

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Katedra antropologie a genetiky člověka

Diplomová práce



Ontogenetické změny obličeje

Bc. Eliška Benešová

Školitel: RNDr. Hana Eliášová, Ph.D.

Praha 2010

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně na základě uvedené použité literatury.

V Praze dne 12.8.2010

Eliška Benešová

.....

.

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala své školitelce RNDr. Haně Eliášové, Ph.D. za odborné vedení, čas a přínosné rady během tvorby mé diplomové práce. Dále děkuji RNDr. Petře Urbanové, PhD. Za technické rady a čas dále děkuji RNDr. Yvonne Němcové, Ph.D. Také děkuji své rodině a příteli za jejich podporu a pomoc.

Abstrakt

Lidský obličej je charakterizován kombinací morfologických znaků, které jsou pro každého jedince unikátní. Jednotlivé znaky podléhají během ontogeneze změnám ovlivněných věkem, patologickými stavy, úrazy. Cílem této diplomové práce bylo sledování věkových změn obličeje u jedinců ve věkovém rozpětí od jednoho do osmnácti let. Materiálem byly černobílé portrétní fotografie dívek a chlapců. Analýza věkových změn faciální oblasti byla provedena pomocí metody geometrické morfometrie, konkrétně metody tenkých ohebných plátek (TPS). Na základě tvarové analýzy bylo potvrzeno, že mezi věkem a tvarovými změnami obličeje existuje významný vztah. Bylo zjištěno, že dochází zejména k zásadním změnám ve výškových a šířkových poměrech. Dochází k prodlužování a zužování obličeje, snížení výšky čela a zároveň nárůstu dolní čelisti do délky. Změny obličeje jsou také ovlivněny pohlavím jedince, přičemž u dívek je celkový růst obličeje zastaven kolem patnáctého roku, u chlapců pokračuje až do osmnácti let.

Klíčová slova

Geometrická morfometrie, metoda tenkých ohebných plátek, ontogenetický vývoj obličeje, věkové změny.

Abstract

The human face is characterized by a combination of morphological characters, which are unique for each individual. These characters are subject to change during ontogeny influenced by age, pathological conditions, injuries. The aim of this diploma thesis was an observation of age changes in the face of individuals in the age range from one to eighteen. Resource material were black and white photographs of girls and boys. Analysis of age changes in facial area was performed using methods of geometric morphometrics, specifically thin plate spline (TPS). The shape analysis confirmed, that between age and face shape exists significant relationship. It was found, that is mainly due to significant changes in height and width ratios. Face extends and narrows, forehead height is reduced and lower jaw grows to length. Facial changes are also influenced by the sex of individuals, while for girls the overall growth in the face stops about age of fifteen, for boys continues to the age of eighteen years.

Keywords

Geometric morphometrics, thin plate spline, ontogenetic development of the face, age changes.

Obsah

1	Úvod.....	1
1.1	Cíl práce	2
2	Anatomie obličeje	3
2.1	Skelet obličeje	3
2.1.1	Lebka novorozence	4
2.1.2	Pohlavní dimorfismus lebky	5
2.2	Svaly obličeje	7
3	Morfologie obličeje.....	9
3.1	Celkový tvar obličeje	9
3.2	Obličejové krajiny	10
3.2.1	Krajina čelní (regio frontalis)	10
3.2.2	Krajina oční (regio orbitalis)	10
3.2.3	Krajina nosní (regio nasalis)	12
3.2.4	Krajina ústní (regio oralis)	12
3.2.5	Krajina bradová (regio mentalis)	13
3.2.6	krajina tvářová (regio buccalis)	14
3.2.7	Ušní boltec	14
3.3	Pohlavní dimorfismus	14
3.4	Mezipopulační rozdíly	15
4	Růst a vývoj obličeje.....	17
4.1	Prenatální období	18
4.2	Postnatální období.....	22
4.2.1	Růst struktur lebky	23
4.2.2	Vývoj dentice	25
4.2.3	Morfologické změny v postnatálním období	26
4.2.4	Metrické změny obličeje.....	31
5	Geometrická morfometrie	33
5.1	Morfometrie	33
5.2	Geometrická morfometrie	35
5.3	Význačné body (landmarky)	35
5.3.1	Booksteinovy typy landmarků:	36
5.3.2	Semilandmarky	37
5.4	Analýza obrysů.....	37
5.5	Metody geometrické morfometrie.....	38
5.5.1	Standardizace objektů - Prokrústovská analýza.....	38
5.5.2	Fourierova analýza.....	38
5.5.3	Metoda tenkých ohebných plátek (TPS – Thin-Plate Spline)	39
5.5.4	Analýza hlavních komponent (PCA – Principal Components Analysis)	40
5.5.5	Statistické testování tvarových proměnných	40
6	MATERIÁL A METODY	42
6.1	Materiál	42
6.2	Metody	43
6.2.1	Příprava a úprava fotografií	43
6.2.2	Digitalizace fotografií	43
6.2.3	Analýza tvaru	46
7	VÝSLEDKY	49
7.1	Chyba digitalizace	49

