazným nárůstem hladin estradiolu, FSH a LH v měsících před touto událostí. Hladina estradiolu se značně zvyšuje během celého roku před

⁴ Hlavním nejúčinnějším estrogenem je estradiol, dalšími estrogeny jsou estron, estriol a 2-hydroxyestron (Alonso, Rosenfield 2002, s. 14).

menarche, hladiny FSH a LH prudce stoupají během šesti měsíců před menarche, poté se hladiny všech tří hormonů stabilizují (Legro *et al.* 2000, s. 1023-1024). Z jiného pohledu bývá věk menarche dáván do souvislosti s vrcholem pubertálního růstového spurtu. Uvádí se, že menarche nastává zhruba jeden rok něm (Eveleth 1998, s. 228). Vztah hladiny estradiolu, růstové rychlosti a načasování menarche je viditelný v grafu 2.

O načasování menarche byla také vyslovena hypotéza, v níž se tvrdí, že nástup menarche závisí na kritickém množství zásobního tuku (17% hmotnosti), který by měl být dostatečným zdrojem energie pro těhotenství a laktaci (Frisch, McArthur 1974, s. 949-950). Tato hypotéza není zdaleka přijímána a podporována, neboť minimální práh množství tuku nemusí být dosažen a přesto k menarche dojde (Scott, Johnston 1982). Nedávno byla navržena nová alternativní hypotéza, ve které je kritickým faktorem pro počátek menstruace rozložení tělesného tuku. Větší obvod boků (tedy uložení tuku v oblasti boků a hýždí) pravděpodobnost nástupu menarche zvyšuje, zatímco větší obvod kolem pasu pravděpodobnost snižuje (Lassek, Gaulin 2007, s. 1149).

U českých dívek je průměrný věk menarche 13 let, resp. v rozmezí 12,5-13,5 let (Sedlak, Bláha 2007a, s. 212).



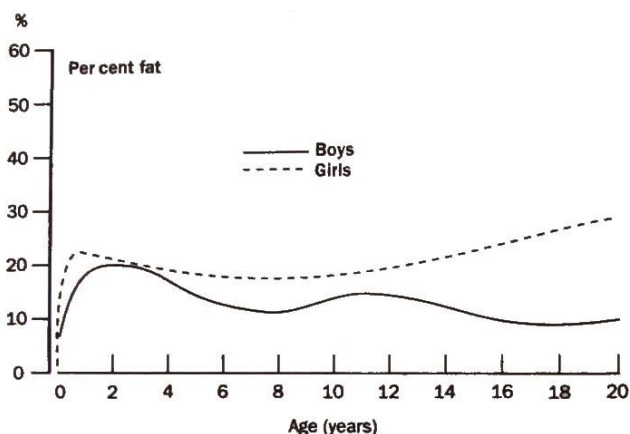
Graf 2 Rychlost růstu u dívek ve vztahu k sérové koncentraci estradiolu a věku. Čárkovaná šipka ukazuje věk menarche. Z grafu je vidět, že menarche nastává zhruba rok po vrcholu růstového spurtu a během roku před menarche prudce stoupá hladina estradiolu v séru. Převzato z Orbak *et al.* (1998, cit. Šnajderová 2007, s. 55).

3.2.1.4. Pohlavní hormony a pohlavně specifické rozložení tukové tkáně

Během puberty a adolescence se vytváří pohlavně specifické rozložení tukové tkáně. Dívkám se ukládá podkožní tuk v oblasti hýždí, stehen a prsou. U chlapců podíl tuku v těle klesá mezi 15. a 17. rokem, potom zase stoupá, zároveň se zvyšuje podíl

svalové hmoty (Sedlak, Bláha 2007a, s. 210). Mladí dospělí muži mají málo podkožního tuku a nevykazují charakteristické centrálně-periferní rozdíly (se stoupajícím věkem se u mužů začíná tuk ukládat především centrálně – v oblasti břicha). Mladé ženy mají více podkožního tuku než muži, zejména v oblasti hýždí (Björntorp 1991, s. 69, 71). Zvýšené množství podkožního tuku se u dívek vyvíjí během puberty, což naznačuje, že by estrogen mohl přednostně podporovat jeho ukládání (Cooke, Naaz 2004, s. 1128).

Kromě toho, že se během puberty a adolescence vytváří pohlavně typické rozložení tukové tkáně, mění se také podíl tukové tkáně v těle. Dívky mají již během dětství v průměru vždy lehce více tukové tkáně v těle, ale nápadného rozdílu bývá dosaženo právě během těchto období – dívky mají dvakrát více procent tuku v těle (Norgan 1998, s. 214). Kvantitativní vývoj tukové tkáně je znázorněn v grafu 3. Udává se, že v dospělosti mají muži v průměru 10-15% tuku, zatímco ženy 20-30% (Wells 2007, s. 417).



Graf 3. Vývoj procentuálního zastoupení tělesného tuku u chlapců (boys, plná čára) a dívek (girls, čárkovaná čára) od narození po časnou dospělost. Na ose y jsou vynesena procenta tělesného tuku. Převzato z Norgan 1998, s. 214.

Hormony jsou hlavními regulátory tukové tkáně a jsou zásadní pro vývoj a funkci tukových buněk. Vývoj a fungování tukových buněk ovlivňuje široká řada hormonů a růstových faktorů, včetně růstového hormonu, glukokortikoidů, katecholaminů, insulinu, glukagonu, IGF a v neposlední řadě se mezi ně řadí i estrogen. Estrogen byl dlouho považován za hlavní faktor v řízení vývoje a ukládání tukové tkáně u žen, v posledních letech se však ukazuje, že ovlivňuje i ukládání tukové tkáně u mužů (Cooke, Naaz 2004, s. 1127). Až donedávna se také věřilo, že lidská tuková tkáň neobsahuje estrogenové

receptory, a tudíž že vliv estrogenu je zprostředkován nepřímo. Experimentálně bylo ale prokázáno, že tuková tkáň estrogenové receptory obsahuje a také že metabolismus tukových buněk je přímo ovlivňován estrogenem (Pedersen *et al.* 2004, s. 1874).

Rozlišovány jsou dva základní typy estrogenových receptorů: α a β . Tyto typy se však liší distribucí a asi hrají i jinou roli v metabolismu tukových buněk. Četnost estrogenového receptoru α je až o tři řády vyšší než receptoru β , a to jak u viscerálního, tak podkožního tuku u obou pohlaví. U žen je však četnost receptoru β několikrát vyšší než u mužů. Z nepoměru četnosti receptorů α a β lze usuzovat, že receptor α je důležitější při regulaci vlivu estrogenu na tukovou tkáň (Dieudonné *et al.* 2004, s. C657, C659). Z experimentálních pokusů na myších vyplývá, že při nefunkčnosti estrogenového receptoru α se výrazně zvětšuje množství tukové tkáně. Receptor β má pravděpodobně opačnou funkci – při jeho nefunkčnosti množství tukové tkáně klesá (Cooke, Naaz 2004, s. 1130-1131).

Estradiol zvyšuje přes estrogenový receptor α expresi antilipolytického $\alpha 2$ -adrenergického receptoru, což vede ke snížení lipolýzy (rozkladu tuků), ovšem tento účinek se zdá být platným jen u podkožní tukové tkáně, ne u viscerální. To naznačuje, že estradiol prostřednictvím inhibice lipolýzy pravděpodobně udržuje typické ženské rozložení tuku, kdy převládá ukládání podkožního tuku nad viscerálním (Pedersen *et al.* 2004, s. 1877).

Hlavním účinkem testosteronu na tukovou tkáň u mužů je pravděpodobně snižování ukládání tuku prostřednictvím inhibice lipoproteinlipázy, tj. enzymu podporujícím jeho ukládání, a podporou lipolytického procesu (Björntorp 1991, s. 76). Jeho účinek je pravděpodobně synergicky spojen s růstovým hormonem a navíc je výraznější v oblasti viscerálního tuku než podkožního (Björntorp 1997, s. 23). Mladí štíhlí muži mají málo tělesného tuku, jak v oblasti břicha, tak pravděpodobně tuku viscerálního. Sekrece testosteronu je v tomto případě vysoká, takže i jeho vliv na tukovou tkáň je výrazný. Naopak při nízké sekreci testosteronu se tuk u mužů ukládá viscerálně (Björntorp 1991, s. 77-78).

Na histologické stavbě rtů se podílí podkožní tuk, jehož množství ovlivňuje jejich vzhled. Větší množství tuku dodává rtům „mladistvý vzhled“, který je charakterizován větší plochou červeně a plností (Rohrich, Pessa 2009, s. 268-270). Studie konkrétně zkoumající spojitost hladiny estrogenů a vzhledu rtů nebyla nalezena. V mnoha člancích zabývajících se atraktivitou ženského obličeje (např. Johnston, Franklin 1993, s. 197; Johnston 2006, s. 9; Rhodes 2005, s. 216; Thornhill, Grammer 1999, s. 108) však bývá

plnost rtů uváděna jako znak odvíjející se od hladiny estrogenů v dospívání. Ukládání tuku ve rtech bývá chápáno jako paralela k ukládání podkožního tuku v oblasti hýždí a stehen.

3.2.2. Růst a vývoj obličeje

Obličej je tvořen mnoha různými tkáněmi – kostmi, chrupavkou a měkkými tkáněmi (pojivová, svalová tkáň). Ve zjednodušeném pohledu lze vidět růst měkkých tkání obličeje jako přímý odraz růstu kostí obličeje. Ve skutečnosti však růst měkkých tkání obličeje ne zcela odpovídá růstu kostěného podkladu, ovšem v různé míře (Subtelny 1959, s. 504).

Postnatální růst obličeje probíhá ve třech základních rovinách: vertikální (výška), horizontální (šířka), předozadní (hloubka) a vede k podstatným změnám ve velikosti, tvaru a proporcí obličeje (Farkas, Posnick, Hreczko 1992, s. 309). V růstu se projevuje rozdíl mezi pohlavími – jak z hlediska kvantitativního, tak z hlediska načasování. Tento mezipohlavní rozdíl má pravděpodobně své základy již v prenatálním vývoji. Zejména u neurokrania je patrný již brzy po narození (chlapci mají větší rozměry) a zůstává stejný po celou dobu růstu a vývoje. Pohlavní rozdíly ve velikosti a tvaru obličeje se ale vyvíjí především postnatálně a zvyšují se s věkem (Bulygina, Mitteroecker, Aiello 2006, s. 440).

Velká část růstu obličeje je ukončena již ve věku pěti let – základní rozměry obličeje (jako je morfologická výška obličeje, šířka obličeje, hloubka obličeje) dosahují v tomto věku od 79,7% do 94,0% dospělých hodnot. Přesto má na celkovém přírůstku mezi 1. a 18. rokem má větší podíl růst mezi 5. a 18. rokem než mezi 1. a 5. rokem. Šířkové rozměry obličeje jsou v porovnání s výškovými rozměry ve věku pěti let vyvinutější. Například šířka mandibuly dosahuje v 5 letech 89,8% u chlapců a 94,1% u dívek, šířka obličeje (bizygomatická šířka) ve stejném věku dosahuje 81,5% u chlapců a 84,2% u dívek. Výškové rozměry jsou v pěti letech méně vyvinuté: morfologická výška obličeje dosahuje 79,7% u chlapců a 86,3% u dívek, výška horního obličeje 79,2% u chlapců a 85,2% u dívek, výška dolní čelisti 84,2% u chlapců a 94,4% u dívek. Anteroposteriorní rozměry obličeje – hloubka horní čelisti a hloubka dolní čelisti mají v pěti letech okolo 85% dospělých rozměrů (chlapci v obou případech o něco méně než dívky). Maturace (přiblížení se hodnotám rozměrů dospělých) výškových a hloubkových rozměrů je u chlapců v 15 letech, u dívek o 2-3 roky dříve. U šířkových rozměrů to je o rok dříve, zejména v případě šířky mandibuly (Farkas, Posnick, Hreczko 1992, s. 309-314). Je však třeba dodat, že růst mírně pokračuje i nadále, a to zejména u chlapců, pravděpodobně i po 20. roce (Bishara *et al.* 1984, s. 242-245; Nanda *et al.* 1990, s. 188). Díky rozdílným

přírůstkům se během růstu změni proporce obličeje: obličej se relativně prodlouží, dolní čelist se v poměru s šířkou obličeje rozšíří a hloubka dolní čelisti se zvětší vzhledem k hloubce horní čelisti, tedy brada na profilu neustupuje (Farkas, Posnick, Hreczko 1992, s. 309-314).

3.2.3. Růst a vývoj rtů

V případě rtů se dá říci, že během růstu odrážejí změny souvisejících kostí a zubů. Chrup samotný však neroste zcela v souladu s čelistmi. Během růstu se totiž dolní čelist „posunuje“ dopředu, zuby (a rty) tak relativně ustupují a vyrovnávají se se skeletálním podkladem (Subtelny 1959, s. 505).

Růst rtů bývá sledován zejména pomocí lineárních rozměrů, mezi nejčastěji měřené patří výška horního rtu, dolního rtu a šířka úst. Dalšími už ne tak často zjišťovanými lineární rozměry jsou výška červeně horního a dolního rtu nebo obou dohromady. Blížeji k tvaru rtů by snad mohla mít plocha červeně, kterou vypočítávali v průřezové studii Ferrario *et al.* (2000). Bohužel je nutno tento výpočet brát jen jako přibližný odhad, neboť je založen na zjednodušeném geometrickém modelu tvaru rtů. Stejně omezení má i v této práci vypočítávaný objem rtů.

Kvantitativní růst rtů (a většinou i dalších podoblastí obličeje) od dětství po dospělost je předmětem několika dalších studií. Srovnání jejich výsledků však není zcela jednoduché kvůli tomu, že jsou v nich používány odlišné metody měření nebo lehce odlišné definice rozměrů. Růstu rtů bylo věnováno docela dost místa již v rámci bakalářské práce (Kotulanová 2008, s. 27-30), proto zde bude uveden jen stručně všeobecný souhrn o růstu rtů (kožní části i červeně) a poté vývoj rozměrů týkajících se červeně rtů (tj. těch, které by mohly mít souvislost s tvarem rtů).

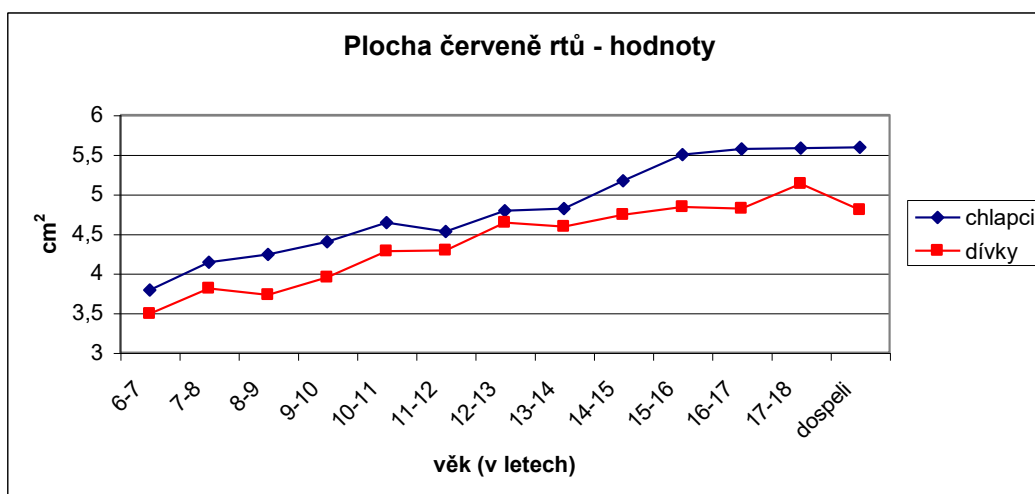
Ve zjednodušeném shrnutí lze říci, že ve většině rozměrů lineárních rozměrů jsou v průběhu růstu hodnoty chlapců větší než dívek, a to na statisticky významné úrovni. Statisticky významné výsledky nebývají zaznamenávány především u nejmladších dětí (6-8 let) a v období 11-14 let, kdy u dívek již probíhal/proběhl pubertální růstový spurt, a proto byly jejich hodnoty bližší chlapeckým. Dívky dosahují dospělých hodnot o 2-5 let dříve než chlapci (Ferrario *et al.* 2000, s. 421). Rozdíl je i v načasování růstu horního a dolního rtu. Růst horního rtu je totiž výrazný již během prvních šesti let života, a to zejména u dívek (Farkas *et al.* 1992, s. 321). Dolní ret pak u obou pohlaví roste více a po delší čas (Ferrario *et al.* 2000, s. 422; Mamandras 1988, s. 406-407). Obdobné mezipohlavní rozdíly v kvantitě i načasování jsou nacházeny i u tloušťky rtů, tj.

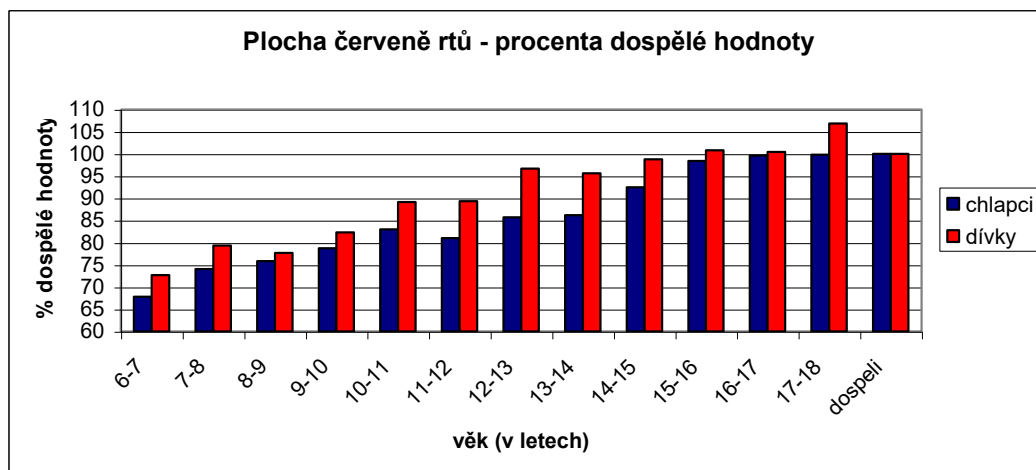
anteroposteriorního rozměru (Genecov, Sinclair, Dechow 1990, s. 194-195; Nanda *et al.* 1990, s. 182-183).

Průměrná celková výška červeně rtů (daná vzdáleností mezi body *labrale superius* a *labrale inferius*) se u chlapců ve věkovém rozmezí 6-18 let zvýšila z 15,11 mm na 18,33 mm, u dívek z 14,36 mm na 17,76 mm. U tohoto rozměru dosahují dívky 95% dospělé hodnoty ve věkové kategorii 12-13 let, zatímco chlapci až ve věkové kategorii 14-15 let (Ferrario *et al.* 2000, s. 418-419).

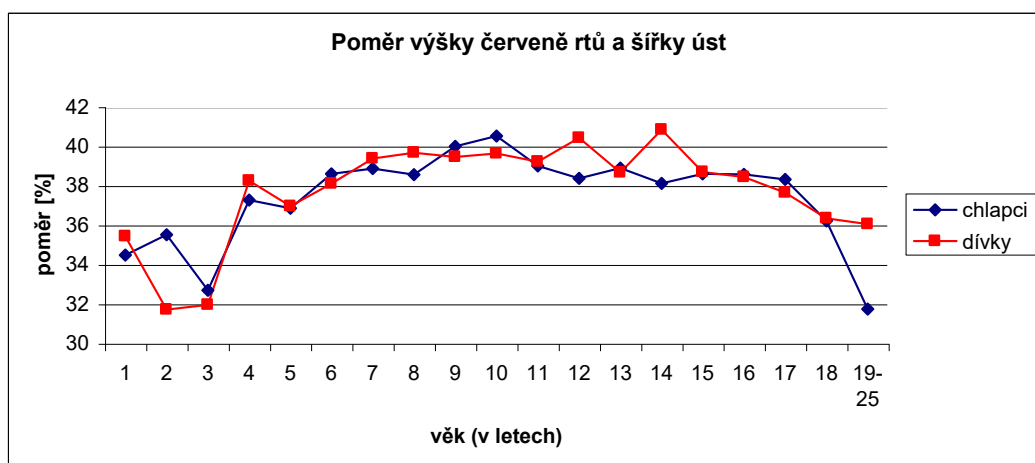
Vypočítaná plocha červeně obou rtů se u chlapců z počátečních 3,74 cm² zvýšila na 5,58 cm² a u dívek z 3,49 cm² na 5,13 cm². Chlapci dosáhli 95% dospělé hodnoty ve věkové kategorii 15-16 let, dívky o tři roky dříve. Plocha červeně u chlapců byla vždy větší, ne však vždy byl tento rozdíl statisticky významný – nebyl v mladších věkových kategoriích (6-7 a 8-9 let) a v období puberty (11-12, 13-14, 14-15 let) (Ferrario *et al.* 2000, s. 418-420). V grafech 4a a 4b je znázorněn vývoj této veličiny, v grafu 1 jsou na ose y přímo hodnoty v cm², v grafu 2 tyto hodnoty vyjádřeny v procentech dospělé hodnoty.

Ferrario *et al.* (2000) ještě sledovali vývoj poměru výšky červeně rtů k šířce úst. Tento poměr byl mezi pohlavími odlišný na statisticky významné hladině jen u dětí ve věku 8-11 let, kdy byl u chlapců vyšší. Celkově se průměry poměru pohybovaly zhruba mezi 32,5-36%. Pro srovnání byly vzaty údaje z antropometrického šetření z práce Farkas, Hreczko, Katic (1994, s. 303-305) a byly vyneseny do grafu 5. Bohužel nejsou rozměry v této práci testovány na odlišnosti mezi pohlavími. Z grafu je patrné, že poměr je u obou pohlaví během růstu víceméně stejný, pouze u nejstarší věkové skupiny (19-25 let) je vidět výrazný rozdíl mezi průměrem chlapců a dívek.





Graf 4a (na s. 30) a 4b (zde nahoře). V grafech je znázorněn vývoj plochy červeně rtů od 6 let po dospělost zvlášť pro obě pohlaví. V horním grafu jsou na ose y vyneseny průměrné hodnoty plochy v cm^2 , v dolním grafu jsou tyto hodnoty vyjádřeny v procentech dospělé hodnoty. Grafy byly sestaveny dle údajů v práci Ferrario *et al.* (2000, s. 418-419).



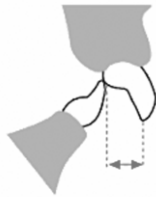
Graf 5. Vývoj poměru výšky červeně rtů k šířce úst od 1 roku po dospělost zvlášť pro obě pohlaví. Na ose y jsou vyneseny hodnoty poměru v procentech. Graf je sestaven na základě rozměrů z práce Farkas, Hreczko, Katic (1994, s. 303-305).

3.2.4. Růst a vývoj chrupu

Prořezávání stálých zubů, které postupně nahrazují zuby dočasné, začíná kolem šesti let buď první stoličkou, nebo prvním řezákem; v obou případech většinou dříve dolní než horní (Čihák 2002, s. 28). Prořezávání stálého chrupu a jeho maturace vykazuje jistou míru odlišnosti mezi pohlavími z hlediska jeho načasování. Pro zuby, jejichž postavení může ovlivnit vzhled rtů, je tento rozdíl následující. První řezák (I_1) se začíná prořezávat zhruba v 6,4 letech u chlapců a 6 letech u dívek, jeho vývoj je ukončen u obou v 11 letech.

Druhý řezák (I_2) se u chlapců začíná prořezávat v 7,4 letech a u dívek v 7,1 letech, maturace je dosažena ve 13 letech u chlapců a ve 12 u dívek (Demirjian, Levesque 1980, s. 1117-1118).

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.6., polohu horního rtu může významně ovlivnit zejména anterioposteriorní poloha horních řezáků. Protruze horních řezáků se v ortodoncii charakterizuje pomocí tzv. *incizálního schůdku (overjet)*. Incizální schůdek je definován jako vzdálenost mezi labiální plochou dolních středních a incizní hranou horních středních



Obr. 6 Schéma incizálního schůdku. Převzato a upraveno z Weber 2006, s. 125.

řezáků (Weber 2006, s. 125), pojem je schematicky vysvětlen na obrázku 6. Velký incizální schůdek (v různých studiích je jeho hranice různá, např. nad 5 mm nebo 6 mm) je poměrně častým jevem: u 23% dětí do 11 let, u 15% dětí v rozmezí 11-17 let a u 13% u dospělých (Proffit 2000, cit. Machytková 2005, s. 16). Zdá se, že u dětí bývá velký incizální schůdek častější u chlapců než u dívek (Ciuffolo *et al.* 2005, s. 603; Helm 1970, cit. Machytková 2005, s. 15-16), u dospělých jsou však výsledky nejednotné (viz Jonsson 2007, s. 8.e15).

4. Sexuální dimorfismus a výběr partnera u člověka

4.1. Sexuální dimorfismus

Sexuální dimorfismus (do češtiny přeložitelné jako *pohlavní dvoutvárnost*) je chápán jako rozdíly v anatomii, fyziologii a chování samců a samic (Kralík 2009a, s. 919). Tento jev je běžný u současných i vyhynulých primátů, tedy i u člověka a jeho evolučních předchůdců. Do sexuálního dimorfismu spadají jednak primární pohlavní znaky, tedy znaky přímo spojené s rozmnožováním (pohlavní orgány), a jednak sekundární pohlavní znaky, které v přímém spojení s rozmnožováním nejsou. Ve studiích sexuálního dimorfismu se však většinou mluví o sekundárních pohlavních znacích (Plavcan 2001, s. 25).

Za vznikem sexuálního dimorfismu stojí pravděpodobně *pohlavní výběr*. Pohlavní výběr je složkou *výběru přirozeného* (druhou složkou je *výběr přírodní*) a v evoluci se objevil se vznikem pohlavního rozmnožování a diferenciací příslušníků jednoho druhu na samce a samice. Pohlavně se rozmnožujícím jedincům již nestačí dožít se reprodukčního věku, ale je pro ně také důležité najít (optimálního) sexuálního partnera. Příslušníci stejného pohlaví tak soupeří o vhodné sexuální partnery. Působením pohlavního výběru jsou selektováni jedinci s větší *sexuální zdatností*, tj. jedinci, kteří dokážou získat sexuálního partnera efektivněji než jejich konkurenti (příslušníci stejného druhu a pohlaví). Pod efektivností se skrývá dřívější získání partnera, nejlépe partnera kvalitnějšího, který má větší *viabilitu* (životaschopnost), tj. který lépe obstojí ve výběru přírodním, anebo *fertilitu* (plodivost) a který disponuje sexuální zdatností (Flegr 2005, s. 283). Sekundární pohlavní znaky mohou být představovány velmi složitými tělesnými strukturami (např. orgánem nebo kresbou na tělním pokryvu). Jejich vývoj je pravděpodobně řízen mnoha geny, které se zároveň podílejí i na řízení vzniku a vývoje dalších znaků (Mallet, Jiggins, McMillan 1996, cit. Flegr 2005, s. 294). Průběh ontogeneze jedince tak může být promítnut do míry exprese sekundárních pohlavních znaků. Obtížně probíhající ontogeneze tak pravděpodobně bude mít negativní důsledky na sekundární pohlavní znaky. Sekundární pohlavní znaky také mohou fungovat jako indikátory zdravotního stavu jedince, aktuálního fyziologického stavu nebo odrážet míru paratizace (Flegr 2005, s. 294-297).

Existenci rozdílů mezi muži a ženami ve velikosti, tvaru a chování si uvědomuje snad každý člověk na základě zkušenosti z běžného života. V obecném povědomí tak je, že muži jsou v průměru vyšší než ženy, mají robustnější znaky hlavy a obličeje, více svalové hmoty a jsou silnější a rychlejší. Ve všech lidských populacích mají muži také větší zuby a

relativně více svalových vláken, ženy mají na těle uloženo více tuku, liší se u nich prenatalní a postnatalní hladiny hormonů, rychlosti růstu, různé choroby postihují každé pohlaví jiným způsobem (Frayer, Wolpoff 1985, s. 429). Předpokládá se, že v evoluci člověka se výraznou měrou uplatnil pohlavní výběr, díky němu bylo fixováno mnoho lidských znaků morfologických i týkajících se chování. S rozvojem civilizace také neustále slábne účinnost přírodního výběru, takže u člověka vrůstá relativní význam výběru pohlavního (Flegr 2005, s. 298-299). Oproti ostatním primátům se u člověka stala ještě výrazným faktorem sexuální dimorfismus kultura, neboť určuje pravidla a normy pro přístup k sexuálním partnerům, povolené sexuální praktiky a reprodukční vzorce (např. počet dětí), jednotlivcům je předkládán ideál sexuálního partnera a způsob jeho výběru (Králík 2009b, s. 917-918).

Sexuální dimorfismus může být vysvětlován ze dvou typů příčin: proximálních a ultimálních. Proximální vysvětlení považuje sexuální dimorfismus jako odpověď na nutriční stres nebo celkové zlepšení prostředí dospívajících jedinců. Ultimální pohled vidí sexuální dimorfismus jako genetickou adaptaci na širokou škálu ekologických, sociálních nebo ekonomických faktorů a tradičně považuje selekci jako primární vysvětlovací mechanismus (Frayer, Wollpof 1985, s. 431). Proximální a ultimální vysvětlení jsou vysvětleními paralelními, vzájemně se totiž doplňují. Proximální vysvětlení odpovídají na otázku „jak“, a to ve třech základních možných rovinách – fylogenetické, ontogenetické a příčinné (v posledním případě uvádí neuronální, biochemické nebo hormonální příčiny). Ultimální vysvětlení odpovídají na otázku „proč“ a řeší, proč daný znak přispívá v konkrétním ekologickém kontextu k *fitness* jedince (Grim 2000, s. 92-93).

4.2. Výběr pohlavního partnera u člověka

Charles Darwin ve svém díle *The descent of man, and selection in relation to sex* (1871) sice zavedl termín *pohlavní výběr*, ale už dále nerozváděl, proč mají samci tendenci soupeřit mezi sebou a samice jsou zase vybíravější, co se týče pohlavního partnera (Geary, Vigil, Byrd-Craven 2004, s. 27). O sto let později přišel Robert L. Trivers s myšlenkou, že za těmito jevy stojí rozdílná míra rodičovské investice. Pod pojmem rodičovské investice rozuměl *jakoukoliv investici rodiče do jednotlivého potomka, která zvýší naději potomka na přežití (a tedy reprodukční úspěch) na úkor schopnosti rodiče investovat do jiného potomka* (Trivers 1972, s. 139-141). Obvykle to bývají samice, které investují do rodičovství více, a to již při produkci pohlavních buněk a později při výživě a výchově potomků. Jejich možnosti v produkci potomků jsou kvantitativně omezeny, a proto musí

hledat kvalitního otce, aby potomci měli šanci na kvalitní genotyp. Samci obvykle investují do rodičovství méně a v počtu potomků nejsou zdaleka tak omezeni jako samice. Nejsou tedy nuceni hledat kvalitní samici, kvalitu mohou nahradit kvantitou. Vybíravost samic má ale za následek to, že samci bývají vystaveni intenzivnějšímu pohlavnímu výběru, vyvíjejí se u nich nápadnější sexuálně dimorfní znaky (Flegr 2005, s. 283). V pohlavním výběru u člověka dochází k jistému posunu vůči tomuto modelu pohlavního výběru: nejenže tu probíhá soupeření mezi muži navzájem a ženský výběr, přidává se k nim i soupeření mezi ženami a mužský výběr (Geary, Vigil, Byrd-Craven 2004, s. 29). U člověka je také výjimečné to, že muži se mnohem více zajímají o fyzickou atraktivitu potenciálního sexuálního partnerky než ženy. Za tímto jevem může stát to, že u žen je *fekundita* (tj. plodivost, schopnost plodit) závislá na věku (Jones 1995, s. 725). U žen totiž fekundita klesá s věkem – u 30-34 letých žen je na 85% hodnoty 20-24 letých, prudce klesá na 35% u 40-44 letých a prakticky na 0% u žen po padesátce (Henry 1961, cit. Jones 1995, s. 726). U mužů k takovému markantnímu poklesu fekundity nedochází. Zejména pro muže je tak důležité odhadovat věk potenciální partnerky na základě fyzického vzhledu (Jones 1997, s. 727).

Výběr sexuálního partnera zahrnuje dva spřízněné adaptativní problémy: jak dávat najevo svou hodnotu a jak ji určit u druhého pohlaví (Barber 1995, s. 396). Fyzická atraktivita nebo spíše znaky, které bývají považovány za atraktivní, mohou být viděny jako signály, které vyjadřují skryté kvality jedince. Koevoluce preferencí a preferovaných znaků tak může být chápána jako evoluce signalizačního systému, který zahrnuje to, že jedno pohlaví (vysílači signálů) vlastní signály a druhé pohlaví (přijímači) disponují psychologickými (kognitivními a motivačními) schopnostmi vnímání a chování na základě těchto signálů, např. být jimi přitahován (Gangestad, Scheyd 2005, s. 527). Při debatě o pohlavním výběru se ve spojitosti s teorií signálů často zmiňují tzv. hypotéza/y dobrých genů a Zahaviho handicapová hypotéza. Jádrem hypotéz dobrých genů, s nimiž do biologie přišel R. A. Fischer, je představa, že přítomnost určitých znaků může signalizovat kvalitu samčích genů, a tedy i kvalitu budoucího potomstva. Zahaviho handicapová hypotéza je postavena na tom, že znaky, které mají plnit funkci signálu informující samice o kvalitě daného jedince, jsou pro svého nositele nákladné, zatěžují ho. Expresi tohoto znaku si můžou dovolit jen skutečně kvalitní jedinci, kteří oplývají dostatečnou viabilitou. Znak tedy musí splňovat dvě podmínky – být zároveň signálem a zátěží. U samců je v mnoha případech vznik těchto znaků podmíněn vysokou hladinou pohlavních hormonů (např. testosteronu), které ale snižují obranyschopnost imunitního systému; tento případ bývá

nazýván *hypotézou imunokompetenčního handicapu* (Flegr 2005, s. 291-292). Tyto hypotézy je však možno vidět jako rozšíření jediné - Zahaviho handicapové hypotézy (Barber 1995, s. 399-400).

4.3. Atraktivita obličeje

Při výběru partnera je důležitým kritériem fyzická atraktivita, přičemž atraktivita obličeje je její podstatnou složkou. Ukazuje se, že atraktivita obličeje má univerzální kritéria, která platí napříč etnickými skupinami, není však jednoduché odhalit, o jaká kritéria přesně jde a proč jimi jsou. Studie zkoumající atraktivitu obličeje se obvykle zaměřují na tři předpokládané faktory: bilaterální symetrii, průměrnost a neprůměrné sexuálně dimorfní znaky (znaky hormonů). Tyto faktory by mohly představovat signály kvality jedince jako sexuálního partnera, a proto jsou hodnoceny jako atraktivní (Fink, Penton-Voak 2002, s. 154-156; Rhodes 2006, s. 201).

V biologii jsou u organismů rozeznávány dva typy asymetrií: systematická a fluktuální. *Systematická asymetrie* je funkční, bývá podmíněna geneticky a pravděpodobně se vyvíjí v důsledku působení přirozeného výběru (příkladem může být umístění srdce v těle savců). *Fluktuální asymetrie* nebývá podmíněna geneticky a má nesystematický charakter (Flegr 2005, s. 294). Předpokládá se, že fluktuální asymetrie vzniká v důsledku poruch a nerovnoměrností v ontogenezi jedince, takže její míra odráží kvalitu ontogeneze (van Valen 1962, cit. Flegr 2005, s. 294). Jedinci, kteří jsou méně schopní vyrovnat se s negativním působením patogenů, toxinů a mutací, by měli vykazovat větší fluktuální asymetrii. Výsledky studií, které zkoumají atraktivitu lidského obličeje ve spojitosti se symetrií (resp. fluktuální asymetrií), ovšem nejsou jednoznačné. Problémem je mj. to, jak izolovat vliv samotné symetrie na atraktivitu od ostatních vlivů. Symetrie obličeje asi ale nejspíš není hlavním vodítkem, podle kterého je hodnocena atraktivita obličeje, resp. fenotypová a genotypová kvalita jedince (Scheib, Gangestad, Thornhill 1999, s. 1913-1916).

Studie zkoumající atraktivitu obličeje ve spojení s průměrností se shodují na tom, že obličeje blížíci se populačnímu průměru jsou sice atraktivnější než obličeje méně průměrné (resp. ty, ze kterých byly průměrné vytvořeny), ale zároveň existují obličeje, které průměrné obličeje v atraktivitě překonávají. Jedná se o obličeje s některými rysy zvýrazněnými. Tímto se dostáváme k sexuálně dimorfním znakům, neboť o tyto se většinou jedná (Alley, Cunningham 1991; Baudouin, Tiberghien 2004; Thornhill, Gangestad 1999, s. 455-456). U žen jsou těmito atraktivitu zvyšujícími znaky velké oči,

prominující lící kosti, malý nos a především gracilní čelisti a plné rty (Baudouin, Tiberghien 2004; Thornhill, Grammer 1999, s. 108). Na obrázku 7 je vidět, že zásadní jsou změny ve velikosti vertikálního rozměru dolního obličeje.



Obr. 7 – Rozdíly mezi průměrným (a) a atraktivním (b) ženským obličejem vzniklým pouze modifikací dolní poloviny obličeje (zvětšení výšky rtů a zmenšení výšky dolní čelisti). Díky tomu se zdají oči větší a lící kosti výše postavené. Převzato z Johnston 2006, s. 10.

Atraktivní rysy mužského obličeje již nejsou tak jednoznačně určitelné, je to zapříčiněno pravděpodobně tím, že se ženám v průběhu menstruačního cyklu mění preference. V době, kdy je pravděpodobné početí (při folikulární fázi a ovulaci), preferují muže s maskulinnějšími znaky v obličeji. Naopak v době, kdy je početí nepravděpodobné (menstruační fáze, luteální fáze), preferují muže se znaky femininními. Pro tyto změny v preferencích je nabídnuto následující opodstatnění: při oplodnění mužem s maskulinními znaky mají potomci šanci na podědění „kvalitních genů“, zatímco u mužů s femininními znaky lze předpokládat větší investice do rodičovství (Penton-Voak *et al.* 1999, s. 741-742). Za maskulinní znaky v obličeji lze považovat ty, které vznikají v pubertě vlivem vysokého poměru testosteronu k estrogeneru, díky němu dochází k růstu horní a především dolní čelisti a nadočnicových oblouků. Maskulinní obličej je tak charakterizován delší a širší dolní čelistí, hlouběji posazenými a menšími očima (díky rozvoji nadočnicového oblouku) a tenčími rty (Thornhill, Gangestad 2006, s. 132). Experimentálně bylo zjištěno, že maskulinní rysy obličeje u dospělých mužů pozitivně korelují s hladinou testosteronu ve slinách (Penton-Voak, Chen 2004, s. 238).

V souvislosti s atraktivitou především ženského obličeje se také někdy hovoří o tzv. *neotении*. Obecně je pod tímto pojmem chápáno opožďování somatického vývoje

v porovnání s vývojem orgánů pohlavních (Wakahara 1996, s. 766). Za charakteristiky neotenního obličej u ženy jsou považovány malé obličej ve srovnání s neurokranium, relativně velké oči, malý nos a uši, plné rty. Tyto rysy bývají u žen považovány za atraktivní, u mužů jsou výsledky nejasné (Jones 1995, s. 729). Zároveň jsou ženy s neotenními znaky v obličejí považovány za mladší než je jejich skutečný věk.

Je možné, že se muži v průběhu evoluce člověka adaptovali na rozeznávání a preferenci znaků mládí na obličejí žen z důvodu silné souvislosti mezi mládím a *fekunditou* dospělých žen (Jones 1995, s. 734). Je ale třeba dodat, že neotenní znaky obličejí u žen se poměrně shodují se sexuálně dimorfními znaky obličejí (znaky hormonů), takže je možné, že za jejich preferencí je skryto právě toto (Jones 1996, s. 95).

Jokela (2009) zkoumal, zda je atraktivita obličejí opravdově propojena s plodností (počtem potomků). Populačním vzorkem bylo zhruba dva tisíce mužů a žen z Wisconsinu (USA) narozených v letech 1937-1940. Byla u nich hodnocena atraktivita z fotografií ze středoškolských ročenek, na nichž byl jejich průměrný věk 18,1 let, a poté byla dána do souvislosti s počtem dětí, které měli hodnocení jedinci ve věku 53-56 let. Bylo zjištěno, že ženy považovány za atraktivní nebo velmi atraktivní měly o 16%, resp. 6% více dětí než ženy na druhé straně škály atraktivity. Málo atraktivní muži měli o 13% méně dětí, ostatní kategorie mužů byly bez rozdílů. Tyto výsledky naznačují, že alespoň u žen v industrializované společnosti může být atraktivita obličejí spojována s reprodukčním úspěchem (Jokela 2009). Proti tomu stojí výsledky obdobné studie zkoumající vztah atraktivity a reprodukční úspěšnosti polských žen, které nedokumentují žádný účinek atraktivity na reprodukční úspěch (Pawlowski *et al.* 2008). Je však možné, že podíl na tomto odlišném výsledku měl malý populační vzorek – jen 47 žen (Jokela 2009, s. 342).

4.4. Propojení atraktivity obličejí a těla

Jak již bylo zmíněno, tvar mužského a ženského těla se liší, což je to způsobeno odlišným rozložením tkání v těle. Tvarový rozdíl se proměňuje s věkem – maxima dosahuje v časně dospělosti, kdy tvar ženského těla má tendenci vypadat jako přesýpací hodiny (díky úzkému pasu) a mužské tělo jako obrácený trojúhelník – tvořený širokými rameny a štíhlým pasem. Tuková a tukoprostá tkáň se ukládají na specifických místech těla, tvar těla tak poskytuje cenné informace o jeho složení. Například obvod pasu je primárně ovlivněn kvantitou tukové tkáně v této oblasti, zatímco šířka ramen je blížeji spojena s celkovou konstitucí těla a se svaly. S přibývajícím věkem se sexuální

dimorfismus tvaru těla snižuje, a to především změnami na ženské straně. Tvar těla mužů je relativně stabilní (resp. nevykazuje tak výrazné změny v porovnání s ženami), ženám s přibývajícím věkem ubývá tuku na stehnech a přibývá především v oblasti břicha, takže obvod pasu se zvětšuje. V osmé dekádě života je sexuální dimorfismus výrazně omezen, ani jedno pohlaví už nedisponuje tvarovými charakteristikami časně dospělosti (Wells, Treleaven, Cole 2007, s. 421-424; Wells 2007, s. 416). U žen je předělem v typu ukládání tuku menopauza – po ní začne převládat androidní (centrální) ukládání tuku nad gynoidním (periferním) (Ley, Lees, Stevenson 1992, s. 952).

Ke srovnávání tvaru těla mezi pohlavími, resp. ke srovnání rozložení tuku na těle, bývá používán poměr obvodu pasu a boků (*waist-to-hip ratio*, dále WHR). Vyšší hodnoty WHR značí přednostní ukládání tuku v oblasti trupu, nižší hodnoty v oblasti hýždí a boků. V průběhu dětství a puberty hodnota WHR klesá u obou pohlaví, pokles je výrazný zejména u dívek. Ve věkovém rozmezí 4,5-14,5 let klesne hodnota u chlapců z 0,896 na 0,839, zatímco u dívek z 0,877 na 0,756 (Moreno *et al.* 1997, s. 175-177). Hodnota WHR dospělých žen bývá nižší než mužů, 0,67-0,80 u premenopauzálních žen oproti 0,85-0,95 u mužů. Ženy s nižším WHR (okolo 0,7) bývají v industriálních společnostech považovány za atraktivnější než ženy s WHR vyšším, což ukazují experimenty s kreslenými postavami jako stimuly (Singh 1993) i fotografiemi (Henss 2000). Ženy s nižším WHR jsou také považovány za zdravější a mající větší reprodukční potenciál (Singh 1993, s. 300). Hodnota WHR žen podstupujících umělé oplodnění je také negativně korelována s fekunditou (Zaadstra *et al.* 1993, s. 486). Singh (1993, s. 304) navrhuje, že pro muže může fungovat WHR jako prvotní filtr výběru partnerky, jímž vyloučí ženy nezdravé nebo s nízkou reprodukční kapacitou a také ženy těhotné. Podle Barbera (1995, s. 414) je WHR příkladem poctivého signálu děditelné fitness (za předpokladu, že systém hormonální regulace zodpovědný za jeho expresi je děditelný) a reprodukční hodnoty.