7.2	Hodnocení tvarové variability na základě analýzy relativních varp - dívky.....	49
7.3	Hodnocení tvarové variability na základě analýzy relativních varp - chlapci	58
7.4	Hodnocení tvarové variability na základě analýzy relativních varp – pro obě pohlaví	66
7.5	MANOVA.....	70
7.6	Regresní analýza	71
7.6.1	Regresní analýza – dívky.....	71
7.6.2	Regresní analýza – chlapci	72
7.7	Věkové změny v jednotlivých věkových kategoriích	73
7.7.1	Skupina A – 1 až 3 roky.....	73
7.7.2	skupina B – 4 až 6 let.....	74
7.7.3	skupina C – 7 až 9 let.....	74
7.7.4	skupina D – 10 až 12 let.....	74
7.7.5	skupina E – 13 až 15 let.....	74
7.7.6	skupina F – 16 až 18 let	75
8	Diskuse.....	76
9	Závěr	80
10	Použitá literatura	81
10.1	Internetové zdroje	89
10.2	Programový software.....	89
11	Seznam použitých zkratk	91
12	Seznam obrázků.....	92
13	Seznam grafů	94
14	Seznam tabulek.....	95
15	Přílohy.....	96
15.1	Příloha č. 1 – Regresní analýza – modely věkových změn dívky (1 až 18 let).....	96
15.2	Příloha č. 2 – Regresní analýza – modely věkových změn chlapci (1 až 18 let).....	96

1 Úvod

Lidský obličej je „vizitka“ každého z nás. Denně vnímáme obličej kolemdoucích lidí, rodinných příslušníků, kamarádů, známých či kolegů v práci. Na první pohled z nich poznáme, jestli se jedná o ženu či muže, zda se jedná o dítě či starou osobu, ke kterému etniku osoba patří. V obličej se odráží také zdravotní stav jedince, psychická pohoda či stres, ale také socioekonomické faktory nebo vnější podmínky života. Díky mimice dokážeme beze slova sdělit okolí, jak se cítíme, jaké prožíváme emoce, zda se nám něco líbí nebo naopak nelíbí. Dokážeme neverbální komunikací dát najevo, zda je nám někdo sympatický či naopak nepříjemný.

V průběhu života prochází obličej dlouhým vývojovým procesem. Nejprve se během prenatálního období postupně vyvíjí. Poté se v postnatálním životě výrazně mění, zejména v období od narození až do dospělosti. A to například v souvislosti s prořezáváním zubů, vývojem žvýkacích svalů. S přibývajícím věkem přibývá vrásek a kůže ztrácí pružnost a pokles kůže ovlivní tvar obličej.

Tvář každého z nás má charakteristické rysy, podle kterých dokážeme osoby identifikovat. Toho se využívá v kriminalistické praxi. „S ohledem na genetickou variabilitu a rozmanitost faktorů prostředí nemohou na světě teoreticky existovat dva jedinci s naprosto shodnou kombinací znaků (vnitrodruhovú variabilita)“ (Eliášová in Straus et al, 2006). Vnější znaky každého lidského obličej jsou fenotypovým projevem genomu člověka. Rysy lidského obličej jsou tudíž důkazem jedinečnosti každé osoby (Fetter, 1967).

Předkládaná diplomová práce je rozdělena na dvě části, část teoretickou a část praktickou. Teoretická část práce zahrnuje anatomii obličej, morfologii obličej, přehled o ontogenezi a pohlavním dimorfismu lidského obličej a etnické variabilitě. Závěrečný oddíl teoretické části pojednává o teorii geometrické morfometrie.

Praktická část práce obsahuje analýzu obličejových změn hodnocených na portrétních fotografiích jedinců (dívek a chlapců) ve věkovém rozpětí od jednoho roku do osmnácti let pomocí geometrické morfometrie.

1.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je longitudinální studie věkových změn na portrétních fotografiích jedinců od 1 do 18 let.

Hypotéza

Během ontogeneze obličej podléhá vývojovým změnám. Metody geometrické morfometrie mohou věkové změny zachytit komplexněji než tradiční somatoskopické a somatometrické postupy.

2 Anatomie obličeje

Na tvaru obličeje se významně podílí skeletální podklad a měkké tkáně.

Na lebce rozlišujeme mozkovou část (neurocranium), kterou tvoří kosti lebeční klenby a lebeční báze a obličejovou část (splanchnocranium).

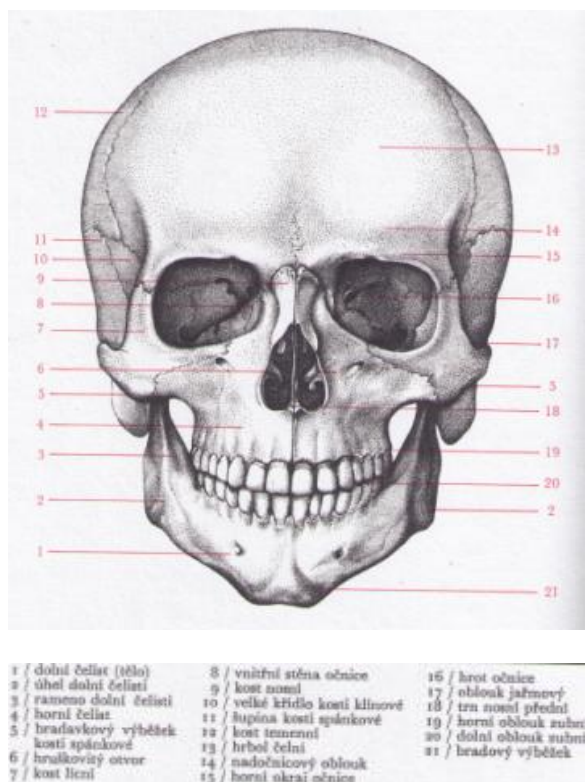
Lebka se z fylogenetického hlediska skládá ze dvou typů kostí – kosti krycí (desmogenní kosti), které osifikují ve vazivu, a kosti náhradní (chrupavčité kosti), které osifikují v chrupavce a nahrazují chrupavčitý základ kosti (Čihák, 2001, Dylevský, 2009).

2.1 Skelet obličeje

Skelet obličeje (splanchnocranium) je tvořen párovými kostmi os zygomaticum, os nasale, os lacrimale, os palatinum, concha nasalis inferior, maxilla a nepárové kosti os ethmoidale, vomer a mandibula. Desmogenní osifikace zde převažuje (Čihák, 2001; Dylevský, 2009). Ke splanchnocraniu patří také chondrogenní osifikací vznikající středoušní malleolus, stapes a incus, processus styloideus a os hyoideum (Grim – Druga et al, 2001).

Kosti lebky jsou spojeny pomocí vaziva, chrupavky či kostí. Kloubní spojení představuje párový čelistní kloub (articulatio temporomandibularis), který se řadí mezi klouby složené (Čihák, 2001).

V obličejové části lebky jsou charakteristické prostory jako je očníce (orbita) a kostěná dutina nosní (cavitas nasi ossea) (obr.4.1) (Čihák, 2001).