Jistý důkaz, že WHR a vůbec celkové rozložení tuku na ženském těle má přímou souvislost s hladinou pohlavních hormonů a také s fekunditou, přinášejí výsledky jedné studie. Je to studie polských žen o průměrném věku 29,9 let, kde byl zkoumán vztah mezi hladinou pohlavních hormonů 17- β -estradiolu a progesteronu a rozložení tuku. Hladiny hormonů byly určovány ze slin. Bylo zjištěno, že ženy s nízkým WHR a větším obvodem prsou mají vyšší hladiny obou hormonů, a to zejména estradiolu, než ženy s nízkým WHR ale menším obvodem prsou a dalšími dvěma zbývajících kombinacemi. Zároveň ženy s nízkým WHR měly vyšší hladiny estradiolu i progesteronu než ženy s vyšším WHR, i když obvod obvod přes prsa byl srovnatelný. Hodnoty WHR negativně korelují

s hladinami obou hormonů, u obvodu prsou je statisticky významná pouze negativní korelace s progesteronem (Jasieńska *et al.* 2004, s. 1215-1217). Hladiny estradiolu a částečně i progesteronu hrají významnou úlohu při ovlivňování podmínek důležitých pro úspěšné početí, pozitivně spolu korelují, mohou být proto považovány za indikátory fekundity (Lipson, Ellison 1996, s. 2094-2095). S jistou dávkou opatrnosti se dá říci, že ženy s nízkým WHR a velkým obvodem prsou, které oproti ostatním ženám měly o 27% vyšší hladinu estradiolu (v průměru napříč cyklem), mají až dvakrát větší šanci otěhotnět (Jasieńska *et al.* 2004, s. 1216).

V souvislosti s hodnocením fyzické atraktivity ženského těla se však objevil i názor, že než WHR je pro něj důležitější tzv. *index tělesné hmotnosti* (*body mass index*, dále jako BMI). Tento index se vypočítá jako poměr hmotnosti člověka v kilogramech a druhé mocniny jeho tělesné výšky v metrech, jednotkou je tedy kg/m^2 . Zatímco WHR je chápáno jako obraz rozložení tukové tkáně na těle, BMI je dáváno do souvislosti s celkovým podílem tukové tkáně v těle (Cornelissen, Tovée, Bateson 2009, s. 343). Změny hodnoty BMI během postnatálního růstu jsou následové: u obou pohlaví se BMI prudce zvyšuje v prvních měsících života, vrchol je dosažen zhruba v 8 měsících ($17,6 \text{ kg/m}^2$), poté hodnota klesá, okolo 5 a půl let se stabilizuje zhruba na $15,5 \text{ kg/m}^2$ (u dívek o něco dříve), poté opět začne stoupat. U dívek stoupá rychleji než u chlapců, ale zatímco u dívek po 18. roce, kdy dosahuje průměrné hodnoty $21,1 \text{ kg/m}^2$, roste už jen mírně, u chlapců roste stále výrazně, takže nakonec je průměrné BMI chlapců vyšší než dívek (Cole, Freeman, Preece 1995, s. 26-27). Později je zase průměrné BMI dospělých žen vyšší než mužů a u obou pohlaví se s věkem zvyšuje, např. ve 30 letech je průměr BMI u mužů $22,1 \text{ kg/m}^2$ a u žen $25,1 \text{ kg/m}^2$ (Casey *et al.* 1992, s. 15).

Nedostatkem WHR při určování atraktivity (resp. reprodukčního potenciálu) ženy je to, že při stejné hodnotě WHR se ženy mohou lišit hmotností. Tak i anorektické ženy (které charakterizuje sekundární amenorea, tedy ženy neplodné) mohou mít stejnou hodnotu WHR jako ženy s normální vahou (Tovée *et al.* 1997, s. 1475). Výsledky dvou studií naznačují, že důležitějším faktorem pro atraktivitu ženského těla je BMI, WHR má oproti němu malý vliv (Tovée *et al.*, 1999, s. 216; Cornelissen, Tovée, Bateson 2009, s. 348). Vztah atraktivity a BMI není lineární, odchýlení od hodnoty BMI 18-19 na jednu nebo druhou stranu znamená výrazné snížení atraktivity (Tovée *et al.* 1999, s. 212).

Hodnoty BMI úzce souvisí se zdravím a fertilitou. Se zvyšujícím se BMI se zvyšuje riziko úmrtí způsobené srdečně cévní příhodou (hodnoty BMI pod 19 jsou nejméně rizikové), celková úmrtnost je také nejnižší u žen s BMI menším než 19 (při omezení

skupinu žen, které nikdy nekouřily cigarety) (Manson *et al.* 1995, s. 683-684). Vysoké hodnoty BMI (>25) snižují pravděpodobnost otěhotnění (Lake, Power, Cole 1997, s. 436), s velmi nízkými hodnotami BMI je spojena sekundární amenorea, ženy se tak stávají neplodnými. BMI tak může být považována za dobré vodítko při výběru partnera (Tovée *et al.* 1999, s. 216).

Furnham, Lavancy, McClelland (2001) se snažili přijít na to, zda při hodnocení různých aspektů atraktivity žen (atraktivita, smyslnost, zdraví, fertilita a těhotenství) je důležitější atraktivita obličeje nebo WHR. Bylo zjištěno, že atraktivita obličeje má mnohem větší význam při hodnocení atraktivity a smyslnosti a mírně větší význam při hodnocení zdraví a fertility než WHR. Jedině pro hodnocení těhotenství bylo WHR dobrým indikátorem. Z obdobné studie také vyplývá, že důležitější než WHR pro hodnocení atraktivity žen je věk odvozený z obličeje (Furnham, Mistry, McClelland 2004, s. 1182-1184).

Jak již bylo uvedeno, tvar typického mužského těla připomíná obrácený trojúhelník. S tím také souhlasí výsledky experimentů, které zkoumají vztah atraktivity mužského těla a některých tělesných parametrů: WHR, BMI a WCR (*waist-to-chest ratio*, tedy poměr obvodu pasu a hrudníku). Ukazuje se, že na atraktivitu mužského těla má největší vliv WCR, s jeho snižováním se zvyšuje atraktivita. Menší vliv má BMI (též ve smyslu negativní korelace) a zanedbatelný WHR (Maisey *et al.* 1999, s. 1500). Je třeba ale poznamenat, že faktorem vstupujícím do hodnocení jsou společensko-ekonomické podmínky hodnotitelů – pro hodnotitelky z vyspělých industrializovaných společností platí výše uvedené výsledky. U hodnotitelek z méně vyspělých na zemědělství orientovaných společností přebírá nejdůležitější vliv BMI, kdy atraktivita pozitivně koreluje s jeho hodnotami (Swami, Tovée 2005, s. 389).

Thornhill a Grammer (1999, s. 115) dávají do souvislosti ženské tělo a obličej, považují je za jedinou „ozdobu“⁵, který je poctivým signálem kvality jedince. Svoje tvrzení podporují experimentem, při kterém byla odděleně zkoumána atraktivita ženského těla a obličeje na fotografiích. Atraktivita těl (zepředu i zezadu) a obličejů stejných žen pozitivně korelovaly na statisticky významné úrovni. Pojítkem mezi atraktivitou těla a obličeje je podle autorů studie hormon estrogen – jeho vliv v ontogenezi dívek (zejména v

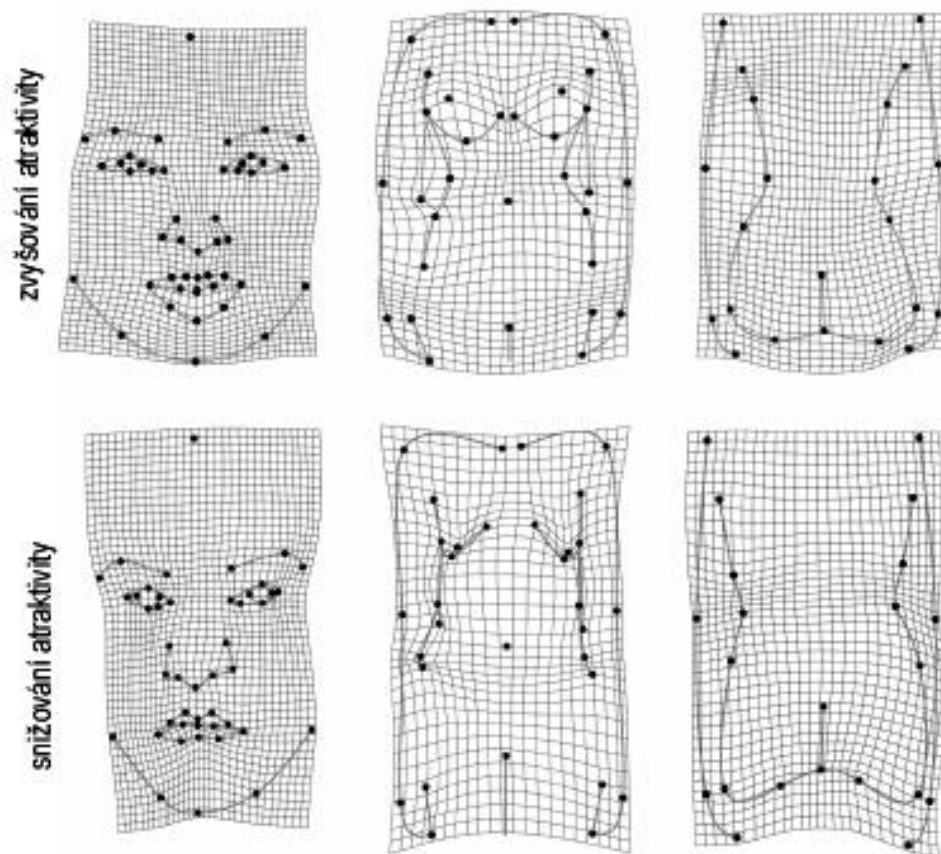
⁵ Ozdoba (*ornament*) je zde chápána jako nějaký znak, který slouží v kompetici o sexuální partnery. Na první pohled někdy nemá jiné funkce než přitahovat protější pohlaví (např. paví ocas), při bližším zkoumání se ukazuje, že signalizuje fenotypovou a genotypovou kvalitu jedince (Thornhill, Gangestad 1999, s. 115).

období puberty). Estrogenem podmíněné sekundární pohlavní znaky – jako jsou plné rty a malá/gracilní dolní polovina obličeje, tuk uložený v oblasti stehen, hýždí a prsou tvoří společně jedinou „ozdobu“, která poctivě signalizuje hormonální zdraví a související proměnné jako jsou imunokompetence a možná též i vývojové zdraví. Estrogen by také mohl být stejně handicapujícím pohlavním hormonem jako je testosteron pro muže.

V minulém odstavci citovaná studie autorů Thornhill a Grammer (1999) byla o několik let později rozšířena o použití metod geometrické morfometrie ve studii týmu Schaefer *et al.* (2006). Na obličeji a těle stejného vzorku žen byly digitalizovány význačné body charakterizující jejich tvar. Konfigurace bodů byly standardizovány prokrústovskou analýzou, ke znázornění výsledků byla použita metoda tenkých ohebných plátků. Tvar obličeje a těla byl dán do souvislosti s atraktivitou pomocí regresní analýzy. Bylo zjištěno, že se zvyšující se atraktivitou se obličej zakulacuje a lokální deformace ukazují, že dochází ke zmenšení nosu, zmenšení dolní části obličeje (dolní čelisti) a rty se stávají plnějšími (zejména dolní ret). Při snižování atraktivity se obličej zužuje a prodlužuje, dolní část obličeje se zvětšuje a rty se zužují. U tvaru těla (zepředu a zezadu) docházelo k největším změnám v oblasti pasu: při zvyšování atraktivity se zužoval, při snižování rozšiřoval. Ilustrující deformační mřížky k těmto jevům jsou na obrázku 8.

4.5. Tvar obličeje a 2D:4D

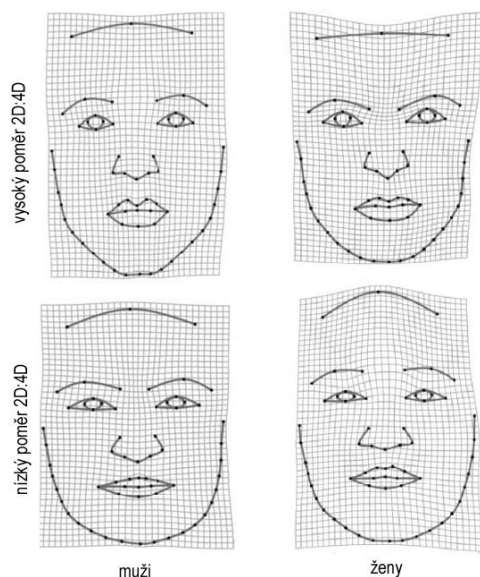
Poměr délky druhého a čtvrtého prstu na ruce (dále jako *2D:4D*) je sexuálně dimorfní, průměrné hodnoty mužů jsou vyšší než žen (Phelps 1952, s. 88; Manning *et al.* 1998, s. 3001), přičemž tento rozdíl je vytvořen již v prenatálním období (Malas *et al.* 2006, s. 473) a během postnatálního růstu se nemění (Manning *et al.* 1998, s. 3000). V longitudinální studii bylo zjištěno, že poměr zjištěný u dětí je v dospělosti zachován (McIntyre *et al.* 2005, s. 1478). Usuzuje se, že na vývoj tohoto poměru má vliv koncentrace prenatálního testosteronu. Vysoké koncentrace fetálního testosteronu vedou k nízkému poměru 2D:4D (Manning *et al.* 1998, s. 3003). Nízký poměr 2D:4D tak může sloužit jako marker uterinního prostředí s vysokou koncentrací testosteronu a nízkou estrogenu, zatímco vysoký poměr 2D:4D může sloužit jako marker vyšší koncentrace estrogenu a nižší testosteronu (Fink *et al.* 2005, s. 1996). Z metaanalýzy provedené autory Hönekopp *et al.* (2007) vyplývá, že poměr 2D:4D není spojen s hodnotami pohlavních hormonů u dospělých jedinců, což podporuje jeho vypovídací hodnotu o prenatálním hormonálním stavu.



Obr. 8. V horní řadě jsou deformační mřížky znázorňující, k jakým deformacím sledovaných částí těla dochází při zvyšování atraktivity, v dolní řadě při snižování atraktivity. Převzato (a upraveno) z Schaefer *et al.* (2006, s. 197).

Ovšem není to tak zcela jisté, podle Manning *et al.* (1998, s. 3000) nízký poměr 2D:4D odpovídá vysokým hodnotám testosteronu u dospělých mužů, zatímco vysoký poměr pozitivně koreluje s hodnotami luteinizačního hormonu, estrogenu a prolaktinu u mužů i žen.

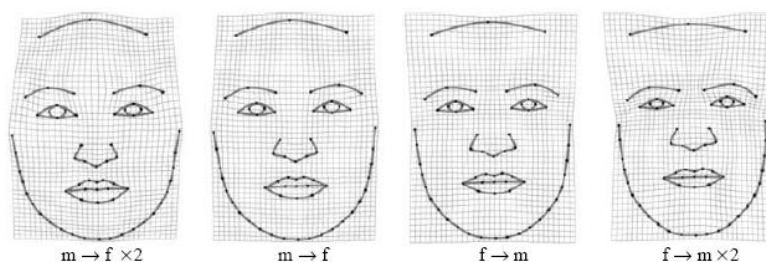
Fink *et al.* (2005) se snažili najít propojení mezi poměrem 2D:4D a tvarem obličeje pomocí metod geometrické morfometrie. Stanovili si dvě základní hypotézy. První byla, že nízké hodnoty 2D:4D budou odpovídat robustnějším (maskulinnějším) obličejům, zatímco vysoké hodnoty gracilnějším (femininnějším) obličejům. Druhou hypotézou bylo, že pokud tomu tak bude u mužů i žen, tak ovlivňované rysy obličeje budou odlišné od klasicky uváděných sexuálně dimorfních znaků (které se vyvíjejí za postnatálního působení hormonů). Samotný výzkum byl proveden na 50 mužích a 56 ženách o průměrném věku 22,8 let. Délka prstů byla měřena digitálním posuvným měřítkem na fotokopiích rukou.



Obr. 9. V horní řadě je zobrazen tvar obličeje při nízkém poměru 2D:4D (zprůměrovaná levá a pravá ruka), vlevo pro muže, vpravo pro ženy. V dolní řadě jsou tvary obličeje při nízkém poměru 2D:4D. Ve všech případech jde o tvar vzdálený 6 směrodatných odchylek od průměru. Převzato (a upraveno) z Fink *et al.* (2005, s. 1998 a s. 1999).

Pro určení tvaru obličeje z pohledu en face bylo definováno 32 význačných bodů a 32 klouzavých pomocných bodů, které byly nadigitalizovány na standardizovaných fotografiích probandů. Konfigurace bodů byly standardizovány prokrústovskou analýzou a dále analyzovány pomocí metody tenkých ohebných plátek. Spojení mezi tvarem obličeje a hodnotami 2D:4D bylo zjišťováno pomocí regrese tvarových proměnných na hodnoty 2D:4D. Výsledky nezamítly první hypotézu: nízké hodnoty 2D:4D odpovídají maskulinnějším obličejům a naopak, a to u obou pohlaví. Druhá hypotéza také nebyla zamítnuta. Vyplývá to z porovnání sexuálního dimorfismu obličeje (bez ohledu na 2D:4D) a trendů, které vyplývají z nízké nebo vysoké hodnoty 2D:4D. Zatímco postnatálně dochází ke změnám především prodlužováním dolní části obličeje u

mužů, prenatalní ovlivnění tvaru spočívá ve změnách „robusticity“ (patrné z porovnání obrázků 9 a 10). Výsledné sexuálně dimorfní znaky obličeje tak jsou možná kombinací nejméně dvou působících faktorů: prenatalního a postnatálního působení hormonů.



Obr. 10. Sexuální dimorfismus tvaru obličeje (bez ohledu na 2D:4D). Prostřední deformační mřížky jsou vizualizacemi deformace průměrného mužského obličeje na ženský ($m \rightarrow f$) a naopak. Ve vnějších deformačních mřížkách jsou tyto rozdíly dvakrát zvýrazněny. Převzato z Fink *et al.* (2005, s. 1999).

5. Metody hodnocení rtů

Základní rozdělení metod, které se zabývají hodnocením lidského těla, je rozdělení na metody kvalitativní a kvantitativní. Kvalitativní metodou je somatoskopie, kvantitativní antropometrie. K nim může být přidána metoda geometrické morfometrie, která slouží k hodnocení tvaru. Této metodě bude věnována samostatná a poměrně detailně pojatá kapitola, neboť je hlavní používanou metodou praktické části této diplomové práce.

5.1. Somatoskopie

Somatoskopická (deskriptivní) charakteristika nějakého znaku používá k jeho ohodnocení nebo vyjádření slovní výrazy předem dohodnuté a přesně vymezené. K lepší definici a vyjádření jsou používána kreslená schémata, a to zejména pokud se znak týká tvaru. Největší část somatoskopických znaků lze vyjádřit jednoduše pouze ve třech stupních (kategoriích) jejich vytvoření – obecně řečeno může být znak podprůměrný, průměrný, nadprůměrný (např. malý, střední, velký). Somatoskopie tedy není vyjádřením absolutního metrického údaje (jak je tomu v antropometrii), ale poskytuje představu o vztahu nějakého znaku k okolí nebo vyjadřuje tvar. Příkladem může být výška čela, která ve vztahu k šířce čela a k velikosti obličejové části může být malá, střední nebo velká, i když absolutní výška zůstává stejná (Titlbachová 1967, s. 73). Je třeba si ale uvědomit, že znak je ve skutečnosti kontinuální a rozdělení do kategorií je vytvořeno uměle, navíc hranice těchto kategorií nemohou být přesně definovány (Hulanicka 1973, s. 117).

Somatoskopické znaky u člověka lze rozdělit do tří základních skupin: na znaky na hlavě, znaky na těle a na zubech. Znaky na hlavě lze dále dělit na znaky týkající se hlavy jako celku, na znaky jednotlivých krajin hlavy (krajiny čelní, krajiny nosní, krajiny rtů a brady, krajiny očí), znaky ušního boltce, znaky vlasů a vousů, očí (oční koule) (Titlbachová 1967, s. 73-122). Hodnocení těchto znaků bývá prováděno přímo na živém člověku nebo z fotografií.

Vybrané znaky krajiny rtů a brady jsou uvedeny v praktické části diplomové práce (kapitola 7.3.2.).

5.2. Antropometrie

Antropometrie představuje metody a techniky měření lidského těla založené na standardizaci používaných bodů, rozměrů a nástrojů, čímž je zajištěna reprodukovatelnost

a srovnatelnost různých antropometrických výzkumů lidských populací (Malina 2009, s. 249).

Rozměry měkkých tkání obličeje nebývají jen v zájmu antropologů, ale také lékařů z oborů ortodontie, maxilofaciální chirurgie nebo plastické chirurgie. Přispěním obou skupin vznikla celá řada metod, které zahrnují jak metody přímé antropometrie (prováděné přímo na živém člověku) nebo nepřímé (prováděné prostřednictvím nějaké zobrazovací metody), dále metody dvourozměrné a trojrozměrné. Cílem následujících řádků není uvést vyčerpávající přehled všech možných metod, neboť rozvoj zejména v oblasti trojrozměrných metod je obrovský (viz přehledová studie Kau *et al.* 2007). Přiblíženy budou alespoň ty metody, které byly/jsou používány při hodnocení rtů.

Klasická přímá antropometrie užívá k určení rozměrů standardizované nástroje, obvykle posuvné měřítko, kefalometr nebo pásovou míru. Pomocí nich jsou prováděna měření rozměrů mezi přesně definovanými body na hlavě (Farkas 1994, s. 19-20). Mezi její výhody se řadí přístup k oblastem zakrytým vlasy nebo k těm, které jsou zkresleny při fotogrammetrických metodách (např. hloubka obličeje) nebo možnost nahmatat kostěný podklad měkkých tkání. Nevýhodami této metody jsou časová náročnost, požadavek na jistou zkušenost s měřením u provádějícího člověka a kooperace ze strany měřeného (Farkas, Deutsch 1996, s. 2).

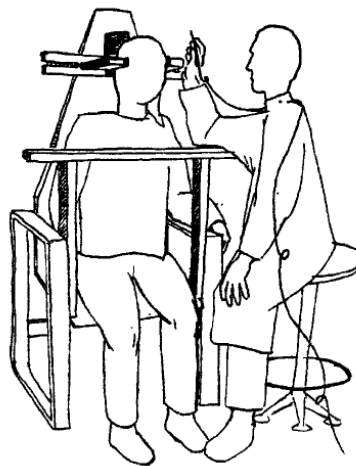
Další často užívanou metodou (nepřímou a dvourozměrnou) je použití rentgenových snímků profilu obličeje, na nichž jsou zachyceny měkké i tvrdé tkáně pomocí speciálního filtru. Obrysy obličeje jsou překresleny a v počítači jsou na nich digitalizovány přesně definované body. Rozměry jsou pak vypočítány na základě kartézských souřadnic bodů, kterými jsou určeny. Tato metoda byla použita např. ve studiích autorů Genecov, Sinclair, Dechow (1990) nebo Nanda *et al.* (1990).

Paralelně s vývojem předchozí metody, která byla zavedena do praxe v 50. letech 20. století, se začala používat i metoda využívající standardizovaného fotografického záznamu ke zjišťování parametrů obličeje. Na vytvořených fotografiích jsou nadigitalizovány antropometrické body a na jejich základě jsou vypočítány rozměry. Tato metoda je nazývána jako *fotogrammetrie (photogrammetry)* (Fernández-Riveiro *et al.* 2002, s. 59-60). Mezi její nevýhody patří možná deformace obličeje při fotografování a zkreslení rozměrů při projekci trojrozměrného prostoru do prostoru dvojrozměrného (Farkas, Deutsch 1996, s. 2).

S rozvojem moderních technologií se začaly objevovat trojrozměrné metody, které umožňují získat souřadnice antropometrických bodů na obličeji nebo rovnou celý jeho

povrch. Zásadní výhodou těchto metod je, že při nich nedochází k zkreslení rozměrů při projekci trojrozměrného prostoru do prostoru dvojrozměrného (Ferrario *et al.* 1996, s. 92).

Přímou metodou je získávání trojrozměrných kartézských souřadnic antropometrických bodů na obličeji pomocí 3D digitizéru. Při této metodě je špička digitizéru přikládána přímo na antropometrické body na obličeji probanda, jejich souřadnice jsou ukládány na připojený počítač. Podmínkou je zajištění fixované polohy hlavy po dobu snímání souřadnic. Oproti klasické antropometrii má tato metoda např. výhodu v tom, že není tak náchylná ke stlačení měkkých tkání při měření a každý bod je určen jen jednou, tedy ne několikrát pro každý rozměr zvlášť (Ferrario *et al.* 1998, s. 10, 14). Schéma provádění digitalizace 3D digitizérem je na obrázku 11.



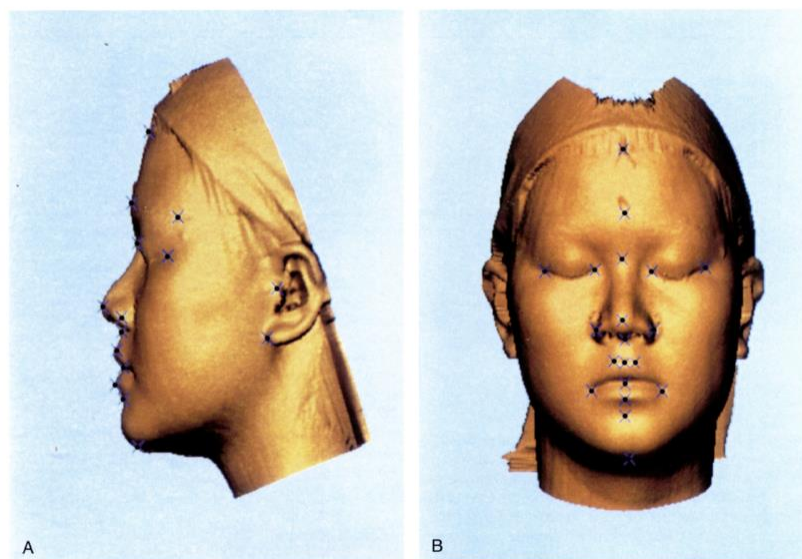
Obr. 11. Nákres znázorňující získávání trojrozměrných souřadnic antropometrických bodů na obličeji pomocí 3D digitizéru. Převzato z Ferrario *et al.* 1998 (s. 11).

Optoelektronická metoda na získání trojrozměrných kartézských souřadnic rtů byla použita ve studii autorů Ferrario *et al.* (2000, s. 417). Základem této metody je použití dvou infračervených CCD videokamer propojených s videorekordérem, které zaznamenávají polohu antropometrických bodů představovaných značkami přímo na povrchu rtů. Příslušné rozměry jsou pak dopočítány na základě zjištěných souřadnic.

Jinou trojrozměrnou metodou je *stereofotogrammetrie* (*stereophotogrammetry*), ve které je vytvářen trojrozměrný obraz obličeje na základě dvou simultánně vytvořených fotografií z odlišných úhlů. Mezi výhody této metody patří, že pomocí ní lze získat

nejenom lineární rozměry, ale i délku křivek, velikosti ploch a objemů, například právě rtů (Sawyer, See, Nduka 2009, s. 503).

Laserové skenování je často užívanou technikou v průmyslovém inženýrství pro získání trojrozměrných dat o objektech. Jedná se o spolehlivou metodu, která slouží např. k odhalení mikroskopických vad v automobilovém nebo leteckém průmyslu. Laserová technologie využívá zákonů optiky a slouží k určení vzdálenosti bodů na objektu prostřednictvím zdroje usměrněného světelného paprsku a detektoru odrazu. Laserový paprsek je odchýlen zrcadlem na skenovaný objekt, paprsek je rozptýlen a zachycen detektorem. Vzdálenost bodů a detektoru je vypočítána na základě geometrických zákonů a data jsou převedena do trojrozměrných souřadnic. Laserové skenovací přístroje se dle zdroje paprsku rozdělují na dvě základní skupiny: bodové a štěrbinové skenery, pro skenování povrchu obličeje je z časových důvodů praktičtější typ druhý (Kau *et al.* 2007, s. 98). Pomocí trojrozměrného laserového skenování je tedy možné během několika vteřin získat trojrozměrný obraz povrchu obličeje a na něm provést lokalizaci antropometrických bodů s následným výpočtem rozměrů (Aung, Ngim, Lee 1995, s. 551, 556-557). Příklad naskenovaného obličeje je na obrázku 12.



Obr. 12 Příklad výsledku trojrozměrného laserového skenování obličeje (A – levý profil, B- en face) s vyznačenými antropometrickými body. Převzato z Aung, Nkim, Lee (1995, s. 553).

Možné je i vytvářet odlitky celého obličeje nebo jeho částí. Tato metoda je ale časově náročná a vyžaduje značný podíl spolupráce od probanda, neboť musí zůstat nějaký čas bez pohybu a samotný proces mu může být nepříjemný (Altobelli 1994, s. 222).

Všechny předchozí metody se zabývaly obličejem jako statickým objektem, lze jej ale pojmout i jako objekt dynamický – pohyb pak bývá zachycen typicky pomocí videokamery. V případě rtů může být sledován jejich pohyb při zpracování potravy nebo mimice (Kau *et al.* 2007, s. 102).

6. Geometrická morfometrie

Morfometrie se zabývá metodami pro popis a statistickou analýzou rozdílů tvaru uvnitř souboru organismů nebo mezi nimi a analýzou změn tvaru jako důsledkem růstu, experimentů či evoluce. Morfometrické metody jsou zapotřebí kdykoliv je potřeba popsat nebo srovnat tvary organismů nebo určitých struktur. Soubory organismů mohou tvořit zástupci z různých geografických oblastí, vývojových stádií, vlivů prostředí atp. Jako *tradiční morfometrie* se označuje postup, při kterém jsou používány vícerozměrné statistické analýzy na soubory proměnných, které obvykle odpovídají různým naměřeným vzdálenostem na organismu. Takovýmito rozměry jsou např. délky a šířky objektů a vzdálenosti mezi určitými body na nich, někdy jsou užívány i poměry nebo úhly. Výsledky jsou většinou vyjádřeny číselně nebo graficky ve smyslu lineárních kombinací měřených proměnných. Z těchto výsledků však není možné sestavit původní tvar (Rohlf, Marcus 1993, s. 129).

Na konci 80. let a začátku 90. let 20. století došlo ke změně přístupu ke kvantifikaci morfologických struktur a způsobu jejich analýzy. Tento posun znamenal soustředění se na zachycení tvaru objektů zájmu a udržení informace o něm během následných analýz. Během let byly vypracovány metody pro analýzu obrysů a analýzu význačných bodů, současně byla také rozvinuta přesná statistická teorie stojící za analýzou tvaru, která umožnila sloučení vícerozměrných statistických metod a metod pro přímou vizualizaci biologických tvarů. Tento nový proud v morfometrii je nazýván jako *geometrická morfometrie*. Metody geometrické morfometrie se tradičně rozdělují na metody analýzy obrysů a metody analýzy význačných bodů (Adams, Rohlf, Slice 2004, s. 6). Další text je soustředěn budeme jen na metody analýzy význačných bodů.

6.1. Význačné body

6.1.1. Vymezení význačných bodů

*Význačné body (landmarks)*⁶ hrají zásadní roli v geometrické morfometrii. Význačný bod je definován jako bod na objektu, který si odpovídá na všech objektech v rámci populace nebo mezi populacemi (Dryden, Mardia 1998, cit. Zelditch *et al.* 2004, s.

⁶ České překlady anglických termínů z oblasti geometrické morfometrie jsou používány dle návrhu P. Urbanové a M. Králíka (Urbanová, Králík 2009, s. 290-291). V závorce je kurzivou uveden anglický ekvivalent.

75). V řeči biologické praxe jsou význačné body jednotlivá anatomická místa, která můžeme rozeznat jako stejná u všech zkoumaných jedinců.

Ideální význačné body splňují pět kritérií (Zelditch *et al.* 2004, s. 24-31):

- homologie – z biologického i matematického hlediska je tento požadavek prvořadým. Vyžaduje, aby se body nacházely na anatomicky stejném místě. Není tedy např. možné považovat za homologní body, které si jenom funkčně odpovídají. Stejně je tímto požadavkem zamítnuta homologie v tradiční morfometrii klasicky užívaných rozměrů jako je např. největší šířka lebky. Body pro měření takovýchto rozměrů se u rozdílných organismů totiž mohou nacházet na zcela anatomicky odlišných místech lebky. Někdy však dojde k nutnosti používat body, jejichž homologie je poněkud pochybná. Bývají označovány jako *pomocné body*; detailněji o nich bude pojednáno níže.

- stálost vzájemných pozic – metody geometrické morfometrie nemohou být náležitě použity, pokud se tvary velmi liší. Může k tomu dojít třeba když se nějaký bod posune přes jiné (např. u jednoho souboru organismů se nachází před zubem a u dalšího za ním) nebo když zanikne zcela.

- dostatečné pokrytí - je třeba aby význačné body dostatečně pokrývaly zkoumaný tvar objektu, jinak nemusí být odhaleny jeho změny. Kvůli tomuto kritériu je někdy potřebné přistoupit ke kompromisu a zmírnit požadavek homologie.

- opakovatelnost – při opakovaném umístění bodů musí být vždy umístěny na stejné místo.

- koplanarita bodů – toto kritérium se týká studia trojrozměrných objektů v dvojrozměrném zobrazení (typicky u fotografie). Aby se zabránilo zkreslení, objekty musí být konzistentně orientovány před objektivem (v příkladě fotografování), přičemž pro tuto orientaci musí být zvolena jedna určitá rovina. Při dvourozměrné analýze objektu na fotografii se může zdát, že nějaký bod se pohybuje v rámci roviny fotografie, ve skutečnosti se však může pohybovat směrem od ní či k ní. V tomto případě vidíme promítání změny v tomto třetím rozměru na rovinu fotografie. Pokud je objekt zkoumán trojrozměrnými metodami, kritérium koplanarity se stává bezpředmětným.

Souhrnem jsou význačné body v ideálním případě homologní anatomická místa, která nemění svou topologickou pozici vzhledem k ostatním význačným bodům, zajišťují dostatečné pokrytí tvaru objektu, mohou být opakovaně a spolehlivě nalezeny a leží ve stejné rovině (Zelditch *et al.* 2004, s. 24).

6.1.2. Booksteinovy typy význačných bodů

Bookstein (1991, s. 63-65) rozdělil význačné body na tři základní typy. Význačný bod typu 1 je jasně vymezený bod pomocí okolních přilehlých struktur. Jedná se např. o průsečík tří kostních švů. Význačné body tohoto typu mohou pomoci např. k určení působení směru sil na příslušné struktury. Význačný bod typu 2 bývá lokálním maximem nějaké křivky na objektu. Klasickým příkladem jsou konce drápů a špičky zubů predátorů nebo konce kostěných výběžků. Význačný bod typu 3 bývá definován pomocí vztahu k jinému bodu, např. jako nejvzdálenější bod na nějaké struktuře od jiného bodu. Někdy jsou body přechody mezi těmito typy (např. typ 2-3).

6.2. Tvar a prostory tvarových proměnných

Matematické metody, které slouží k analýze tvaru, vycházejí z jeho definice. Kendall (1977, cit. Zelditch *et al.* 2004) definuje tvar jako *veškerou geometrickou informaci, která zůstane po odstranění vlivu polohy, velikosti a rotace v prostoru*. Určeny jsou tak tři operace, které nemění tvar objektu – změna jeho polohy, změna jeho velikosti a změna otočení v prostoru; tvar je na nich nezávislý. Všechny další operace tvar mění (Zelditch *et al.* 2004, s. 74).

Na tomto místě je nutné poznamenat další základní kámen analýzy tvaru. Tvar objektu je definovaný souborem význačných bodů, z nichž každý je určen kartézskými souřadnicemi. Všechna srovnání tvarů mezi objekty pak probíhají na úrovni celého souboru význačných bodů – na tzv. *konfiguraci význačných bodů*, ne jako srovnání mezi jednotlivými význačnými body. Objekty srovnání jsou tedy celé konfigurace tvořené K význačnými body, z nichž každý má M souřadnic (pro studium objektů v dvourozměrném prostoru $M=2$, v trojrozměrném prostoru $M=3$). Takováto konfigurace souřadnic se nazývá *konfigurační matice (configuration matrix)*, má K řádků a M sloupců, každý řádek představuje souřadnice určitého bodu na objektu (Zelditch *et al.* 2004, s. 75-76).

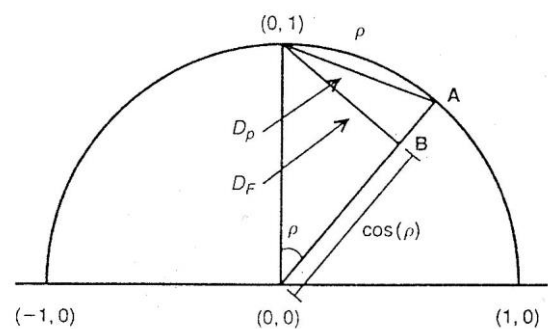
Konfigurační prostor (configuration space) je soubor všech možných $K \times M$ matic popisujících všechny možné soubory konfigurací význačných bodů pro daná K a M . Pozice konfigurační matice je dána pozicí *centroidu* této matice. Centroid je M -rozměrný vektor, který se skládá z průměrů kartézských souřadnic. V případě dvourozměrných význačných bodů je tedy centroid dán průměry souřadnic x a y dané konfigurační matice. S centroidem se pojí nejčastěji užívaná míra velikosti v geometrické morfometrii – *velikost centroidu (centroid size)*. Vypočítá se jako druhá odmocnina součtu druhých mocnin vzdáleností

všech význačných bodů konfigurace od centroidu této konfigurace (Zelditch *et al.* 2004, s. 77-78). Velikost centroidu je jedinou mírou velikosti, která je matematicky nezávislá na tvaru. Může tak být studován vztah mezi velikostí a tvarem (Zelditch *et al.*, s. 11).

Pro vytvoření prostoru nazývaného *pre-shape space* je potřeba splnit dvě podmínky. Jednak konfigurační matrix musí být centrována, což je splněno tím, že průměr všech jejích souřadnic je 0. Druhou podmínkou je velikost centroidu rovná 1. V dvourozměrném prostoru má soubor bodů vyhovujících těmto podmínkám podobu kruhu o poloměru 1 se středem v počátku souřadnic (0, 0). Pro souřadnice každého jeho bodu platí $X^2 + Y^2 = 1$. V trojrozměrném prostoru platí analogicky $X^2 + Y^2 + Z^2 = 1$, body (reprezentující jednotlivé konfigurace význačných bodů) se nacházejí na povrchu koule a ke znalosti jejich umístění je potřeba znát pouze směr od středu koule. Obecně lze mluvit i o povrchu hypersféry umístěné v počátku souřadnic, ale více než trojrozměrný prostor je těžko představitelný (Zelditch *et al.* 2004, s. 79-80).

V *pre-shape space* je sice odstraněn vliv polohy a velikosti, stále však zbývá odstranit vliv rotace. Na povrchu koule jsou body, které se liší jen rotací, představovány tzv. *vlákny (fibers)*. Jsou to oblouky na povrchu koule. Díky nim můžeme konečně mluvit o oddělení tvarů a vzdálenosti mezi nimi. Obvyklým způsobem jak definovat vzdálenost mezi objekty v prostoru je hledání nejmenší možné vzdálenosti mezi body. Na dvou vláknech (představující dva různé tvary) tedy hledáme dva body, jejichž spojnice – také oblouk – bude nejkratší. Délka tohoto oblouku se nazývá *prokrústovská vzdálenost (Procrustes distance)* (Zelditch *et al.* 2004, s. 81-83).

Prostor, který obsahuje pouze jediný bod (jedinou konfiguraci) z každého vlákna, je označován jako *prostor tvarových proměnných (shape space)*. Body jsou vybrány tak, aby prokrústovské vzdálenosti mezi nimi byly co nejmenší. V případě trojúhelníků jako zkoumaných tvarů si můžeme povrch koule omezit na polovinu (druhá polovina obsahuje stejné tvary). Referenčním trojúhelníkem, k němuž vztahujeme vzdálenost všech ostatních trojúhelníků, je rovnostranný trojúhelník



Obr. 13. Řez prostorem trojúhelníků o jednotné velikosti centroidu ukazující vztahy mezi vzdálenostmi mezi referenčním tvarem (v bodě (0,1)) a A. Prokrústovská vzdálenost je označena jako ρ , částečná prokrústovská vzdálenost jako D_ρ , plná prokrústovská vzdálenost jako D_F . Převzato z Zelditch *et al.* 2004, s. 85.

umístěný na pólu. Provedeme-li řez tímto prostorem trojúhelníků, dostaneme polokruh, který je pro názornější představu je znázorněn na obrázku 13. Je vidět, že prokrústovská vzdálenost není nejkratší, kratší je ještě tzv. *částečná prokrústovská vzdálenost (partial Procrustes distance)*, která spojuje referenční bod a sledovaný bod A a která prochází vnitřkem polokoule. Pro ještě kratší vzdálenost - *plnou prokrústovskou vzdálenost (full Procrustes distance)* musí být zmírněna podmínka na velikost centroidu sledovaného bodu A. Bod B, v němž je sledovaný tvar (představovaný bodem A) nejbližší referenčnímu bodu, se nachází na průsečíku poloměru bodu A a kolmici na něj z referenčního bodu (Zelditch *et al.* 2004, s. 85). Vytvářením bodů B vzniká další prostor – tzv. *Kendallův prostor (Kendall's shape space)* pro trojúhelníky. Jedná se o kouli s poloměrem 0,5 ležící tangenciálně uvnitř polokoule prostoru tvarových proměnných. Kendallův prostor a prostory výše popsané neodpovídají zákonům (lineární) euklidovské geometrie, neboť jsou zakřivené (Zelditch *et al.* 2004, s. 86). Tento fakt je překážkou ztěžující statistické testování klasickými metodami vícerozměrné statistické analýzy. Dá se však řešit vytvořením euklidovského prostoru, který je tangenciální k oběma posledně diskutovaným prostorům. Bodem styku je referenční bod. Body z neeuklidovských prostorů jsou pak do tangenciálního prostoru promítány (Zelditch *et al.* 2004, s. 96).

6.3. Superpoziční metody

Superpoziční metody jsou metody sloužící ke standardizaci objektů, které chceme porovnávat. Dochází při nich k naskládání konfigurací význačných bodů na sebe – odtud pojmenování superpoziční metody. Jsou vytvořeny v souladu s výše nastíněnou teorií tvaru – pracují pomocí matematických operací, které neovlivňují tvar (změna pozice, velikosti, rotace). Superpozičních metod existuje několik a liší se v tom, jak jsou použity zmíněné operace. Patří mezi ně tzv. *booksteinovské tvarové souřadnice (Bookstein shape coordinates)*, *sliding baseline registration*, *obecná prokrústovská analýza nejmenších čtverců (Procrustes generalized least squares)* a její modifikace, *prokrústovské robustní přizpůsobení (Procrustes resistant fit)* (Zelditch *et al.* 2004, s. 105). Stručně bude osvětlena jen prokrústovská analýza.

Při *prokrústovské analýze* jsou nejdříve konfigurace význačných bodů na sebe navrstveny tak, že poloha centroidů je totožná (v počátku souřadnic). Dále jsou konfigurace proporčně zmenšeny nebo zvětšeny tak, aby měly jednotkovou velikost centroidu. V posledním kroku je jedna z konfigurací určena za referenční a ostatní konfigurace jsou rotovány tak, aby se minimalizovala dílčí prokrústovská vzdálenost mezi

každou z nich a referenční konfigurací. Tato prokrústovská analýza probíhá v několika opakováních – při první je za referenční konfiguraci užitá první konfigurace, pak je spočítána průměrná konfigurace a stává se referenční pro další kolo rotací. Toto pokračuje dokud není nově vypočítaná referenční konfigurace shodná s předchozí; obvykle k tomu stačí několik opakování (Zelditch *et al.* 2004, s. 114-115).

6.4. Metoda tenkých ohebných plátek

Metoda tenkých ohebných plátek (thin-plate spline, TPS) přináší analýze tvaru dvě základní výhody. Jednak můžeme s její pomocí znázornit změny tvaru, umožňuje vyjádřit změny mezi jednotlivými význačnými body, což u prokrústovské analýzy bylo omezené. Jednak přináší tvarové proměnné, na které mohou být použity obvyklé statistické testy (tj. parametrické). Nemusí se při ní upravovat počet stupňů volnosti, neboť výsledné koeficienty (zvané *skóre dílčích varp, partial warp scores*) mají potřebných 2K-4 proměnných, tedy počet rovný stupňům volnosti (Zelditch *et al.* 2004, s. 129-130).