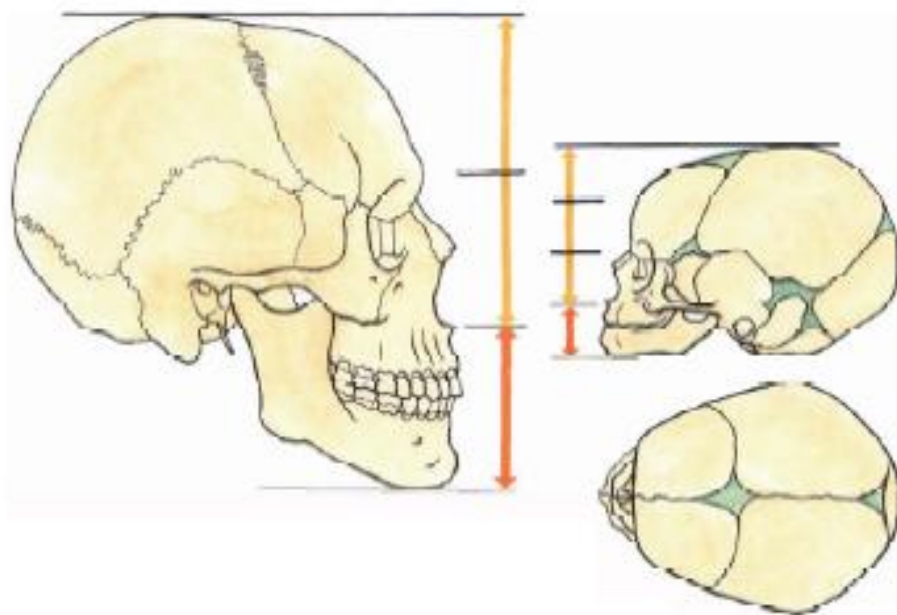


Obrázek 2.1: kosti lebky (upraveno podle Zrzavý, 1977)

2.1.1 Lebka novorozence

Lebka novorozence se výrazně odlišuje od lebky dospělého jedince řadou růstových a tvarových znaků (Dokládál – Páč, 1991). Znaky charakteristické pro lebku novorozence: velké neurocranium, malé a nízké splanchnocranium, což je dané nevyvinutím žvýkacího aparátu, lebka je předozadně protažená, při pohledu shora má tvar pětiúhelníku, párové os frontale je spojené švem, nízká squama temporalis, premaxilla oddělená švem od maxilly, fonticuli uranii (fontanely). Mezi kostmi calvy novorozence nejsou vytvořeny pilovité švy, které se nacházejí na lebce dospělého, ale jsou zde vazivové pásy, které na některých místech přecházejí v rozsáhlejší vazivové spoje. Fonticulus anterior se nachází mezi sutura coronalis, sagitalis a frontalis. Zarůstá do konce druhého roku. Mezi sutura sagitalis a lambdoidea se nachází fonticulus posterior, který zaniká do tří měsíců po narození. Fonticulus sphenoidalis leží mezi os frontale, parietale, squama temporalis a velkým křídlem kosti klínové. Mezi os occipitale, parietale a processus mastoideus leží fonticulus mastoideus (Čihák, 2001). Kromě těchto konstantních fontanel se mohou objevit také malé nekonstatní na různých místech, například fonticulus glabellaris nebo fonticulus metopicus (Dokládál – Páč, 1991). Novorozenecká lebka nemá vytvořené vedlejší dutiny nosní (Křivánková – Hradová, 2009) (obr. 4.2).

Obličejová část novorozence je redukována. Zatímco u dospělého jedince měří obličejová část asi polovinu výšky hlavy, u novorozence měří jen asi třetinu. Horizontála, která pólí výšku hlavy při pohledu zředu, prochází u dospělého jedince vnitřními koutky očí. Naproti tomu u dětí je to značně výše. Malá obličejová část novorozence je podmíněna především malým výškovým rozvojem čelistí. Brada novorozence je slabě vyvinuta a ubíhá dozadu. Ramena dolní čelisti jsou krátká, jejich úhel je velký a hlavička dolní čelisti je malá. Dutina nosní je malá. Očnice jsou relativně i absolutně velké. Čelo se vyklenuje značně vpřed (Zrzavý, 1977).

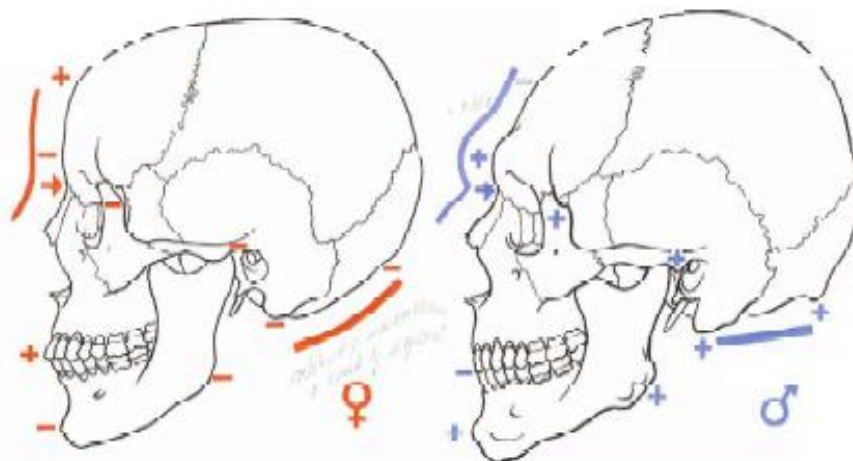


Obrázek 2.2: proporce lidské a norozenecké lebky, na norozenecké lebce jsou patrné fonticuly (upraveno podle Čihák, 2001)

2.1.2 Pohlavní dimorfismus lebky

Lebka vykazuje pohlavní dimorfismus. Jedná se o rozdíly metrické, ale především tvarové. Pro určení pohlaví na základě lebky jsou důležité tvarové znaky. Základní z nich jsou nasofrontální přechod (u žen plynulejší, u mužů v místě přechodu zářez), arcus superciliares (u mužů výrazné, u žen nevýrazné nebo chybí), processus mastoideus (u mužů větší než u žen), tvar záhlaví (u mužů rovnější než u žen), protuberantia occipitalis externa (u mužů výrazná, u žen nevýrazná), tubera frontalia (nápadnější u žen), bradová krajina (na mandibule žen zaoblenější, u mužů hranatá) a processus alveolares (u žen mírně nakloněny periferněji) (Čihák, 2001). Mužská lebka je větší, těžší a mohutnější oproti

ženské (Křivánková – Hradová, 2009). U dívek po 15. roce již neroste horní obličej a dolní čelist roste jen málo. Zatímco u chlapců horní obličej ještě roste a mandibula vyroste skoro stejně jako během puberty (Šmahel, 2001) (obr. 4.3).



Obrázek 2.3: pohlavní rozdíly na lebce mužů a žen (upraveno podle Čihák, 2001)

Přehled pohlavních rozdílů podle Stloukal et al. (1999):

znak	muži	ženy
robustita	robustnější	gracilnější
kapacita mozkovny	větší	menší (asi o 200 ccm)
velikost	větší	menší
svalové úpony	výrazné, vystupující	málo výrazné
povrch	drsnější	hladší
glabella	vystupující	plochá
profil čela	klenba se plynule ohýbá dozadu	kolmé čelo s prudkým ohybem v temeno
arcus superciliares	silně vyvinuté	téměř ploché
tubera frontalia	chybí	silně vyvinuta
tubera parietalia	temeno oblé	silně vyznačena
kořen nosu	ostrý, hluboce zařiznutý	mělký, oblý, plynulý přechod
horní okraj očníce	tupý, oblý	ostrý
očníce	ostřejší úhel očníce	rovnější, okrouhlejší
proc. marginalis	vytvořen	chybí
sinus frontalis	větší	menší
jařmový oblouk	robustní, vysoký s výběžkem	nízký, jemný, hladký
facies malaris	torus zygomaticus, tuberos. malaris	hladká
spina nasalis ant.	velká	malá
apertura nasi	vyšší, ostřejší okraje, nosní kůstky nižší, spojeny v úhlu	oblejší okraje i spojení nosních kůstek
tvar alveol. výběžků	alveolární okraje svislé	alveolární prognatie
zubní oblouk	tvar oblého U, šířka menší než délka	více parabolický, šířka přibližně rovna délce
tvrdé patro	více vyklenuté, delší, širší	plošší, kratší, užší
torus palatinus	méně častý	častější
velikost zubů	nerovnoměrné, velké, M1 dole často 5 hrbolků	M1 dole často 4 hrbolky
protuber. occip. ext.	výrazně vystupuje	chybí, nebo téměř plochá