Změny tvaru se v metodě tenkých ohebných plátek vizualizují prostřednictvím deformace mřížky. Mřížka představuje jakousi metaforu – idealizovaný nekonečně tenký kovový plát, který změnu souřadnic v dvourozměrné rovině X, Y převede do změny pozice v třetím směru – Z, tedy jakoby nad nebo pod rovinu, což je znázorněno právě deformací mřížky. K těmto deformacím (tvarovým změnám) je potřeba energie, která se označuje jako deformační energie. Deformační energie má dvě složky: uniformní a neuniformní komponentu. *Uniformní komponenta (afinní, affine/uniform component)* nevyžaduje žádnou deformační energii a její vliv se projeví všude stejně. Rozlišuje se šest typů uniformních deformací pro význačné body o dvou souřadnicích: čtyři z nich nemění tvar (změna pozice ve směru osy x nebo y, změna velikosti, rotace) a dvě z nich tvar mění. Tvar mění zúžení/rozšíření (zvětšení jen v jednom směru) a smyk (*shear*). *Neuniformní komponenta deformační energie (neafinní; non-uniform, non-affine component)* tvar mění a její účinky nejsou všude stejné, popisuje místní změny (Zelditch *et al.* 2004, s. 133-136).

Neuniformní deformace je geometricky rozložena na řadu složek – tzv. *dílčích varp (partial warps)* s postupně se zmenšujícími prostorovými účinky deformace (lokálnějšími účinky), tedy s postupně větší deformační energií. Každá složka popisuje model relativního posunu význačných bodů vycházejícího z umístění význačných bodů v referenčním tvaru. Každá dílčí varpa je násobena dvourozměrným vektorem – *skórem relativních varp*

(*partial warp scores*), který vyjadřuje příspěvek (v obou rozměrech) jednotlivé dílčí varpy v celkové deformaci (Zelditch *et al.* 2004, s. 143-146).

6.5. Analýza hlavních komponent a kanonická analýza

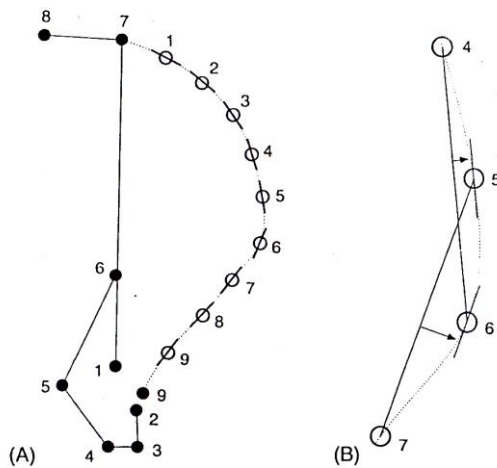
Tyto dvě metody umožňují popsat rozmanitost tvarů ve zkoumaném souboru. *Analýza hlavních komponent* (*principal components analysis, PCA*) je prostředek pro zjednodušení popisu odlišností mezi jednotlivci, *kanonická analýza* (*canonical variates analysis, CVA*) je obdobou pro odlišnosti mezi skupinami. Při obou je vytvářen nový soubor proměnných (*hlavní komponenty, kanonické proměnné*), které jsou lineárními kombinacemi původních proměnných (Zelditch *et al.* 2004, s. 155).

Při analýze hlavních komponent jsou tvořeny hlavní komponenty tak, aby popisovaly největší podíl celkových rozdílů mezi tvary. Hlavní komponenty jsou na sobě nezávislé a představují vlastně nový systém souřadnic. S přibývajícím pořadovým číslem hlavní komponenty klesá její podíl na vysvětlení variability; k vysvětlení většiny rozdílů obvykle stačí několik prvních hlavních komponent. Pro použití ve statistických testech jsou počítány ještě *skóre hlavních komponent* (*principal component scores*), která jsou vyjádřením vzdálenosti každého jednotlivce od hlavních komponent (Zelditch *et al.* 2004, s. 156-159).

6.6. Analýza křivek pomocí pomocných bodů

V rámci tvarů se mnohdy vyskytnou úseky (křivky), na kterých nelze definovat význačné body. Je potřeba nějaký způsob, jak by se na těchto křivkách daly určit body, se kterými by mohlo být zacházeno tak, jako by to byly body význačné. Bez srovnatelných bodů mezi jedinci by totiž nemohla být používána geometrická teorie tvaru, chybělo by ospravedlnění pro použití prokrústovských vzdáleností. Řešením je zvolit body, které jsou rovnoměrně rozmístěny na křivce. Takto vytvořené body se nazývají *pomocné body* (*semilandmarks*). Oproti význačným bodům mají méně stupňů volnosti než počet souřadnic, který udává jejich polohu. Následnou analýzu tvaru je tedy třeba upravit, aby odrážela odlišný charakter pomocných bodů. Nejjednodušším řešením je zacházet s pomocnými body jako s body význačnými. Značnou nevýhodou tohoto postupu ale je, že pomocné body tak mají na výsledek analýzy větší vliv než by díky svému sníženému počtu stupňů volnosti měly mít. Pomocné body totiž nesou méně informací než význačné body. Dalším řešením je zmenšit vliv pomocných bodů - vytvořit váženou prokrústovskou

vzdálenost a užít ji jako kritérium optimální superpozice. Jiným přístupem je „přetvoření“ pomocných bodů na tzv. *klouzavé pomocné body* (*sliding semilandmarks*) v průběhu superpozice. V tomto řešení se nejdříve provede klasická prokrústovská analýza, přičemž význačné body a pomocné body jsou považovány za rovnocenné. Je vypočítána průměrná konfigurace a zkoumané konfigurace jsou na ni superponovány. Následuje přesunutí pomocných bodů tak, aby se minimalizovala hodnota deformační energie odpovídající deformaci referenční konfigurace na konfiguraci cílovou. Pomocné body „kloužou“ po tečně ke křivce v tom určitém pomocném bodu. Tvar křivky ale není znám, proto je tečna odhadnuta jako přímka rovnoběžná s přímkou procházející dvěma přilehlými význačnými nebo pomocnými body. Po tomto klouzání se superpozice opakuje dokud není vypočítána průměrná konfigurace shodná s předchozí. Vysvětlující nákres ke klouzavým pomocným bodům je na obrázku 14. (Zelditch *et al.* 2004, s. 395-400).



Obr. 14. Tečny na okraji lopatky v místě pomocných bodů (A) Idealizované odhady založené na křivce okraje lopatky (B) zvětšený náhled na část okraje ukazující odhad tečen v místě pomocných bodů. Tečna pomocného bodu 6 je rovnoběžná s přímkou procházející pomocnými body 5 a 7. Převzato z Zelditch *et al.* 2004, s. 400.

7. Materiál a metody

7.1. Materiál

Materiálem pro tuto práci jsou dvě sady fotografií obličejů. První představují fotografie obličejů žáků 1.-9. třídy Základní školy T. G. Masaryka v Hovoranech v okrese Hodonín. Na této škole probíhal v prosinci 2006 až únoru 2007 antropologický výzkum, který byl zaměřen na sexuální dimorfismus tělesných rozměrů, tvaru ruky a otisků prstů. Zároveň byly pořizovány i fotografie obličeje zkoumaných jedinců, a to s písemným informovaným souhlasem rodičů dotyčných. Celkový počet vyfotografovaných jedinců byl 237, z toho je 112 chlapců a 125 dívek. Věkové rozmezí těchto jedinců je 6-15,9 let. Druhý soubor fotografií je tvořen studenty gymnázia v Ústí nad Labem, Jateční 22. Je pořízen také s informovaným souhlasem rodičů. Obsahuje fotografie 112 jedinců, z toho 50 chlapců a 62 dívek ve věkovém rozmezí 15-19 let. Dohromady tedy bylo k dispozici 349 jedinců čili 162 chlapců a 187 dívek (údaje převzaty z Duda 2007, s. 97).

7.2. Metody geometrické morfometrie

7.2.1. Fotografie a výběr vhodných fotografií

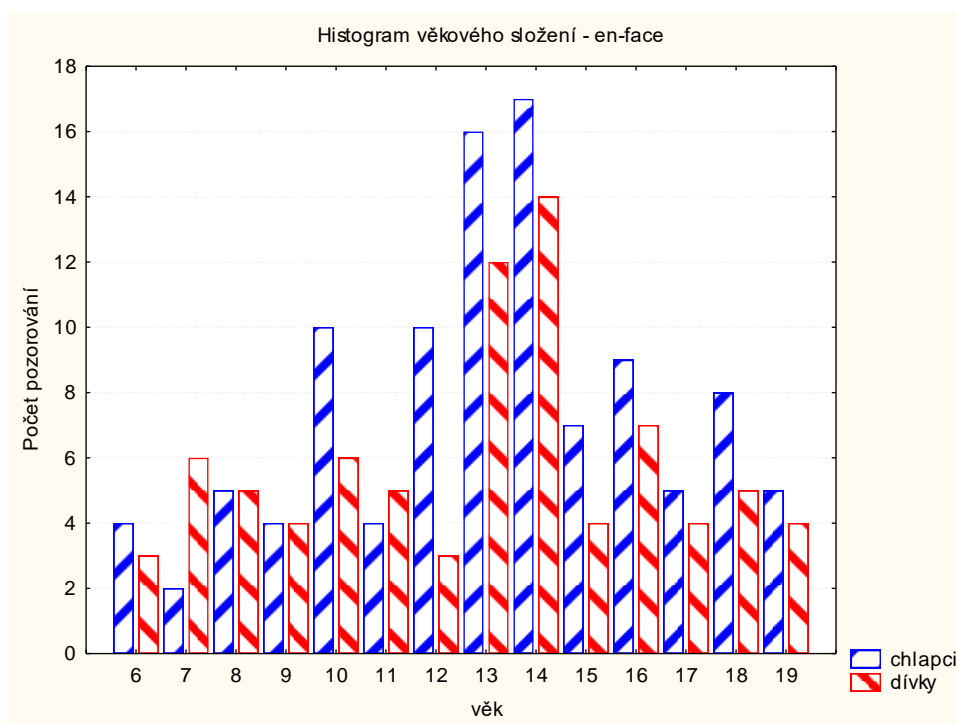
Fotografie byly pořízeny Mgr. Josefem Dudou, který souhlasil s tím, aby byly zpracovány i autorkou této práce. Fotografováno bylo přístrojem Konica Minolta Dimage A200 s rozlišením 8 megapixelů za přirozených denních světelných podmínek. Jedinci seděli při snímání na židli, která byla vzdálená tři metry od fotoaparátu. Výška očí odpovídala výšce objektivu. Probandi byli vyzváni k odložení brýlí, odstranění vlasů z čela a k odhalení uší a také k zaujetí neutrálního výrazu obličeje. Na každém snímku je přítomno měřítko, které bylo umístěno na stativu vedle židle tak, aby jeho plocha byla ve v rovině kolmé k ose fotoaparátu ve stejné vzdálenosti jako obličej. Každý jedinec byl fotografován v pohledu zepředu (en face) a z levého profilu. Získané digitální fotografie byly později upraveny v programu Corel PHOTO-PAINT 11 - byly ořezány tak, aby na výsledném snímku zůstal pouze obličej a měřítko, uloženy ve formátu tiff s rozlišením 72x72 dpi v režimu barev RGB (24 bitů) (Duda 2007, s. 101).

Pro potřeby této práce ovšem musely být některé fotografie ze souboru, který byl k dispozici, vyloučeny. Jedinci byli vylučováni zejména z těchto důvodů: mimika (např. úsměv), nesprávná poloha hlavy (zejména u profilu), špatná technická kvalita fotografie (rozmazání). Po těchto vyloučeních zůstalo 188 fotografií v pohledu en face (77 chlapců a 61 dívek z Hovorán, 29 chlapců a 21 dívek z Ústí nad Labem) a 206 fotografií v pohledu

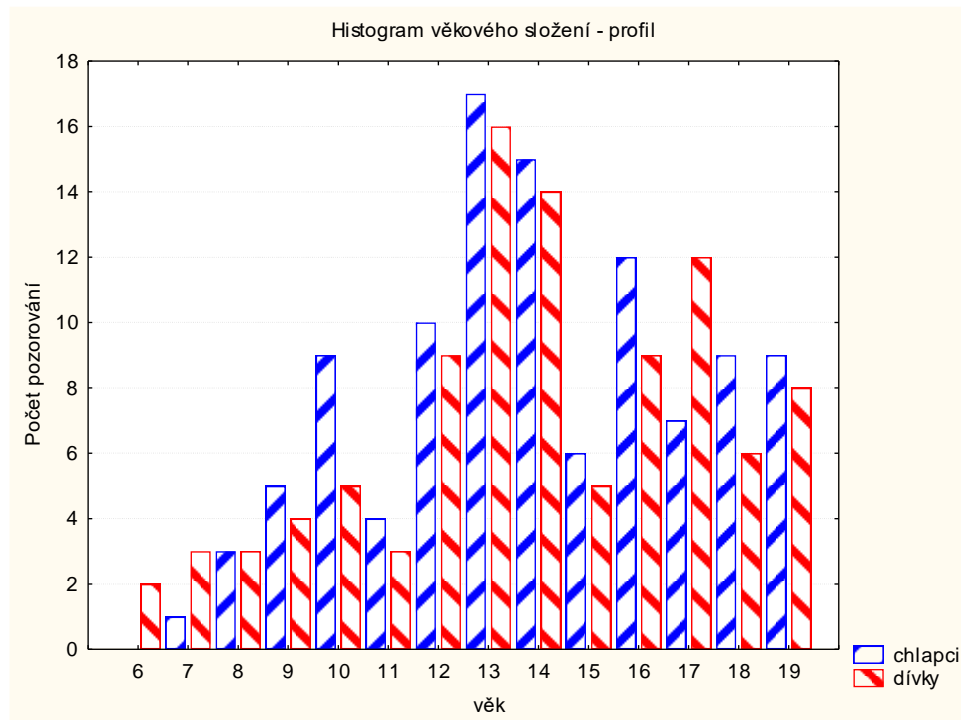
profil (68 chlapců a 62 dívek z Hovorán, 39 chlapců a 37 dívek z Ústí nad Labem). Je nutno poznamenat (ač je to z rozdílných počtů zřejmé), že ne všichni jedinci zahrnutí do analýzy jsou zastoupeni fotografiemi z obou pohledů. Soubory fotografií en face a z profilu si tedy ne zcela odpovídají.

7.2.2. Věk a tělesné parametry

K jedincům z Hovorán byl k dispozici věk vypočítaný na setiny roku na základě data narození a data doby fotografování. K jedincům z Ústí nad Labem byl znám věk v celých číslech. Jejich věk byl zaokrouhlován tímto způsobem: pokud zbývaly jedinci k dalším narozeninám méně než tři měsíce, byl věk zaokrouhlen nahoru, v opačném případě dolů (Duda 2007, s. 99). Histogramy věkového složení jsou v grafech 6 a 7 (věk jedinců z Hovorán je pro potřeby grafů zaokrouhlen podle stejného pravidla jako u jedinců z Ústí nad Labem).



Graf 6. Histogram věkového složení vzorku fotografií z pohledu en face. Na ose x je věk v letech, na ose y počet jedinců. Modré sloupky znázorňují chlapce, červené dívky.



Graf 7 Histogram věkového složení vzorku fotografií z pohledu profil. Na ose x je věk v letech, na ose y počet jedinců. Modré sloupčky znázorňují chlapce, červené dívky.

K souboru z Hovorán byly k dispozici ještě údaje o tělesných parametrech a o dalších antropologicky relevantních údajích, které byly naměřeny a zaznamenány Mgr. Marií Stříteckou pro potřeby její diplomové práce. Vybrané údaje byly se svolením jejich autorky použity i v této diplomové práci

Z tělesných parametrů bylo vybráno několik, u kterých se dala předpokládat souvislost s růstem a vývojem rtů. Konkrétně se jednalo o tyto parametry (uveden je i zdroj metody, případně definice, použité měřidlo, jednotka; převzato ze Střítecká 2008, s. 74-75):

- tělesná hmotnost – určená podle Bláhy a kol. (1982, s. 27); digitální osobní váha; kg
- výška postavy – podle Bláhy a kol. (1982, s. 27); vzdálenost antropometrického bodu *vertex* od podložky; antropometr; mm
- obvod pasu – obvod pasu v nejužším místě trupu, přes spodní oděv; pásová míra; mm
- obvod boků – podle Bláhy a kol. (1982, s. 30); obvod boků v místě největšího vytvoření hýždí, přes kalhoty nebo sukni; pásová míra; mm

Pomocí těchto parametrů byly vypočítány následující dva indexy:

- BMI – index tělesné hmotnosti – poměr tělesné hmotnosti a druhé mocniny výšky v metrech; jednotka kg/m²
- WHR – poměr hodnoty obvodu pasu a boků; bez rozměru

Dále byl převzaty údaje o poměru délky druhého a čtvrtého prstu ruky (2D:4D), šířce dlaně a délce třetího prstu pravé ruky. Délka prstů byla určena vzdáleností mezi bodem *daktylion* a bodem na nejproximálnější ohybové rýze prstu v rovině osy prstu. Šířka dlaně byla určena vzdáleností mezi bodem určeným průnikem ohybové rýhy *linea mensalis* s mediálním okrajem dlaně a bodem určeným průnikem ohybové rýhy *linea cephalica* s laterálním okrajem dlaně. Ruce byly naskenovány (barevně, rozlišení 300 dpi), body určující rozměry byly nadigitilizovány v programu tpsDig, příslušné rozměry byly určeny v programu PAST a převedeny z pixelů na milimetry pomocí měřítka.⁷ Skenování a následné kroky k určení rozměrů byly provedeny Doc. RNDr. Miroslavem Králíkem, PhD., který souhlasil s jejich použitím v této práci. Dále byl ještě vypočítán poměr šířky dlaně a délky třetího prstu.

7.2.3. Určení tvaru rtů a obličeje

K určení sexuálního dimorfismu tvaru červeně rtů bylo použito metod geometrické morfometrie založených na analýze význačných bodů a pomocných klouzavých bodů v dvourozměrném prostoru. Na obou typech snímků (en face, profil) byly definovány význačné body na rtech a obličeji a doplněny byly pomocnými klouzavými body, které byly umístěny tak, aby vyjadřovaly tvar červeně rtů (v profilu také kožní části rtů).

7.2.3.1. Definice význačných bodů a klouzavých pomocných bodů v pohledu en face

Tvar rtů a obličeje v pohledu en face byl určen pomocí 25 význačných bodů a 22 klouzavých pomocných bodů. Definice význačných bodů jsou ve většině případů vytvořeny na základě antropometrických bodů podle Prokopce (1967, s. 40-41), ale jsou rozšířeny/uzměněny tak, aby zohledňovaly specifický případ fotografie. Body *zygion II* a *gonion II* byly vytvořeny nově. S výjimkou bodů *stomion*, *labrale superius II*, *labiale inferius* a *christa philtri*, které byly navrženy speciálně pro potřeby této práce, se jedná o body, které jsou standardizovaně používány na Ústavu antropologie PřF MU a autory jejich definic jsou RNDr. Petra Urbanová, PhD. a Mgr. Josef Duda.

⁷ Více o těchto procedurách je napsáno níže.

Definice význačných bodů v pohledu en face spolu s jejich číslem a typem význačného bodu dle Booksteina jsou v tabulce 1, jejich umístění je znázorněno na obrázcích 15 a 16.

Tabulka 1. Definice význačných bodů v pohledu en face.

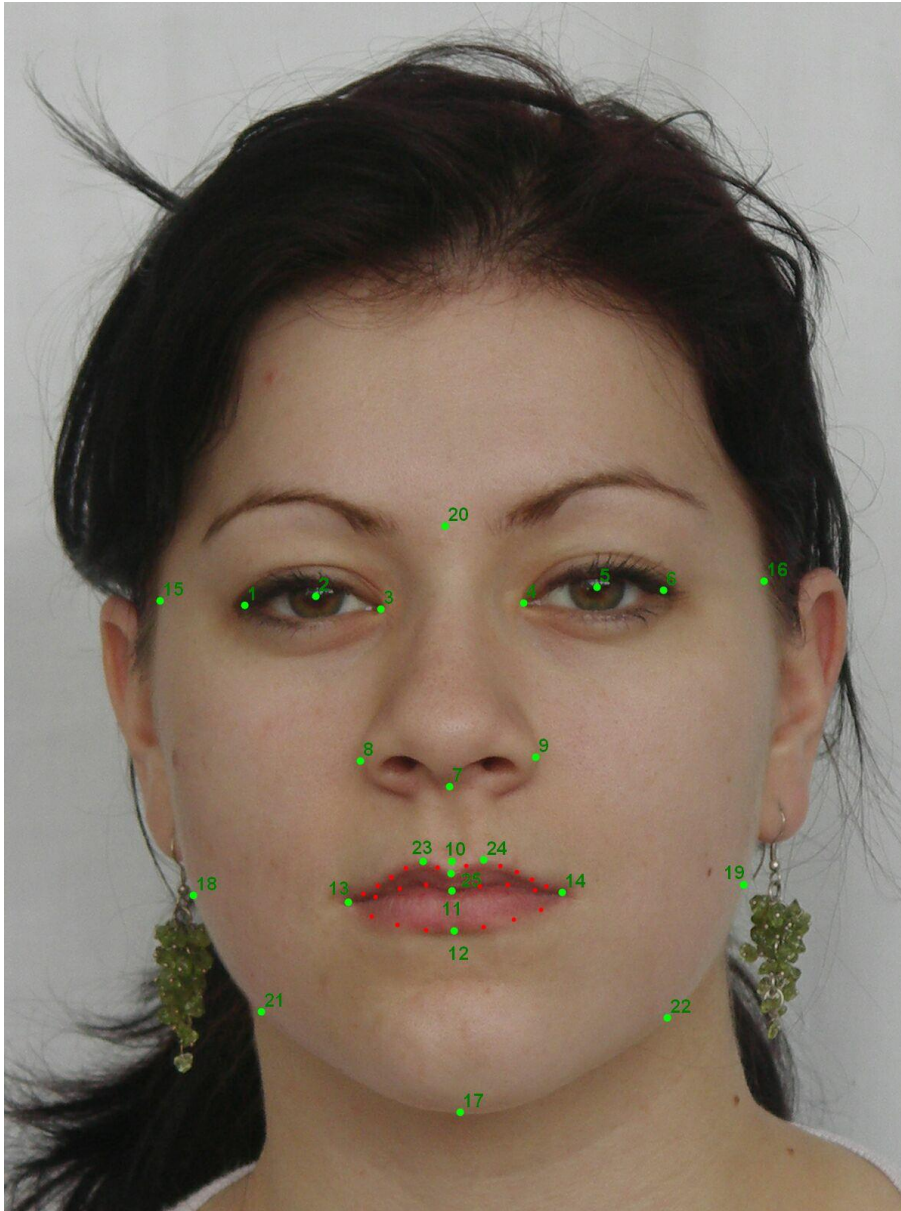
význačný bod	číslo	typ	definice
<i>entokanthion</i> (pravý, levý)	3, 4	1	Bod ve vnitřním koutku oka, místo kde se stýká okraj horního a dolního víčka na mediálním okraji slzného jezírka. V případě výskytu kožní nadvíčkové řasy (<i>epicantus</i> , <i>plica mongolica</i> , <i>plica marginalis fetalis</i>) přes kterou nelze okraj jezírka vidět, určíme entokanthion v místě styku této řasy s dolním víčkem.
<i>pupila</i> (pravá, levá)	2, 5	1	Střed zornice oka. V případech, kdy panenky jedince směřují do strany, je tento bod umístěn ve středu oční štěrbině.
<i>ektokanthion</i> (pravý, levý)	1,6	1	Vnější koutek oka, místo kde se stýká okraj horního a dolního víčka. Pokud nelze toto místo nalézt, leží ve styku pomyslných linií, získaných protažením okrajů víček. Na méně ostrých snímcích je třeba se vyvarovat záměny okraje horního víčka s jeho stínem na oční kouli či se stínem kožní řasy nad víčkem.
<i>subnasale</i>	7	1	Bod ležící v úhlu, který svírá obrys nosní přepážky a horního rtu, resp. nejnižší viditelný bod nosu v mediální rovině. Standardně leží tento bod v místě styku nosní přepážky a horního rtu, na některých snímcích je však nutné tento bod umístit na spodní okraj nosního hrotu. Je tomu tak zejména v případech špatné pozice hlavy vůči objektivu či v případě výskytu převislého, tzv. „římského“ nosu či nosu masitého.
<i>alare</i> (pravé, levé)	8, 9	3	Nejlaterálněji viditelný bod na nosním křídle. Při špatné pozici hlavy vůči objektivu se nemusí pozice tohoto bodu na fotografii shodovat s odpovídajícím bodem na obličejí in natura. Je-li na jedné straně tento bod skryt ve stínu či naopak v přílišném světle, určí se tak, aby byl osově souměrný s bodem kontralaterálním, přičemž osou souměrnosti se v takovém případě rozumí mediální rovina.
<i>labrale superius I</i>	10	2	Průsečík tangenty proložené horním okrajem červeně horního rtu s mediální rovinou. Výšková poloha tohoto bodu na mediální ose tak nemusí odpovídat vždy výšce hranice červeně uprostřed horního rtu, ale vždy odpovídá nejvýše sahající části hranice rtu po stranách spodní části filtra.
<i>stomion</i>	11	2-3	Bod ležící v průsečíku ústní štěrbině a přímkou procházející body <i>labrale superius II</i> a <i>labrale inferius</i> .
<i>labrale inferius</i>	12	2-3	Bod ležící na dolní hranici červeně dolního rtu nejdále od přímkou procházející body 13 a 14 (<i>chelion</i> pravý a levý). Nemusí nutně ležet v mediální rovině.
<i>cheilion</i> (pravý, levý)	13, 14	1	Bod ležící v koutku úst v místě styku hranice červeně horního a dolního rtu. V případě, kdy jsou koutky úst zakryty kožní řasou, je cheilion umístěn v nejlaterálněji viditelném bodě ústní štěrbině.
<i>zygion II</i>	15, 16	2	Nejlaterálněji viditelný bod obličejí ležící na přímce procházející středy obou zornic. Při špatné pozici hlavy jsou oba body umístěny asymetricky. Nejzazší místo, kam je možné bod umístit na přivrácené straně obličejí, je úpon ušního boltce, případně počátek vlasového pokryvu.

<i>gnathion</i>	17	2	Bod ležící nejvíce dole na spodním okraji dolní čelisti v mediánní rovině. V případě plynulého přechodu brady v krk určíme spodní okraj dolní čelisti protažením jejích patrnějších kontur v laterálních částech. Dalším pomocným indikátorem tohoto místa může být počátek nejtmaššího stínu pokračujícího zpod brady kaudálně.
<i>gonion II</i> (pravý, levý)	18, 19	2-3	Nejlaterálněji viditelný bod na dolní čelisti ležící na přímce procházející bodem stomion kolmo k mediánní rovině. Na rozdíl od klasického bodu gonion neleží nezbytně v místě úhlu dolní čelisti.
<i>optyrion</i>	20	2	Průsečík mediálního okraje obočí s mediánní rovinou.
<i>ramus mandibulae</i> (pravý, levý)	21, 22	3	Průsečík přímky procházející body 2 a 14 (resp. 5 a 13) se spodním okraje mandibuly, resp. měkkých částí spodního okraje obličeje.
<i>crista philtri</i> (pravý, levý)	23, 24	2-3	Bod ležící na horní hranici červeně horního rtu v oblasti laterálního okraje filtra nejdále od přímky procházející body 13 a 14 (cheilion pravý a levý).
<i>labrale superius II</i>	25	2-3	Bod ležící v prohlubni filtra na horní hranici červeně horního rtu nejbliže od přímky procházející body 13 a 14 (cheilion pravý a levý). Nemusí nutně ležet v mediánní rovině.

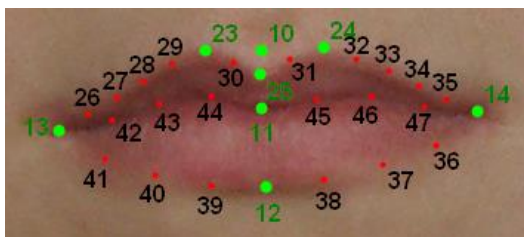
Na vnějším okraji červeně rtů a v ústní šterbině bylo umístěno 22 klouzavých pomocných bodů. Na každém úseku určeném dvěma význačnými body byl umístěn určitý počet klouzavých pomocných bodů tak, že mezi nimi byly stejné vzdálenosti. Konkrétní úseky a počty jsou v tabulce 2.

Tabulka 2. Počty a umístění klouzavých pomocných bodů v pohledu en face.

úsek (křivka mezi význačnými body)	počet klouz. pom. bodů	číslo
cheilion (13) – crista philtri (23)	4	26-29
crista philtri (23) – labrale superius II (25)	1	30
labrale superius II (25) – crista philtri (24)	1	31
crista philtri (24) – cheilion (14)	4	32-35
cheilion (14) – labrale inferius (12)	3	36-38
labrale inferius (12) – cheilion (13)	3	39-41
cheilion (13) – stomion (11)	3	42-44
stomion (11) – cheilion 14	3	45-47



Obr. 15. Význačné body (zeleně) a klouzavé pomocné body (červeně) na obličejí v pohledu en face. Klouzavé pomocné body nejsou číslovány z důvodu zachování přehlednosti obrázku. (Poznámka: osoba na snímku je „figurantka“ využitá pro znázornění bodů, do analýzy není zahrnuta. Se zveřejněním fotografií souhlasila.)



Obr. 16 Detail umístění význačných bodů (zeleně) a klouzavých pomocných bodů (červeně) na červeni rtů v pohledu en face.

7.2.3.2. Definice význačných bodů a klouzavých pomocných bodů v pohledu z profilu

Na obličejích a rtech v pohledu z profilu bylo umístěno 13 význačných bodů a 19 klouzavých pomocných bodů. Definice význačných bodů spolu s jejich pořadovým číslem, typem dle Booksteina jsou v tabulce 3. U definic je v závorce uveden jejich zdroj, v některých případech definice odpovídají definicím v pohledu en face. Umístění bodů je znázorněno na obrázcích 17 a 18.

Tabulka 3. Definice význačných bodů v pohledu z profilu.

význačný bod	číslo	typ	definice
<i>glabella</i>	1	2-3	Bod ležící nejvíce vpředu v mediánní rovině mezi obočím (modifikace Chaconas, Bartroff 1975, s. 14).
<i>sellion</i>	2	2-3	Bod ležící na nejhlubším místě nasofrontálního úhlu (Farkas 1994, s. 23).
<i>pronasale</i>	3	2-3	Bod ležící na hrotu nosu nejvíce vpředu (Chaconas, Bartroff 1975, s. 14).
<i>subnasale</i>	4	1	Bod ležící v úhlu, který svírá nosní přepážka a horní ret (Farkas 1994, s. 23)
<i>labrale superius</i>	5	1	Nejventrálnější bod horního okraje červeně horního rtu (Chaconas, Bartroff 1975, s. 14).
<i>stomion</i>	6	1	Bod ležící na styku „volného“ okraje horního a dolního rtu (modifikace Chaconas, Bartroff 1975, s. 14).
<i>cheilion</i>	7	1	Bod ležící v koutku úst v místě styku hranice červeně horního a dolního rtu. Pokud je toto místo zakryto modiolem nebo tvářím, je nutno jej odhadnout protažením okrajů červeně horního a dolního rtu (viz en face).
<i>labrale inferius</i>	8	1	Nejventrálnější bod dolního okraje červeně dolního rtu (Chaconas, Bartroff 1975, s. 14).
<i>supramenton</i>	9	2-3	Bod v nejhlubším místě konkavity mezi dolním rtem a bradou (Chaconas, Bartroff 1975, s. 14).
<i>pogonion</i>	10	2-3	Bod nejvíce vpředu dolní čelisti v mediánní rovině (Chaconas, Bartroff 1975, s. 14).
<i>gnathion</i>	11	2-3	Bod ležící na dolním okraji dolní čelisti nejvíce dole v mediánní rovině (viz popis bodů z pohledu en face).
<i>ektokanthion</i>	12	1	Vnější koutek oka, místo kde se stýká okraj horního a dolního víčka. Pokud nelze toto místo nalézt, leží ve styku pomyslných linií, získaných protažením okrajů víček (viz popis bodů v pohledu en face).
<i>tragion</i>	13	1	Bod na horním okraji tragu, ležící v průsečíku tangent předního a horního okraje chrupavky (Prokopec 1967, s. 40).

Na rtech z profilu bylo umístěno ještě 19 pomocných klouzavých bodů. Tyto body byly umístěny na ventrálním okraji kožní části rtů⁸, na okrajích červeně a v ústní šterbině. Na každém úseku určeném dvěma význačnými body byl umístěn určitý počet klouzavých

⁸ Tyto body nebyly v rámci této diplomové práce využity, pravděpodobně budou využity později pro potřeby srovnání somatoskopických kategorií metodami geometrické morfometrie.

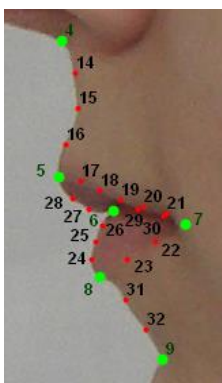
pomocných bodů tak, že mezi nimi byly stejné vzdálenosti. Konkrétní úseky a počty jsou v tabulce 4. V případě viditelnosti bodu analogickému bodu *crista philtri* z pohledu en face byl bod 17 umístěn na toto místo.

Tabulka 4. Počty a umístění klouzavých pomocných bodů v pohledu en face.

úsek (křivka mezi význačnými body)	počet klouz. pom. bodů	číslo
subnasale (4) – labrale superius (5)	3	14-16
labrale superius (5) – cheilion (7)	5	17-21
cheilion (7) – labrale inferius (8)	2	22-23
labrale inferius (8) – stomion (6)	3	24-26
stomion (8) – labrale superius (5)	2	27-28
stomion (8) – cheilion (7)	2	29-30
labrale inferius (8) – supramenton (9)	2	31-32



Obr. 17 Význačné body (zeleně) a klouzavé pomocné body (červeně) na obličeji z profilu. Klouzavé pomocné body nejsou číslovány z důvodu zachování přehlednosti obrázku.



Obr. 18. Detail umístění význačných bodů (zeleně) a klouzavých pomocných bodů (červeně) na červeni rtů v profilu.

7.2.3.3. Digitalizace význačných bodů a klouzavých pomocných bodů

V programu Corel PHOTO-PAINT 11 (Corel Corporation c2002) byla nejdříve upravena oblast rtů na fotografiích tak, aby byla zvýrazněna hranice mezi červení rtů a kožní částí rtů. Měněny byly kontrast, jas a intenzita. Digitalizace význačných bodů a klouzavých pomocných bodů byla provedena v programu tpsDig2 (Rohlf 2008). Oba soubory fotografií byly nejdříve randomizovány – pořadí jednotlivců bylo tedy náhodné, aby se tak předešlo pozičnímu efektu. V prvním kole byla provedena digitalizace význačných bodů, v druhém kole pak byly doplněny klouzavé pomocné body. Tímto tedy byly získány kartézské souřadnice bodů, které byly základními vstupními daty pro další analýzy. V programu tpsDig2 bylo u každého jednotlivce také určeno měřítko, které udává kolik milimetrů má jeden pixel na fotografii. Díky němu pak mohly být určeny např. vybrané rozměry v milimetrech.

7.2.3.4. Posouzení vhodnosti použití metod založených na tangenciálním prostoru

Pomocí programu tpsSmall (Rohlf 2003) bylo zjišťováno, zda míra variability prokrústovských vzdáleností nepřesáhla hranici, po jejímž překročení by zkreslení dat po promítnutí do tangenciálního prostoru bylo významné. Pokud by bylo, nemohly by být používány metody založené na tomto promítnutí (např. metoda tenkých ohebných plátek). Vstupními daty jsou kartézské souřadnice nadigitalizovaných bodů, program provede generalizovanou prokrústovskou superpozici nejmenších čtverců. Porovnávají jsou pak vzdálenosti bodů v Kendallově prostoru tvarových proměnných a v tangenciálním prostoru a také vzdálenosti bodů od konsensu. Následně je provedena regresní analýza těchto vzdáleností. Pokud je jejím výsledkem vysoký Pearsonův korelační koeficient, nulový

intercept a sklon regresní přímky se blíží hodnotě 1, metody založené na aproximaci tangenciálního prostoru mohou být použity.

Testování bylo prováděno zvláště pro konfigurace bodů z pohledu en face a z profilu.

7.2.3.5. Určení chyby digitalizace

Pro stanovení chyby digitalizace bylo náhodně vybráno 20 jedinců (10 chlapců a 10 dívek), na jejichž fotografiích byly význačné body digitalizovány podruhé (s několikátýdenním časovým odstupem od původní digitalizace). V programu Excel 97 (Microsoft Corporation c1985-1997) byly vypočítány euklidovské vzdálenosti odpovídajících si význačných bodů u každého jedince v pixelech a poté byly pomocí měřítka převedeny na milimetry. Pro každý význačný bod byl vypočítán průměr této vzdálenosti (tj. průměrný rozdíl mezi první a druhou digitalizací bodu). Chyba digitalizace byla určena pro význačné body en face a profilu.

7.2.3.6. Superpozice

Superpozice konfigurace bodů byla provedena v programu tpsRelw (version 1.46, Rohlf c2008), který používá generalizovanou prokrústovskou superpozici nejmenších čtverců. Superpozice byla provedena na velikost centroidu rovnající se 1, projekce proměnných z tvarového prostoru do prostoru tangenciálního byla ortogonální; také byly definovány pomocné klouzavé body, aby byl jejich jiný status zohledněn při superpozici. Jako referenční konfigurace při superpozici je zde používána průměrná konfigurace bodů.

7.2.4. Hodnocení celkové variability a sexuálního dimorfismu tvaru červeně rtů

Pro tuto analýzu byly pomocí programu tpsUtil (version 1.40, Rohlf c2008) vybrány z původní sady nadigitalizovaných význačných a klouzavých pomocných bodů pouze body definující tvar červeně rtů. V případě pohledu en face byla analýza dále omezena na levou polovinu rtů (odpovídající levému profilu). Jednalo se o 16 bodů. Konkrétně to byly význačné body 11, 12, 14, 24-25 a klouzavé pomocné body 31-38, 45-47. V této výběrové analýze došlo k přečíslování těchto bodů, ale jejich pořadí zůstalo zachováno: výše vypsané význačné body tak odpovídají v novém číslování bodům 1-5 a klouzavé pomocné body bodům 6-16.

V případě profilu bylo vybráno 18 bodů, konkrétně šlo o význačné body 5-8 a klouzavé pomocné body 17-30. I u nich došlo k přečíslování, body 5-8 odpovídají v novém číslování bodům 1-4 a body 17-30 bodům 5-18.

S těmito sadami bodů bylo prováděno hodnocení tvarové variability v programu tpsRelw metodou tenkých ohebných plátků; při výpočtech tvarových proměnných byla zahrnuta uniformní komponenta a hodnota α byla rovná 0. Základním výstupem byly hodnoty skóre relativních varp. Skóre relativních varp jsou proměnné, které jsou vytvořeny tak, aby vysvětlovaly co největší podíl celkové tvarové variability. Tento podíl je vyjádřen v procentech a s pořadovým číslem varpy klesá. Obvykle se v potaz berou jen tzv. efektivní varpy, které mají předpoklad být statisticky významné. Pro stanovení počtu efektivních varp bylo v této práci použito pravidlo, kdy za efektivní varpu je považována ta, která popisuje alespoň tolik procent celkové variability tvaru, jaký je teoreticky podíl jedné varpy na celkové variabilitě. K vizualizaci tvarových změn, které každá relativní varpa vysvětluje, bylo použito programu tpsRelw (version 1.46, Rohlf c2008) a tpsSuper (version 2.11f, Rohlf c2004). V prvním jsou deformace tvaru rtů znázorněny pomocí deformační mřížky, přičemž každá relativní varpa je zde prezentována tvarem odpovídajícím ± 3 směrodatným odchylkám (SD) od počátku souřadnic (v intervalu mezi $-3SD$ a $+3SD$ leží při normálním rozložení zhruba 99,7% pozorování, což znamená, že tvary odpovídající $\pm 3SD$ lze považovat za hranice běžné variability). Za pomoci druhého programu byly vytvořeny reálné vizualizace těchto hraničních tvarů pomocí zprůměrněné deformace 30 náhodně vybraných obličejů ze souboru (15 chlapců a 15 dívek) na základě fixních souřadnic hraničních konfigurací. U rtů z pohledu en face, jejichž tvarová variabilita byla zkoumána jen na jejich levé polovině, byla tato nadeformovaná polovina zrcadlově převrácena v programu Adobe Photoshop (version 7.0, Adobe Systems Incorporated c1990-2002) a celé rty byly vytvořeny přiložením obou polovin k sobě.

Skóre efektivních relativních varp byla statisticky zhodnocena v programu Statistica⁹ (StatSoft, Inc. 1984-2009). Základním testem byla jednofaktorová MANOVA – vícerozměrná analýza rozptylu. Jedná se o metodu, která testuje hypotézu, že se soubory neliší ve svých průměrech, přičemž se tak děje na základě porovnání rozptylů. V testu je počítána tzv. Wilksova lambda, která může být chápána jako poměr variability uvnitř a mezi testovanými skupinami. Za kategoriální proměnnou bylo považováno pohlaví

⁹ V tomto programu byla provedena většina statistických analýz, v případě použití jiného programu na to bude upozorněno.

(případně populace), za vícerozměrnou kontinuální proměnnou byl tvar vyjádřený skóre efektivních varp. Zamítl-li test MANOVA nulovou hypotézu shody mezi pohlavími, byla dále použita ANOVA - jednorozměrná analýza rozptylu, která je jednorozměrnou variantou testu MANOVA a slouží k odhalení, která z jednotlivých kontinuálních proměnných přispěla k celkové významnosti vícerozměrného testu. Předpokladem obou těchto testů je homogenita rozptylů u testovaných souborů, ta byla ověřována pomocí Leveneova testu.

Dalším používaným testem byla korelační analýza. Korelace je mírou těsnosti vztahu mezi dvěma nebo více proměnnými a je vyjádřena pomocí (Pearsonova) korelačního koeficientu (r), jehož rozsah je od -1 do 1 ; 0 značí nepřítomnost korelace. Čím vyšší je hodnota koeficientu, tím je vazba těsnější. Pokud proměnné nevykazují normální rozdělení, může být použita jedna z neparametrických korelací, která vypočítává tzv. Spearmanův korelační koeficient (ρ). Tato metoda je založena na pořadí (Lepš 1996, s. 120-123). Pomocí korelační analýzy byl zjišťován vztah mezi věkem a efektivními relativními varpami.

Statistická významnost všech testů byla ověřována na hladině 5%.

7.2.5. Hodnocení sexuálního dimorfismu tvaru červeně rtů podle věkových kategorií

Soubor jedinců z pohledu en face byl rozdělen na tři věkové kategorie: 6-10 let¹⁰, 10-15 let, 15-19 let. Rozdělení do věkových kategorií odráží jednak období ontogenetického růstu a vývoje (před pubertou; období puberty; adolescence), jednak složení souboru (dvě odlišné populace). Do věkové kategorie 10-15 let bylo také zařazeno 6 jedinců z Hovorán, kteří byli starší než 15 let (nejstarší z nich měl 15,57 roku), aby nedošlo k promíchání jedinců z různých populací. První dvě kategorie tak tvoří jedinci z Hovorán, třetí z Ústí nad Labem.

Soubor jedinců z pohledu profil byl rozdělen na čtyři věkové kategorie: 6-10 let, 10-15 let, 15-18 let a 18-19 let. Do kategorie 10-15 bylo zařazeno 6 jedinců starších než 15 let (nejstarší z nich měl 15,89 roku) ze stejného důvodu jako v případě en face. První dvě kategorie tvoří jedinci z Hovorán, druhé dvě z Ústí nad Labem. Konkrétní počty chlapců a dívek v jednotlivých kategoriích jsou uvedeny ve výsledkové části.

¹⁰ Do této věkové kategorie spadají jedinci staří 6,00-9,99 let, pro zjednodušení zápisu bylo označení kategorií zkráceno.

Analýza tvaru červeně rtů byla provedena obdobně jako v případě analýzy celkové variability tvaru červeně rtů s tím rozdílem, že pro každou věkovou kategorii en face a profilu byl vytvořen nový prostor tvarových proměnných, tedy každá kategorie měla svou sadu efektivních relativních varp. Skóre těchto relativních varp byla testována testem MANOVA, případně ANOVA, s cílem testovat nulovou hypotézu, že jsou u chlapců a dívek stejné. Homogenita rozptylů byla ověřována Leveneovým testem. Statistická významnost všech testů byla ověřována na hladině 5%.

7.2.6. Hodnocení sexuálního dimorfismu velikosti centroidů

Velikost centroidu je v geometrické morfometrii univerzálním parametrem velikosti. Pomocí programu tpsRelw (version 1.46, Rohlf c2008) byly zjištěny hodnoty velikosti centroidu (v pixelech) u každého jednotlivce pro několik konfigurací bodů: význačné body celého obličeje v pohledu en face, význačné body a klouzavé pomocné body na rtech v pohledu en face, význačné body celého obličeje v pohledu z profilu a význačné body a klouzavé pomocné body na rtech v pohledu z profilu. Pomocí měřítka byly velikosti centroidu převedeny na milimetry. Dále byl vypočítán poměr velikosti centroidu konfigurace bodů na rtech k velikosti centroidu konfigurace bodů na obličeji v pohledu en face i z profilu; jeho hodnota byla vynásobena stem a je udávána v procentech.

Tato data byla statisticky testována pomocí t-testu s cílem zjistit, zda se na statisticky významné hladině liší u chlapců a dívek. Z testování bylo vyloučeno 5 jedinců v pohledu en face a 3 jedinci v pohledu z profilu, neboť na jejich fotografiích bylo měřítko rozmazané a tudíž nepoužitelné. T-test testuje hypotézu, že střední hodnoty dvou souborů jsou stejné. Pokud data nevykazovala normální rozložení, byl použit neparametrický Mann-Whitney U test, který testuje hypotézu, že oba soubory pocházejí ze stejného rozdělení.

Odlišnost mezi pohlavími byla ještě testována pomocí randomizačního permutačního testu. Permutační testy nepředpokládají normální rozložení. Při randomizačním testu je z obou souborů vytvořen jeden, z něhož jsou následně náhodně vytvořeny dva nové soubory (o stejných počtech jako původní) a je vypočítán rozdíl mezi jejich průměry. Tento cyklus je mnohonásobně opakován (v řádech tisíců). Nakonec je porovnáno, kolikrát rozdíl mezi průměry náhodně utvořených dvojic souborů byl větší než rozdíl mezi průměry původní dvojice (při jednostranné alternativní hypotéze). Tento poměr je chápán jako pravděpodobnost, že pozorovaný rozdíl mohl vzniknout jako náhodné

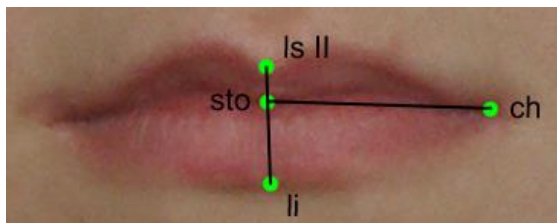
rozdělení z jednoho rozložení dat (Zelditch *et al.* 2004, s. 199-200). Dvouvýběrové permutační randomizační testy byly provedeny v programu Rndom Pro 3 (Jadwiszczak 2009), počet opakování byl 10 000x.

Testy byly provedeny zároveň pro všechny jedince a dále zvlášť pro věkové kategorie 6-10 let, 10-15 let a soubor z Ústí nad Labem (15-19 let).

7.2.7. Souvislost velikosti a tvaru červeně rtů s vybranými tělesnými parametry a indexy

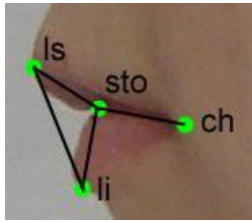
Pomocí statistických metod byla hledána souvislost velikosti rtů a tvaru červeně rtů z pohledu en face a profilu s vybranými tělesnými parametry a indexy u souboru z Hovorán. V případě en face i profilu bylo z analýzy vyloučeno 6 jedinců, k nimž nebyly k dispozici údaje o tělesných parametrech, v případě en face ještě dalších 5 jedinců a v případě profilu další 3 jedinci, jejichž měřítka na fotografiích potřebná pro určení velikosti rtů byla rozmazaná.

Velikost červeně rtů byla představována velikostí centroidu červeně rtů, jehož výpočet je popsán v předchozí kapitole, rozdíl byl pouze v tom, že v případě pohledu en face byl omezen na levou polovinu. Vybrané tělesné parametry a indexy byly představovány tělesnou hmotností, výškou postavy, obvodem pasu, obvodem boků, BMI, WHR, 2D:4D, délkou třetího prstu, šířkou dlaně a šířko-délkovým poměrem ruky. Tvar byl představován efektivními relativními varpami, jejichž hodnoty byly převzaty z výsledků tvarové analýzy celého souboru (Hovorán i Ústí nad Labem). Do analýzy byly zahrnuty i základní rozměry červeně rtů. V pohledu en face to byla šířka levé poloviny úst určená vzdáleností mezi body *stomion* a *cheilon levý* (body 11 a 14, resp. body 1 a 3 nového číslování), výška červeně horního rtu určená vzdáleností mezi body *stomion* a *labrale*



Obr. 19. Znárodnění rozměrů červeně rtů v pohledu en face. Zkratky význačných bodů: ls II = *labrale superius II*, sto = *stomion*, li = *labrale inferius*, ch = *cheilon*.

superius II (11 a 25, resp. 1 a 5), výška červeně dolního rtu určená vzdáleností mezi body *stomion* a *labrale inferius* (11 a 12, resp. 1 a 2) a celková výška červeně rtů určená vzdáleností mezi body *labrale superius II* a *labrale inferius* (25 a 12, resp. 5 a 2). Rozměry jsou znázorněny na obrázku 19. Rozměry byly definovány dle Ferrario *et al.* (2000).



Obr. 20.
Znázornění
rozměrů červeně
rtů v pohledu z
profilu. Zkratky: ls
= *labrale superius*,
sto = *stomion*, li =
labrale inferius, ch
= *cheilion*.

V pohledu z profilu to byla hloubka rtů určená vzdáleností mezi body *stomion* a *cheilion* (6 a 7, resp. 2 a 3 v novém číslování), výška červeně horního rtu určená vzdáleností mezi body *labrale superius II* a *stomion* (5 a 6, resp. 1 a 2), výška červeně dolního rtu určená vzdáleností mezi body *stomion* a *labrale inferius* (6 a 8, resp. 2 a 4) a výška červeně obou rtů určená vzdáleností mezi body *labrale superius II* a *labrale superius* (5 a 6, resp. 1 a 4). Rozměry jsou vyobrazeny na obrázku 20. Vzdálenosti mezi body byly nejdříve vypočítány v pixelech v programu PAST a poté v programu Microsoft Excel 97 pomocí měřítka převedeny na milimetry.

Použitou statistickou metodou byla parciální korelace. Při parciální korelaci je zjišťována síla vztahu mezi dvěma proměnnými při odstranění vlivu jiné/jiných proměnných. V tomto případě byl odstraňován vliv věku. Parciální korelace byla provedena zvlášť pro chlapce a zvlášť pro dívky. Výsledkem byl Pearsonův korelační koeficient, hladina významnosti byla stanovena na 5%. Před započítáním parciální korelace byla ještě zjišťována normalita rozložení jednotlivých proměnných pomocí Shapiro-Wilksova testu. Pokud byla na hladině 5% zjištěno nenormální rozložení, byla proměnná normalizována pomocí transformací navržených v práci Hendl (2004, s. 111).

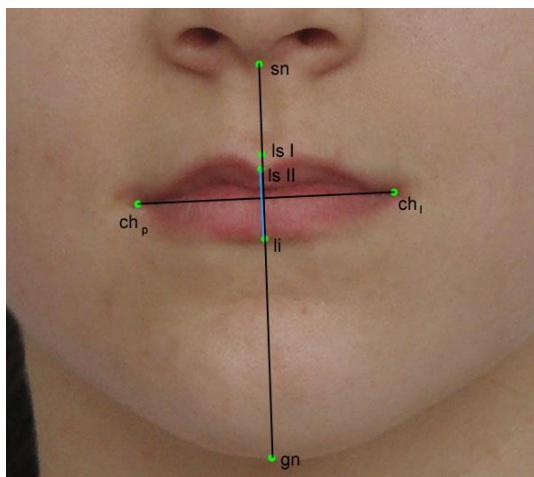
7.2.8. Hodnocení sexuálního dimorfismu vybraných poměrů červeně rtů a obličeje

V pohledu en face byly testovány dva poměry ve dvou variantách:

- poměr výšky červeně rtů k výšce dolního obličeje: poměr vzdálenosti mezi význačnými body *labrale superius II* a *labrale inferius* (vzdálenost mezi body 25 a 12) a vzdálenosti mezi body *subnasale* a *gnathion* (7 a 17); výška dolního obličeje je definována dle Farkas 1994; poměr byl vytvořen speciálně pro potřeby této práce
- stejný poměr jako předešlý jen s tím rozdílem, že místo bodu *labrale superius II* byl použit pro určení výšky červeně rtů bod *labrale superius I* (10)
- poměr výšky červeně rtů a šířky úst: poměr vzdálenosti mezi body *labrale superius II* a *labrale inferius* (25 a 12) a vzdálenosti mezi body *cheilion pravý* a *cheilion levý* (13 a 14); dle Ferrario *et al.* (2000)
- stejný poměr jako předešlý, ale s použitím bodu *labrale superius I* (10)

Toto dvojité definování rozměru výšky červeně rtů je použito z následujícího důvodu. V literatuře (Ferrario *et al.* 2000, Farkas 1994) bývá pro určení výšky červeně rtů

používán bod *labrale superius II* (i když je umístěn do mediánní roviny), ale jelikož leží na hranici červeně v prohlubni filtra horního rtu, při určení výšky červeně rtů je tak zanedbána určitá část výšky červeně rtů, která odpovídá hloubce filtra. U této varianty ale budou moci být srovnány výsledky s výsledky jiných studií. Při použití bodu *labrale superius I* pro určení rozměru je započítána i hloubka filtra, což více odpovídá reálné výšce červeně rtů. Rozměry jsou naznačeny na obrázku 20.



Obr. 20 Znáornění rozměrů obličeje a rtů, které byly použity pro výpočet poměrů. Zkratky významných bodů: ch = *cheilion* (pravý a levý), sn = *subnasale*, gn = *gnathion*, ls I = *labrale superius I*, ls II = *labrale superius II*, li = *labrale inferius*.

Vzdálenosti mezi body byly vypočítány stejným postupem, který je popsán v předchozí kapitole, příslušné poměry vypočítány v programu Microsoft Excel 97. Poměry uvedené ve výsledcích jsou vynásobeny 100, aby mohly být vyjádřeny jako procenta.

Z analýzy bylo vynecháno 5 jedinců z Hovorán kvůli nekvalitnímu měřítku. Rozdíly v poměrech mezi pohlavími byly testovány t-testem nebo Mann-Whitney U testem a dále permutačním testem, hladina významnosti byla stanovena na 5%. Testy byly provedeny pro celý soubor a zvlášť soubor z Hovorán a z Ústí nad Labem.

7.3. Somatoskopie krajiny rtů a brady

Praktická část somatoskopie rtů a brady měla za cíl dva základní úkoly: vybrat relevantní znaky z této oblasti a poté provést zhodnocení souboru jedinců z Hovorán a Ústí nad Labem na základě fotografií.

7.3.1. Výběr somatoskopických znaků

Znaky pro hodnocení byly vybrány ze znaků navrhovaných v pracích Titlbachová (1967, s. 83-91) a Hulanicka (1973, s. 118). Tyto autorky se v některých znacích shodovaly (byť třeba s jemnými odlišnostmi), v některých byly unikátní. Zatímco Hulanicka používá znaky k hodnocení vnitropopulační variability (konkrétně polských mužů a žen), Titlbachová (pravděpodobně) počítá i s mezipopulačními srovnáními (populací je zde míněno jiné etnikum). Zásadní otázkou v somatoskopii je počet kategorií znaku – je třeba se vyvarovat příliš jemnému třídění, lepší je vytvořit jednoduché třídění o několika (3) kategoriích (Hulanicka 1973, s. 117). Návrh znaků a kategorií v této práci zohledňuje mezipopulační variabilitu, neboť byl použit i pro hodnocení dalších souborů jedinců v této práci nezahrnutých.¹¹

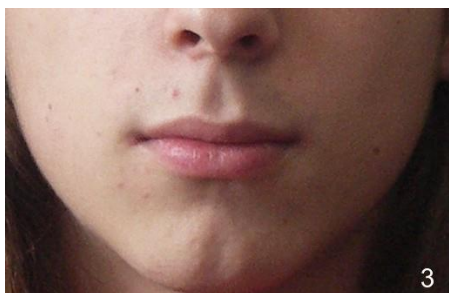
7.3.2. Přehled somatoskopických znaků krajiny rtů a brady

Následuje přehled vybraných 15 znaků s definicí a ukázkami. V závorce je uvedeno, podle kterého autora byl znak převzat, případně mírně upraven.

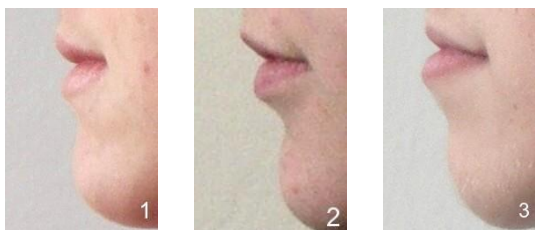
1. Výška horního rtu – jde o kožní ret, tj. vzdálenost od báze septa nosu k hornímu okraji červeně rtu: 1. malá, 2. střední, 3. velká (Titlbachová 1967)



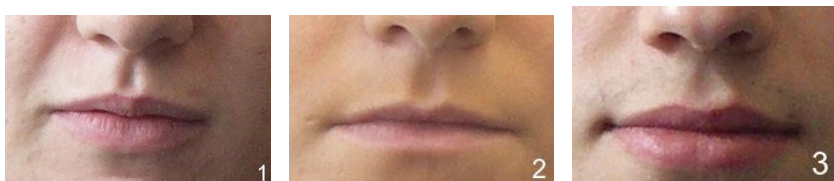
¹¹ Konkrétně se jednalo ještě o archivní soubor fotografií jedinců z Nivnice ze 40. let 20. st. (více o tomto souboru viz Duda 2007, s. 99-100) a soubor fotografií vysokoškolských studentů vietnamské národnosti ze 70. let 20. st. (detailněji o souboru viz Huy Hoang 1976). Návrh somatoskopických znaků byl vypracován primárně pro potřeby Ústavu antropologie PřF MU.



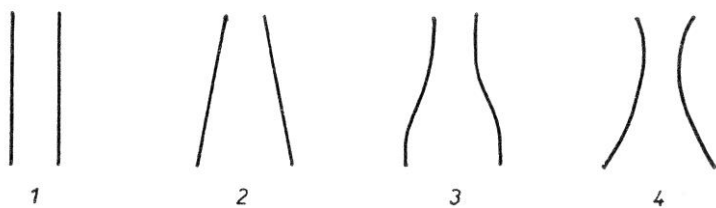
2. Výška dolního rtu – jde o kožní ret, tj. vzdálenost od dolního okraje červené části rtu až k bradové rýze (Titlbachová 1967; Hulanicka 1973, znak 32): malá, 2. střední, 3. velká



3. Šířka filtra: 1. malá, 2. střední, 3. velká (*dle nejširší části*) (Titlbachová 1967)



4. Tvar filtra: 1. obdélníkové, 2. trojúhelníkové, 3. kapkovité (*má oblé strany*), 4. bikonkávní (Titlbachová 1967)



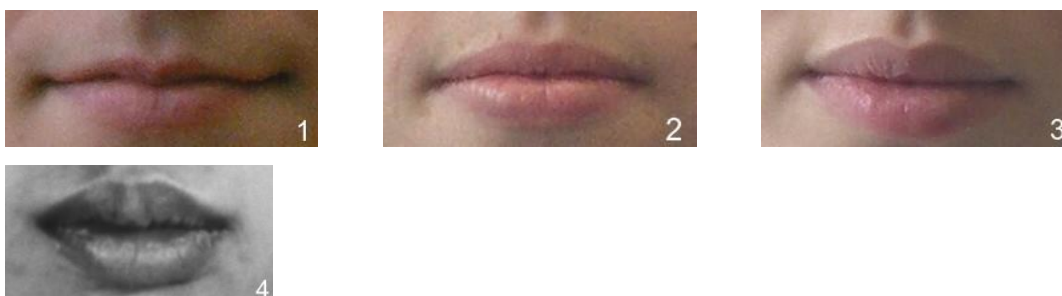
Nákresy převzaty z Titlbachová 1967, s. 84; jejich autorem je V. Fetter.



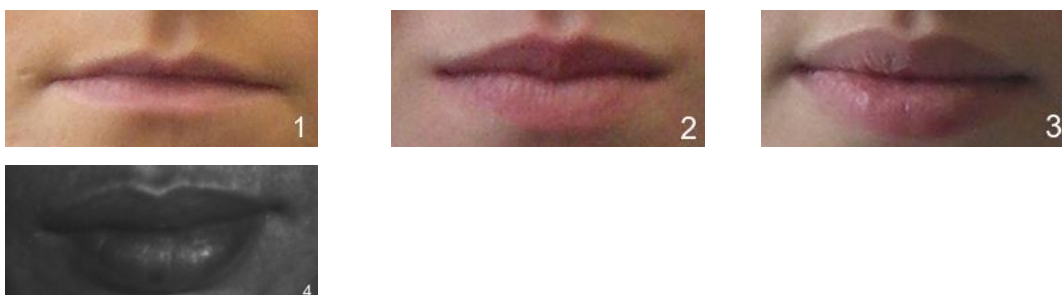
5. **Šířka rtů:** 1. úzké, 2. střední, 3. široké (Titlbachová 1967)



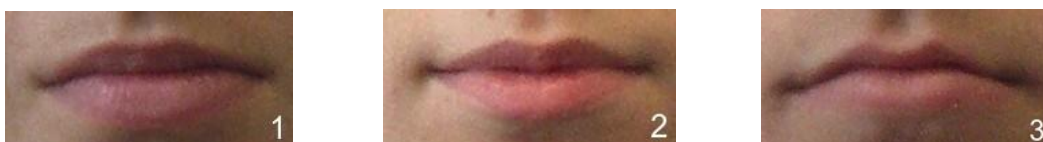
6. **Tloušťka červeně horního rtu:** ret je 1. tenký, 2. střední, 3. silný, 4. masitý (Titlbachová 1967)



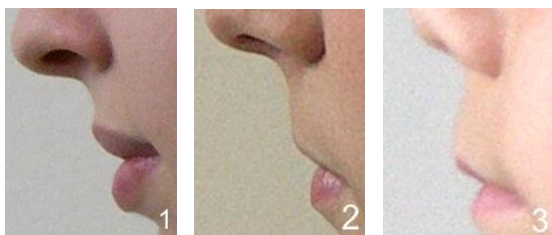
7. **Tloušťka červeně dolního rtu:** ret je 1. tenký, 2. střední, 3. silný, 4. masitý (Titlbachová 1967)



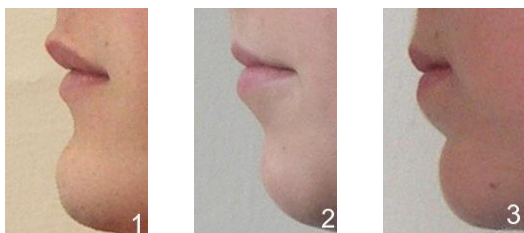
8. **Prohlubeň v oblasti filtra na horním okraji červeně horního rtu:** 1. mělká nebo úplně chybějící, 2. jasně viditelná, 3. výrazná, hluboká (Hulanicka 1973, znak 27)



9. **Profil horního rtu:** 1. konkávní, 2. rovný, 3. konvexní (Titlbachová 1967)



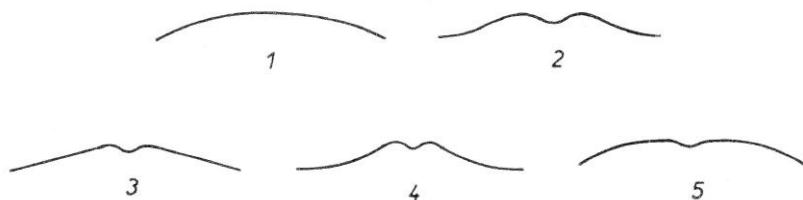
10. Profil dolního rtu: 1. konkávní 2. rovný, 3. konvexní (Hulanicka 1973, znak 34; Titlbachová 1967)



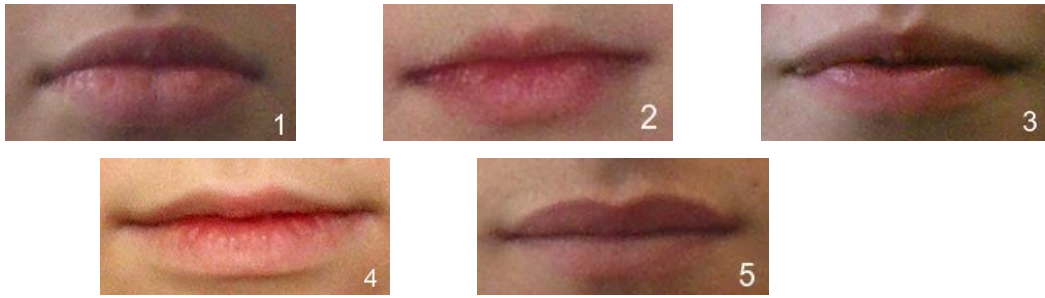
11. Relativní protruze rtů: 1. horní > dolní, 2. horní = dolní, 3. horní < dolní (Hulanicka 1973, znak 35)



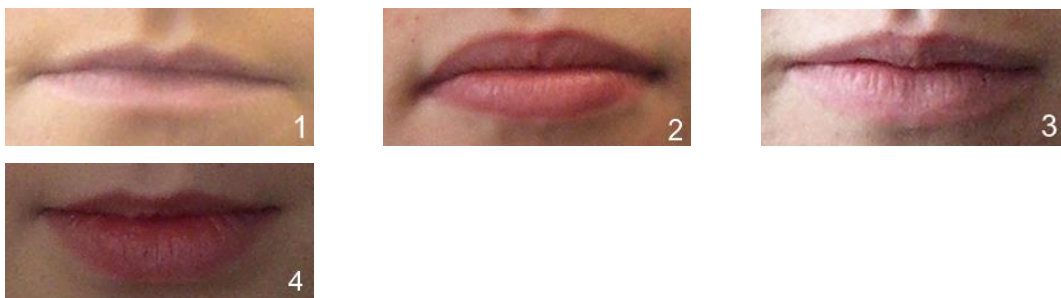
12. Obrys červeně horního rtu: 1. obloukovitý, 2. lukovitý, 3. s rovnými stranami, 4. s konkávními stranami, 5. s konvexními stranami (Titlbachová 1967)



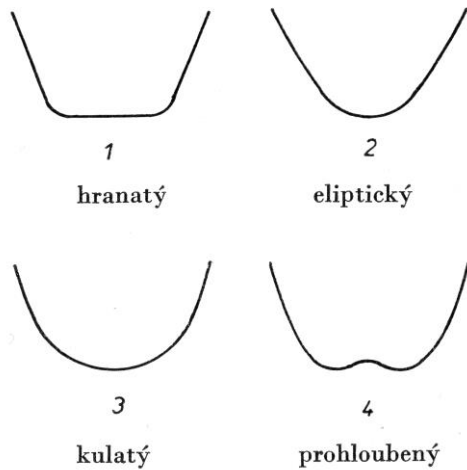
Nákresy převzaty z Titlbachová 1967, s. 86; jejich autorem je V. Fetter.



13. Linie úst – tvar štěrbině ústní, ovlivňuje ho především vývin *tuberculum labii superioris*: 1. rovná, 2. konvexní, 3. zvlněná, 4. konkávní (Titlbachová 1967, upraveno)



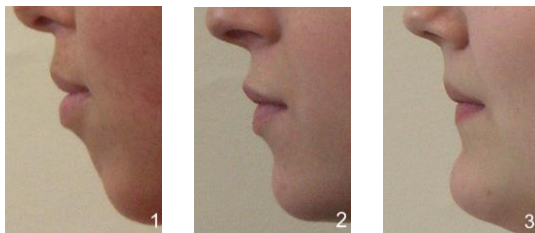
14. Tvar brady – 1. hranatý, 2. eliptický, 3. kulatý, 4. prohloubený (Titlbachová 1967)



Nákresy převzaty z Titlbachová 1967, s. 89.



15. Profil (prominence) brady – 1. ustupující (relativně vůči profilu horní části obličeje), 2. rovný nebo měkce zakulacený, 3. prominující (Hulanicka 1973, znak 39)



7.3.3. Postup somatoskopického hodnocení

Každý jednotlivý znak byl hodnocen u všech jedinců naráz. Některé fotografie musely být pro hodnocení upraveny v grafickém editoru (konkrétně šlo o Corel Photo-Paint 11 (Corel Corporation c2002) a měněny byly jas, intenzita a kontrast), k úpravám bylo přístupováno i v případě některých znaků (např. u znaku 12, kde byla úpravou zvýrazňována sledovaná horní hranice červeně horního rtu).

Hodnocení bylo zaznamenáno do tabulky v programu Microsoft Excel 97 (Microsoft Corporation 1985-1997) v podobě číselného vyjádření kategorie daného znaku (např. „2“); v případě, kdy u jedince znak z výše uvedených důvodů hodnocen nebyl, byla zapsána 0.

7.3.4. Zpracování somatoskopického hodnocení

Výstupem somatoskopického hodnocení jsou kontingenční tabulky, které procentuálně udávají frekvenci jednotlivých kategorií znaků podle pohlaví. Kontingenční tabulky byly vytvořeny v programu Microsoft Excel 97. V programu Statistica bylo dále

pomocí Pearsonova chí-kvadrát testu testováno, zda jsou frekvence u chlapců a dívek odlišné na statisticky významné úrovni ($\alpha=0.05$).

7.3.5. Analýza somatoskopického znaku 12 pomocí metod geometrické morfometrie

Některé znaky v somatoskopii se týkají tvaru, tvar je zde kvalitativně (slovně) popsán a zařazen do takto popsaných kategorií. Rozvinutí metod geometrické morfometrie umožnilo i kvantitativní hodnocení tvaru. V rámci této diplomové práce došlo k pokusu o srovnání těchto metod. Ke srovnání byl vybrán znak 12 – obrys červeně horního rtu, který má pět kategorií (obloukovitý, lukovitý, s rovnými stranami, s konkávními stranami, s konvexními stranami). Srovnání proběhlo na souboru z pohledu en face (188 jedinců). Pro analýzu tohoto obrysu pomocí metod geometrické morfometrie byla vybrána pouze jeho levá polovina, křivka tedy byla představována význačnými body 14, 24, 25 a klouzavými pomocnými body 31-35. Tyto body byly nově přechíslovány na body 1-8 (pořadí zůstalo zachováno). V programu tpsSpline (version 1.20, Rohlf c2004) byla vytvořena na základě již superponovaných konfigurací bodů matice prokrústovských vzdáleností mezi konfiguracemi bodů (tj. vzálenost každé konfigurace od každé). Tato matice tvořila vstupní data pro shlukovou analýzu (*cluster analysis*). Cílem shlukové analýzy je nalézt v nějakém souboru takové skupiny objektů, které jsou si navzájem podobné, ale které se liší od objektů ostatních skupin, nebo najít takové skupiny proměnných, které jsou navzájem korelovány. Tato metoda byla vyvinuta zejména pro potřeby taxonomie. Základní rozdělení metod shlukové analýzy je na hierarchické a nehierarchické metody. Hierarchické metody vytvářejí shluky o různé hierarchické úrovni – shluky nejvyšší hierarchické úrovně se rozdělují na shluky nižší úrovně a ty dále na další. Výsledek se obvykle znázorňuje pomocí dendrogramu. Nehierarchické metody dělí soubor na několik shluků stejné úrovně, jejichž počet může být určen předem nebo v rámci metody určen podle nějakého kritéria (Lepš 1996, s. 151). Shluková analýza byla provedena v programu PAST (version 1.90, Hammer, Harper c1999-2009). V nabídce byla zvolena metoda UPGMA (*Unweighted Paired-Group Method with Arithmetic Mean*), která se řadí do hierarchických shlukovacích metod a jejím základním výsledkem je dendrogram.

7.4. Použité programové vybavení

Při analýze tvaru byly použity následující programy: tpsDig2 (version 2.02, Rohlf c2008), tpsUtil (version 1.40, Rohlf c2008), tpsRelw (version 1.46, Rohlf c2008), tpsSuper

(version 1.14, Rohlf c2004), tpsSmall (version 1.20, Rohlf 2003), tpsSpline (version 1.20, Rohlf c 2004), NTSYSpc (version 2.11f, Biostatistics Inc. c1986-2002), Microsoft Excel 97 (Microsoft Corporation c1985-1997). Statistické analýzy a grafy byly prováděny v programu STATISTICA (cz, 9.0, StatSoft, Inc. 1984-2009), PAST (version 1.90, Hammer, Harper c1999-2009) a Rndom Pro 3 (version 3.14, Jadwiszczak 2009). Úprava fotografií pro digitalizaci a somatoskopii byla prováděna v programu Corel PHOTO-PAINT 11 Windows (version 11.735, Corel Corporation c2002) a ostatní práce s obrázky v metodické i výsledkové části byly prováděny v programu Adobe Photoshop (version 7.0, Adobe Systems Incorporated c1990-2002).

8. Výsledky

8.1. Posouzení vhodnosti použití metod založených na tangenciálním prostoru

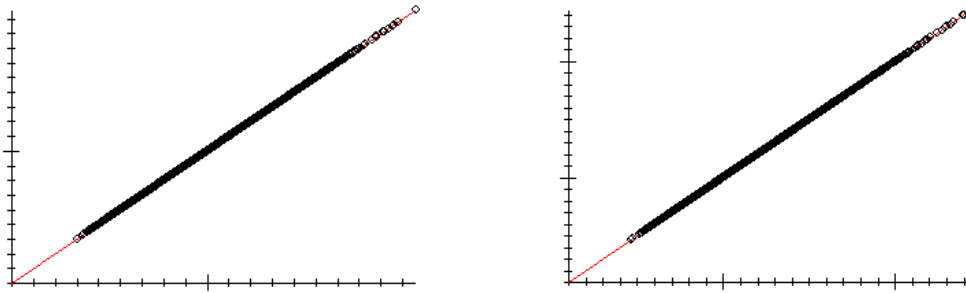
Posouzení bylo provedeno zvláště pro soubor význačných bodů a klouzavých pomocných bodů v pohledu en face a v profilu. V tabulce 5 jsou údaje o vzdálenostech bodů v Kendallově prostoru (prokrústovská vzdálenost) a v tangenciálním prostoru (tangenciální vzdálenost) od sebe a od konsensu. Je vidět, že výsledky se od sebe moc neliší. V tabulce 6 jsou výsledky lineární regrese tangenciální vzdálenosti na prokrústovskou vzdálenost, v grafu 8 jsou příslušné regresní přímky. Ve všech případech je intercept nulový, sklon regresní přímky se blíží hodnotě 1 a korelační koeficient je 1. Lze tedy prohlásit, že promítnutím bodů z Kendallova prostoru do prostoru tangenciálního nedošlo k významnému zkreslení vzdáleností.

		en-face		profil	
		Prokrústovská vzdálenost	Tangenciální vzdálenost	Prokrústovská vzdálenost	Tangenciální vzdálenost
vzdálenost od sebe	Minimum	0,030203	0,030201	0,036731	0,036729
	Maximum	0,186279	0,186013	0,234280	0,233730
	Průměr	0,814890	0,081454	0,104762	0,104701
vzdálenost od konsensu	Minimum	0,031442	0,031437	0,037266	0,037258
	Maximum	0,102138	0,101961	0,143426	0,142935
	Průměr	0,057486	0,057448	0,073862	0,073782

Tabulka 5. Údaje o prokrústovských a tangenciálních vzdálenostech bodů.

		enface	profil
		vzd. od sebe	Y-intercept
Sklon	0,999525		0,999347
kor. koeficient	1,000000		1,000000
vzd. od konsensu	Y-intercept	0,000000	0,000000
	Sklon	0,999258	0,998790
	kor. koeficient	1,000000	1,000000

Tabulka 6. Výsledky regresní analýzy tangenciální vzdálenosti na prokrústovskou vzdálenost.



Graf 8. Graf lineární regresní závislosti tangenciální vzdálenosti (osa y) na prokrústovské vzdálenosti (osa x), v radiánech. Nalevo en face, napravo profil.

8.2. Určení chyby digitalizace

V tabulkách 7 a 8 je pro každý význačný bod v pohledu en face a z profilu uvedena průměrná chyba digitalizace, jednotkou je milimetr. Průměrná chyba se pohybuje v rozmezí od 0,267 mm do 1,164 mm.

LM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
chyba [mm]	0,483	0,337	0,421	0,414	0,378	0,467	0,552	0,522	0,489	0,429	0,415
LM	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
chyba [mm]	0,494	0,485	0,437	0,551	0,780	0,766	0,760	0,798	0,604	0,657	0,683
LM	23	24	25								
chyba [mm]	0,419	0,381	0,403								

Tabulka 7. Hodnoty průměrné chyby digitalizace 25 význačných bodů v pohledu en face. Chyba je uvedena v milimetrech.

LM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
chyba [mm]	0,471	0,616	0,594	0,424	0,422	0,267	0,598	0,362	0,390	0,456	1,164
LM	12	13									
chyba [mm]	0,416	0,361									

Tabulka 8. Hodnoty průměrné chyby digitalizace 13 význačných bodů v pohledu z profilu. Chyba je uvedena v milimetrech.

8.3. Celková variabilita a sexuální dimorfismus tvaru červeně rtů

8.3.1. V pohledu en face

8.3.1.1. Celková variabilita tvaru červeně rtů

Analyzován byl tvar červeně rtů určený 16 body, z nichž 4 body byly význačné a 12 klouzavých pomocných. Pomocí metody tenkých ohebných plátků v programu tpsRelw bylo získáno 5 efektivních relativních varp (RW1-RW5), které dohromady popisují

RW	%	kum. %
RW1	52,59	52,59
RW2	17,91	70,50
RW3	12,36	82,86
RW4	4,25	87,11
RW5	4,11	91,22

Tabulka 9. V této tabulce je v prostředním sloupci uvedeno, kolik celkové tvarové variability popisují jednotlivé varpy. V pravém sloupci jsou uvedena kumulativní procenta vyčerpané tvarové variability.

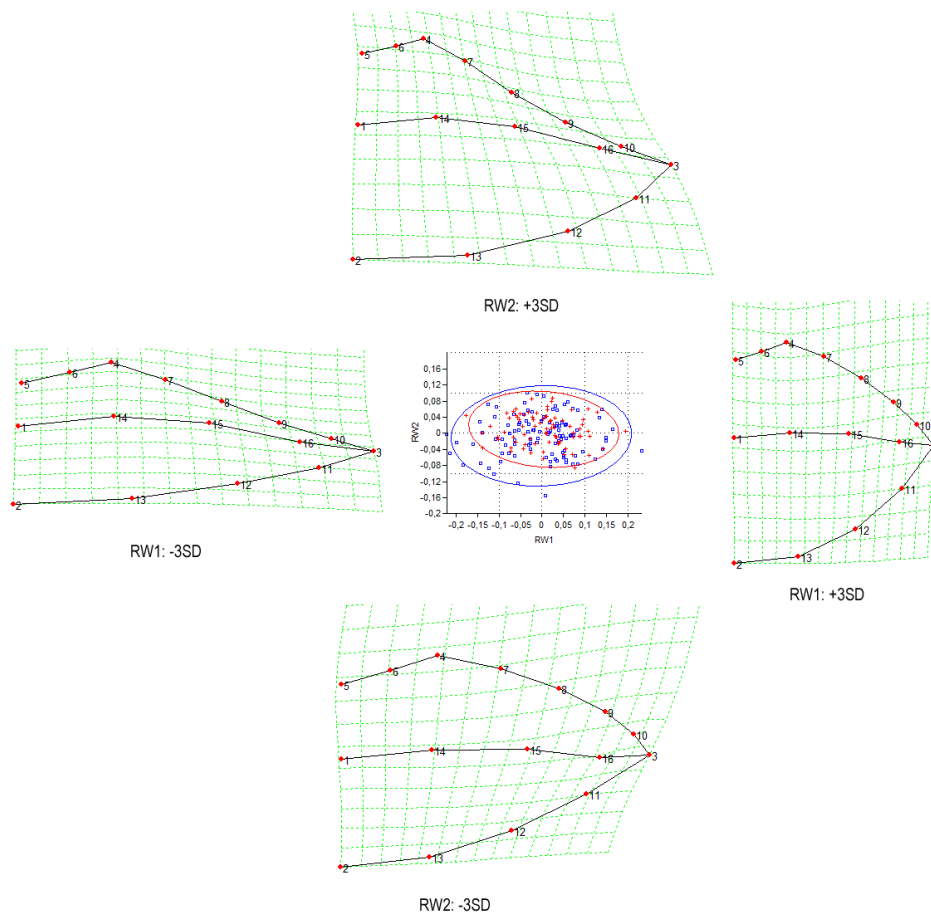
91,22% variability tvaru rtů. Detailní výsledky pro každou efektivní relativní varpu jsou v tabulce 9.

Relativní varpa 1 (RW1) popisuje 52,59% celkové variability tvaru červeně rtů. Její vliv je znázorněn deformační mřížkou dvou hraničních tvarů na obrázku 3 (ve směru osy x). Směrem ke kladným hodnotám této varpy dochází k rozšiřování rtů ve vertikálním směru a zužování v horizontálním směru, hranice červeně rtů (na křivkách mezi body 4–3-2) se stávají konvexnějšími. Horní i dolní ret se tak stávají plnějšími. Směrem k záporným hodnotám dochází k zužování rtů ve vertikálním směru a prodlužování

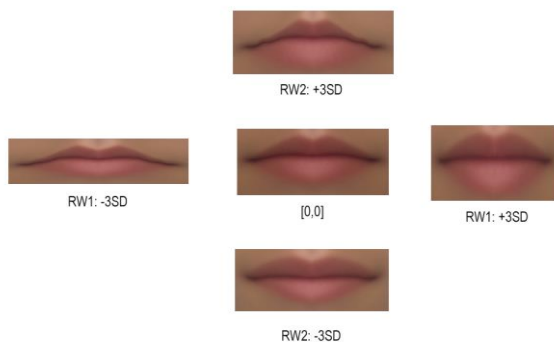
v horizontálním směru, rty se stávají tenčími.

Relativní varpa 2 (RW2) popisuje 17,91% celkové variability tvaru červeně rtů. Deformační mřížky znázorňující její působení jsou na obrázku 21 (ve směru osy y). Směrem ke kladným hodnotám dochází k největším změnám v oblasti horního okraje červeně horního rtu (na křivce mezi body 3 a 4), body jsou posouvány směrem „dovnitř“ rtu. Tím se stává tato křivka lehce konvexní a zároveň se zužuje červeně rtů v této oblasti. Dolní ret je mírně vertikálně rozšiřován, zejména v oblasti mezi body 11-16. Celkově tak lze říci, že u rtů kladných hraničních hodnot relativní varpy 2 je dolní ret plnější než horní. Směrem k záporným hodnotám relativní varpy 2 se stává výše zmíněný horní okraj červeně horního rtu konvexním. Spodní okraj dolního rtu (body 3, 11, 12) se posouvá směrem „dovnitř“ rtu. Rty v záporných hraničních hodnotách varpy 2 jsou nápadné díky konvexnímu tvaru horního okraje horního rtu v úseku mezi body 3 a 4 (*cheilion* a *christa philtri*), horní ret tak působí oproti dolnímu plnějším dojmem.

Reálné vizualizace hraničních tvarů relativních varp 1 a 2 jsou na obrázku 22.



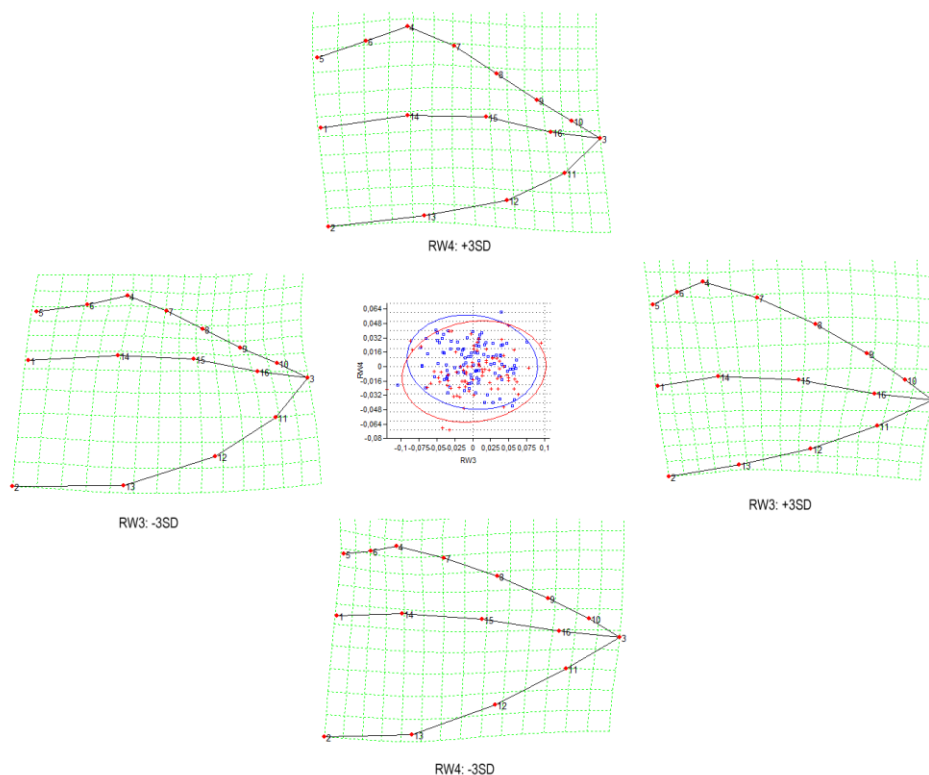
Obr. 21. Na tomto obrázku je uprostřed umístěn bodový graf skóre prvních dvou relativních varp: RW1 na ose x a RW2 na ose y (počátek souřadnic je uprostřed grafu, ne v rohu). Body v grafu představují jednotlivce, chlapci jsou modře, dívky červeně. Elipsy vymezují 95% interval spolehlivosti a jsou odrazem variability daných varp u daného pohlaví. Okolo grafu jsou umístěny deformační mřížky znázorňující, jaké deformace popisují varpy. Konfigurace bodů v těchto mřížkách představuje hraniční tvary odpovídající poloze $\pm 3SD$ od počátku souřadnic. Body 1-5 jsou význačné body, 6-16 klouzavé pomocné. Graf byl vytvořen v programu PAST (version 1.90, Hammer, Harper c1999-2009), deformační mřížky v programu tps Relw (version 1.46, Rohlf c2008).



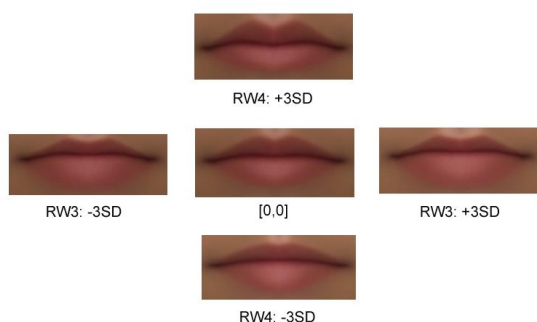
Obr. 22. Reálné vizualizace hraničních tvarů z obrázku 21. Uprostřed je tvar rtů odpovídající počátku souřadnic, okolo něj pak tvary odpovídající $\pm 3SD$ od něj. Levý a pravý tvar odpovídá hraničním hodnotám relativní varpy 1 (RW1), horní a dolní relativní varpy 2 (RW2). Vytvořeno v programu tpsSuper (version 1.14, Rohlf c2004).

Relativní varpa 3 (RW3) popisuje 12,36% celkové variability tvaru červeně rtů. Deformační mřížky znázorňující její působení jsou na obrázku 23 ve směru osy x, reálné vizualizace na obrázku 24. Směrem ke kladným hodnotám relativní varpy 3 dochází ve vertikálním směru k rozšiřování horního rtu a naopak k zužování rtu dolního. Plnost horního a dolního rtu je tak vyrovnána. Směrem k záporným hodnotám je horní ret ve vertikálním směru zužován a dolní ret rozšiřován, dolní ret je tak výrazně plnější než ret horní.

Relativní varpa 4 (RW4) vysvětluje 4,25% celkové variability tvaru červeně rtů. Popisuje změny tvaru zejména v oblasti „trojúhelníku“ vymezeného body 4-7 (tedy oblasti prohlubně na horním okraji červeně horního rtu). Směrem ke kladným hodnotám relativní varpy 4 je tato oblast vertikálně rozšiřována, prohlubeň se rozšiřuje (křivka mezi body 4 a 5). Zároveň je horní ret v oblasti vymezené body 7-10, 3, 15-16 horizontálně zužován. Prohlubeň filtra tak proporčně zaujímá více místa na horním rtu. Dále je ještě zužován dolní ret ve vertikálním směru. Směrem k záporným hodnotám sledované varpy dochází k jevu opačnému, prohlubeň filtra se zužuje a stává se méně hlubokým. Dolní ret se vertikálně zvětšuje, je tedy v porovnání s horním rtem plnější, ačkoliv jeho dolní okraj (mezi body 3, 1-13) je méně zaoblený.



Obr.23. Na tomto obrázku je uprostřed umístěn bodový graf skóre relativních varp RW3 na ose x a RW4 na ose y, body v grafu představují jednotlivce. Okolo grafu jsou umístěny deformační mřížky znázorňující, jaké deformace tyto varpy popisují. Detailnější popis viz obr. 21.