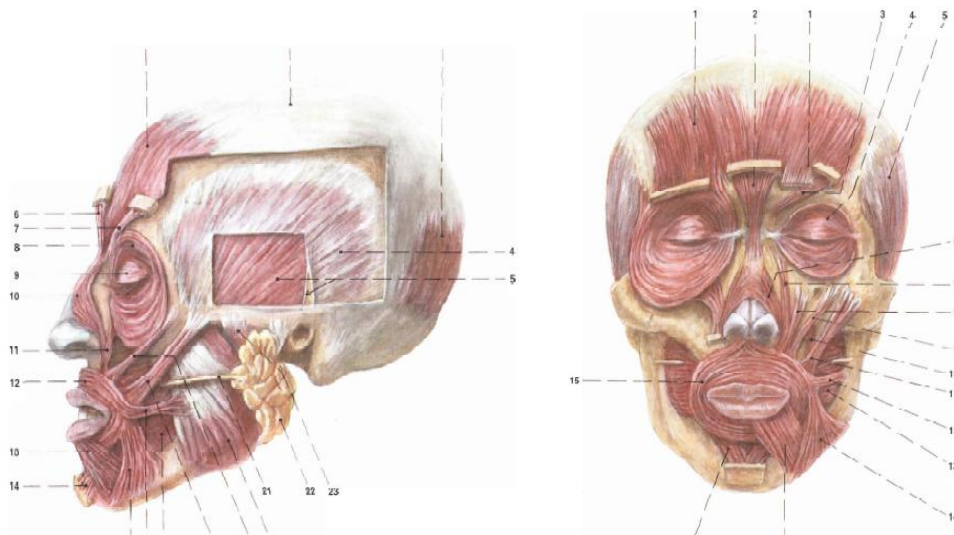
okcipitální krajina	výrazně modelovaná	hladká, planum nuchale zaoblené
proc. mastoideus	velký, apex směřuje vertikálně, nad bází je konkavita	malý, apex směřuje mediálně, jeho linie lebky hladká
crista supramastoidea	dobře vyvinuta	málo vyvinuta nebo chybí
proc. postglenoidalis	častý	většinou chybí
fossa tympanica	malá, vytvořena hrana na os tympanicum	prostorná, oblý val
linea suprameatus	výrazná	nevýrazná
sulcus suprameatus	vytvořen	chybí
condylus occipitalis	velký	menší
foramen magnum	hranatější, větší	menší
otvory obecně	větší	menší
obliterace švů	v sut. sagitalis začíná v obelionu	začíná ve vertexu
dolní čelist	markantně prominuje	hladký profil
trigonum mentale	oboustranná prominence	okrouhlé, hladké
obrys brady	hrnatý	oblý
mandibulární úhel	výrazný, vybočený	hladký, nevybočený

Tabulka 2.1: Přehled pohlavních rozdílů na lebce mužů a žen, oranžově zvýrazněna obličejová část

2.2 Svaly obličeje

Svaly hlavy rozdělujeme na několik skupin podle různé funkce a původu. Základní dvě skupiny jsou svaly žvýkací a mimické. Mimo ně rozeznáváme ještě svaly oční koule, svaly jazyka, měkkého patra a svaly středního ucha (Čihák, 2001) (obr. 4.4).

Svaly žvýkací (musculi masticatorii) vznikají jako derivát prvního žaberního oblouku a inervovány jsou z třetí větve nervu trigeminu, tedy nervus mandibularis (Čihák, 2001). Do této skupiny svalů patří sval spánkový (musculus temporalis), zevní sval žvýkací (musculus masseter), vnitřní křídlový sval (musculus pterygoideus medialis) a zevní křídlový sval (musculus pterygoideus lateralis) (Čihák, 2001; Grim – Druga et al, 2001). Soubornou funkcí žvýkacích svalů jsou žvýkací pohyby, které vznikají díky pohybům, jako jsou elevace mandibuly, posun mandibuly dopředu (protrakce), táhnutí čelisti dozadu (retrakce) nebo rotace čelisti kolem svislé osy (Čihák, 2001).



Obrázek 2.4: svaly hlavy (upraveno podle Čihák, 2001)

Druhou skupinou svalů hlavy jsou svaly mimické (musculi facialis). Vznikají jako derivát druhého žaberního oblouku a inervovány jsou pomocí nervus facialis. Tyto svaly leží povrchově, upínají se do kůže, kterou pohybují, vytváří vrásky, pohybují ústní a oční krajinou a tím určují výraz a mimiku obličeje (Čihák, 2001; Rokyta et al, 2002). Svaly mimické vytvářejí funkční celky: svaly kolem ústní štěrbin, svaly kolem štěrbin očních víček, svaly na nose, svaly na klenbě lebeční a svaly ušního boltce (grim – Druga et al, 2001; Čihák, 2001). Základním svalem kolem štěrbin ústní je kruhový sval ústní (musculus orbicularis oris). Dále sem patří svaly, které se do tohoto svalu připojují jednak shora a z laterální strany: musculus levator labii superioris, musculus levator labii superioris alaeque nasi, musculus zygomaticus minor a major, musculus levator anguli oris a musculus risorius. Zdola se připojuje musculus depressor anguli oris, musculus depressor labii inferioris a musculus mentalis. Druhou funkční skupinou jsou svaly kolem očních víček, kde je základním svalem musculus orbicularis oculi. Dále jsou zde musculus procerus a musculus corrugator supercilii. Na nose se nachází musculus nasalis. Svaly lebeční klenby se souhrně nazývají musculus epicranii. Jeho součástí je musculus frontalis a musculus occipitalis, které se stýkají v galea aponeurotica. Hlubokým svalem mimickým je tvářový sval (musculus buccinator), který tvoří svalový podklad tváře. Součástí tohoto svalu je tukové těleso (corpus adiposum buccae), které vytváří reliéf tváře (Čihák, 2001; Dauber, 2007).