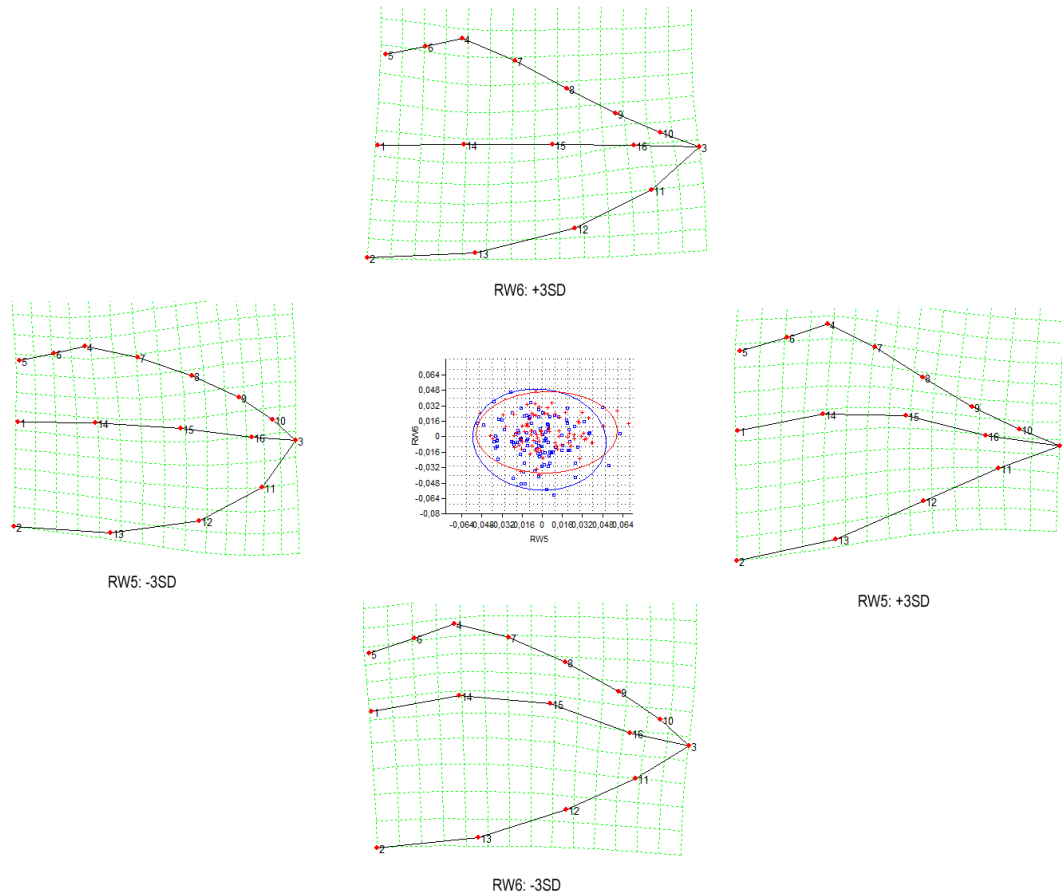


Obr. 24. Reálné vizualizace hraničních tvarů relativních varp 3 a 4. Detailnější popis viz obr. 22.

Relativní varpa 5 (RW5) popisuje 4,11% celkové variability tvaru červeně rtů a její vliv je znázorněn na obrázku 26 (ve směru osy x). Směrem ke kladným hodnotám této varpy dochází u horního rtu k vertikálnímu zužování oblasti mezi body 8-10, 3, 15-16, zbytek horního rtu se spíše v tomto směru rozšiřuje, zejména v oblasti pod bodem 4. Dolní ret se vertikálně zužuje v oblasti při koutku ústním, zbytek rtu se spíše lehce rozšiřuje. Celkově lze říci, že ret v kladných hraničních hodnotách relativní varpy 5 je charakterizován výrazně lomenou křivkou horního rtu a nápadným zúžením rtů při ústním koutku. Směrem k záporným hodnotám relativní varpy 5 dochází k jevům opačným, rty tak získávají vnější okraje rtů jsou konvexní, prohlubeň filtra není tak výrazná. Reálné vizualizace hraničních tvarů relativní varpy 5 jsou na obrázku 25.



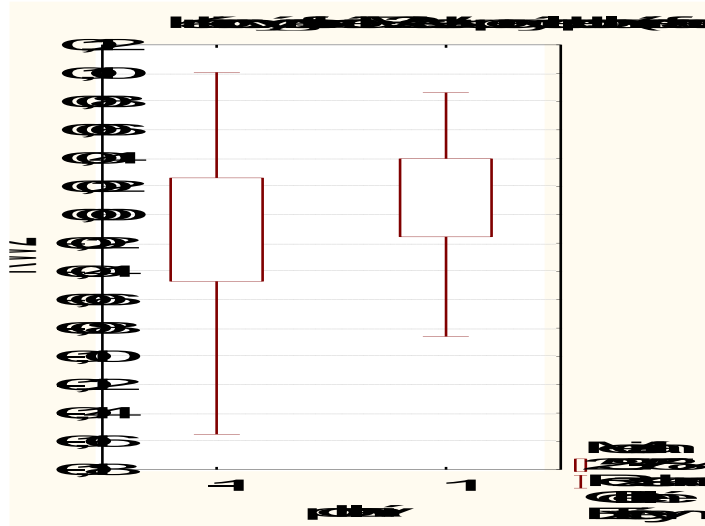
Obr. 25. Vizualizace hraničních tvarů rtů relativní varpy 5. Detailnější popis viz obr. 22.



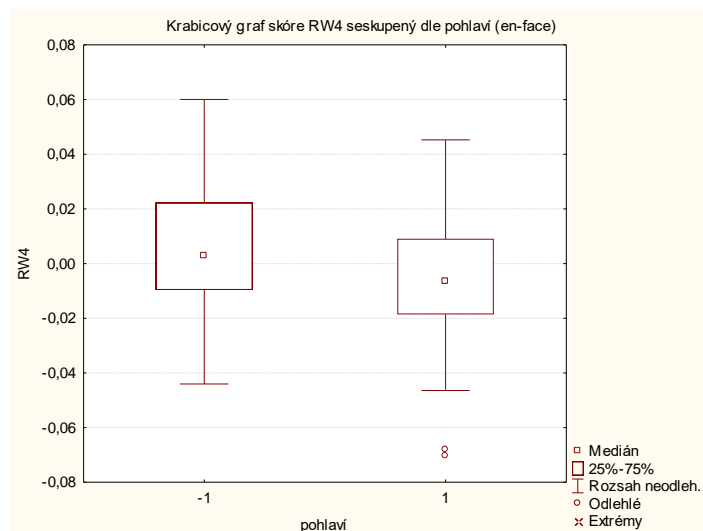
Obr. 26. Na tomto obrázku je uprostřed umístěn bodový graf skóre relativních varp RW5 na ose x a RW6 na ose y, body v grafu představují jednotlivce. Okolo grafu jsou umístěny deformační mřížky znázorňující, jaké deformace tyto varpy popisují. Detailnější popis viz obr. 21.

8.3.1.2. Sexuální dimorfismus tvaru červeně rtů

Mnohorozměrnou analýzou rozptylu (MANOVA) byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi pohlavími ($\lambda=0,896$, $F=4,24$, $p=0,001$). Předpoklady ovšem nebyly splněny – relativní varpa 2 neměla u obou pohlaví homogenní rozptyly (Levenův test: $F=5,35$, $p=0,022$). Nehomogenost rozptylů mohla být způsobena nevyrovnaným počtem chlapců (106) a dívek (82). Proto bylo pětkrát po sobě vyloučeno z analýzy 24 náhodně vybraných chlapců a byla znovu testována homogenita rozptylů, ale ta byla buď opět zamítnuta nebo byla zjištěná hladina významnosti testu hraniční. Zdá se, že chlapci mají u této varpy stabilně větší rozptyl. Pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu (ANOVA) bylo zjištěno, že na 5% hladině významnosti se chlapci a dívky liší ve varpě 2 ($F=5,87$, $p=0,016$) a varpě 4 ($F=10,62$, $p=0,001$), odlišnosti u ostatních varp nejsou na této hladině statisticky významné. Rozložení skóre varp 2 a 4 jsou zobrazeny v grafech 9 a 10.



Graf 9. Krabicový graf hodnot relativní varpy 2 (RW2) seskupený dle pohlaví, nalevo jsou hodnoty chlapců (-1), napravo dívek (1). Zdá se, že chlapci mají tendenci k záporným hodnotám, dívky ke kladným.



Graf 10. Krabicový graf hodnot relativní varpy 4 (RW4) seskupený dle pohlaví, nalevo jsou hodnoty chlapců (-1), napravo dívek (1). Zdá se, že chlapci mají tendenci ke kladným hodnotám, dívky k záporným.

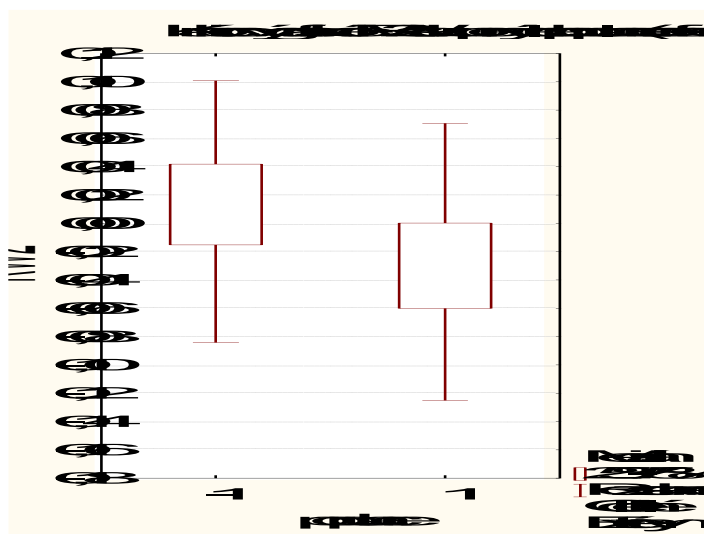
Korelační analýzou byl zjišťován vztah mezi věkem a jednotlivými relativními varpami. Pro všechny jednotlivce byl statisticky významný korelační koeficient pro relativní varpu 2 ($r=-0,35$) a relativní varpu 5 ($r=-0,33$). Analýza byla provedena i

RW	korel. koeficient	chlapci	dívky
RW1	0,11	0,04	0,22
RW2	-0,35	-0,31	-0,42
RW3	0,05	0,08	0,03
RW4	-0,08	-0,07	-0,12
RW5	-0,33	-0,27	-0,39

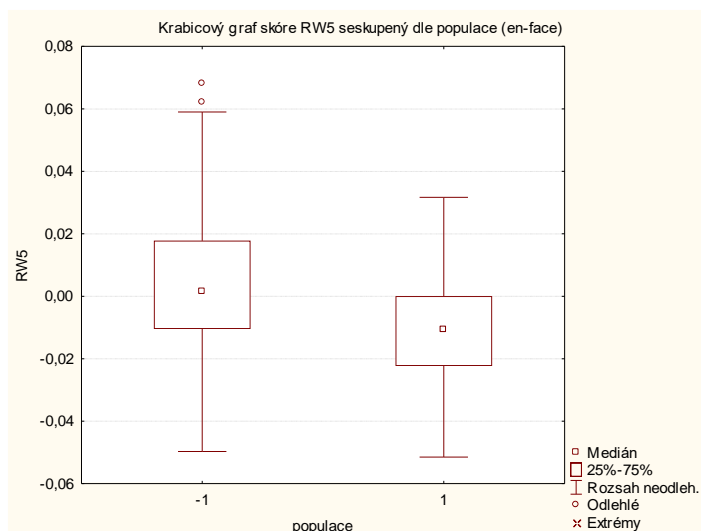
Tabulka 10. Korelační koeficienty vazby věku a jednotlivých relativních varp. V prvním sloupci jsou pro obě pohlaví dohromady, v dalších dvou zvlášť pro obě pohlaví. Statisticky významné koeficienty jsou tučným písmem.

odděleně pro obě pohlaví. Zdá se, že u chlapců je vazba s oběma relativními varpami o něco méně těsná než u dívek a navíc se u dívek na statisticky významné úrovni projevuje vazba s relativní varpou 1 ($r=0,22$). Znamená to, že s přibývajícím věkem se rty dívek stávají plnější. Detailní výsledky jsou v tabulce 10.

Testem MANOVA bylo zjištěno, že tvar červeně rtů se na statisticky významně liší mezi soubory z Hovorany a Ústí nad Labem ($\lambda=0,79$, $F=11,56$, $p=0,000$). Jednorozměrná analýza rozptylu ukázala, že statisticky významné jsou rozdíly v relativních varpách 2 ($F=34,94$, $p=0,000$) a 5 ($F=11,76$, $p=0,001$). Rozložení skóre těchto varp jsou v grafech 11 a 12.

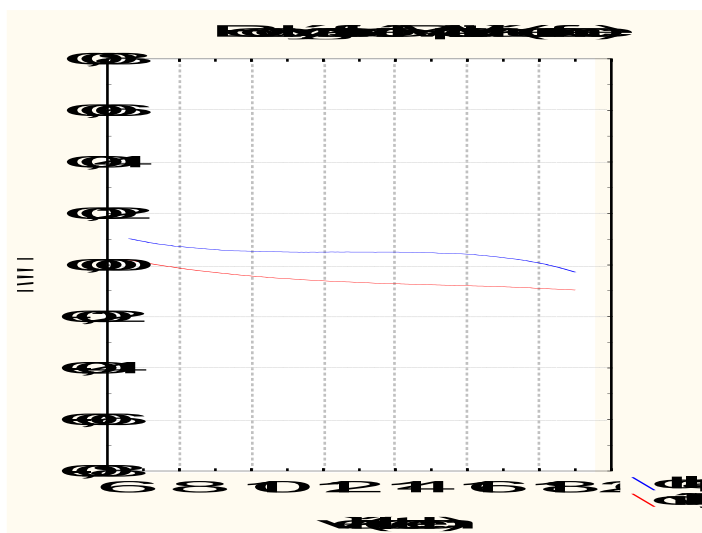


Graf 11. Krabicový graf skóre relativní varpy 2 (RW2) seskupený dle populace; nalevo Hovorany (-1), napravo Ústí nad Labem (1). Jedinci z Hovorany mají tendenci ke kladným hodnotám, jedinci z Ústí n. L. k záporným.



Graf 12 Krabicový graf skóre relativní varpy 5 (RW5) seskupený dle populace, obdobný předchozímu grafu. Jedinci z Ústí nad Labem mají oproti jedincům z Hovorán tendenci k záporným hodnotám. Poznámka: ačkoliv se zdá být rozptýl skóre jedinců z Hovorán větší než jedinců z Ústí nad Labem, není tomu tak alespoň na statisticky významné hladině.

Jelikož byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi populacemi ve tvaru červeně rtů u relativní varpy 2, která se týká i sexuálního dimorfismu, byl sexuální dimorfismus tvaru dodatečně testován zvlášť pro soubor z Hovorán a z Ústí nad Labem. U souboru z Hovorán mnohorozměrná analýza rozptylu zamítla shodu mezi pohlavími ($\lambda=0,91$, $F=2,61$, $p=0,028$), v jednorozměrné analýze rozptylu pak byla shoda mezi pohlavími zamítnuta u relativní varpy 2 ($F=4,34$, $p=0,039$) a relativní varpy 4 ($F=6,50$, $p=0,012$). Oproti výsledkům celého souboru tu ale byl rozdíl v tom, že u relativní varpy 2 měly obě pohlaví tendenci ke kladným hodnotám, dívky výrazněji. U souboru z Ústí nad Labem byla taktéž zamítnuta hypotéza shody mezi pohlavími (MANOVA: $\lambda=0,36$, $F=2,63$, $p=0,036$), v jednorozměrné analýze rozptylu byl rozdíl mezi pohlavími statisticky významný pouze v případě relativní varpy 4 ($F=4,34$, $p=0,042$). Ačkoliv rozdíl mezi pohlavími u varpy 2 nebyl statisticky významný, u obou pohlaví byla tendence k záporným hodnotám, u chlapců více. Zdá se tedy, že relativní varpa 2 se více týká rozdílu mezi populacemi než rozdílu mezi pohlavími. Naopak relativní varpa 4 vykazuje sexuální dimorfismus stabilně, jak je patrné z grafu 13.



Graf 13. Bodový graf skóre relativní varpy 4 (RW4) vyneseny proti věku kategorizovaný dle pohlaví. Průběh je naznačen proložením (model negativního exponenciálního prokládání). Zdá se, že mezipohlavní rozdíl v relativní varpě 4 je v rámci sledovaného věkového období stabilní.

8.3.2. V pohledu z profilu

8.3.2.1. Celková variabilita tvaru červeně rtů

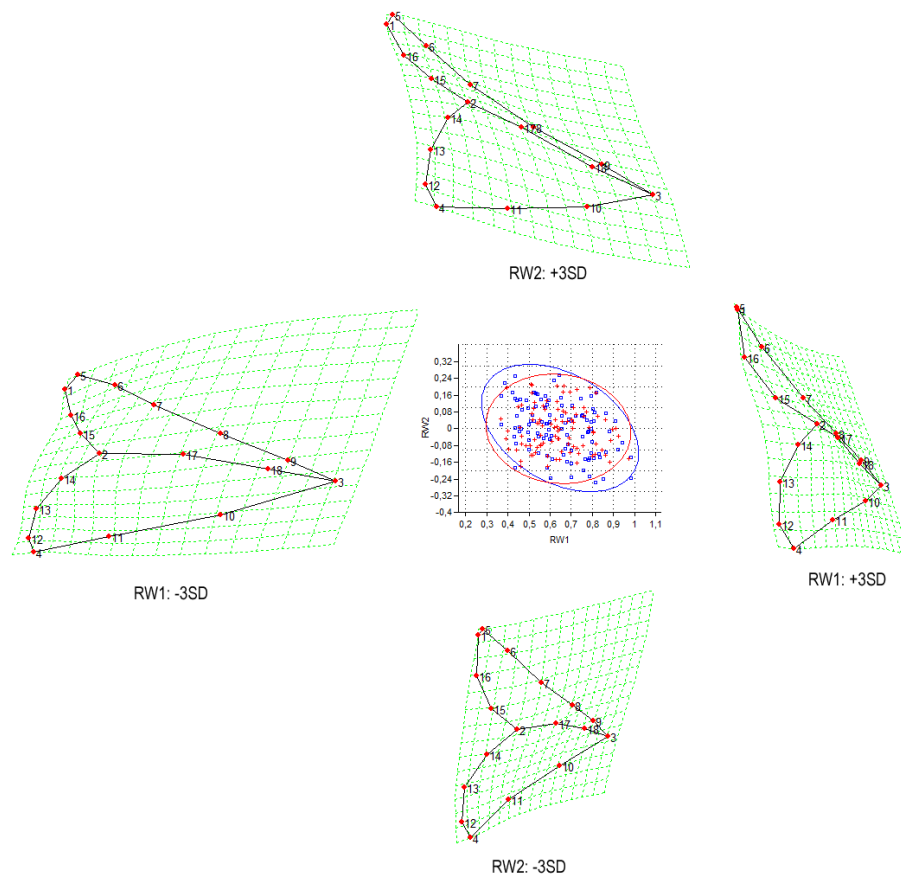
Pro analýzu variability tvaru červeně rtů v pohledu z profilu bylo použito 18 bodů, z nichž body 1-4 byly význačné a body 5-18 klouzavé pomocné. Pomocí metody tenkých ohebných plátků v programu tpsRelw bylo určeno 5 efektivních relativních varp (RW1-RW5), které dohromady popisují 90,48% variability tvaru červeně rtů, detailní výsledky jsou uvedeny v tabulce 11.

Z deformačních mřížek na obrázku 27 můžeme usuzovat, že relativní varpa 1 (RW1; vysvětlující 47,12% variability) směrem ke kladným hodnotám zužuje rty v horizontálním směru, zvláště v oblasti mezi body 2 a 3 (*stomion a cheilion*). Oblast horního rtu mezi body 2 a 1 (*stomion a labrale superius*) je deformována v šikmém směru. Body 1 a 5 se přibližují. Rty tak dostávají tvar, kde převládá vertikální rozměr nad horizontálním, horní ret je oploštěn a v horizontálním směru přečnívá nad dolním, dolní ret má naopak

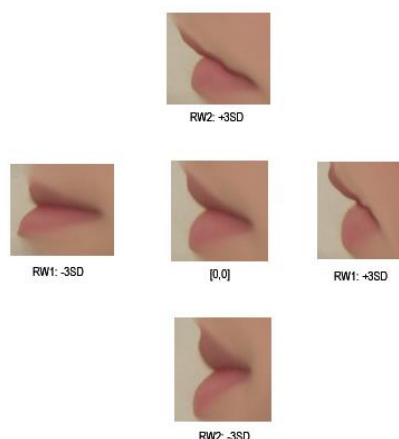
RW	%	kum. %
RW1	47,12	47,12
RW2	25,61	72,73
RW3	8,62	81,36
RW4	5,22	86,58
RW5	3,9	90,48

Tabulka 11. Podíly jednotlivých efektivních relativních varp na vysvětlení variability tvaru v pohledu profil. Ve sloupci napravo jsou kumulativní procenta vyčerpané tvarové variability.

plnější tvar. Směrem k záporným hodnotám relativní varpy 1 dochází v oblasti mezi body 2 a 3 k rozšiřování v horizontálním směru. Ve vertikálním směru je v podstatě celý ret smršťován. Body 1 a 5 se oddalují. Ve výsledném tvaru pak převládá horizontální rozměr nad vertikálním a také poměr mezi částí rtů s volným okrajem a druhou částí rtů (tj. před a za bodem 2) je výrazně nakloněn částí druhé. Vizualizace reálných podob hraničních tvarů jsou na obrázku 28.



Obr. 27. Na tomto obrázku je uprostřed umístěn bodový graf skóre prvních dvou relativních varp (RW1 na ose x a RW2 na ose y; počátek souřadnic je uprostřed grafu, ne v rohu). Body v grafu představují jednotlivce, chlapci jsou modře, dívky červeně. Elipsy vymezují 95% interval spolehlivosti a jsou odrazem variability daných varp u daného pohlaví. Okolo grafu jsou umístěny deformační mřížky znázorňující, jaké změny tvaru vysvětlují varpy. Konfigurace bodů v těchto mřížkách představuje hraniční tvary odpovídající poloze $\pm 3SD$ od počátku souřadnic. Body 1-4 jsou význačné body, 5-18 klouzavé pomocné. Graf byl vytvořen v programu PAST (version 1.90, Hammer, Harper c1999-2009), deformační mřížky v programu tps Relw (version 1.46, Rohlf c2008).



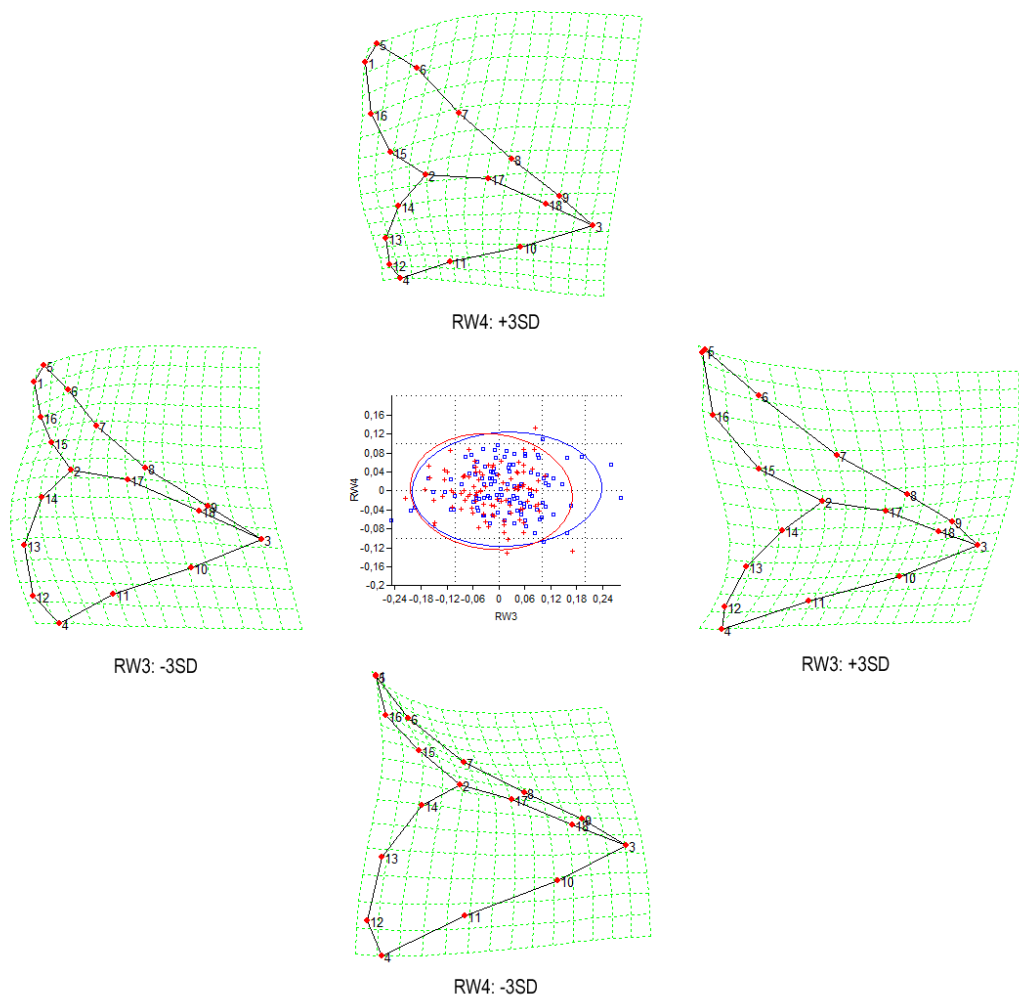
Obr. 28. Reálné vizualizace hraničních tvarů z obrázku 27. Uprostřed je tvar rtů odpovídající počátku souřadnic (konsensus), okolo něj pak tvary odpovídající $\pm 3SD$ od něj. Levý a pravý tvar odpovídají hraničním hodnotám relativní varpy 1 (RW1), horní a dolní relativní varpy 2 (RW2). Vytvořeno v programu tpsSuper (version 1.14, Rohlf c2004).

Relativní varpa 2 (RW2), jejíž působení je vysledovatelné z deformačních mřížek ve směru osy y na obrázku 27, vysvětluje 25,61 % variability tvaru. Směrem ke kladným hodnotám dochází k zúžení horního rtu podél jeho podélné osy, což je způsobeno tím, že se body na horní hranici horního rtu (1, 3, 5-9) posunují šikmo doleva dolů. Dolní ret je také mírně zúžen v horizontálním směru. Tento hraniční tvar rtů lze charakterizovat nepoměrem tloušťky horního a dolního rtu – dolní ret převládá nad horním. Zároveň volný okraj horního rtu výrazně přesahuje přes volný okraj rtu dolního. Směrem k záporným hodnotám relativní varpy 2 dochází k celkovému zužování v horizontálním směru, zejména v oblasti mezi body 2 a 3. Horní ret je dále rozšiřován ve vertikálním směru. Rty odpovídající hraničním záporným hodnotám varpy 2 mají spíše vertikální charakter, plnost horního a dolního rtu je vyrovnaná.

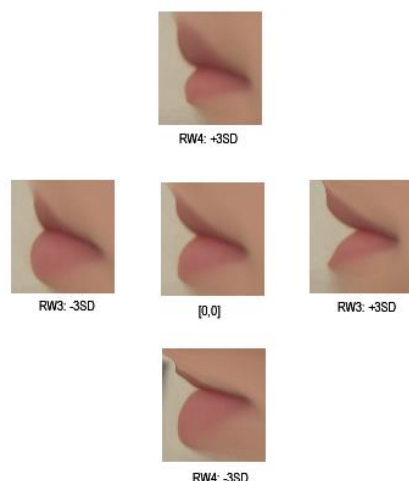
Relativní varpa 3 (RW3), jejíž vliv je viditelný z deformačních mřížek ve směru osy x na obrázku 29, vysvětluje 8,62 % celkové variability tvaru. Směrem ke kladným hodnotám je dolní ret zkracován v horizontálním směru, horní ret je naopak v tomto směru prodlužován. Volný okraj dolního rtu (vymezen body 2, 4, 12-14) je oploštěn a oproti výchozímu tvaru (konsensu) je méně vypouklý. U horního rtu je volný okraj relativně prodloužen. Body 1 a 5 se přibližují. Směrem k záporným hodnotám relativní varpy 3 dochází k zužování horního rtu v horizontálním směru, a to zejména části před bodem 2. U dolního rtu dochází k šikmo orientovanému protažení, takže volný okraj dolního rtu se stává vypouklejším a působí plnějším dojmem.

Relativní varpa 4 (RW4) vysvětluje 5,22% variability celkového tvaru. Směrem ke kladným hodnotám se horní ret rozšiřuje ve vertikálním směru (body na horní hranici červeně horního rtu (1, 3, 5-9) posunují šikmo doprava nahoru), toto rozšíření je výrazné zejména mezi čtveřicí bodů 1, 5, 6, 16. Dolní ret se v tomto směru naopak zužuje. U tohoto

hraničního tvaru rtů horní ret lehce převládá nad dolním, svou plnost vzhledem ke konsensu výrazně zvětšil. Směrem k záporným hodnotám se body ohraničující červec horního rtu posunují „dovnitř“, takže celý ret se podél své podélné osy zužuje. Dolní ret se rozšiřuje ve vertikálním směru, hlavně v oblasti bodů 4, 11-13. Ret v tomto hraničním tvaru je charakterizován velmi tenkým horním rtem a ve srovnání s ním plným rtem dolním. Vliv relativní varpy 4 je zobrazen na obrázku 29, na obrázku 30 jsou reálné podoby hraničních tvarů relativních varp 3 a 4.



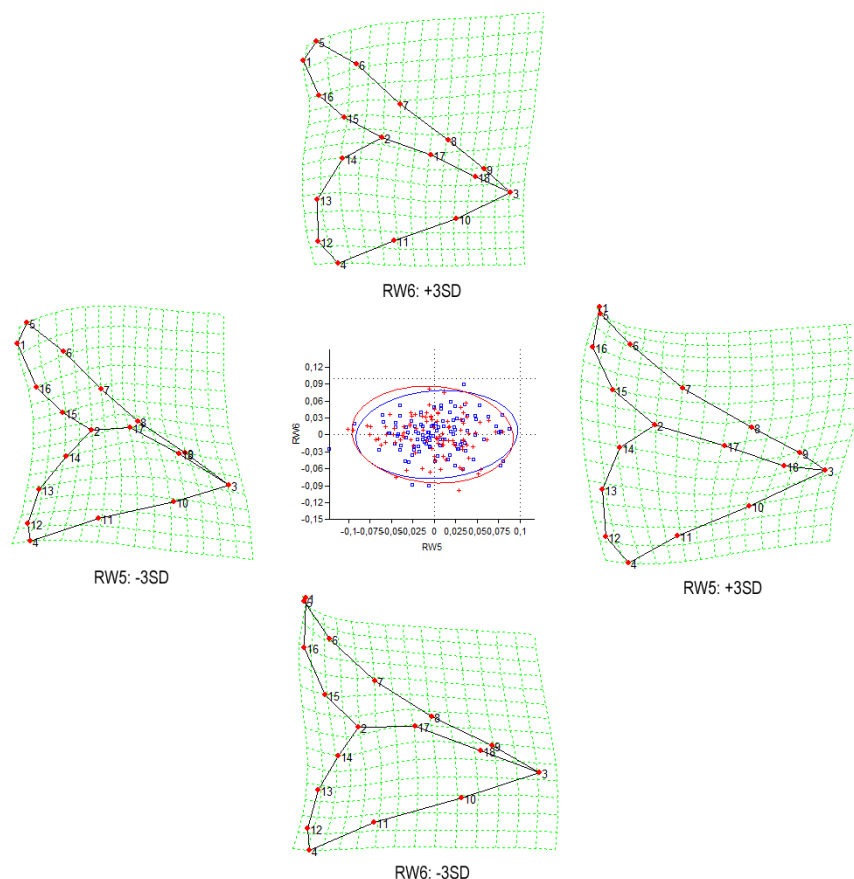
Obr.29. Na tomto obrázku je uprostřed umístěn bodový graf skóre relativních varp RW3 na ose x a RW4 na ose y, body v grafu představují jednotlivce. Okolo grafu jsou umístěny deformační mřížky znázorňující, jaké deformace tyto varpy popisují. Detailnější popis viz obr. 27.



Obr. 30. Reálné vizualizace hraničních tvarů rtů z obrázku (pro relativní varpy 3 a 4. Uprostřed je tvar rtů odpovídající počátku souřadnic (konsensus), okolo něj pak tvary odpovídající $\pm 3SD$ od něj. Detailnější popis viz obr. 28.

Relativní varpa 5 (RW5) vysvětluje 3,90% variability celkového tvaru, vizualizace změn, které vysvětluje, je na obrázku 31 ve směru osy x. Směrem ke kladným hodnotám dochází u přední poloviny horního rtu k zužování ve směru vertikálním a zároveň k podélnému prodlužování; oblast mezi pěticí bodů 3, 8, 9, 17, 18 je rozšířena v úhlopříčném směru (z levého dolního rohu mřížky do pravého horního). Dolní ret je v přední polovině mírně zužován v horizontálním směru, část při štěrbině ústní (tedy mezi body 2, 17, 18) je spíše horizontálně prodlužována. Bod 4 (*labrale inferius*) je lehce posunut dozadu, volný okraj dolního rtu se tak stává vypouklejším. Směrem k záporným hodnotám se oblast horního rtu mezi čtveřicí bodů 1, 5, 6, 16 rozšiřuje ve vertikálním směru, oblast mezi body 6, 7, 8, 17, 2 15 se zužuje v horizontálním směru, zbylá zadní část horního rtu se zužuje podél podélné osy rtu. Dolní ret se ve své zadní polovině zužuje v horizontálním směru. Bod 4 se posunuje lehce dopředu a nahoru. Volný okraj dolního rtu je plošší. Reálné podoby hraničních tvarů relativní varpy 5 jsou na obrázku 32.

Na obrázku 31 je sice vyobrazen vliv relativní varpy 6 (RW6), ale jelikož již není považována za efektivní, nebude její vliv popisován.



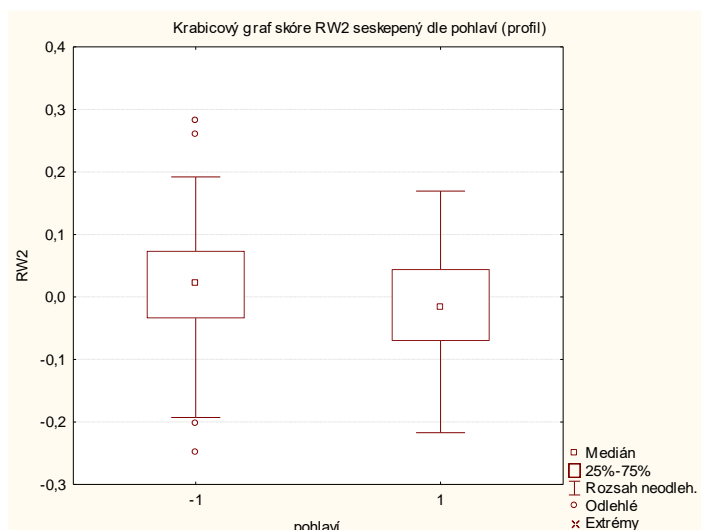
Obr. 31. Na tomto obrázku je uprostřed umístěn bodový graf skóre relativních varp RW5 na ose x a RW6 na ose y, body v grafu představují jednotlivce. Okolo grafu jsou umístěny deformační mřížky znázorňující, jaké deformace tyto varpy popisují. Detailnější popis viz obr. 27.



Obr. 32. Reálné vizualizace hraničních hodnot relativní varpy 5 z předchozího obrázku. Uprostřed je tvar rtů odpovídající počátku souřadnic (konsensus), okolo něj pak tvary odpovídající $\pm 3SD$ od něj.

8.3.2.2. Sexuální dimorfismus tvaru červeně rtů

Mnohorozměrnou analýzou rozptylu byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi pohlavími ($\lambda=0,94$, $F=2,42$, $p=0,037$). Pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu bylo zjištěno, že na 5% hladině významnosti se chlapci a dívky liší ve varpě 2 ($F=10,43$, $p=0,001$), odlišnosti u ostatních varp nejsou na této hladině statisticky významné. Rozložení hodnot relativní varpy 2 odděleně pro obě pohlaví je znázorněno v krabicovém grafu 14.



Graf 14. je krabicovým grafem skóre relativní varpy 2 kategorizovaným podle pohlaví, nalevo jsou chlapci (-1), napravo dívky (1). Chlapci mají tendenci ke kladným hodnotám, dívky k záporným.

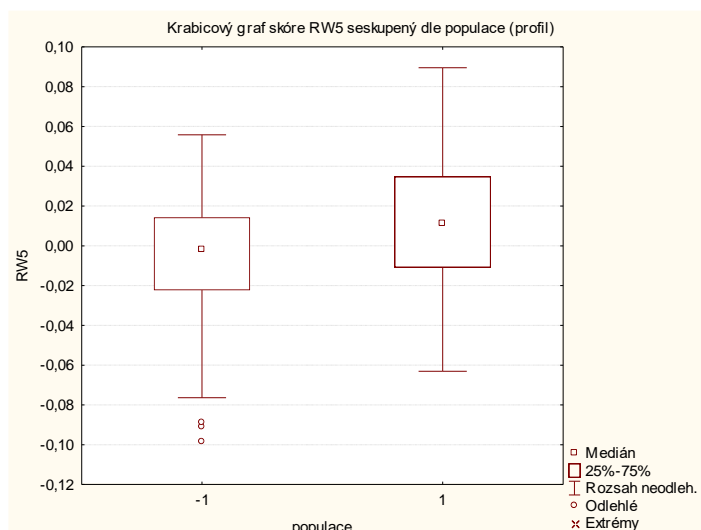
RW	korel. koeficient	chlapci	dívky
RW1	-0.22	-0.32	-0.11
RW2	-0.09	-0.06	-0.13
RW3	0.03	0.06	0.01
RW4	-0.13	-0.08	-0.19
RW5	0.27	0.21	0.33

Tabulka 12. Korelační koeficienty (r) vztahu věku a jednotlivých relativních varp. V prvním sloupci jsou koeficienty pro obě pohlaví dohromady, v dalších dvou zvlášť pro obě pohlaví. Statisticky významné koeficienty na hladině $p < 0,05$ jsou tučným písmem.

na statisticky významné hladině relativní varpa 1 a 5, zatímco u dívek pouze relativní varpa 5. Obě pohlaví se takto odděleně tedy shodují na pozitivní korelaci s relativní varpou 5, u dívek je vazba silnější.

Mnohorozměrnou analýzou rozptylu (MANOVA) bylo zjištěno, že tvary červeně rtů souboru z Hovorán a z Ústí nad Labem se na statisticky významné úrovni liší ($\lambda=0,91$, $F=4,16$, $p=0,001$). Prostřednictvím jednorozměrné analýzy bylo zjištěno, že skóre relativní varpy 5 se mezi populacemi liší na statisticky významné úrovni ($F=15,07$, $p=0,000$), krabicový graf skóre této varpy je k vidění v grafu 15.

Dále bylo zjišťováno, zda jednotlivé relativní varpy korelují s věkem. Z korelační analýzy vyplynulo, že na statisticky významné hladině korelují varpy 1 a 5, konkrétní hodnoty korelačních koeficientů jsou v tabulce 12. Pokud byly ale zjišťovány korelační koeficienty pro jednotlivá pohlaví, výsledky byly odlišné. U chlapců korelují



Graf 15. Krabicový graf skóre relativní varpy 5 v pohledu profil kategorizovaný dle populace: Hovorany nalevo (-1), Ústí nad Labem napravo (1). Zdá se, že jedinci z Hovorany mají tendenci k záporným hodnotám, jedinci z Ústí nad Labem ke kladným.

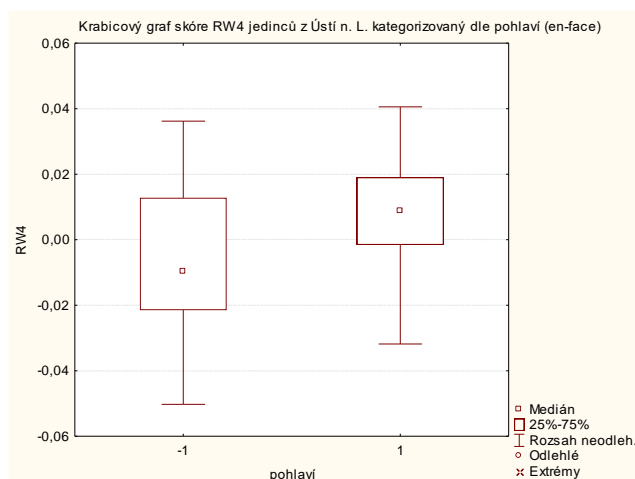
8.4. Sexuální dimorfismus tvaru červeně rtů podle věkových kategorií

8.4.1. V pohledu en face

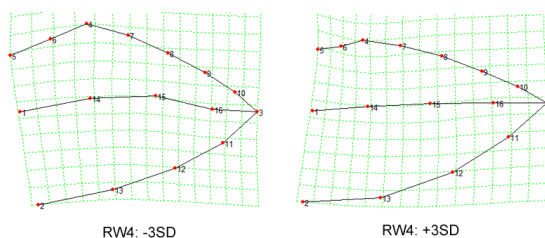
V kategorii 6-10 let bylo 33 jedinců (15 chlapců a 18 dívek). Výsledky provedené mnohorozměrné analýzy rozptylu (MANOVA) nezamítly shodu mezi pohlavími ($\lambda=0,73$, $F=2,01$, $p=0,110$).

V kategorii 10-15 let bylo 105 jedinců (62 chlapců a 43 dívek). Stejně jako v předchozím případě nebyla shoda mezi pohlavími zamítnuta ($\lambda=0,96$, $F=0,84$, $p=0,527$).

V kategorii 15-19 let bylo 50 jedinců (29 chlapců a 21 dívek). U této kategorie mnohorozměrná analýza rozptylu zamítla shodu mezi pohlavími ($\lambda=0,81$, $F=2,73$, $p=0,041$). V jednorozměrné analýze rozptylu však výsledky ani jedné ze čtyř efektivních varp nebyly statisticky významné, pouze výsledky relativní varpy 4 se dané hladině významnosti přibližovaly ($F=3,20$, $p=0,080$). Rozložení skóre RW4 je znázorněno v grafu 16, deformační mřížky relativní varpy 4 jsou na obrázku 33.



Graf 16. Krabicový graf skóre relativní varpy 4 věkové kategorie 15-19 let (jedinci z Ústí n. L.) kategorizovaný dle pohlaví. Nalevo jsou chlapci (-1), napravo dívky (1). Zdá se, že chlapci mají tendenci k záporným hodnotám, dívky ke kladným.



Obr. 33. Deformační mřížky znázorňující působení relativní varpy 4 v pohledu en face u věkové kategorie 15-19 let.

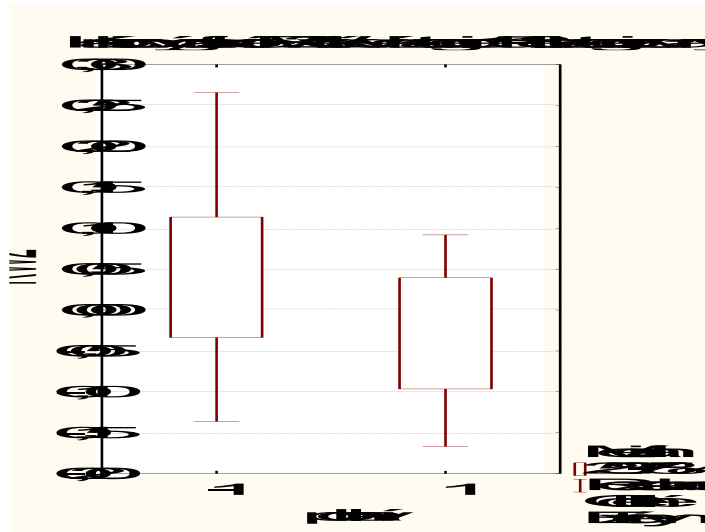
8.4.4. V pohledu z profilu

V kategorii 6-10 let bylo 21 jedinců (9 chlapců a 12 dívek). Mnohorozměrná analýza rozptylu nezamítla shodu mezi pohlavími ($\lambda=0,59$, $F=2,12$, $p=0,119$).

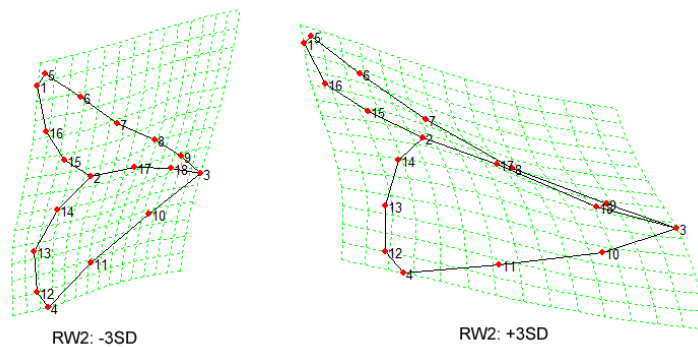
V kategorii 10-15 let bylo 109 jedinců (59 chlapců a 50 dívek). Mnohorozměrná analýza rozptylu neprokázala významné rozdíly mezi pohlavími ($\lambda=0,94$, $F=1,30$, $p=0,272$).

V kategorii 15-18 let bylo 42 jedinců (20 chlapců a 22 dívek). Ani v tomto případě MANOVA neprokázala statisticky významné rozdíly mezi pohlavími ($\lambda=0,78$, $F=2,08$, $p=0,091$), ale alespoň byla významnost hraniční. Jednorozměrný test ANOVA zamítl

shodu mezi pohlavími u relativní varpy 2 ($F=6,38$, $p=0,016$). Krabicový graf skóre této varpy je zobrazen v grafu 17, deformační mřížky na obrázku 34.



Graf 17. Krabicový graf skóre relativní varpy 2 věkové kategorie 15-18 let kategorizovaný dle pohlaví: chlapci nalevo (-1), dívky napravo (1). Chlapci mají tendenci ke kladným hodnotám, dívky k záporným.



Obr. 34. Deformační mřížky znázorňující působení relativní varpy 2 u věkové kategorie 15-18 let v pohledu z profilu.

V kategorii 18-19 let bylo 34 jedinců (19 chlapců a 15 dívek). Mnohorozměrná analýza rozptylu nezamítla shodu mezi pohlavími ($\lambda=0,77$, $F=1,64$, $p=0,182$).

8.5. Sexuální dimorfismus velikosti centroidů

8.5.1. V pohledu en face

Rozdíl velikosti centroidů rtů mezi chlapci a dívkami byl statisticky významný u souboru z Ústí nad Labem (Mann-Whitney U test: $Z=2,10$, $p=0,035$; permutační test: $p=0,035$). Průměrná hodnota chlapců (21,793 mm) byla větší než průměrná hodnota dívek (20,714 mm). Podrobné výsledky jsou v tabulce 13.

centroid rtů	n chlapci	n dívky	Mann-Whitney U test	permutační test	průměr a SD chlapci [mm]	průměr a SD dívky [mm]
celý soubor	103	80	$U=3658,0$, $Z=1,30$, $p=0,194$	$p=0,105$	17,733 (3,380)	17,054 (3,198)
kategorie 6-10 let	12	16	$U=95,00$, $Z=0,02$, $p=0,981$	$p=0,872$	16,112 (2,753)	15,958 (2,186)
kategorie 10-15 let	62	43	$U=1157,00$, $Z=1,14$, $p=0,253$	$p=0,432$	16,147 (2,317)	15,674 (2,666)
Ústí n. L. (15-19 let)	29	21	$U=197,00$, $Z=2,10$, $p=0,035$	$p=0,035$	21,793 (1,780)	20,714 (1,663)

Tabulka 13. Výsledky statistických testů srovnávajících průměry velikosti centroidů rtů v pohledu en face mezi pohlavími. Tučně jsou zvýrazněny statisticky významné výsledky. V posledních dvou sloupcích jsou uvedeny průměrné hodnoty a směrodatné odchylky testovaného parametru (podobně je tomu v dalších tabulkách).

Rozdíl velikosti centroidů obličeje mezi pohlavími nebyl statisticky významný ani u jednoho souboru a stejně tak poměr velikosti centroidů rtů a velikosti centroidů obličeje. Výsledky jsou v tabulkách 14 a 15.

centroid obličeje	n chlapci	n dívky	Mann-Whitney U test/t-test	permutační test	průměr a SD chlapci [mm]	průměr a SD dívky [mm]
celý soubor	103	80	$U=3719,00$, $Z=1,13$, $p=0,256$	$p=0,139$	54,872 (8,896)	53,313 (8,962)
kategorie 6-10	12	16	$U=84,00$, $Z=-0,53$, $p=0,593$	$p=0,965$	51,110 (9,815)	51,255 (6,505)
kategorie 10-15	62	43	$U=1140,00$, $Z=1,25$, $p=0,210$	$p=0,256$	50,921 (6,495)	49,116 (7,340)
Ústí n. L. (15-19 let)	29	21	$t=1,16$, $p=0,252$	$p=0,258$	64,875 (3,776)	63,473 (4,771)

Tabulka 14. Výsledky statistických testů srovnávajících průměry velikosti centroidů obličeje v pohledu en face mezi pohlavími.

poměr centroidů	n chlapci	n dívky	Mann-Whitney U test/ t-test	permutační test	průměr a SD chlapci [%]	průměr a SD dívky [%]
celý soubor	103	80	t=0,98, p=0,330	p=0,456	32,238 (2,247)	31,932 (1,889)
kategorie 6-10 let	12	16	U=75,00, Z=0,95, p=0,341	p=0,363	31,630 (1,602)	31,112 (1,385)
kategorie 10-15 let	62	43	t=-0,38, p=0,707	p=0,687	31,720 (2,210)	31,880 (2,068)
Ústí n. L. (15-19 let)	29	21	t=1,76, p=0,084	p=0,081	33,598 (2,018)	32,661 (1,609)

Tabulka 15. Výsledky statistických testů srovnávajících průměry poměru velikosti centroidu rtů k velikosti centroidu obličeje v pohledu en face mezi pohlavími.

Korelační analýzou bylo zjištěno, že velikosti centroidu rtů a centroidu obličeje statisticky významně pozitivně korelují s věkem (pro rty je Spearmanův korelační koeficient $\rho=0,55$, pro obličej $\rho=0,51$), pro poměr velikosti centroidu rtů a obličeje je korelační koeficient nižší ($r=0,33$).

8.5.2. V pohledu z profilu

Rozdíl mezi velikostmi centroidu rtů chlapců a dívek nebyl statisticky významný ani u jedné z testovaných skupin. V tabulce 16 jsou konkrétní výsledky.

centroid rtů	n chlapci	n dívky	Mann-Whitney U test/t-test	permutační test	průměr a SD chlapci [mm]	průměr a SD dívky [mm]
celý soubor	106	97	U=4988,00, Z=0,36, p=0,715	p=0,614	6,438 (1,494)	6,334 (1,369)
kategorie 6-10 let	9	10	U=25,00, Z=-1,59, p=0,111	p=0,104	5,104 (1,128)	6,062 (1,130)
kategorie 10-15 let	58	50	U=1374,00, Z=0,47, p=0,642	p=0,557	5,760 (1,133)	5,586 (1,013)
Ústí n. L. (15-19 let)	39	37	t=1,38, p=0,172	p=0,169	7,754 (1,037)	7,418 (1,085)

Tabulka 16. Výsledky statistických testů srovnávajících průměry velikosti centroidu rtů v pohledu z profilu mezi pohlavími.

Ro

zdíl velikosti centroidu obličeje byl statisticky významný u souboru z Ústí nad Labem (t-test: $t=5,54$, $p=0,000$; permutační test: $p=0,000$). Chlapci měli průměrnou hodnotu vyšší (43,177 mm) než dívky (39,867 mm). Všechny výsledky jsou v tabulce 17.

centroid obličeje	n chlapci	n dívky	Mann-Whitney U test/t-test	permutační test	průměr a SD chlapci [mm]	průměr a SD dívky [mm]
celý soubor	106	97	U=4390,00, Z=1,80, p=0,073	p=0,045	36,958 (6,000)	35,381 (5,233)
kategorie 6-10 let	9	10	U=30,00, Z=-1,18, p=0,236	p=0,187	31,720 (4,487)	34,720 (4,981)
kategorie 10-15 let	58	50	U=1227,00, Z=1,37, p=0,170	p=0,124	33,590 (4,125)	32,193 (4,253)
Ústí n. L. (15-19 let)	39	37	t=5,54, p=0,000	p=0,000	43,177 (2,507)	39,867 (2,698)

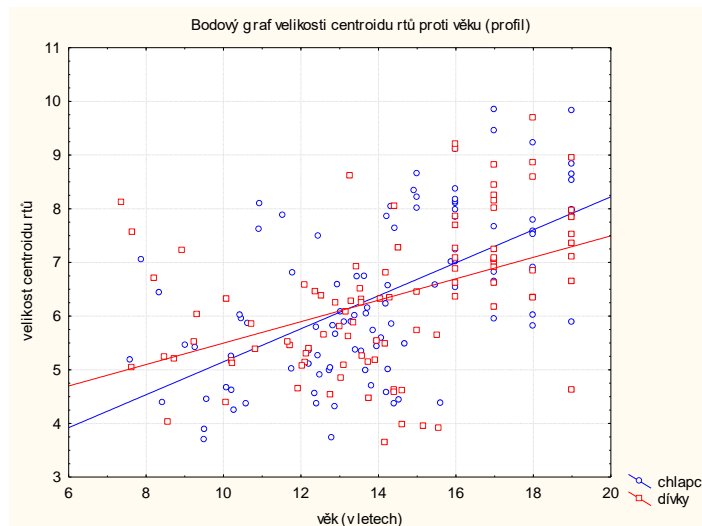
Tabulka 17. Výsledky statistických testů srovnávajících průměry velikosti centroidu obličeje v pohledu z profilu mezi pohlavími.

Rozdíl poměru velikosti centroidu rtů a velikosti centroidu obličeje nebyl statisticky významný ani u jedné skupiny. Výsledky jsou v tabulce 18.

poměr centroidů	n chlapci	n dívky	Mann-Whitney U test/t-test	permutační test	průměr a SD chlapci [%]	průměr a SD dívky [%]
celý soubor	106	97	t=-1,65, p=0,100	p=0,096	17,316 (2,160)	17,830 (2,276)
kategorie 6-10 let	9	10	U=30, Z=-1,18, p=0,236	p=0,139	15,976 (1,811)	17,350 (1,980)
kategorie 10-15 let	58	50	t=-0,55, p=0,583	p=0,456	17,110 (2,223)	17,336 (1,992)
Ústí n. L. (15-19 let)	39	37	U=590,00, Z=-1,36, p=0,173	p=0,177	17,933 (1,953)	18,625 (2,527)

Tabulka 18. Výsledky statistických testů srovnávajících průměry poměru velikosti centroidu rtů k velikosti centroidu obličeje v pohledu profil mezi pohlavími.

Korelační analýzou bylo zjištěno, že velikost centroidu rtů, velikost centroidu obličeje v pohledu z profilu je v poměrně těsné vazbě s věkem (pro rty $r=0,53$, pro obličej $r=0,58$); u poměru těchto dvou proměnných vazba není tak těsná ($r=0,22$), všechny tři korelační koeficienty byly statisticky významné na hladině 5%. V grafu 18 je znázorněn vývoj velikosti centroidu rtů v závislosti na věku.



Graf 18. Bodový graf závislosti velikosti centroidu rtů a věku v pohledu profil. Modré kroužky představují chlapce, červené čtverečky dívky. Vývoj velikosti je naznačen lineárním proložením pro každé pohlaví zvlášť.

8.6. Souvislost velikosti červeně rtů a tvaru rtů s vybranými tělesnými parametry a indexy

Vzájemná závislost mezi velikostí červeně rtů (reprezentovanou velikostí centroidu červeně rtů) a vybranými tělesnými parametry a indexy, základními rozměry rtů a efektivními relativními varpami popisujícími tvarovou variabilitu červeně rtů byla zkoumána pomocí parciální korelace (odstraněn byl vliv věku). Níže jsou uvedeny nejdůležitější výsledky týkající se velikosti červeně rtů a tvarových proměnných. Ostatní výsledky jsou uvedeny v příloze v tabulkách 1-4.

8.6.1. V pohledu en face

U chlapců ($n=73$) byla zjištěna statisticky významná pozitivní korelace velikosti červeně rtů s hmotností ($r=0,29$), obvodem pasu ($r=0,26$), obvodem boků ($r=0,33$), BMI ($r=0,32$), relativní varpou 1 ($r=0,32$) a všemi čtyřmi zahrnutými rozměry červeně rtů: šířkou úst ($r=0,39$), výškou červeně horního rtu ($r=0,42$), výškou červeně dolního rtu ($r=0,47$) a výškou červeně horního a dolního rtu ($r=0,49$). Relativní varpa 1 negativně koreluje s WHR ($r=-0,33$) a pozitivně se všemi třemi výškovými rozměry červeně rtů (u všech tří je $r>0,71$). Relativní varpa 2 koreluje na dané hladině významnosti s délkou třetího prstu ($r=-0,26$) a výškou dolního rtu ($r=0,26$). Relativní varpa 3 pozitivně koreluje

s šířkou úst ($r=0,33$) a výškou horního rtu ($r=0,41$). Všechny výsledky jsou v příloze v tabulce 1.

U dívek ($n=55$) velikost červeně rtů na 5% hladině významnosti pozitivně koreluje s hmotností ($r=0,29$), relativní varpou 1 ($r=0,47$) a všemi čtyřmi zahrnutými rozměry červeně rtů: šířkou úst ($r=0,49$), výškou červeně horního rtu ($r=0,34$), výškou červeně dolního rtu ($r=0,69$) a výškou červeně horního a dolního rtu ($r=0,68$). Relativní varpa 1 vykazuje stejně jako u chlapců úzkou vazbu se třemi výškovými rozměry červeně rtů (u všech tří je $r>0,65$). Relativní varpa 2 koreluje s výškou dolního rtu ($r=0,37$) a celkovou výškou červeně rtů ($r=0,32$). Relativní varpa 3 negativně koreluje s výškou dolního rtu ($r=-0,39$) a pozitivně s výškou horního rtu ($r=0,49$). Relativní varpa 4 negativně koreluje s šířkou úst ($r=-0,31$) a s výškou dolního rtu ($r=-0,40$), ale pozitivně s výškou horního rtu ($r=0,34$). Všechny koeficienty jsou uvedeny v příloze tabulce 2.

8.6.2. V pohledu z profilu

U chlapců ($n=64$) na 5% hladině významnosti koreluje velikost centroidu pouze negativně s relativní varpou 1 ($r=-0,27$) a pozitivně s relativní varpou 4 ($r=0,39$) a všemi čtyřmi rozměry červeně rtů: hloubkou rtů ($r=0,60$), výškou horního rtu ($r=0,42$), výškou dolního rtu ($r=0,45$) a výškou červeně obou rtů ($r=0,52$). Relativní varpa 1 pozitivně koreluje s výškou horního rtu ($r=0,53$) a celkovou výškou rtů ($r=0,42$) a negativně koreluje s hloubkou rtů ($r=-0,67$). Relativní varpa 2 negativně koreluje s výškou horního rtu ($r=-0,25$), výškou dolního rtu ($r=-0,43$) a celkovou výškou rtů ($r=-0,42$). Relativní varpa 3 negativně koreluje s hloubkou rtů ($r=-0,42$), výškou dolního rtu ($r=-0,47$) a celkovou výškou rtů ($r=-0,33$). Relativní varpa 4 pozitivně koreluje s hloubkou rtů ($r=0,28$), výškou horního rtu ($r=0,44$) a celkovou výškou rtů ($r=0,34$). Relativní varpa 5 pozitivně koreluje s celkovou výškou rtů ($r=0,25$). Detailní výsledky jsou v příloze v tabulce 3.

U dívek ($n=56$) velikost centroidu rtů pozitivně koreluje s obvodem boků ($r=0,27$) a stejně jako u chlapců se všemi čtyřmi rozměry rtů: hloubkou rtů ($r=0,45$), výškou horního rtu ($r=0,38$), výškou dolního rtu ($r=0,68$) a celkovou výškou rtů ($r=0,58$). Korelace jednotlivých varp s rozměry rtů jsou lehce odlišné od výsledků u chlapců. U dívek byla ale navíc zjištěna pozitivní korelace relativní varpy 1 s některými tělesnými rozměry: hmotností ($r=0,31$), obvodem pasu ($r=0,39$), obvodem boků ($r=0,27$), BMI ($r=0,36$), WHR ($r=0,33$), šířkou dlaně ($r=0,51$) a délkou 3. prstu ($r=0,28$). Dále relativní varpa 3 pozitivně koreluje s šířko-délkovým poměrem ruky ($r=0,33$). Relativní varpa 5 pozitivně koreluje

s šířkou dlaně ($r=0,32$) a délkou 3. prstu ($r=0,34$). Detailní výsledky jsou v příloze v tabulce 4.

8.7. Sexuální dimorfismus vybraných poměrů červeně rtů a obličeje

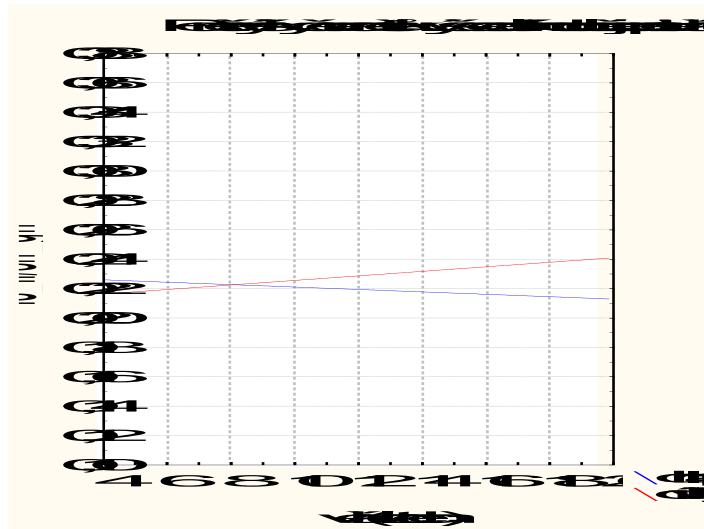
8.7.1. Poměr výšky červeně rtů a výšky dolního obličeje

Tento poměr byl testován ve dvou variantách, které se lišily tím, který bod *labrale superius* byl použit pro určení výšky červeně rtů. Při užití bodu *labrale superius I* je brána v potaz maximální výška červeně, při užití bodu *labrale superius II*, který je umístěn v prohlubni filtra, je výška celková výška červeně rtů v určitém smyslu podhodnocena. Výška dolního obličeje se neměnila.

Rozdíl poměru výšky červeně rtů při užití bodu *labrale superius II* k výšce dolního obličeje mezi pohlavími byl statisticky významný pro celý soubor (Mann Whitney U test: $p=0,033$; permutační test: $p=0,034$). Průměrná hodnota chlapců (21,187%) byla menší než dívek (23,042%). U souboru z Hovorany nebyla shoda mezi pohlavími zamítnuta, u souboru z Ústí nad Labem byly výsledky o něco průkaznější než u celého souboru ($p=0,016$, resp. $p=0,012$). Průměrná hodnota měla stejnou tendenci: byla nižší u chlapců (21,770%) než u dívek (24,163%). Výsledky testů jsou v tabulce 19, v grafu 19 je vynesena sledovaný poměr proti věku.

lsII-li/sn-gn	n chlapci	n dívky	Mann-Whitney U test	permutační test	průměr a SD chlapci [%]	průměr a SD dívky [%]
celý soubor	103	80	U=3362,00, Z=-2,13, p=0,033	p=0,034	21,817 (3,945)	23,042 (3,643)
Hovorany	74	59	U=1953,00, Z=-1,04, p=0,299	p=0,267	21,836 (4,206)	22,607 (3,637)
Ústí n. L.	29	21	U=181,00, Z=-2,42, p=0,016	p=0,012	21,770 (3,249)	24,163 (3,455)

Tabulka 19. Výsledky statistických testů srovnávajících průměry poměru výšky červeně rtů a výšky obličeje mezi pohlavími ve variantě s použitím bodu *labrale superius II*. V posledních dvou sloupcích jsou uvedeny průměrné hodnoty a směrodatné odchylky testovaného parametru.



Graf 19. Bodový graf poměru výšky červeně rtů k výšce dolního obličeje (osa y; pro hodnotu v % je třeba vynásobit 100) vyneseny proti věku (osa x). Varianta s použitím bodu *labrale superius II*. Chlapci jsou modře, dívky červeně. Vývoj poměru je naznačen lineárním proložením pro každé pohlaví zvlášť.

Rozdíl poměru výšky červeně rtů při užití bodu *labrale superius I* k výšce dolního obličeje mezi pohlavími byl statisticky významný sice pouze u souboru z Ústí nad Labem (Mann-Whitney U test: $p=0,039$; permutační test: $p=0,029$), ale pro celý soubor byly na hranici dané hladiny významnosti ($p=0,057$; $p=0,050$). Dívky měly v průměru větší hodnoty než chlapci. Konkrétní výsledky jsou v tabulce 20.

IsI-li/sn-gn	n chlapci	n dívky	Mann-Whitney U test	permutační test	průměr a SD chlapci [%]	průměr a SD dívky [%]
celý soubor	103	80	U=3442,00, Z=-1,91, $p=0,057$	$p=0,050$	24,863 (3,975)	25,980 (3,615)
Hovorany	74	59	U=1951,00, Z=0,08, $p=0,294$	$p=0,297$	24,882 (4,223)	25,624 (3,643)
Ústí n. L.	29	21	U=199,00, Z=-2,06, $p=0,039$	$p=0,029$	24,814 (3,328)	26,981 (3,420)

Tabulka 20. Výsledky statistických testů srovnávajících průměry poměru výšky červeně rtů a výšky obličeje mezi pohlavími ve variantě s použitím bodu *labrale superius I*.

8.7.2. Poměr výšky červeně rtů a šířky úst

Tento poměr byl stejně jako předešlý poměr počítán ve dvou variantách.

Rozdíl poměru výšky červeně rtů s užitím bodu *labrale superius II* a šířky úst mezi pohlavími byl statisticky významný jen v případě souboru z Ústí n. L. (t-test: $t=-2,10$,

$p=0,041$; permutační test: $p=0,042$). Průměrná hodnota chlapců (31,155 %) je nižší než dívek (34,522 %). Výsledky jsou v tabulce 21.

lsII-li/ch-ch	n chlapci	n dívky	Mann-Whitney U test/ t-test	permutační test	průměr a SD chlapci [%]	průměr a SD dívky [%]
celý soubor	103	80	$U=3743,00, Z=-1,06, p=0,290$	$p=0,242$	31,162 (6,170)	32,652 (5,493)
Hovorany	74	59	$U=2177,00, Z=-0,02, p=0,980$	$p=0,862$	31,802 (6,358)	31,986 (5,425)
Ústí n. L.	29	21	$t=-2,10, p=0,041$	$p=0,042$	31,155 (5,742)	34,522 (5,371)

Tabulka 21. Výsledky statistických testů srovnávajících průměry poměru výšky červeně rtů a šířky úst mezi pohlavími ve variantě s použitím bodu *labrale superius II*.

Při použití bodu *labrale superius I* nebyla v žádném testu zamítnuta shoda mezi pohlavími, jen u souboru z Ústí nad Labem se hladina významnosti testu blížila určené hladině statistické významnosti (t-test: $p=0,070$; permutační test: $p=0,071$) a hodnota poměru dívek byla vyšší. Výsledky jsou v tabulce 22.

lsI-li/ch-ch	n chlapci	n dívky	Mann-Whitney U test/ t-test	permutační test	průměr a SD chlapci [%]	průměr a SD dívky [%]
celý soubor	103	80	$t=-0,90, p=0,371$	$p=0,372$	36,020 (6,246)	36,813 (5,497)
Hovorany	74	59	$Z=0,01, p=0,991$	$p=0,993$	36,246 (6,478)	36,257 (5,502)
Ústí n. L.	29	21	$t=-1,85, p=0,070$	$p=0,071$	35,444 (5,680)	38,373 (5,300)

Tabulka 22. Výsledky statistických testů srovnávajících průměry poměru výšky červeně rtů a šířky úst mezi pohlavími ve variantě s použitím bodu *labrale superius I*.

8.8. Výsledky somatoskopické části

8.8.1. Výsledky somatoskopického hodnocení

Pro lepší orientaci ve výsledcích je zde nejdříve v tabulce 23 uveden přehled hodnocených somatoskopických znaků a jednotlivých kategorií.

	znak	kategorie 1	kategorie 2	kategorie 3	kategorie 4	kategorie 5
1	výška horního rtu	malá	střední	velká	-	-
2	výška dolního rtu	malá	střední	velká	-	-
3	šířka filtra	malá	střední	velká	-	-
4	tvar filtra	obdélníkové	trojúhelníkové	kapkovité	bikonkávní	-
5	šířka rtů	úzké	střední	široké	-	-
6	tloušťka červeně horn. rtu	tenký	střední	silný	masitý	-
7	tloušťka červeně doln. rtu	tenký	střední	silný	masitý	-
8	prohlubeň filtra	mělká, chybějící	jasně viditelná	výrazná, hluboká	-	-
9	profil horního rtu	konkávní	rovný	konvexní	-	-
10	profil dolního rtu	konkávní	rovný	konvexní	-	-
11	relativní protruze rtů	horní>dolní	horní=dolní	horní < dolní	-	-
12	obrys červeně horního rtu	obloukovitý	lukovitý	s rovnými stranami	s konkáv. stranami	s konvex. stranami
13	linie úst	rovná	konvexní	zvlněná	konkávní	-
14	tvar brady	hrnatý	eliptický	kulatý	prohloubený	-
15	profil brady	ustupující	rovný, měkce zakulacený	prominující	-	-

Tabulka 23. Přehled somatoskopických znaků a jejich kategorií.

Níže jsou v tabulkách 24 a-c uvedeny zjištěné frekvence jednotlivých kategorií znaků podle pohlaví. Tučně jsou zvýrazněny výsledky, které se na statisticky významné hladině liší u pohlaví.

a	znak 1		znak 2		znak 3		znak 4		znak 5	
	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f
1	16,0%	18,3%	25,2%	44,4%	17,9%	35,4%	29,7%	29,3%	26,4%	30,5%
2	65,1%	64,3%	62,6%	44,4%	60,4%	59,8%	47,3%	49,3%	70,8%	67,1%
3	18,9%	17,1%	12,2%	11,1%	21,7%	4,9%	23,1%	21,3%	2,8%	2,4%
4	-	-	-	-	-	-	0,0%	0,0%	-	-
n	106	82	107	99	106	82	91	75	106	82

b	znak 6		znak 7		znak 8		znak 9		znak 10	
	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f
1	38,7%	43,3%	26,4%	24,4%	22,6%	31,7%	58,9%	72,7%	49,5%	56,6%
2	54,7%	48,8%	57,6%	63,4%	67,0%	62,2%	36,5%	25,3%	48,6%	36,4%
3	6,6%	4,9%	16,0%	12,2%	10,4%	6,1%	4,7%	2,0%	1,9%	7,1%
4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-	-	-	-	-	-
n	106	82	106	82	106	82	107	99	107	99

c	znak 11		znak 12		znak 13		znak 14		znak 15	
	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f
1	34,6%	23,2%	1,90%	4,9%	10,4%	18,3%	6,6%	2,4%	29,9%	32,3%
2	59,8%	73,7%	2,8%	11,0%	14,2%	11,0%	41,5%	35,4%	54,2%	52,5%
3	5,6%	3,0%	77,4%	69,5%	74,5%	69,5%	47,2%	62,2%	5,9%	15,2%
4	-	-	4,7%	8,5%	1,0%	1,2%	4,7%	0,0%	-	-
5	-	-	13,2%	6,1%	-	-	-	-	-	-
n	107	99	106	82	106	82	106	82	107	99

Tabulky 24a, b, c uvádějí výsledky somatoskopického hodnocení; řádky představují jednotlivé kategorie, pomlčka značí, že daný znak nemá tuto kategorii; m – chlapci, f – dívky. V dolním řádku je uveden počet hodnocených jedinců (n).

Pro srovnání jsou zde v tabulce 25 uvedeny frekvence znaků 2, 8, 10, 11 a 15, které jsou převzaty z Hulanicka (1973, s. 121). V této práci bylo na základě fotografií en face a z profilu hodnoceno 200 mužů a 200 žen polského původu ve věku 20-40 let.

	znak 2 (32)		znak 8 (27)		znak 10 (34)		znak 11 (35)		znak 15 (39)	
	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f
1	16,5%	26,5%	32,5%	35,5%	31,0%	35,0%	18,5%	15,0%	23,0%	18,5%
2	46,0%	41,0%	53,5%	50,5%	35,0%	38,5%	74,0%	72,0%	48,0%	43,0%
3	37,5%	32,0%	14,0%	14,0%	34,0%	26,5%	7,5%	13,0%	29,0%	38,5%
n	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

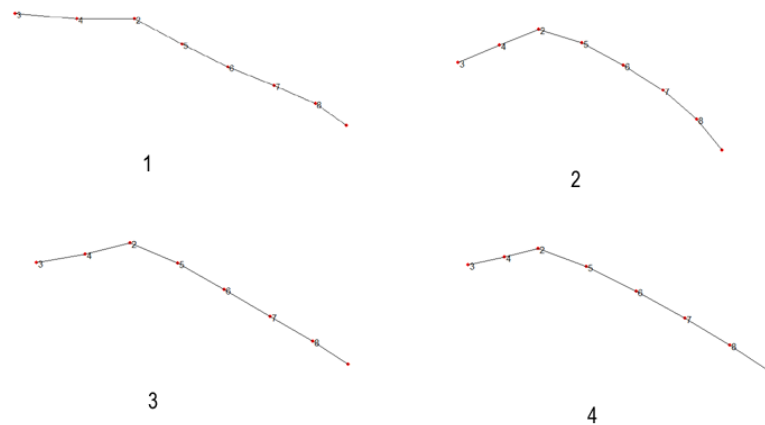
Tabulka 25. Výsledky somatoskopického hodnocení pěti znaků z práce Hulanicka (1973, s. 121), původní čísla znaků jsou uvedena v závorce; m - muži, f – ženy, n – počet hodnocených jedinců.

8.8.2. Analýza somatoskopického znaku 12 pomocí metod geometrické morfometrie

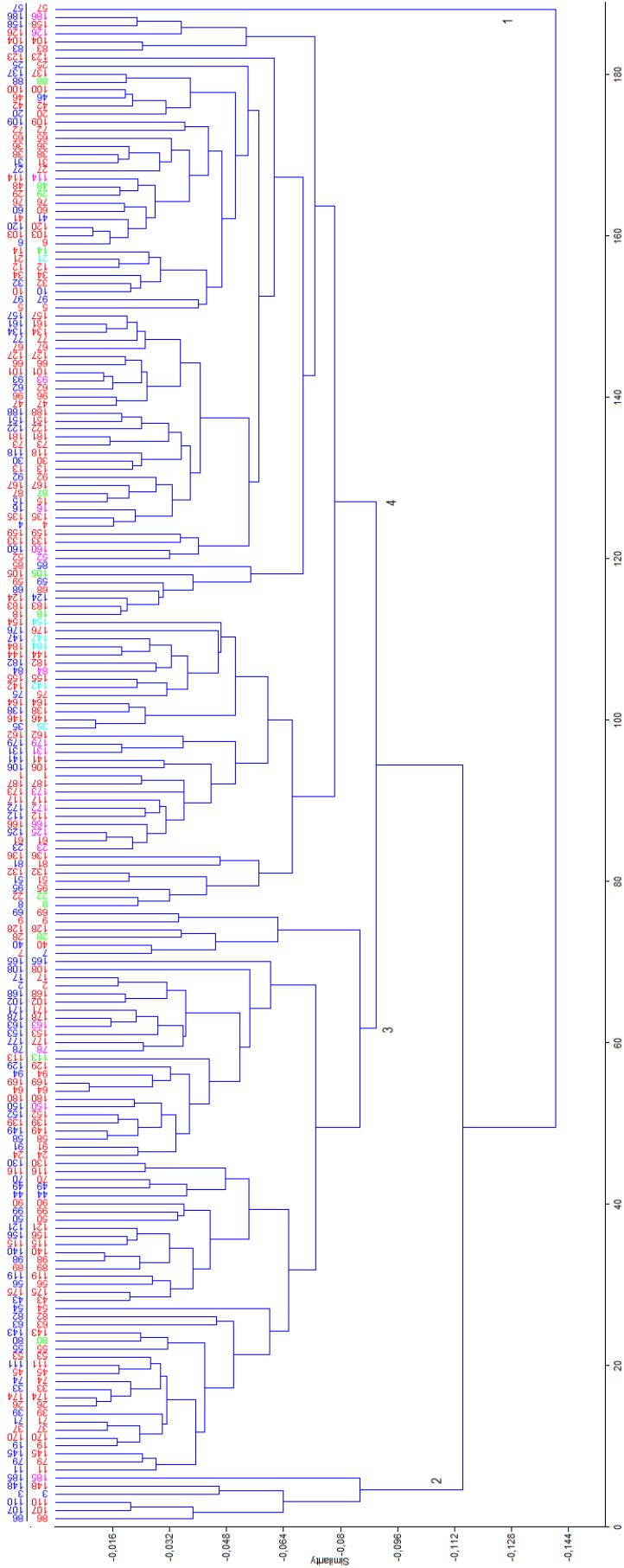
Do analýzy bylo zahrnuto všech 188 jedinců z pohledu en face, u každého bylo z předchozího somatoskopického hodnocení známo, do jaké kategorie znaku spadá (frekvence jednotlivých kategorií jsou v předchozí kapitole). Dendrogram vzešlý ze shlukové analýzy (metody UPGMA) je na obrázku 35, jedinci jsou představováni čísly od 1 do 188, každé číslo má barvu podle toho, do které somatoskopické kategorie jedinec spadá.

Na první pohled je zřejmé, že vytvořené hierarchické vztahy v dendrogramu a kategorie somatoskopického hodnocení si příliš neodpovídají. V ideálním případě by čísla tvořila shluky stejné barvy, což se děje jen v omezené míře. Při pohledu na hierarchické vztahy je nápadné, že jedinec číslo 57 je zařazen sám do jedné skupiny a všichni ostatní jsou ve druhé, která se ještě dále člení. Pro hrubou představu o tvaru byly vybrány 4 větší skupiny jedinců (1-4, na obrázku 35 jsou skupiny označeny černými číslicemi), je třeba zdůraznit, že však nejsou na stejné hierarchické úrovni (pouze skupiny 3 a 4). Tvar těchto

skupin je představován jejich konsensy (obrázek 34). Skupina 2 je charakterizována konvexním tvarem mezi body 1 a 2 (*cheilion* a *christa philtri*) a výraznou prohlubní filtra (mezi body 2 a 3, *christa philtri* a *labrale superius II*), u skupiny 3 a 4 je křivka mezi body 1 a 2 rovnější, liší se proporcí filtra ke zbytku křivky. Při zpětném pohledu na fotografii jedince č. 57 tvořícím skupinu 1 bylo zjištěno, že jeho horní ret je extrémně tenký a filtrum mělké, a asi proto byl tento tvar vyčleněn zcela zvlášť (kromě toho neobvyklá tenkost rtu mohla negativně ovlivnit kvalitu digitalizace). V dendrogramu jsou barevně odlišeny nejenom somatoskopické kategorie, ale i pohlaví. Je tak vidět, že např. skupina 2 je tvořena pouze chlapci.



Obr. 34 Průměrné tvary obrysu červeně horního rtu čtyř vybraných skupin jedinců vybraných na základě výsledků shlukovací analýzy.



Obr. 35 Dendrogram vzešlý ze shlukovací analýzy v programu PAST (version 1.90, Hammer, Harper c1999-2009). Jedinci jsou představováni čísly, ve sloupci blíže k modrým linkám vyjadřujícím hierarchické vztahy jsou barevně rozlišeny podle somatopsychických kategorií (barvy kategorií: 1 - světle modrá, 2 - zelená, 3 - červená, 4 - tmavě modrá, 5. fialová), v druhém sloupci jsou barevně rozlišeni dle pohlaví (chlapci jsou modře, dívky červeně). Černé číslice 1-4 označují čtyři skupiny, jejichž tvar byl vizualizován.

9. Diskuze

9.1. Průběh a chyba digitalizace

V pohledu z profilu byl bod *cheilion* ve většině případů schován za modiolem, případně tvářemi, a proto musel být odhadován na základě prodloužení okrajů červeně rtů. Chyba digitalizace význačných bodů se pohybovala v rozmezí od 0,3 mm do 1,2 mm. Význačné body na červení rtů vykazovaly menší průměrnou chybu: 0,3-0,5 mm, největší chyba byla u bodu *cheilion* (6) v profilu (0,6 mm). Z ostatních bodů na obličejí byla největší chyba zaznamenána především u bodů, jejichž umístění bylo určeno pomocí jiných význačných bodů (např. body *gonion II pravý* a *levý* (body 18 a 19) v pohledu en face). V pohledu z profilu byla největší chyba zaznamenána u bodu *gnathion* – téměř 1,2 mm. Menší průměrnou chybu u význačných bodů na červení rtů si lze vysvětlit kontrastem červeně a okolní světlé pokožky, který napomáhá lepšímu umístění bodů. Větší průměrnou chybu u některých bodů v pohledu en face si lze vysvětlit tím, že jejich umístění bylo závislé na jiných význačných bodech, a proto se do jejich umístění promítala i chyba těchto bodů. Bod *gnathion* (bod 11) v profilu je lépe určitelný na živém člověku (nahmatáním), na fotografii je to obtížnější.

Při digitalizaci klouzavých pomocných bodů byl největší problém zaznamenán u digitalizace těchto bodů na horním okraji červeně horního rtu při koutku ústním, a to v pohledu en face i profil. Tyto body se obtížně digitalizovaly zejména v případě velmi tenké červeně horního rtu. Tento problém je viditelný i v reálných vizualizacích hraničních tvarů červeně rtů.

9.2. Vytváření reálných vizualizací tvaru rtů

Reálné vizualizace hraničních tvarů rtů odpovídajících rozsahu tří směrodatných odchylek od průměrného tvaru (+ 3SD až – 3SD) byly tvořeny s cílem převést poněkud neživotně vypadající deformační mřížky vzešlé z metody tenkých ohebných plátek blíže ke skutečnému vzhledu rtů. V pohledu en face ale byly tyto vizualizace vytvořeny spojením levé poloviny rtů a jejich zrcadlového obrazu. Tento úkon byl prováděn v grafickém editoru, osa pro překlápění tedy nemohla být přesně určena, výsledné tvary rtů tím mohou být pozměněny a nemusí zcela odpovídat tvarům v deformačních mřížkách.

9.3. Problém asymetrie

Při definici některých význačných bodů na červeni rtů v pohledu en face byly rty chápány jako samostatný objekt nezávislý na obličejí. Proto nebyly definice dvou bodů – *labrale superius II* a *labrale inferius* vázány na mediánní rovinu, ale na rovinu danou body *cheilion pravý* a *cheilion levý*. Důsledkem tohoto se projevila asymetrie levé a pravé „poloviny“ červeně rtů, která je částečně viditelná ve výsledcích. Tato asymetrie byla zanedbána. Tato asymetrie by se projevila i bez omezení analýzy na levou polovinu rtů a i při definici výše zmíněných bodů klasicky v mediánní rovině, neboť je známo, že lidský obličej není dokonale bilaterálně symetrický podle mediánní roviny (Perret *et al.* 1999).

9.4. Variabilita tvaru červeně rtů

Pomocí metody tenkých ohebných plátků bylo zjištěno, že nejvíce variability tvaru červeně rtů v pohledu en face (necelých 53%) je představováno změnami v plnosti rtů – na jedné straně jsou rty výrazně tenké, na druhé plné. Jak ukazují výsledky parciální korelace tato změna tvaru se týká zejména rozměrů výškových, šířka rtů se sice také mění, ale ne tak výrazně. Mění se tak poměr výšky červeně rtů a šířky úst (u plných rtů je poměr vyrovnanější). Již méně variability (zhruba 18%) je představováno zejména změnami laterálního okraje červeně horního rtu (mezi body *crista philtri* a *cheilion*). Při konvexním tvaru se zároveň plnost horního rtu vyrovnává dolnímu, při opačné tendenci – lehce konkávní hranici, je hornímu rtu ubíráno na plnosti po stranách, takže dolní ret působí plnějším dojmem. Tato změna se zdá být spojena s rozdílem mezi populacemi. Konvexní tvar rtu je typičtější pro jedince z Ústí nad Labem, naopak lehce konkávní tvar je typičtější pro jedince z Hovorán (zejména dívky). Je nutno připustit možnost, že mezi populacemi z Hovorán a z Ústí nad Labem mohou existovat rozdíly ve fyzickém vzhledu. Hovorany jsou malá obec na jihovýchodní Moravě, Ústí nad Labem je větší město na severu Čech, předky jeho obyvatel mohou častěji tvořit Němci. Stejně tak s věkem i populačními rozdíly je spojena jiná tvarová změna (odpovídající RW5), kdy s přibývajícím věkem je trend k zakulacenějšímu tvaru rtů a mělčí prohlubni filtra (a taktéž u jedinců z Ústí n. L.), zatímco v mladším věku (a u jedinců z Hovorán) je tendence k tenčím a „ostřejším“ laterálním třetinám rtů a hloubější prohlubni filtra.

Shrnutě řečeno na základě působení efektivních relativních varp se zdá, že základní změny tvaru rtů v pohledu en face se týkají změn plnosti obou rtů zároveň, změn laterálního okraje horního rtu (od lehce konkávního ke konvexnímu), poměrů plnosti

horního a dolního rtu, změn v šířce a hloubce filtra, u dolního okraje dolního rtu pak změn, které vedou k zaoblení nebo zrovnění jeho tvaru. Tyto změny tvaru červeně rtů dobře odpovídají somatoskopickým znakům týkajících se červeně rtů v této práci hodnocených, které navíc jsou jen výběrem z širšího spektra znaků týkajících se rtů. K somatoskopickým znakům by bylo vhodné přidat znak hodnotící plnost obou rtů současně, případně znak hodnotící tvar dolního okraje dolního rtu nebo poměr plnosti horního a dolního rtu.

Největší variabilita tvaru červeně rtů v profilu (47%; odpovídá RW1) se týká poměru hloubky rtů k výšce rtů, tedy na jedné straně jsou rty, kde převládá vertikální rozměr nad horizontálním a zároveň horní ret je tenčí než dolní, na druhé straně jsou rty, u kterých převládá horizontální rozměr nad vertikálním a plnost rtů je vyrovnaná. Dále se stejně jako v pohledu en face také mění poměr plnosti horního a dolního rtu. Ke změnám dochází i ve tvaru volných okrajů rtů: okraj dolního rtu může být výrazně konvexní, nebo naopak plošší. Ve vzájemném postavení rtů může horní ret přechýlávat nad dolním, naopak nebo mohou být rty vyrovnané (tyto změny odpovídají somatoskopickému znaku 11). Mění se viditelnost bodu analogickému k význačnému bodu *christa philtri* v pohledu en face a také oblast volného prostoru mezi volnými okraji rtů.

Tvarové rozdíly vysvětlené relativní varpou 1 jsou spojené s věkem – s přibývajícím věkem se zvětšuje hloubka rtů, a to výrazněji u chlapců než u dívek. To lze spojit s růstem hloubky obličeje (hloubky střední třetiny obličeje – tj. mezi body *tragion* a *subnasale*, hloubky dolní třetiny obličeje – tj. mezi body *tragion* a *gnathion*). Z údajů v práci Farkas, Poscick, Hreczko (1992, s. 313) vyplývá, že u hloubky obličeje je větší část růstu (60%) situována do období mezi 5. a 18. rokem v porovnání s prvními pěti lety, přičemž chlapci dosahují víceméně dospělých hodnot o rok až dva později než dívky a jejich rozměry jsou větší.

S věkem je ještě spojena taková změna tvaru červeně rtů, kdy se s přibývajícím věkem stává dolní ret plnějším a jeho volný okraj vypouklejším, viditelná část červeně horního rtu při ústním koutku se rozšiřuje a prohlubeň filtra se stává mělčí. Popsaný trend je typický pro jedince z Ústí nad Labem a zdá se, že je analogií výše popsané tvarové změny v pohledu en face.

Je třeba poznamenat, že některé z popisovaných změn mohly být ovlivněny nepatrnou změnou polohy hlavy způsobující ne zcela dokonalý en face a profil, což změnilo viditelnou oblast červeně rtů. Dále mohly být ovlivněny změnou svalového napětí ve rtech, ztíženou lokalizací některých klouzavých pomocných bodů a u profilu neideální lokalizací bodu *cheilion*.

9.5. Sexuální dimorfismus tvaru červeně rtů

V pohledu en face i z profilu byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi tvarem červeně rtů chlapců a dívek. Je však třeba poznamenat, že tyto rozdíly jsou jen tendencemi k určitým tvarům než opravdu jasný a oddělený sexuální dimorfismus ve tvaru.

V pohledu en face se zdá, že chlapci mají tendenci k hlubšímu a širšímu filtru a relativně vyrovnanému poměru plnosti obou rtů, dívky zase k mělkému a užšímu filtru s plnějším dolním rtem, i když méně zaobleným tvarem dolního okraje dolního rtu (odpovídá relativní varpě 4, popisuje 4,25 % variability). Tato odlišnost je stabilní po celou dobu růstu.

Z korelační analýzy závislosti věku a tvarových proměnných vyplývá, že rty dívek mají tendenci se s věkem stávat plnějšími (poměr celkové výšky červeně rtů k šířce rtů se zvyšuje), zatímco u chlapců tento trend zaznamenán nebyl. Tento trend by se dal spojit s přibýváním podkožní tukové tkáně u dívek, což je způsobeno zvyšováním poměru hladin estrogenu k testosteronu v období puberty.

U profilu byl zjištěn následující mezipohlavní rozdíl ve tvaru červeně rtů. Chlapci mají tendenci k velmi tenkému hornímu rtu a poměrně plnému rtu dolnímu, přičemž horní ret výrazně dopředu přesahuje přes dolní. Dolní hranice dolního rtu je téměř horizontální. Dívčí rty jsou v plnosti vyrovnané, hloubka rtů v předozadní rovině je menší, dolní hranice dolního rtu svírá s horizontálou úhel asi 45 stupňů – volný okraj dolního rtu je tak proporčně delší. U somatoskopického znaku 11 - relativní protruze rtů, tj. znaku odrážejícímu vzájemné postavení rtů v profilu, sice nebyla vyvrácena hypotéza shody mezi pohlavími, ale zjištěné frekvence kategorií alespoň naznačovaly tendenci přesahu horního rtu přes dolní u chlapců (kategorie 1).

Při testování mezipohlavních rozdílů v pohledu en face a z profilu u věkových skupin byl nalezen statisticky průkazný sexuální dimorfismus ve tvaru rtů. Jednalo se o pohled en face a kategorii 15-19 let, která odpovídá jedincům z Ústí nad Labem ($p=0,041$). Chlapci měli tendenci k širšímu a hlubšímu filtru a výrazněji zvlněnou linii úst (tvar štěrbiny ústní) a vyrovnanější plnosti rtů (zatímco dívky k plnějšímu rtu dolnímu). Zdá se však, že šířka filtra mohla být ovlivněna nesymetrickým umístěním bodů *labrale superius II* a *labrale inferius*.

V pohledu z profilu se dané hladině významnosti přibližovaly výsledky u věkové skupiny 15-18 let ($p=0,091$). Tvarové tendence u obou pohlaví byly obdobné jako výše popsáné u celkového rozdílu mezi pohlavími.

Vytvořením věkových skupin mělo být dosaženo omezení vlivu věku na případný sexuální dimorfismus tvaru červeně rtů. Zdá se ale, že s omezením na věkové skupiny se výše popsaný sexuální dimorfismus vytratil. Je možné, že vytvořené skupiny byly příliš malé na to, aby se v nich sexuální dimorfismus projevil (celková variabilita tvaru rtů byla větší) anebo např. u věkové kategorie 10-15 let byl vyrušen dřívějším nástupem pubertálního růstového spurtu u dívek.

Ačkoliv tvarové tendence červeně rtů by se teoreticky měly projevovat stejně v en face i z profilu, nemusí tomu tak vždy být. Možná by byla potřeba zjistit, jak se různé tvary rtů jeví z en face a z profilu a zda si odpovídají, tak jak si to teoreticky představujeme. Odlišnosti mohou být způsobeny i tím, že je zkoumán trojrozměrný objekt na dvojrozměrné fotografii, takže dochází k jisté (ale neurčené) deformaci tvaru. Také je třeba připomenout, že jedinci tvořící soubor pohledu en face nejsou zcela totožní s jedinci tvořícími soubor z profilu, což se pravděpodobně promítá i do výsledků.

Je třeba také poznamenat, že tento výzkum je průřezový. Ideálnější typem výzkumu by zřejmě byl longitudinální výzkum, který sleduje vývoj určitého parametru (v tomto případě by se jednalo o tvar rtů) u vzorku jedinců po celou dobu jejich růstu od dětství po dospělost. Tak by se daly srovnat např. ontogenetické trajektorie jednotlivců samotných anebo seskupených podle pohlaví a zjistit, zda podléhají nějakému univerzálnímu modelu, nebo jsou pro každého individuální.

9.6. Sexuální dimorfismus velikostí rtů, obličej a jejich poměru

Velikost červeně rtů byla porovnávána prostřednictvím velikosti centroidu. Hypotéza shody velikosti červeně rtů mezi pohlavími byla zamítnuta jen v pohledu en face u souboru z Ústí nad Labem (tedy věkově v rozmezí 15-19 let), kdy rty chlapců byly větší než dívek ($p=0,035$). Neprůkaznost sexuálního dimorfismu u souborů kategorie 6-10 let a 10-15 let může být způsobena tím, že u dětí ve věku 6-8 let a 10-14 let je odlišnost rozměrů a ploch červeně rtů u chlapců a dívek taktéž neprůkazná (v druhém případě zřejmě díky dřívějšímu nástupu růstového spurtu u dívek). Po 14. roce až do dospělosti už jsou zase rozměry červeně rtů a jejich plocha statisticky významně větší u chlapců (Ferrario *et al.* 2000, s. 420-421). U velikosti rtů v profilu nebyla hypotéza shody mezi chlapci a dívkami zamítnuta ani u jedné věkové skupiny, i když velikost centroidu vykazovala tendenci směrem k větším hodnotám u chlapců. Zároveň je ale třeba poznamenat, že některé děti (chlapci i dívky) již ve věku kolem 8 let mají srovnatelnou nebo větší velikost

rtů (ať už v en face nebo profilu) s hodnotami jedinců ve věku 17-19 let, tedy jedinců téměř dospělých.

U velikosti obličej se daly předpokládat obdobné výsledky jako u velikosti rtů. Rozměry obličej jsou u mladých dospělých mužů na statisticky významné úrovni větší než u žen (Lundström *et al.* 1992). Statisticky významná odlišnost mezi pohlavími byla ale zjištěna jen u souboru z Ústí nad Labem v pohledu z profilu ($p=0,000$), velikost obličej chlapců byla větší.

Zvětšování rozměrů rtů a obličej v průběhu růstu potvrzuje i těsná vazba velikosti rtů a obličej s věkem (korelační koeficienty u en face i profilu jsou pro obě pohlaví dohromady mezi 0,5 a 0,6).

V atraktivitě ženského obličej jsou zdůrazňovány plné rty. Je možné, že k „efektu plných rtů“ by mohl přispívat poměr mezi velikostí rtů a obličej. Ženské rty i obličej jsou sice svými absolutními rozměry menší než mužské (v dětství i dospělosti), ale je možné, že poměr jedné vybrané části obličej a obličej jako celku je odlišný. Ideální by bylo porovnávat plochy, velikost centroidu konfigurace bodů na červeni rtů v obou pohledech a velikost centroidu konfigurace bodů na obličej v pohledu en face poměrně dobře postihují plochu, ale v pohledu z profilu už tomu tak není. Shoda poměru velikosti červeně rtů a velikosti obličej mezi pohlavími nebyla zamítnuta ani u jedné z testovaných skupin, v pohledu en face se hladině významnosti přibližovaly výsledky testu souboru z Ústí nad Labem (věk 15-19 let), přičemž průměrný poměr chlapců byl o něco vyšší než dívek. V pohledu z profilu byl tento trend opačný. To je pravděpodobně způsobeno tím, že velikost centroidu použitá jako měřítko velikosti obličej má v pohledu en face blížeji k opravdové ploše obličej, zatímco v profilu se více týká vertikálních rozměrů.

9.7. Sexuální dimorfismus vybraných poměrů

Rozdíl poměru výšky červeně rtů k výšce dolního obličej by také mohl vypovídat o relativní velikosti rtů vůči obličej, resp. o tom, jak budou rty v kontextu obličej působit. Výška červeně rtů byla počítána ve dvou variantách, s užitím bodu *labrale superius II*, který je umístěn v prohlubni filtra, a bodu *labrale superius I*, který zjednodušeně řečeno odpovídá maximální výšce červeně horního rtu. Při výpočtech výšky rtů ale muselo dojít k zanedbání jistých odchýlení – jelikož body *labrale superius II* a *labrale inferius* nemusí být v mediánní rovině, nemusí být tedy ve stejné rovině jako body určující výšku dolního obličej (*subnasale* a *gnathion*). To bylo také zanedbáno při porovnávání výsledků této práce s výsledky jiných studií.

Rozdíl sledovaného poměru mezi pohlavími ve variantě s použitím bodu *labrale superius II* byl statisticky významný jak pro celý soubor ($p=0,033$), tak pro soubor z Ústí nad Labem ($p=0,016$). V obou případech byl poměr u dívek větší než poměr u chlapců (v souboru z Ústí nad Labem 21,8 % u chlapců a 24,2% u dívek). Pro porovnání byly použity údaje o rozměrech výšky červeně rtů a výšky dolního obličejce z Farkas, Hreczko, Katic (1994, s. 303-305), které jsou k dispozici k jedincům starým 1-25 let. Bohužel k těmto datům nejsou údaje o statistické významnosti případných rozdílů mezi pohlavími. Ze závislosti vývoje poměru na věku je patrné, že poměr u obou pohlaví s věkem stoupá, zhruba okolo 10 let se stabilizuje, hodnoty poměrů dívek jsou od tohoto období vyšší než chlapců. U mladých dospělých (19-25 let) je poměr výrazně vyšší u žen než u mužů (28,1%, resp. 23,8%). Hodnoty poměrů v této diplomové práci vycházely o něco menší než ve studii Farkase. Podíl na tom pravděpodobně nese mnohem menší vzorek jedinců, populační rozdíly, dále také jiná metoda měření a výše zmíněné zanedbání týkající se rovin těla.

Při použití bodu *labrale superius I* pro výpočet výšky červeně rtů byly výsledky obdobné jako v předchozím případě, jen méně průkazné. Zdá se tedy, že rty dívek zabírají na výšku větší část dolního obličejce, což může přispívat k tomu, že vizuálně působí na pozorovatele větším dojmem. Je ovšem třeba mít na paměti, že výška rtů je pouhý rozměr s omezenou vypovídací hodnotou, celkové vizuální působení rtů se pravděpodobně odvíjí na komplexnější rovině. Je však třeba dodat, že dolní třetina obličejce je velmi významným faktorem atraktivity ženského obličejce – atraktivní ženy mají oproti průměrným ženám menší výšku dolního obličejce, celkově se vzhled jejich obličejce přibližuje dětskému, který má omezeny vertikální rozměry ve prospěch horizontálních (Sforza *et al.* 2009).

Vývoj poměru výšky červeně rtů a šířky úst během růstu od 6 do 18 let sledovali Ferrario *et al.* (2000). Rozdíl poměru mezi pohlavími byl statisticky významný jen u dětí ve věku 8-11 let, kdy chlapci měli vyšší hodnoty poměru než dívky. Z údajů Farkas, Hreczko, Katic (1994, s. 303-305) pro děti a dospělé ve věku 1-25 let byl sestaven graf a zdá se, že poměry chlapců a dívek jsou víceméně stejné, jenom u dospělých (souhrnná věková kategorie 19-25 let) je hodnota poměru u mužů výrazně nižší než u žen. Tomu by odpovídaly i výsledky v této práci – u souboru z Ústí nad Labem (15-19 let) byl sledovaný poměr na statisticky významné hladině vyšší u dívek než u chlapců. Průměrné hodnoty vypočítané v této práci se pohybují mezi 31–35%, což zhruba odpovídá hodnotám vypočítaným Ferrariem (32–36%); hodnoty poměrů vypočítané na základě rozměrů udávaných Farkasem, mají větší rozsah (31-41%). Odlišnosti se opět dají přičítat důvodům

zmíněných v dřívějším odstavci. Při použití bodu *labrale superius I* pro výpočet výšky rtů už rozdíl mezi pohlavími nebyl průkazný na dané hladině významnosti, jen u souboru z Ústí nad Labem se jí přibližoval (při zachování smyslu rozdílu). Ačkoliv poměr výšky a šířky rtů má u dívek ve starší věkové skupině tendenci být vyšší než u chlapců, což lze brát jako ukazatel toho, že plnosti dívčích rtů (při stejné šířce úst mají dívky větší výšku), má i tento poměr stejné omezení jaké je v diskuzi o poměru výšky červeně rtů k výšce dolního obličejce.

9.8. Vztah velikosti červeně rtů a tvarových proměnných, vybraných tělesných parametrů a indexů

Vztah byl určován pomocí parciální korelační analýzy s kontrolou na věk, a to u souboru z Hovorán (věkově v rozmezí 6-15 let) pro každé pohlaví zvlášť.

9.8.1. V pohledu en face

Velikost rtů u chlapců pozitivně koreluje s hmotností, obvodem pasu, obvodem boků a BMI (Pearsonův korelační koeficient r se pohybuje kolem 0,3). U dívek je sice vazba s těmito parametry o něco méně těsná a není statisticky významná, ale dá se říci, že vztah těchto tělesných parametrů a velikosti rtů je víceméně stejný. Zároveň tyto parametry pozitivně korelují s rozměry rtů, nejvíce s šířkou úst. S výškou postavy sice velikost rtů koreluje také pozitivně, ale ani u chlapců ani dívek statisticky významně. Obvod pasu, obvod boků a BMI bývá spojován s obsahem tukové tkáně v těle, i když u dětí na rozdíl od dospělých není tento vztah tak jednoznačný. Např. stejná hodnota BMI může být vytvořena z různých kombinací kvantity tukové a tukoprosté tkáně a zejména u štíhlých dětí mohou být rozdíly v BMI ovlivněny především rozdíly v kvantitě tukoprosté tkáně (Freedman *et al.* 2005, s. 7). Zároveň můžeme tyto parametry spojit s šířkovými rozměry těla, což by korespondovalo i s rozšiřováním úst.

U chlapců je snižování hodnoty WHR, což znamená feminizaci (nižší hodnoty WHR jsou typičtější pro ženy, Singh 1993), spojena se změnou tvaru rtů - rty se stávají plnějšími, tedy se také feminizují. U dívek je závislost statisticky nevýznamná. Je možné, že neprůkaznost tohoto vztahu u dívek nebo naopak průkaznost u chlapců je způsobena tím, že hodnoty WHR se u obou pohlaví během dospívání vyvíjejí odlišně. U chlapců povolna klesají, u dívek klesají výrazněji, zvláště v období puberty (viz Moreno *et al.* 1997).

U chlapců je ještě významný vztah délky 3. prstu a jisté tvarové změny. Při prodlužování 3. prstu se stává laterální okraj horního rtu konvexnější a filtrum širší a hlubší. Délku 3. prstu můžeme vztáhnout k výšce postavy (s níž je v těsné vazbě, $r=0,84$) a celkovému somatickému růstu. Je možné, že zjištěný vztah je odrazem nerovnosti kalendářního věku a věku biologického. Biologický věk se od kalendářního může výrazně lišit, může být např. urychlen nebo zpomalen (Sedlak 2007, s. 231). Chlapci, kteří jsou na svůj kalendářní věk somaticky vyspělejší, jsou tak vyšší a mají i delší prsty. To koresponduje s tím, že popsána tvarová změna je spojena s přibývajícím věkem.

9.8.2. V pohledu z profilu

Není překvapivé, že velikost rtů v profilu u chlapců i dívek pozitivně koreluje se všemi rozměry rtů. U chlapců je ještě také významný vztah velikosti rtů s takovou tvarovou změnou, kdy se zvětšuje hloubka rtů a horní i dolní ret jsou plnější. U dívek je tato korelace nevýznamná, což je zřejmě způsobeno faktem, že dívky mají tendenci k menší hloubce rtů.

U dívek je nápadná pozitivní korelace tvaru rtů charakterizovaná malou hloubkou rtů, poměrně plným dolním rtem a tenčím horním rtem (odpovídají kladným hodnotám RW1) s hmotností, obvodem pasu, obvodem boků, BMI a WHR (Pearsonův korelační koeficient r má hodnotu kolem 0,3). U chlapců jsou korelační koeficienty sice stejné tendence (pozitivní), ale nejsou statisticky významné. Tyto tělesné parametry se dají (s jistými výše zmíněnými výhradami) spojit s množstvím tukové tkáně a jsou navzájem v těsné vazbě. Směrem ke kladným hodnotám RW1 se nápadně zmenšuje hloubka rtů, je možné, že toto je spojeno s množstvím tukové tkáně ve tvářích – s přibývajícím tukem jsou tváře kulatější a rty se tak v profilu možná zplošťují – jinými slovy zmenšuje se jejich předozadní hloubka. Množství tukové tkáně v tvářích (*corpus adiposum buccae*) vysoce pozitivně koreluje s hmotností a BMI (Gravante, Lo Grasso 1997, [abstrakt]) a také viscerálním tukem (Levine, Ray, Jensen 1998, s. 1947), alespoň u dospělých. Spojitost množství tukové tkáně ve tvářích a menší hloubky rtů v profilu je ovšem jen hypotéza.

Vztah poměru 2D:4D, který je považován za ukazatel prenatálního hormonálního nastavení (Fink *et al.* 2005, s. 1996), a velikosti nebo tvaru rtů nebyl statisticky významný ani v případě *en face*, ani profilu. Výsledky studie Fink *et al.* (2005) sice naznačovaly jistou tendenci k plnějšimu tvaru rtů u mužů a žen při vyšších hodnotách poměru 2D:4D, ale zde se nepotvrdily.

K provedené parciální korelační analýze se vztahuje jeden problém. Při odstraňování vlivu věku a při zjišťování závislostí mezi jednotlivými proměnnými byla předpokládána lineární závislost. Je však možné, že mezi proměnnými je jiný typ závislosti, který tak nebyl odhalen.

9.9. Somatoskopické hodnocení

Znak 4 – tvar filtra se ukázal jako nekonzistentní z hlediska použitelnosti pro hodnocení z fotografií, neboť hrany filtra jsou u některých jedinců nevýrazné a splývají s okolím. Proto bylo u některých jedinců hodnocení tohoto znaku vynecháno.

Statisticky významný rozdíl mezi pohlavími ve frekvencích jednotlivých kategorií byl zjištěn pouze u tří znaků: výšky dolního rtu (znak 2; pro dívky je typičtější malá výška – kategorie 1), obrysu červeně horního rtu (znak 12; pro chlapce je typičtější kategorie 5 – s konvexními stranami, pro dívky je typičtější lukovitý nebo s konkávními stranami – kategorie 2 a 4) a tvaru brady (znak 14; pro dívky je typičtější kulatý – kategorie 3, pro chlapce prohloubený a hranatý – kategorie 1 a 4). Zjištěný rozdíl mezi pohlavími u obrysu červeně horního rtu je možná uměle způsoben malým počtem jedinců v kategoriích 1, 2, 4 a 5. Při srovnání výsledků hodnocení u pěti znaků (2, 8, 10, 11, 15), které byly hodnoceny i ve studii Hulanicka (1973) je vidět, že se od výsledků v této studii odlišují. Příčin může být několik – mezipopulační rozdíly (Češi/Moravané oproti Polákům), věk (děti a dospívající oproti dospělým), subjektivita hodnocení, případně další faktory jako jsou velikost zkoumaných souborů a odlišnost fotografií. Hulanicka (1973, s. 126-128) se také ve své práci zabývala spolehlivostí somatoskopického hodnocení. U sta jedinců bylo s časovým odstupem ohodnoceno znovu všech 63 znaků hlavy v této práci definovaných, a to stejným hodnotitelem. Podíl odlišně určených kategorií byl 4-39% (např. u znaku profil dolního rtu to bylo 26%, tj. u 26 jedinců ze 100 byla jedinci přisouzena jiná kategorie než při prvním hodnocení). Vzal-li se ale v potaz soubor všech hodnocených znaků, počet chyb při opakovaném hodnocení jedince byl vždy menší než počet rozdílů v kategoriích mezi dvěma jedinci. Stručně řečeno to znamená, že největší chyba opakovaného hodnocení byla menší než nejmenší rozdíl mezi dvěma jedinci (Hulanicka 1973, s. 153). To však nemění nic na zjištění, že chyba u jednotlivých znaků byla poměrně vysoká a je možné, že jsou jí zatíženy i výsledky somatoskopického hodnocení v této práci.

9.10. Analýza somatoskopického znaku 12 pomocí metod geometrické morfometrie

Srovnání somatoskopických kategorií znaku 12 – obrysu červeně horního rtu - s výsledky hierarchické shlukové analýzy založené na uchopení tohoto znaku metodami geometrické morfometrie přineslo rozporuplné výsledky. Jedinci patřící do jedné kategorie byli v dendrogramu vzešlém ze shlukové analýzy rozptýleni, shluky netvořili. Tento rozdíl si lze vysvětlit mj. tím, že při analýze tvaru geometrickou morfometrií se na kategorizaci (hierarchizaci) tvarů pravděpodobně mnohem více podílí detaily, např. relativní šířka nebo hloubka prohlubně filtra, které na rozřídění do somatoskopických kategorií nemají takový vliv. Také různé stupně zakřivení laterálního okraje červeně horního rtu jsou v analýze tvaru geometrickou morfometrií více zohledňovány než v somatoskopii. Použitá shlukovací metoda není jedinou, která mohla být užita, jiné výsledky by pravděpodobně přinesla nějaká nehierarchická shlukovací metoda (např. shluková analýza K-průměrů). Propojení somatoskopie a geometrické morfometrie by si asi zasloužilo důkladnější pozornost.

10. Závěr

K posouzení sexuálního dimorfismu tvaru červeně rtů bylo použito metod geometrické morfometrie založených na analýze význačných a klouzavých pomocných bodů. Byly zjištěny určité tvarové tendence rtů chlapců a dívek, zřetelný a jasně vymezený tvarový sexuální dimorfismus však nalezen nebyl. V pohledu en face se zdá, že tvar červeně rtů chlapců má tendenci k širší a hlubší prohlubni filtra a vyrovnanější plnosti horního a dolního rtu. Dívčí rty mají tendenci k plnějšimu rtu dolnímu a mělčí a užší prohlubni filtra. Plnost rtů se u dívek oproti chlapcům v průběhu dospívání s věkem zvětšuje. V pohledu z profilu je pro chlapce typičtější přesah horního rtu přes dolní, tenčí horní ret oproti plnějšimu dolnímu. U dívek je plnost rtů vyrovnaná, rty mají menší anterioposteriorní hloubku a volné okraje rtů jsou relativně delší a konvexnější.

Je možné, že odlišnost mezi mužskými a ženskými rty nespočívá v přímo v jejich tvaru, ale v relativní velikosti rtů vůči obličejí, a to zejména jeho dolní polovině. Zejména vertikální rozměry obličeje jsou u žen výrazně menší než u mužů. Výsledky této práce naznačují, že u starších dívek (15-19 let) je výška červeně rtů v poměru k výšce dolního obličeje větší, takže rty u těchto dívek mohou vizuálně působit větším dojmem.

Souvislost tvaru a velikosti červeně rtů s některými tělesnými parametry a indexy byla zjištěna u parametrů souvisejících s množstvím tělesného tuku (obvod pasu, obvod boků, BMI, WHR). Tyto výsledky je však třeba interpretovat s opatrností, neboť u dětí jsou méně jasně vázány na množství a distribuci tělesného tuku než u dospělých.

Celková variabilita tvaru červeně rtů v pohledu en face byla z více než poloviny charakterizována změnami celkové plnosti rtů – na jedné straně byly rty tenké, u nichž výrazně převládala šířka úst nad výškou červeně rtů, na druhé straně byly rty plné, u nichž byl poměr šířky a výšky vyrovnanější. Další variabilita červeně rtů spočívala ve změnách poměru plnosti horního a dolního rtu, tvaru laterálního okraje červeně horního rtu, šířky a hloubky prohlubně filtra. V pohledu z profilu se nejvíce variability týkalo předozadní hloubky rtů, přesahu horního rtu přes dolní a poměru plnosti horního a dolního rtu.

Sexuální dimorfismus tvaru červeně rtů v této práci byl studován na dětech a dospívajících ve věkovém rozmezí 6-19 let. Ačkoliv byly podnikány úpravy, aby byl omezen možný vliv věku na mezipohlavní rozdíly, nelze závěry zcela ztotožňovat s výsledky, které by byly získány na základě vzorku dospělých mužů a žen.

11. O autorce



Studijní zájmy Zuzany Kotulanové (Brno, 10. 3. 1983) již od dětství oscilují mezi humanitními a přírodními vědami. Po několika letech na základní škole s rozšířenou jazykovou výukou byla přijata do třídy s matematickým zaměřením na Gymnáziu Brno, třída Kapitána Jaroše 14. Po maturitě zamířila na Filozofickou fakultu Masarykovy univerzity studovat obor Vědecké informace a knihovnictví. Ten v roce 2007 úspěšně ukončila a získala titul Mgr. Zároveň však v roce 2004 začala souběžně studovat obor Antropologie na Přírodovědecké fakultě téže univerzity a tohoto oboru se drží doteď.

12. Slovník důležitých jmen a pojmů

2D:4D – poměr délky druhého a čtvrtého prstu na ruce. Tento poměr vykazuje sexuální dimorfismus: u mužů bývá nižší než u žen, a to již v dětství; tento rozdíl se vyvíjí pravděpodobně již v prenatálním období vlivem vysokého poměru hladiny testosteronu k estrogeneru.

adolescence – období v ontogenetickém vývoji člověka následující po pubertě, ve kterém je ukončen růst a psychický vývoj jedince; časově se zařazuje mezi 17 a 20 let.

analýza, prokrústovská – jedna ze superpozičních metod, slouží ke standardizaci objektů. V jejím průběhu jsou postupně odstraňovány geometrické informace nesouvisející s tvarem (velikost, posunutí, rotace) na základě kritéria nejmenších čtverců.

analýza, shluková (*cluster analysis*) - mnohorozměrná statistická metoda, jejímž cílem je nalézt v souboru takové skupiny objektů, které jsou si navzájem podobné, ale které se liší od objektů ostatních skupin, nebo najít takové skupiny proměnných, které jsou navzájem korelovány. Dělí se na dvě hlavní skupiny: hierarchické a nehierarchické metody.

androgeny - pohlavní hormony vznikající ve varlatech a v malém množství v kůře nadledvin. Patří ke steroidním hormonům. Nejvýznamějším androgenem je testosteron, dalšími jsou androstendion, androsteron.

ANOVA (*Analysis of Variances*) – analýza variance, statistická metoda; obecně se jedná o celé odvětví statistiky. Zde je používána ve své nejjednodušší podobě – jako jednocestná ANOVA (*one-way ANOVA*), která testuje nulovou hypotézu, že se střední hodnoty souborů mezi sebou neliší, přičemž jednotlivé soubory jsou tříděny jedním faktorem. Jejím předpokladem je normalita a homogenita rozptylů. Za platnosti nulové hypotézy se dá předpokládat, že soubory jsou výběry z téhož základního souboru. Variance základního souboru je odhadnuta na základě variancí uvnitř jednotlivých skupin a na základě této variance je předpovězena variabilita mezi skupinami. Tato předpověď je poté porovnána se skutečnou variabilitou mezi skupinami. Pokud je variabilita mezi skupinami nepravděpodobně velká (testováno F-testem), pak je nulová hypotéza zamítnuta.

antropometrie - metody a techniky měření lidského těla založené na standardizaci používaných bodů, rozměrů a nástrojů, čímž je zajištěna reprodukovatelnost a srovnatelnost různých antropometrických výzkumů lidských populací

centroid – střed (těžiště) konfigurace bodů, jeho kartézské souřadnice jsou průměrem kartézských souřadnic všech bodů konfigurace.

bod, klouzavý pomocný – pomocný bod, který je při standardizaci tvaru objektů posouván po určité trajektorii, dokud nejsou prostorové rozdíly mezi tvary minimální.

bod, pomocný – bod na křivce (povrchu) definovaný pomocí polohy na této křivce (např. pravidelným rozmístěním na ní). Nesplňuje tedy požadavek homologie a nese méně informace než význačný bod.

bod, význačný – v biologii je význačný bod chápán jako diskrétní, homologní anatomické místo, které si odpovídá mezi jedinci nebo populacemi

Bookstein, Fred L. – americký biometrik, statistik a matematik. Působí na University of Washington (Seattle, USA) jako ředitel Fetal Alcohol and Drug Unit, je profesorem statistiky, psychiatrie a behaviorálních věd. Je hlavním tvůrcem metod geometrické morfometrie (např. prokrústovské analýzy, Booksteinových tvarových souřadnic).

dimorfismus, sexuální – pohlavní dvoutvárnost, rozdílnost samců a samic jednoho druhu v anatomii, fyziologii a chování.

estrogeny – ženské steroidní pohlavní hormony, které jsou tvořené především ve vaječnících, dále v kůře nadledvin a v tukové tkáni. Přirozeným estrogenem je zejména estradiol (dále estriol, estron). Jejich hladina u dospělé ženy kolísá s menstruačním cyklem.

V pubertě jsou estrogény zodpovědné za růst pohlavních orgánů a vývoj sekundárních pohlavních znaků.

fekundita – plodivost, schopnost plodit potomky.

fertilita – plodnost, počet potomků jedné ženy (případně muže).

fitness – biologická zdatnost, ústřední pojem evoluční biologie, který je těžko vyjádřitelný pomocí obecnějších pojmů. Zdatnost jako objektivně daná obecná vlastnost neexistuje, lze pouze měřit, jak se navenek projevuje, a to spočítáním potomků jednotlivých organismů. Tento pojem je sice v určitém smyslu nadbytečný, ale zjednodušuje komunikaci mezi vědci.

geometrická morfometrie – skupina postupů kvantitativní analýzy velikosti a tvaru objektů pomocí geometrických metod a vícerozměrné statistiky, která se prudce vyvíjí od konce 80. let 20. století. Tradičně se rozděluje na metody analýzy význačných bodů a metody analýzy obrysů. K jejím zakladatelům patří především Fred L. Bookstein.

flukuační asymetrie - malé náhodné odchylky od symetrie u bilaterálních znaků jedince, na jejich vzniku mají pravděpodobně hlavní podíl poruchy v průběhu ontogeneze jedince.

hypotéza dobrých genů – hypotéza byla formulována v roce 1958 R. A. Fisherem. Základem hypotézy je představa, že přítomnost určitých znaků u samce může signalizovat kvalitu jeho genů, a tedy i kvalitu budoucího potomstva tohoto samce.

hypotéza handicapů (Zahaviho hypotéz) – hypotézu formuloval v roce 1975 evoluční biolog Amotz Zahavi. Jejím předpokladem je, že pro samici může být za určitých podmínek výhodné vybírat si za otce svých potomků samce s handicapem, např. samce s nejdelšími pery. Dlouhá pera totiž představují pro svého nositele značnou nevýhodu (handicap) v boji o přežití. Jestliže se tedy samec s abnormálně dlouhými pery, tj. s abnormálně velkým handicapem, dožil reprodukčního věku, je skoro jisté, že se musí jednat i o jinak nadprůměrně zdatného jedince.

ICP model – model růstu člověka navržený švédským auxologem Johanem Karlbergem. Růst člověka od narození do dospělosti je v něm rozdělen na tři odlišné, ale aditivní a částečně se překrývající části (komponenty), z nichž každá odráží jinou hormonální fázi růstového procesu. První komponenta je I komponenta (*Infancy*, infantilní), která trvá od narození do 3.-4. roku. Růst je řízen především růstovým faktorem IGF-I. Komponenta C (*Child*, dětská) začíná být aktivní již kolem 1 roku života a je řízena především růstovým hormonem. K této komponentě se v období puberty přidává vliv komponenty třetí – P (*Puberty*, pubertální), ve které se přidávají k vlivu růstového hormonu hormony pohlavní (estrogény, androgeny). Ty způsobují zrychlení růstu těla a pohlavní dozrávání (vývoj pohlavně dimorfních znaků a dozrávání gonád).

Kendall, David George (1918-2007) – britský statistik, autorita v oblasti aplikované pravděpodobnosti. Věnoval se stochastické geometrii a statistické teorii tvaru. Jeho definice tvaru je základem metod geometrické morfometrie.

MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) – vícerozměrná analýza variance. Jedná se o vícerozměrnou variantu testu ANOVA, jde tedy o porovnávání více závislých proměnných zároveň. Místo jednorozměrného F je počítáno F vícerozměrné (Wilksova lambda).

menarche – první menstruační krvácení u dívek. Bývá spojováno s určitou hranicí procentuálního zastoupení tuku v těle. U českých dívek nastává v průměru ve 13 letech (v rozmezí 12.5-13.5 let).

metoda tenkých ohebných plátek (*thin-plate spline*, TPS) – metoda geometrické morfometrie sloužící k řešení nelineárnosti prostoru tvarových proměnných a k vizualizaci tvarových změn pomocí deformační mřížky (jako metafory deformace nekonečně tenkého kovového plátku na určitý tvar). Deformace je vyjádřena prostřednictvím deformační energie, která se skládá ze dvou složek: afinní (uniformní), kdy je deformační energie

nulová, a neafinní (neuniformní), kdy je deformační energie nenulová. Neafinní složka je dále kombinována do dalších tvarových proměnných (např. relativních varp), které jsou využitelné v parametrických statistických testech.

metody analýzy význačných bodů – skupina metod geometrické morfometrie, která popisuje tvar a jeho změny pomocí tzv. význačných bodů. Vstupními daty jsou kartézské souřadnice význačných bodů, které jsou standardizovány pomocí jedné ze superpozičních metod (např. prokrústovskou analýzou). Výstupem je soubor tvarových proměnných (matematické vyjádření tvaru), který je dále podrobován statistickým analýzám.

neotenie - opožďování vývinu některých tělesných orgánů v porovnání s vývojem orgánů pohlavních.

pohlavní výběr (*sexual selection*) – výběr k němuž dochází při soupeření příslušníků stejného pohlaví a druhu o partnery pro rozmnožování. Působením pohlavního výběru jsou selektováni jedinci s větší sexuální zdatností, tj. jedinci, kteří dokážou získat sexuálního partnera efektivněji než jejich soupeři (tj. získat ho rychleji a kvalitnějšího). Pohlavnímu výběru se přičítá vznik sexuálního dimorfismu.

puberta – období pohlavního dozrávání charakterizované nástupem funkce pohlavních žláz jak v hormonální funkci, tak v tvorbě pohlavních buněk. Zvětšují se a dozrávají pohlavní orgány, objevuje se stydké ochlupení. U dívek je započat menstruační cyklus a dochází k růstu prsou, u chlapců se začíná tvořit semeno. Vyvíjejí se sekundární pohlavní znaky (typ ochlupení, rozložení tuku, změna hlasu aj.). Mění se i psychická složka osobnosti - např. se projevuje touha po samostatnosti; rozvíjí se citová stránka a sexuální zájmy. Na konci puberty je jedinec fyzicky připraven k plození. Puberta nastupuje dříve u dívek.

somatoskopie – jedna z antropologických metod. K hodnocení nějakého znaku používá slovní výrazy předem dohodnuté a přesně vymezené. Často se jí vyjadřuje vztah znaku k okolí nebo jeho tvar.

spurt, pubertální růstový (*pubertal/adolescent growth spurt*, pubertální růstový výšvih) – růstové urychlení během vývoje jedince podmíněné synergickým účinkem růstového hormonu a pohlavních hormonů. U českých chlapců začíná v průměru ve 12,5 letech a kulminuje ve 14 letech, u dívek začíná v 10 letech a kulminuje ve 12 letech.

testosteron – mužský pohlavní steroidní hormon, který vzniká především ve varlatech v Leydigových buňkách. Jeho tvorba je řízena hypofyzárním luteinizačním hormonem. V době vývoje plodu má vliv na vznik mužských pohlavních orgánů. Později jeho tvorba stoupá opět až v pubertě, kdy se testosteron podílí na vývoji sekundárních pohlavních znaků.

tvar – v geometrické morfometrii je tvar chápán jako geometrická informace o objektu nezávislá na zvětšení tohoto objektu, jeho poloze a otočení v prostoru.

velikost centroidu - vypočítá se jako druhá odmocnina součtu druhých mocnin vzdáleností všech bodů konfigurace od centroidu této konfigurace. Jeho velikost je matematicky nezávislá na tvaru.

vzdálenost, prokrústovská (*Procrustes distance*) – vzdálenost mezi dvěma konfiguracemi význačných bodů v Kendalově tvarovém prostoru. Je přibližně rovna odmocnině součtu druhých mocnin vzdáleností mezi homologními body, když jsou konfigurace superponovány Prokrústovskou analýzou.

WHR (*waist-to-hip ratio*) – poměr obvodu pasu a boků, ukazatel rozložení tuku na těle. Tento poměr vykazuje sexuální dimorfismus, u dospělých žen se pohybuje zhruba v rozmezí 0,67-0,80 a u mužů 0,85-0,95. Po menopauze se hodnoty u žen přibližují mužským. Nízké WHR (okolo 0,7) bývá spojováno s atraktivitou ženského těla.

13. Rejstřík

2	
2D:4D	42,43,61,72
A	
adolescence	25
adrenarche	23
analýza hlavních komponent	56
analýza, kanonická	56
analýza, prokrústovská	44,54,55,57,67,68
antropometrie	45
asymetrie, fluktuální	36
atraktivita	8,13,27,35,36,38,40,41,42,120,121
B	
BMI	40,41,61,72,106,122,123,126
bod, klouzavý pomocný	57,61,63,66,71,81
bod, pomocný	56
bod, význačný	50,51,61,62,65,71,81
Bookstein, F. L.	52
C	
centroid	52,54
D	
Darwin, Charles	34
digitalizace	67,68,84,115
dimorfismus, sexuální	
8,28,33,34,39,43,58,61,89,92,98,100,103,108,	
118,119,126	
E	
estrogeny	8,20,22,23,25,26,28,42,118
F	
fekundita	35,38,39,40
fertilita	33
filtrum	
9,14,15,74,76,87,88,108,113,116,117,118,123,	
124,125,126	
fotogrammetrie	46
H	
homeotické geny	19
hypotéza, handicapová	35,36
K	
<i>Karlbergův ICP model růstu</i>	21
Kendall, D. G.	52
M	
menarche	24
metoda tenkých ohebných plátek	55,69
metody, superpoziční	54
modiolus	11,65,115
morfometrie, geometrická	
.....	42,43,45,50,51,61,81,125,126
morfometrie, tradiční	50
Msx geny	19
<i>musculus orbicularis oris</i>	10,11,12,13,14
N	
neotenie	37
P	
primáti	12,34
prostor, Kendallův	54,67,83
prostor, tangenciální	54,67,83
puberta	21,22,23,25
pubertální růstový spurt	22,23
R	
receptory, estrogenové	27
S	
skenování, laserové	48
somatoskopie	45,75
stereofotogrammetrie	47
svaly mimické	10
S	
šimpanz	12,13

T	
testosteron	20,22,23,24,27,35,37,42
tuk	
10,25,26,27,28,34,38,39,40,42,118,122,123,126	
V	
velikost centroidu	
.....	52,53,71,72,103,104,105,106,107,119,120

výběr, pohlavní	33
výběr, přirozený	33
vzdálenost, prokrústovská	53,81,83
W	
WHR	39,40,41,61,72,106,122
Z	
zuby	15,29,31

14. Seznam literatury

- ADAMS, D. C., ROHLF, F. J., SLICE, D. E. (2004): Geometric morphometrics: ten years of progress following the "revolution". *Italian journal of zoology*, vol. 71, iss. 1, p. 5-16.
- ALAPPAT, S., ZHANG, S. Y., CHEN, Y. P. (2003): Msx hox gene family and craniofacial development. *Cell Research*, vol. 13, no. 6, p. 429-442.
- ALLEY, T. R., CUNNINGHAM, M. R. (1991): Averaged faces are attractive, but very attractive faces are not average. *Psychological Science*, vol. 2, no. 2, p. 123-125.
- ALONSO, L. C., ROSENFELD, R. L. (2002): *Oestrogens and puberty*. Best Practice & Research Clinical Endocrinology and Metabolism, vol. 16, no. 1, p. 13-30.
- ALTOBELLI, D. E. (1994): Computer-assisted acquisition of facial surface topography. In FARKAS, L. G. (ed.). *Anthropometry of Head and Face*. 2nd ed. New York: Raven Press, p. 219-233.
- AUNG, S. C., NGIM, R. C. K., LEE, S. T. (1995): Evaluation of the laser scanner as a surface measuring tool and its accuracy compared with the direct facial anthropometric measurements. *British Journal of Plastic Surgery*, vol. 48, no. 8, p. 551-558.
- BARBER, N. (1995): The evolutionary psychology of physical attractiveness: sexual selection and human morphology. *Ethology and Sociobiology*, vol. 16, no. 5, p. 395-424.
- BAUDOIN, J.-Y., TIBERGHIE, G. (2004): Symmetry, averageness, and feature size in the facial attractiveness of women. *Acta Psychologica*, vol. 117, no. 3, p. 313-332.
- BISHARA, S. E. (1984): Changes in facial dimensions and relationship between the ages of 5 and 25 years. *American Journal of Orthodontics*, vol. 85, no. 3, p. 238-252.
- BJÖRNTORP, P. (1997): Hormonal control of regional fat distribution. *Human Reproduction*, vol. 1, suppl. 1, p. 21-25.
- BJÖRNTORP, P. (1991): Adipose tissue distribution and function. *International Journal of Obesity*, vol. 15, suppl. 2, p. 67-81.
- BOOKSTEIN, F. L. (1991): *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge: Cambridge University Press. 435 s. ISBN 0-521-58598-8.
- BROWN, J. M. *et al.* (1993): Experimental analysis of the control of expression of the homeobox-gene Msx-1 in the developing limb and face. *Development*, vol. 119, no. 1, p. 41-48.
- BULYGINA, E., MITTEROECKER, P., AIELLO, L. (2006): Ontogeny of facial dimorphism and patterns of individual development within one human population. *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 131, no. 3, p. 432-443.
- CASEY, V. A. *et al.* (1992): Body mass index from childhood to middle age. *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 56, no. 1, p. 14-18.
- CIUFFOLO, F. *et al.* (2005): Prevalence and distribution by gender of occlusal characteristics in a sample of Italian secondary school students. *European Journal of Orthodontics*, vol. 27, no. 6, p. 601-606.
- COLE, T. J., FREEMAN, J. V., PREECE, M. A. (1995): Body mass index reference curves for the UK, 1990. *Archives of Diseases in Childhood*, vol. 73, no. 1, p. 73-79.
- COOKE, P. S., NAAZ, A. (2004): Role of estrogens in adipocyte development and function. *Experimental Biology and Medicine*, vol. 229, no. 11, p. 1127-1135.
- CORNELISSEN, P. L., TOVÉE, M. J., BATESON, M. (2009): Patterns of subcutaneous fat deposition and the relationship between body mass index and waist-to-hip ratio. *Journal of Theoretical Biology*, vol. 256, no. 3, p. 343-350.
- ČIHÁK, R. (2001): *Anatomie 1*. 2. vyd. Praha: Grada. 497 s. ISBN 80-7169-970-5.
- ČIHÁK, R. (2002) *Anatomie 2*. 2. vyd. Praha: Grada. 470 s. ISBN 80-247-0143-X.
- DEMIRJIAN, A., LEVESQUE, G.-Y. (1980): Sexual differences in dental development and prediction of emergence. *Journal of Dental Research*, vol. 59, no. 7, p. 1110-1122.

- DIEUDONNÉ, M. N. *et al.* (2004): Evidence for functional estrogen receptors α and β in human adipose cells: regional specificities and regulation by estrogens. *American Journal of Physiology: Cell Physiology*, vol. 286, no. 3, p. C655-C661.
- DIOGO, R. *et al.* (2009): On the origin, homologies and evolution of primate facial muscles, with a particular focus on hominoids and a suggested unifying nomenclature for the facial muscles of the Mammalia. *Journal of Anatomy*, vol. 215, no. 3, p. 300-319.
- DUCKWORTH, W. L. H. (1910): A note on the sections of the lips of primates. *Journal of Anatomy and Physiology*, vol. 44, no. 4, s. 349-353.
- DUDA, J. (2007): *Pohlavní dimorfismus lidského obličeje - morfometrická studie: diplomová práce*. Brno: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav antropologie. 204 s.
- EVELETH, P. B. (1998): Menarche. In ULJACZEK, S. J., JOHNSTON, F. E., PREECE, M. A. (eds.). *The Cambridge Encyclopedia of Human Growth and Development*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 228.
- FARKAS, L.G. *et al.* (1992): Growth patterns of the nasolabial region: a morphometric study. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, vol. 29, no. 4, p. 318-324.
- FARKAS, L. G. (1994): Examination. In FARKAS, L. G. (ed.). *Anthropometry of the head and face*. 2nd ed. New York: Raven Press, p. 3-56.
- FARKAS, L. G., DEUTSCH, C. K. (1996): Anthropometric determination of craniofacial morphology. *American Journal of Medical Genetics*, vol. 65, is. 1 p. 1-4.
- FARKAS, L. G., HRECZKO, T. A., KATIC, M. J. (1994): Craniofacial norms in north American caucasians from birth (one year) to young adulthood. In FARKAS, L. G. (ed.). *Anthropometry of the head and face*. 2nd ed. New York: Raven Press, p. 241-336.
- FARKAS, L. G., POSNICK, J. C., HRECZKO, T. M. (1992): Growth patterns of the face: a morphometric study. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, vol. 29, no. 4, p. 308-315.
- FENEIS, H. (1996): *Anatomický obrazový slovník*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing. 464 s. ISBN 80-7169-197-6.
- FERNÁNDEZ-RIVEIRO, P. *et al.* (2002): Linear photogrammetric analysis of the soft tissue facial profile. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 122, no. 1, p. 59-66.
- FERRARIO, V. *et al.* (1996): Facial three-dimensional morphometry. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 109, no. 1, p. 86-93.
- FERRARIO, V. *et al.* (1998): Preliminary evaluation of an electromagnetic three-dimensional digitizer in facial anthropometry. *Cleft-Palate Craniofacial Journal*, vol. 35, no. 1, p. 9-15.
- FERRARIO, V. *et al.* (2000): Normal growth and development of the lips: a 3-dimensional study from 6 years to adulthood using a geometric model. *Journal of Anatomy*, vol. 196, no. 3, p. 415-423.
- FINK, B. *et al.* (2005): Second to fourth digit ratio and face shape. *Proceedings of the Royal Society: Biological Sciences*, vol. 272, no. 1576, p. 1995-2001.
- FINK, B., PENTON-VOAK, I. (2002): Evolutionary psychology of facial attractiveness. *Current Directions in Psychological Science*, vol. 11, no. 5, p. 154-158.
- FLEGR, J. (2005): *Evoluční biologie*. 1. vyd. Praha: Academia. 559 s. ISBN 80-200-1270-2.
- FRANK, G. R. (2003): Role of estrogen and androgen in pubertal skeletal physiology. *Medical and Pediatric Oncology*, vol. 41, no. 3, p. 217-221.
- FRAYER, D. W., WOLPOFF, M. H. (1985): Sexual dimorphism. *Annual Review of Anthropology*, vol. 14, p. 429-473.
- FREEDMAN, D. S. *et al.* (2005): Relation of BMI to fat and fat-free mass among children and adolescents. *International Journal of Obesity*, vol. 29, no. 1, p. 1-8.

- FRISCH, R. E., MCARTHUR, J. A. (1974): Menstrual cycles: fatness as a determinant of minimum weight for height necessary for their maintenance or onset. *Science*, vol. 185, no. 4155, p. 949-951.
- FURNHAM, A., LAVANCY, M., MCLELLAND, A. (2001): Waist to hip ratio and facial attractiveness. *Personality and Individual Differences*, vol. 30, no. 3, p. 491-502.
- FURNHAM, A., MISTRY, D., MCLELLAND, A. (2004): The influence of the age of the face and the waist to hip ratio on judgements of female attractiveness and traits. *Personality and Individual Differences*, vol. 36, no. 5, p. 1171-1185.
- GANGESTAD, S. W., SCHEID, G. J. (2005): The evolution of human physical attractiveness. *Annual Review of Anthropology*, vol. 34, p. 523-548.
- GEARY, D. C., VIGIL, J., BYRD-CRAVEN, J. (2004): Evolution of human mate choice. *Journal of Sex Research*, vol. 41, no. 1, p. 27-42.
- GENECOV, J. S., SINCLAIR, P. M., DECHOW, P. C. (1990): Development of the nose and soft tissue profile. *The Angle Orthodontist*, vol. 60, no. 3, p. 191-198.
- GLUCKMAN, P. D., PINAL, C. S. (2003): Regulation of fetal growth by the somatotrophic axis. *Journal of Nutrition*, vol. 133, no. 5, p. 1741S-1746S.
- GRAVANTE, G., LO GRASSO, S. (1997): Bichat's fat-pad: correlations with some anthropometric parameters [Abstract]. *Annals of Human Biology*, vol. 24, iss. 2, p. 181-185.
- GRIM, T. (2000): Paralelní vysvětlení. *Vesmír*, roč. 79, č. 2, s. 92-93.
- HENDL, J. (2004): *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. 1. vyd. Praha: Portál. 583 s. ISBN 80-7178-820-1.
- HENSS, R. (2000): Waist-to-hip ratio and female attractiveness. *Personality and Individual Differences*, vol. 28, no. 3, p. 501-513.
- HÖNEKOPP, J. *et al.* (2007): Second to fourth digit length ratio (2D:4D) and adult sex hormones level. *Psychoneuroendocrinology*, vol. 32, no. 4, p. 313-321.
- HULANICKA, B. (1973): Anthroscopic features as a measure of similarity. *Materiały i prace antropologiczne*, vol. 87, p. 115-153.
- HUY HOANG, P. (1976): *Základní antropologická charakteristika vysokoškolských vietnamských studentů v Brně: diplomová práce*. Brno: Universita J. E. Purkyně v Brně, Přírodovědecká fakulta, Katedra biologie živočichů a člověka, Oddělení antropologie. 37 s. + příl.
- CHACONAS, S. J., BARTROFF, J. D. (1975): Prediction of normal soft tissue facial changes. *The Angle Orthodontist*, vol. 45, no. 1, s. 12-25.
- JASIEŃSKA, G. *et al.* (2004): Large breasts and narrow waists indicate high reproductive potential i women. *Proceedings of The Royal Society of Sciences: Biology*, vol. 271, no. 1545, p. 1213-1217.
- JOHNSTON, V.S. (2006): Mate choice decisions: the role of facial beauty. *TRENDS in Cognitive Sciences*, vol. 10, no. 1, p. 9-13.
- JOHNSTON, V. S., FRANKLIN, M. (1993): Is beauty in the eye of the beholder? *Ethology and Sociobiology*, vol. 14, no. 3, p. 183-199.
- JOKELA, M. (2009): Physical attractiveness and reproductive success in humans. *Evolution and Human Behaviour*, vol. 30, no. 5, p. 342-350.
- JONES, D. (1995): Sexual selection, physical attractiveness and facial neoteny. *Current Anthropology*, vol. 36, no. 5, p. 723-736.
- JONES, D. (1996): Physical attractiveness and the theory of sexual selection: results from five populations. Ann Arbor: University of Michigan Press. 174 p. ISBN 0-915703-40-8.
- JONSSON, T. *et al.* (2007): Orthodontic treatment experience and prevalence of malocclusion traits in an Icelandic adult population. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 131, no. 1, p. 8.e11-8e.18.

- KAU, C. H. *et al.* (2007): Three-dimensional surface acquisition systems for the study of facial morphology and their application to maxillofacial surgery. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, vol. 3, no. 2, p. 97-110.
- KOTULANOVÁ, Z. (2008): *Sexuální dimorfismus lidských rtů: bakalářská práce*. Brno: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav antropologie. 94 s.
- KRÁLÍK, M. (2009a): Sexuální dimorfismus. In MALINA, J. a kol. *Atropologický slovník*. 1. vyd. Brno: CERM, s. 919. ISBN 80-7204-560-0.
- KRÁLÍK, M. (2009b): Sexuální dimorfismus u člověka. In MALINA, J. a kol. *Atropologický slovník*. 1. vyd. Brno: CERM, s. 917-918. ISBN 80-7204-560-0.
- LAKE, J. K., POWER, C., COLE, T. J. (1997): Women's reproductive health: the role of body mass index in early and adult life. *International Journal of Obesity*, vol. 21, no. 6, p. 421-428.
- LASSEK, W. D., GAULIN, J. C. (2007): Brief communication: menarche is related to fat distribution. *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 133, no. 4, p. 1147-1151.
- LATHAM, R. A., DEATON, T. G. (1976): The structural basis of the philtrum and the contour of the vermilion border: a study of the musculature of the upper lip. *Journal of Anatomy*, vol. 121, no. 1, p. 151-160.
- LEGRO, L. S. *et al.* (2000): Rapid maturation of the reproductive axis during perimenarche independent of body composition. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, vol. 85, no. 3, p. 1021-1025.
- LEPŠ, J. (1996): *Biostatistika*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta. 166 s. ISBN 80-7040-154-0.
- LEVINE, J. A., RAY, A., JENSEN, M. D. (1998): Relation between chubby cheeks and visceral fat. *The New England Journal of Medicine*, vol. 339, no. 26, p. 1946-1947.
- LEY, C. J., LEES, B., STEVENSON, J. C. (1992): Sex- and menopause-associated changes in body-fat distribution. *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 55, no. 5, p. 950-954.
- LIPSON, S. F., ELLISON, P. T. (1996): Comparison of salivary steroid profiles in naturally occurring conception and non-conception cycles. *Human Reproduction*, vol. 11, no. 10, p. 2090-2096.
- LUNDSTRÖM, A. *et al.* (1992): A proportional analysis of the soft tissue facial profile in young adults with normal occlusion. *The Angle Orthodontist*, vol. 62, no. 2, p. 127-133.
- MACHOLÁN, M. (2009): Homeotické geny. In MALINA, J. a kol. *Atropologický slovník*. 1. vyd. Brno: CERM, s. 1316. ISBN 80-7204-560-0.
- MACHYTKOVÁ, G. (2005): Velký incizální schůdek. Část 1 – etiologie a důvody léčby. *Ortodoncie*, roč. 14, č. 1, s. 15-22.
- MAISEY, D. S. *et al.* (1999): Characteristics of male attractiveness for women. *The Lancet*, vol. 353, iss. 9163, p. 1500.
- MALAS, M. A. (2006): Fetal development of the hand, digits and digit ratio (2D:4D). *Early Human Development*, vol. 82, no. 7, p. 469-475.
- MALINA, J. (2009): Antropometrie. In MALINA, J. a kol. *Atropologický slovník*. 1. vyd. Brno: CERM, s. 249. ISBN 80-7204-560-0.
- MALÍNSKÝ, J. (1995): *Histologie a embryologie orofaciální oblasti*. 1. vyd. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého. 103 s. ISBN 80-7067-547-0.
- MAMANDRAS, A. H. (1988). Linear changes of the maxillary and mandibular lips. *American Journal of orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 94, no. 5, s. 405-410.
- MANNING, J. T. *et al.* (1998): The ratio of 2nd and 4th digit length: sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Human Reproduction*, vol. 13, no. 11, p. 3000-3004.

- MANSON, J. E. (1995): Body weight and mortality among women. *The New England Journal of Medicine*, vol. 333, no. 11, p. 677-685.
- MARTIN, R. (1956): *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung. 1. Lieferung*. 3. Aufl. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- MARTIN, R. A., JONES, K. L., BENIRSCHKE, K. (1996): Absence of the lateral philtral ridges: a clue to the structural basis of the philtrum. *American Journal of Medical Genetics*, vol. 65, no. 2, p. 117-123.
- MCINTYRE, M. H. *et al.* (2005): The development of sex differences in digital formula from infancy in the Fels longitudinal study. *Proceedings of the Royal Sciences: Biological Sciences*, vol. 272, no. 1571, p. 1473-1479.
- MOORE, K. L., PERSAUD, T.V.N. (2002): *Zrození člověka: embryologie s klinickým zaměřením*. 1. vyd. Praha: ISV nakladatelství. 564 s. ISBN 80-8586694-3.
- MORENO, L. A. *et al.* (1997): Indices of body fat distribution in Spanish children aged 4.0 to 14.9 years. *Journal of Pediatric Gastroenterology & Nutrition*, vol. 25, iss. 2, p. 175-181.
- NAMNOUN, J. D. *et al.* (1997): Three-dimensional reconstruction of the human fetal philtrum. *Annals of Plastic Surgery*, vol. 38, iss. 3, p. 202-208.
- NANDA, R. S. *et al.* (1990): Growth changes in the soft tissue facial profile. *The Angle Orthodontist*, vol. 60, no. 3, p. 177-190.
- NORGAN, N. G. (1998): Body composition. In ULIJACZEK, S. J., JOHNSTON, F. E., PREECE, M. A. (eds.). *The Cambridge Encyclopedia of Human Growth and Development*. Cambridge: Cambridge University Press, s. 212-215.
- PAWLOWSKI, B. *et al.* (2008): Is female attractiveness related to final reproductive success? *Collegium Antropologicum*, vol. 32, no. 2, p. 457-460.
- PEDERSEN, S. B. *et al.* (2004): Estrogen controls lipolysis by up-regulating α 2A-adrenergic receptors directly in human adipose tissue through the estrogen receptor α . *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, vol. 89, no. 4, p. 1869-1878.
- PENTON-VOAK, I. S. *et al.* (1999): Menstrual cycle alter face preference. *Nature*, vol. 399, no. 1561, p. 741-742.
- PENTON-VOAK, I. S., CHEN, J. (2004): High salivary testosterone is linked to masculine male facial appearance in humans. *Evolution and Human Behavior*, vol. 25, iss. 4, p. 229-241.
- PERRET, D. I. (1999): Symmetry and human facial attractiveness. *Evolution and Human Behaviour*, vol. 20, iss. 5, p. 295-307.
- PHELPS, V. R. (1952): Relative finger index length as a sex-influenced trait in man. *American Journal of Human Genetics*, vol. 4, no. 2, p. 72-89.
- PLAVCAN, M. J. (2001): Sexual dimorphism in primate evolution. *Yearbook of physical anthropology*, vol. 44, p. 25-53.
- PROKOPEC, M. (1967): Somatometrie. In FETTER, V. *et al.* *Antropologie*. 1. vyd. Praha: Academia, s. 73-122.
- RAS, F. *et al.* (1996): Quantification of facial morphology using stereophotogrammetry – demonstration of a new concept. *Journal of Dentistry*, vol. 24, no. 5, p. 369-374.
- RHODES, G. (2006): The evolutionary psychology of facial beauty. *Annual Reviews of Psychology*, vol. 57, p. 199-226.
- ROGERS, C. R. *et al.* (2009): Comparative microanatomy of the orbicularis oris muscle between chimpanzees and humans: evolutionary divergence of lip function. *Journal of Anatomy*, vol. 214, no. 1, p. 36-44.
- ROHLF, F. J., MARCUS, L. F. (1993): A revolution in morphometrics. *Trends in ecology & evolution*, vol. 8, no. 4, p. 129-132.

- ROHRICH, R. J., PESSA, J. E. (2009): The anatomy and clinical implications of perioral submuscular fat. *Plastic and Reconstructive Surgery*, vol. 124, no. 1, p. 266-271.
- SAXBY, P. J., FREER, T. J. (1985): Dentoskeletal determinants of soft tissue morphology. *The Angle Orthodontist*, vol. 55, no. 2, p. 147-154.
- SAWYER, A. R., SEE, M., NDUKA, C. (2009): 3D stereophotogrammetry quantitative lip analysis. *Aesthetic Plastic Surgery*, vol. 33, no. 4, p. 497-504.
- SCOTT, E. C., JOHNSTON, F. E. (1982): Critical fat, menarche, and the maintenance of menstrual cycles. *Journal of Adolescent Health Care*, vol. 2, iss. 4, p. 249-260.
- SEDLAK, P. (2007): Biological age. In BLÁHA, P., SUSANNE, CH., REBATO, E. (eds.). *Essentials of Biological Anthropology*. Prague: Charles University in Prague, The Karolinum Press, p. 231-244. ISBN 80-246-1338-3.
- SEDLAK, P., BLÁHA, P. (2007a): Ontogenetic development of the man. In BLÁHA, P., SUSANNE, CH., REBATO, E. (eds.). *Essentials of Biological Anthropology*. Prague: Charles University in Prague, The Karolinum Press, p. 161-217. ISBN 80-246-1338-3.
- SEDLAK, P., BLÁHA, P. (2007b): The endocrine regulation of growth and development. In BLÁHA, P., SUSANNE, CH., REBATO, E. (eds.). *Essentials of Biological Anthropology*. Prague: Charles University in Prague, The Karolinum Press, p. 217-230. ISBN 80-246-1338-3.
- SFORZA, CH. *et al.* (2009): Soft-tissue facial characteristics of attractive Italian woman as compared to normal women. *The Angle Orthodontist*, vol. 79, no. 1, p. 17-23.
- SHEA, B. T. (1998): Postnatal craniofacial growth. In ULIJACZEK, S. J., JOHNSTON, F. E., PREECE, M. A. (eds.). *The Cambridge Encyclopedia of Human Growth and Development*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 206-208.
- SCHAEFER, K. *et al.* (2006): Female appearance: facial and bodily attractiveness as shape. *Psychology Science*, vol. 48, no. 2, p. 187-204.
- SCHEIB, J. E., GANGESTAD, S. W., THORNHILL, R. (1999): Facial symmetry, attractiveness and cues of good genes. *Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences*, vol. 266, no. 1431, p. 1913-1917.
- SINGH, D. (1993): Adaptive significance of female physical attractiveness: role of waist-to-hip ratio. *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 65, no. 2, p. 293-307.
- STEWART, D. R. *et al.* (1993): Enhanced ovarian steroid secretion before implantation in early human pregnancy. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, vol. 76, no. 6, p. 1470-1476.
- STŘÍTECKÁ, M. (2008): *Sexuální dimorfismus člověka v průběhu postnatálního růstu a vývoje: diplomová práce*. Brno: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav antropologie. 160 s., 18 s. příl.
- SUBTELNY, J. D. (1959): A longitudinal study of soft tissue facial structures and their profile characteristics, defined in relation to underlying skeletal structures. *American Journal of Orthodontics*, vol. 45, no. 7, p. 481-507.
- SVECHNIKOV, K., SÖDER, O. (2008): Ontogeny of gonadal sex steroids. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, vol. 22, no. 1, p. 95-106.
- SWAMI, V., TOVÉE, M. J. (2005): Male physical attractiveness in Britain and Malaysia. *Body Image*, vol. 2, no. 4, p. 383-393.
- ŠMAHEL, Z. (2001): *Principy, teorie a metody auxologie*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum. 158 s. ISBN 80-246-0295-4.
- ŠNAJDEROVÁ, M. (2007): Pohlavní vývoj ženy a primární hypoestrinní stavy. In FAIT, T., ŠNAJDEROVÁ, M. a kol. (eds.). *Estrogenní deficit*. 1. vyd. Praha: Maxdorf, s. 46-85.
- THORNHILL, R., GANGESTAD, S. W. (1999): Facial attractiveness. *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 3, no. 12, p. 452-460.

- THORNHILL, R., GANGESTAD, S. W. (2006): Facial sexual dimorphism, developmental stability, and susceptibility to disease in men and women. *Evolution of Human Behaviour*, vol. 27, no. 2, p. 131-144.
- THORNHILL, R., GRAMMER, K. (1999): The body and face of woman: one ornament that signals quality? *Evolution and Human Behaviour*, vol. 20, iss. 2, p. 105-120.
- TITLBACHOVÁ, S. (1967): Somatoskopie. In FETTER, V. *et al.* *Antropologie*. 1. vyd. Praha: Academia, s. 73-122.
- TOVÉE, M. J. *et al.* (1997): Supermodels: stick insects or hourglasses? *The Lancet*, vol. 350, no. 9089, p. 1474-1475.
- TOVÉE, M. J. *et al.* (1999): Visual cues to female physical attractiveness. *Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences*, vol. 266, no. 1415, p. 211-218.
- TRIVERS, R. L. (1972): Parental investment and sexual selection. In CAMPBELL, B. (ed.). *Sexual selection and the descent of man 1871-1971*. Chicago: Aldine, p. 136-179.
- URBANOVÁ, P., KRÁLÍK, M. (2009): Kvantitativní popis tvaru pomocí metod geometrické morfometrie. In SVOBODA, J. A. *Čas lovců: aktualizované dějiny paleolitu*. Brno: Nadace Universitas, CERM, s. 277-291.
- WAKAHARA, M. (1996): Heterochrony and neotenic salamanders. *Zoological Science*, vol. 13, no. 6, p. 765-776.
- WATERS, M. J., KAYE, P. L. (2002): The role of growth hormone in fetal development. *Growth Hormone & IGF Research*, vol. 12, no. 3, p. 137-146.
- WEBER, T. (2006): *Memorix zubního lékařství*. 1. vyd. Praha: Grada. 430 s. ISBN 80-247-1017-X.
- WELLS, J. C. K. (2007): Sexual dimorphism of body composition. *Best Practice & Research Endocrinology & Metabolism*, vol. 21, no. 3, p. 415-430.
- WELLS, J. C. K., TRELEAVEN, P., COLE, T. J. (2007): BMI compared with 3-dimensional body shape. *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 85, no. 2, p. 419-425.
- ZAADSTRA, M. *et al.* (1993): Fat and female fecundity. *British Medical Journal*, vol. 306, no. 6876, p. 484-487.
- ZELDITCH, Miriam L. *et al.* (2004): *Geometric morphometrics for biologists: a primer*. San Diego: Elsevier Academic Press. 443 p. ISBN 0-12-77846-08.

Pouze citovaná literatura

- BLÁHA, P. a kol. (1982): *Antropometrie československé populace od 6 do 35 let: Československá spartakiáda 1980*. Praha: Oddělení zdravotnického zajištění vrcholového sportu. 401 s. Citováno podle: Strítecká 2008.
- BLÁHA, P. *et al.* (2005): *The 6th national-wide anthropological research of child and adolescents 2001, Czech republic*. Praha: SZÚ. Citováno dle Blaha, Sedlák 2007a.
- DOCHERTY, B. A. *et al.* (2008): Comparative microanatomy of primate facial musculature. *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 135, suppl. 46, p. 91. Citováno podle: Rogers *et al.* 2009.
- DRYDEN, I. L., MARDIA, K. V. (1998): *Statistical shape analysis*. Chichester: John Wiley & Sons. 347 s. ISBN 0-471-95816-6. Citováno podle: Zelditch 2004.
- HELM, S. (1970): Prevalence of malocclusion in relation to development of dentition. *Acta odontologica Scandinavica*, suppl. 58, vol. 28, p. 1-122. Citováno podle: Machytková 2005.
- HENRY, L. (1961): Some data on natural fertility. *Eugenics Quarterly*, vol. 8, no. 2, p. 81-91. Citováno podle: Jones 1995.
- KARLBERG, J. (1987): *Modeling of human growth*. Goeteborg: Universitas regia Gothoburgensis. Citováno podle: Sedlak, Bláha 2007b.

- KENDALL, D. G. (1977): The diffusion of shape. *Advances in Applied Probability*, vol. 9, no. 3, p. 428-430. Citováno podle: Zelditch *et al.* 2004.
- MALLET, J., JIGGINS, C. D., MCMILLAN, W. O. (1996): Evolution: Mimicry meet the mitochondrion. *Current Biology*, vol. 6, no. 8, p. 937-940. Citováno podle: Flegr 2005.
- ORBAK, Z. *et al.* (1998): Pelvic ultrasound measurements in normal girls: relation to puberty and sex hormone concentration. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, vol. 11, no. 4, p. 525-530. Citováno podle: Šnajderová 2007.
- PROFFIT, W. R. (2000): *Contemporary orthodontics*. 3rd ed. St. Louis: Mosby. 742 p. Citováno podle: Machytková 2005.
- ROSENFELD, R. L. (2002): Puberty in the female and its disorders. In SPERLING, M. (ed.). *Pediatric endocrinology*. 2nd ed. Philadelphia: Saunders. ISBN 0721695396. Citováno podle: Alonso, Rosenfield 2002.
- van VALEN, L. (1962): A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*, vol. 16, no. 2, p. 125-142. Citováno podle: Flegr 2005.

Použitý software

- Adobe Systems Incorporated (1990-2002): *Adobe Photoshop*, version 7.0.
- Biostatistics Inc. (1986-2002): *NTSYSpc*, version 2.11f.
- Corel Corporation (2002): Corel PHOTO-PAINT, version 11.735.
- HAMMER, O., HARPER, D. A. T. (1999-2009): *PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis*, version 1.90.
- JADWISZCZAK, P. (c2009): Rndom Pro, version 3.14.
- Microsoft Corporation (1985-1997): Microsoft Excel 97 SR-2.
- ROHLF, F. J. (2003): *tpsSmall*, version 1.20.
- ROHLF, F. J. (2004): *tpsSpline*, version 1.20.
- ROHLF, F. J. (2004): *tpsSuper*, version 1.14.
- ROHLF, F. J. (2008): *tpsRelw*, version 1.46.
- ROHLF, F. J. (2008): *tpsUtil*, version 1.40.
- ROHLF, F. J. (2008): *tpsDig*, version 2.12.
- StatSoft, Inc. (2009): *STATISTICA* (data analysis software system), version 9.0.

15. Seznam zkratek

ANOVA (*Analysis of Variance*) – analýza variance
BMI (*body mass index*) – index tělesné hmotnosti
CCD (*charge-coupled device*) – zařízení s vázanými náboji
CS (centroid size) – velikost centroidu
DNA (*deoxyribonucleic acid*) - deoxyribonukleová kyselina
FSH – folikuly stimulující hormon
GH (*growth hormone*) – růstový hormon
gn – gnathion
go – gonion
ch - cheilion
IGF-I (*insulin-like growth hormone*) – insulinu podobný růstový hormon (typ I)
LH – luteinizační hormon
li – labrale inferius
ls – labrale superius
MANOVA (*Multivariate Analysis of Variance*) – vícerozměrná analýza variance
např. – například
obr. - obrázek
př. n. l. – před naším letopočtem
RW (*relative warp*) - relativní varpa
SD – směrodatná odchylka
sn - subnasale
st. – století
sto – stomion
USA – Spojené státy americké
Ústí n. L. – Ústí nad Labem
WHR (*waist-to-hip ratio*) – poměr obvodu pasu a boků
WCR (*waist-to-chest ratio*) – poměr obvodu pasu a hrudníku

16. Přílohy

Tabulka 1: Výsledky parciální korelační analýzy – chlapci (en face)

Tabulka 2: Výsledky parciální korelační analýzy – dívky (en face)

Tabulka 3: Výsledky parciální korelační analýzy – chlapci (profil)

Tabulka 4: Výsledky parciální korelační analýzy – dívky (profil)

Tabulka 1

chlapci (en-face); n=73	hmotnost	hmotnost	výška	obvod pasu	obvod boků	BMI	WHR	šířka dlaně	délka 3. prstu	šířko-délk. poměr ruky	2D: 4D	RW1	RW2	RW3	RW4	RW5	šířka rtů	výška horn. rtu	výška doIn. rtu	celk. výška rtů	CS
	1,00	1,00	0,80	0,90	0,91	0,92	0,14	0,79	0,77	-0,03	0,20	0,04	-0,08	0,08	0,12	0,21	0,47	0,22	0,22	0,24	0,29
výška	0,80	1,00	1,00	0,60	0,65	0,49	0,05	0,74	0,84	-0,19	0,23	-0,03	-0,13	0,11	-0,08	0,14	0,37	0,12	0,09	0,11	0,15
obvod pasu	0,90	1,00	0,60	1,00	0,88	0,89	0,38	0,60	0,60	-0,06	0,14	0,02	0,00	0,10	0,21	0,19	0,43	0,22	0,19	0,22	0,26
obvod boků	0,91	0,88	0,65	0,88	1,00	0,88	-0,09	0,68	0,59	0,08	0,21	0,18	-0,04	0,10	0,12	0,17	0,32	0,28	0,30	0,32	0,33
BMI	0,92	0,88	0,49	0,89	0,88	1,00	0,17	0,65	0,56	0,09	0,14	0,07	-0,05	0,05	0,23	0,21	0,42	0,23	0,25	0,26	0,32
WHR	0,14	0,05	0,05	0,38	-0,09	0,17	1,00	-0,04	0,14	-0,29	-0,11	-0,33	0,07	0,05	0,17	0,07	0,29	-0,11	-0,20	-0,18	-0,10
šířka dlaně	0,79	0,74	0,79	0,60	0,68	0,65	-0,04	1,00	0,79	0,26	0,23	0,03	-0,19	0,04	0,09	0,08	0,35	0,14	0,19	0,18	0,17
délka 3. prstu	0,77	0,84	0,79	0,60	0,59	0,56	0,14	0,79	1,00	-0,38	0,23	-0,05	-0,26	0,10	-0,02	0,04	0,44	0,13	0,09	0,12	0,12
šířko-délk. poměr ruky	-0,03	-0,19	-0,19	-0,06	0,08	0,09	-0,29	0,26	-0,38	1,00	0,00	0,11	0,13	-0,08	0,16	0,05	-0,15	0,01	0,13	0,09	0,10
2D:4D	0,20	0,23	0,23	0,14	0,21	0,14	-0,11	0,23	0,23	0,00	1,00	-0,08	-0,12	0,01	-0,16	0,18	0,11	-0,22	0,00	-0,10	0,19
RW1	0,04	-0,03	-0,03	0,02	0,18	0,07	-0,33	0,03	-0,05	0,11	-0,08	1,00	1,00	0,12	-0,02	0,00	-0,19	0,72	0,87	0,88	0,32
RW2	-0,08	-0,13	-0,13	0,00	-0,04	-0,05	0,07	-0,19	-0,26	0,13	-0,12	1,00	1,00	0,03	0,05	-0,02	0,09	0,10	0,26	0,21	0,12
RW3	0,08	0,11	0,11	0,10	0,10	0,05	0,05	0,04	0,10	-0,08	0,01	0,02	0,03	1,00	-0,05	0,05	0,33	0,41	-0,06	0,14	0,15
RW4	0,12	-0,08	-0,08	0,21	0,12	0,23	0,17	0,09	-0,02	0,16	-0,16	-0,02	0,05	-0,05	1,00	-0,18	0,14	0,07	-0,07	-0,02	0,00
RW5	0,21	0,14	0,14	0,19	0,17	0,21	0,07	0,08	0,04	0,05	0,18	0,00	-0,02	0,05	-0,18	1,00	0,06	0,05	0,07	0,07	0,00
šířka rtů	0,47	0,37	0,43	0,32	0,42	0,42	0,29	0,35	0,44	-0,15	0,11	-0,19	0,09	0,33	0,14	0,06	1,00	0,32	0,13	0,23	0,39
výška horn. rtu	0,22	0,12	0,12	0,22	0,28	0,23	-0,11	0,14	0,13	0,01	-0,22	0,72	0,10	0,41	0,07	0,05	0,32	1,00	0,67	0,88	0,42
výška doIn. rtu	0,22	0,09	0,19	0,30	0,30	0,25	-0,20	0,19	0,09	0,13	0,00	0,87	0,26	-0,06	0,07	0,07	0,13	0,67	1,00	0,94	0,47
celk. výška rtů	0,24	0,11	0,22	0,32	0,32	0,26	-0,18	0,18	0,12	0,09	-0,10	0,88	0,21	0,14	-0,02	0,07	0,23	0,88	0,94	1,00	0,49
CS	0,29	0,15	0,26	0,33	0,33	0,32	-0,10	0,17	0,12	0,10	0,19	0,32	0,12	0,15	0,00	0,00	0,39	0,42	0,47	0,49	1,00

Tabulka 2

dívky (en-face); n=55	hmotnost	hmotnost	výška	obvod pasu	obvod boků	BMI	WHR	šířka dlaně	délka 3. prstu	šířko-délk. poměr ruky	2D: 4D	RW1	RW2	RW3	RW4	RW5	šířka rtů	výška horn. rtu	výška doln. rtu	celk. výška rtů	CS
hmotnost	1,00	1,00	0,62	0,88	0,96	0,91	0,06	0,53	0,33	0,18	0,04	0,17	-0,07	-0,06	-0,11	0,04	0,42	0,19	0,37	0,36	0,29
výška	0,62	1,00	1,00	0,42	0,60	0,30	-0,25	0,55	0,64	-0,17	-0,13	-0,03	0,14	-0,07	-0,06	-0,04	0,35	0,06	0,22	0,19	0,21
obvod pasu	0,88	1,00	0,42	1,00	0,85	0,91	0,45	0,56	0,30	0,24	0,02	0,20	-0,07	-0,09	-0,08	0,01	0,33	0,17	0,32	0,32	0,25
obvod boků	0,96	1,00	0,60	0,85	1,00	0,90	-0,07	0,54	0,35	0,17	0,03	0,14	-0,16	-0,08	-0,09	0,08	0,40	0,19	0,33	0,33	0,24
BMI	0,91	1,00	0,30	0,91	0,90	1,00	0,23	0,50	0,14	0,37	0,08	0,19	-0,12	-0,07	-0,07	0,09	0,36	0,20	0,31	0,33	0,19
WHR	0,06	0,23	-0,25	0,45	-0,07	0,23	1,00	0,10	-0,06	0,18	0,00	0,19	0,15	-0,03	-0,05	-0,12	-0,03	0,03	0,12	0,11	0,10
šířka dlaně	0,53	0,10	0,10	0,54	0,50	0,10	0,10	1,00	0,59	0,38	0,15	-0,04	0,14	-0,10	0,08	0,08	0,18	0,05	0,05	0,06	0,06
délka 3. prstu	0,33	0,14	0,06	0,30	0,35	0,14	-0,06	0,59	1,00	-0,52	-0,03	-0,09	-0,03	-0,20	-0,13	-0,03	0,26	-0,11	0,17	0,08	0,18
šířko-délk. poměr ruky	0,18	0,18	-0,17	0,24	0,17	0,37	0,18	0,38	-0,52	1,00	0,20	0,06	0,17	0,14	0,21	0,12	-0,09	0,18	-0,14	-0,02	-0,13
2D:4D	0,04	0,08	-0,13	0,02	0,03	0,08	0,00	0,15	-0,03	0,20	1,00	-0,18	-0,09	0,03	-0,03	-0,02	0,02	-0,09	-0,14	-0,15	-0,04
RW1	0,17	0,19	-0,03	0,20	0,14	0,19	0,19	-0,04	-0,09	0,06	-0,18	1,00	0,22	-0,06	0,10	0,08	-0,10	0,66	0,68	0,82	0,47
RW2	-0,07	-0,12	0,14	-0,07	-0,16	-0,12	0,15	0,14	-0,03	0,17	-0,09	0,22	1,00	-0,04	-0,15	-0,32	0,13	0,09	0,37	0,32	0,19
RW3	-0,06	-0,07	-0,03	-0,09	-0,08	-0,07	-0,03	-0,10	-0,20	0,14	0,03	-0,06	-0,04	1,00	0,21	-0,03	0,00	0,49	-0,39	-0,06	-0,22
RW4	-0,11	-0,06	-0,06	-0,08	-0,09	-0,07	-0,03	-0,20	0,03	0,21	0,00	0,20	-0,15	0,21	1,00	0,20	-0,31	0,34	-0,40	-0,14	-0,17
RW5	0,04	0,08	0,08	0,01	0,02	0,08	0,08	0,02	0,03	0,12	-0,02	1,00	-0,32	0,20	1,00	1,00	-0,13	0,12	-0,02	0,04	-0,07
šířka rtů	0,42	0,06	0,06	0,42	0,40	0,36	-0,03	0,18	0,26	-0,09	0,02	1,00	-0,04	0,00	-0,31	1,00	0,00	0,21	0,46	0,45	0,49
výška horn. rtu	0,19	0,06	0,06	0,17	0,19	0,20	0,21	0,05	-0,11	0,12	-0,09	0,21	0,09	0,12	0,12	1,00	0,21	1,00	0,30	0,70	0,34
výška doln. rtu	0,37	0,22	0,22	0,32	0,33	0,31	0,12	0,05	0,17	-0,14	-0,14	0,68	0,37	-0,39	-0,40	-0,02	0,46	0,30	1,00	0,89	0,69
celk. výška rtů	0,36	0,19	0,19	0,32	0,33	0,33	0,11	0,06	0,08	-0,02	-0,15	0,82	0,32	-0,06	-0,14	0,04	0,45	0,70	0,89	1,00	0,68
CS	0,29	0,21	0,21	0,25	0,24	0,19	0,10	0,06	0,18	-0,13	-0,04	0,47	0,19	-0,22	-0,17	-0,07	0,49	0,34	0,69	0,68	1,00

Tabulka 3

chlapci (profil); n=64	hmotn ost	výška	obvod pasu	obvod boků	BMI	WHR	šířka dlaně	délka 3. prstu	šířko- délk. poměr ruky	2D: 4D	RW1	RW2	RW3	RW4	RW5	hloub ka rtů	výška hom. rtu	výška doln. rtu	celk. výška rtů	CS
hmotnost	1,00	0,85	0,91	0,94	0,92	0,10	0,86	0,82	-0,07	0,04	0,14	0,10	0,05	0,18	-0,10	0,06	0,27	0,07	0,20	0,16
výška	0,85	1,00	0,69	0,75	0,59	-0,03	0,84	0,89	-0,23	0,07	0,12	0,11	0,06	0,20	-0,14	0,07	0,22	0,01	0,13	0,08
obvod pasu	0,91	0,69	1,00	0,91	0,91	0,36	0,70	0,68	-0,09	0,02	0,19	0,07	0,01	0,12	-0,07	0,00	0,27	0,10	0,21	0,15
obvod boků	0,94	0,75	0,91	1,00	0,89	-0,06	0,77	0,70	-0,01	0,07	0,18	0,01	-0,03	0,20	-0,12	0,02	0,29	0,15	0,26	0,21
BMI	0,92	0,59	0,91	0,89	1,00	0,18	0,71	0,61	0,05	0,00	0,14	0,08	0,04	0,12	-0,05	0,04	0,26	0,10	0,20	0,19
WHR	0,10	-0,03	0,36	-0,06	0,18	1,00	-0,03	0,08	-0,22	-0,13	0,04	0,17	0,08	-0,15	0,10	-0,06	0,00	-0,08	-0,07	-0,13
šířka dlaně	0,86	0,84	0,70	0,77	0,71	-0,03	1,00	0,84	0,13	0,07	0,00	0,17	0,18	0,26	-0,19	0,16	0,21	-0,03	0,07	0,13
délka 3. prstu	0,82	0,89	0,68	0,70	0,61	0,08	0,84	1,00	-0,42	0,07	0,12	0,18	0,09	0,31	-0,11	0,10	0,24	-0,02	0,12	0,07
šířko-délk. poměr ruky	-0,07	-0,23	-0,09	-0,01	0,05	-0,22	1,00	-0,42	1,00	-0,01	-0,24	-0,02	0,13	-0,13	-0,10	0,11	-0,08	-0,01	-0,09	0,12
2D:4D	0,04	0,07	0,02	0,07	0,00	-0,13	0,07	0,07	-0,01	1,00	0,05	0,03	-0,07	0,03	0,05	0,02	0,02	-0,07	0,03	0,04
RW1	0,14	0,12	0,19	0,18	0,14	0,04	0,00	0,12	-0,24	0,05	1,00	0,04	0,03	-0,02	0,10	-0,67	0,53	0,21	0,42	-0,27
RW2	0,10	0,11	0,07	0,01	0,08	0,17	0,17	0,18	-0,02	0,03	0,04	1,00	0,09	-0,18	0,12	0,23	-0,25	-0,43	-0,42	-0,13
RW3	0,05	0,06	0,01	-0,03	0,04	0,08	0,18	0,09	0,13	-0,07	0,03	0,09	1,00	-0,03	-0,08	-0,44	0,15	-0,47	-0,33	-0,19
RW4	0,18	0,20	0,12	0,20	0,12	-0,15	0,26	0,31	-0,13	-0,03	-0,02	-0,18	-0,03	1,00	0,04	0,28	0,44	0,00	0,34	0,39
RW5	-0,10	-0,14	-0,07	-0,12	-0,05	0,04	-0,19	-0,10	0,05	0,10	0,12	0,12	-0,08	0,04	1,00	0,13	0,16	0,05	0,25	0,18
hloubka rtů	0,06	0,07	0,00	0,02	0,04	-0,06	0,16	0,10	0,11	0,02	-0,67	0,23	-0,44	0,28	0,13	1,00	-0,10	0,19	0,11	0,60
výška hom. rtu	0,27	0,22	0,27	0,29	0,26	0,00	0,21	0,24	-0,08	0,02	0,53	-0,25	0,15	0,44	0,16	-0,10	1,00	0,53	0,84	0,42
výška doln. rtu	0,07	0,01	0,10	0,15	0,10	-0,08	-0,03	-0,02	-0,01	-0,07	0,21	-0,43	-0,47	0,00	0,05	0,19	0,53	1,00	0,84	0,45
celk. výška rtů	0,20	0,13	0,21	0,26	0,20	-0,07	0,07	0,12	-0,09	0,03	0,42	-0,42	-0,33	0,34	0,25	0,11	0,84	0,84	1,00	0,52
CS	0,16	0,08	0,15	0,21	0,19	-0,13	0,13	0,07	0,12	0,04	-0,27	-0,13	-0,19	0,39	0,18	0,60	0,42	0,45	0,52	1,00

Tabulka 4

dívky (profil); n=56	hmotn ost	výška	obvod pasu	obvod boků	BMI	WHR	šířka dlaně	délka 3. prstu	šířko- délk. poměr ruky	2D:4 D	RW1	RW2	RW3	RW4	RW5	hloub ka rtů	výška horn. rtu	výška doln. rtu	celk. výška rtů	CS
hmotnost	1,00	0,67	0,91	0,97	0,91	0,20	0,61	0,48	0,03	0,07	0,31	-0,22	0,09	-0,06	0,16	-0,19	0,40	0,35	0,40	0,23
výška	0,67	1,00	0,48	0,63	0,34	-0,12	0,47	0,73	-0,39	0,00	0,12	-0,24	-0,18	-0,12	0,19	-0,03	0,16	0,33	0,31	0,23
obvod pasu	0,91	0,48	1,00	0,88	0,91	0,54	0,63	0,42	0,11	0,08	0,39	-0,15	0,18	-0,09	0,21	-0,31	0,38	0,22	0,32	0,12
obvod boků	0,97	0,63	0,88	1,00	0,90	0,08	0,59	0,46	0,03	0,07	0,27	-0,25	0,14	-0,02	0,14	-0,17	0,43	0,38	0,41	0,27
BMI	0,91	0,34	0,91	0,90	1,00	0,33	0,58	0,25	0,26	0,11	0,36	-0,16	0,24	-0,03	0,09	-0,26	0,43	0,26	0,33	0,14
WHR	0,20	-0,12	0,54	0,08	0,33	1,00	0,27	0,06	0,20	0,05	0,33	0,15	0,10	-0,15	0,20	-0,31	0,05	-0,20	-0,05	-0,20
šířka dlaně	0,61	0,47	0,63	0,59	0,58	0,27	1,00	0,55	0,32	0,11	0,51	-0,12	0,22	-0,11	0,32	-0,37	0,41	0,11	0,30	0,06
délka 3. prstu	0,48	0,73	0,42	0,46	0,25	0,06	0,55	1,00	-0,61	-0,04	0,28	-0,10	-0,11	-0,05	0,34	-0,06	0,29	0,22	0,34	0,21
šířko-délk. poměr ruky	0,03	-0,39	0,11	0,03	0,26	0,20	0,32	-0,61	1,00	0,13	0,15	0,02	0,33	-0,06	-0,11	-0,29	0,04	-0,16	-0,13	-0,19
2D:4D	0,07	0,00	0,08	0,07	0,11	0,05	0,11	-0,04	0,13	1,00	0,21	-0,04	-0,05	0,08	0,13	-0,07	0,17	0,01	0,17	-0,15
RW1	0,31	0,12	0,39	0,27	0,36	0,33	0,51	0,28	0,15	0,21	1,00	-0,10	0,11	-0,05	0,23	-0,70	0,62	0,16	0,48	-0,08
RW2	-0,22	-0,24	-0,15	-0,25	-0,16	0,15	-0,12	-0,10	0,02	-0,04	-0,10	1,00	-0,11	0,01	-0,16	0,33	-0,41	-0,45	-0,48	-0,13
RW3	0,09	-0,18	0,18	0,14	0,24	0,10	0,22	-0,11	0,33	-0,05	0,11	-0,11	1,00	0,11	-0,03	-0,47	0,33	-0,30	-0,16	-0,18
RW4	-0,06	-0,12	-0,09	-0,02	-0,03	-0,15	-0,11	-0,05	-0,06	0,08	-0,05	0,01	1,00	1,00	-0,14	0,20	0,19	-0,36	-0,04	-0,08
RW5	0,16	0,19	0,21	0,14	0,09	0,20	0,32	0,34	-0,11	-0,03	0,01	-0,14	1,00	1,00	0,01	0,01	0,35	0,26	0,48	0,22
hloubka rtů	-0,19	-0,03	-0,31	-0,28	-0,70	1,00	-0,28	0,18	-0,28	0,01	1,00	0,01	0,00	0,00	0,01	1,00	-0,28	0,18	0,00	0,45
výška horn. rtu	0,40	0,16	0,38	0,43	0,43	0,05	0,41	0,29	0,04	0,17	0,62	-0,41	0,33	0,19	0,35	-0,28	1,00	0,53	0,84	0,38
výška doln. rtu	0,35	0,33	0,22	0,38	0,26	-0,20	0,11	0,22	-0,16	0,01	0,16	-0,45	-0,30	-0,36	0,26	0,18	0,53	1,00	0,85	0,68
celk. výška rtů	0,40	0,31	0,32	0,41	0,33	-0,05	0,30	0,34	-0,13	0,17	0,48	-0,48	-0,16	-0,04	0,48	0,00	0,84	0,85	1,00	0,58
CS	0,23	0,23	0,12	0,27	0,14	-0,20	0,06	0,21	-0,19	-0,15	-0,08	-0,13	-0,18	-0,08	0,22	0,45	0,38	0,68	0,58	1,00