3 Morfologie obličej

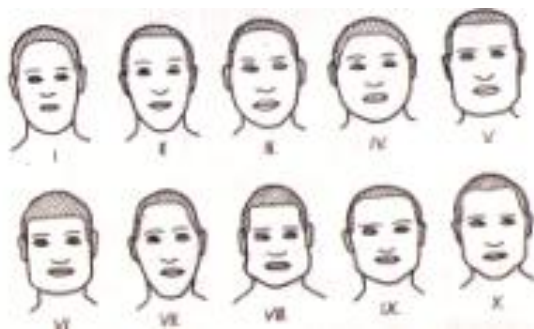
Z topografického hlediska lze obličej rozdělit do několika krajin. Mezi tyto krajiny řadíme nepárovou krajinu nosní (regio nasalis), krajinu ústní (regio oralis), krajinu bradovou (regio mentalis), krajinu čelní (regio frontalis). Dále pak párové krajiny, kam patří krajina oční (regio orbitalis) a krajina tvářová (regio buccalis) (Sinělnikov, 1970). Všechny tyto krajiny se podílejí na výrazu obličej, k němuž přispívá také celkový tvar obličej (Blažek – Trnka et al., 2009).

Popisem morfologických charakteristik obličej se zabývá somatoskopie. K popisů znaků používá předem dohodnuté a přesně vymezené slovní výrazy (Fetter, 1967).

3.1 Celkový tvar obličej

Celkový tvar obličej je významnou charakteristikou. Třídění tvaru obličej podle H. Pöchové je tradičním členěním uváděným v antropologických učebnicích. Rozlišuje deset základních typů: eliptický (největší šířka je přibližně v krajině jařmových kostí, oválný (zužující se k bradě), oválný (zužující se k temeni), kulatý (krátký obličej s rovnoměrně zaokrouhlenou jak horní, tak dolní částí), obdélníkový, čtvercový (od obdélníkového se liší relativní výškou), romboidní (je charakterizován zúžením jak horní, tak i dolní části, největší šířka je v krajině jařmových kostí), trapezoidní (liší se od obdélníkového tím, že brada vystupuje dopředu, přičemž dostaneme kontury připomínající pětiúhelník, vyznačuje se značným rozšířením dolních partií obličej), obráceně trapezoidní (brada opět vystupuje dopředu, největší rozšíření je však v horní části hlavy), pětiúhelníkovitý (obr. 3.1) (Fetter, 1967).

Profil obličej můžeme rozdělit na orthofrontální, transfrontální a cisfrontální. Příslušnost k jednotlivým typům vychází ze dvou vertikál, z nichž první prochází glabelou a druhá nejnižším bodem dolního okraje očnice. U orthofrontálního profilu se horní ret přibližuje k první vertikále a brada k vertikále druhé. U transfrontálního profilu horní ret první vertikálu přesahuje a brada se k ní přibližuje. Cisfrontální profil je charakteristický tím, že horní ret se posunuje k druhé vertikále a brada je až za ní (Blažek – Trnka et al., 2009).



Obrázek 3.1: tvar obličeje podle H. Pöchové (upraveno podle Fetter, 1967)

3.2 Obličejové krajiny

3.2.1 Krajina čelní (regio frontalis)

Krajina čelní vpředu dosahuje ke kořeni nosu a k hornímu okraji očníce. Vzadu pak dosahuje ke krajině temenní a po stranách ke krajinám spánkovým (Sinělnikov, 1970). V krajině čelní hodnotíme výšku čela, která může být malá, střední či velká a je hodnocena relativně vzhledem k obličejové části. Vzhledem k obličejové části a výšce čela je hodnocena šířka čela. Dále hodnotíme profil čela, tubera frontalia, arcus superciliares, glabella, lineae temporales (Fetter, 1967).

3.2.2 Krajina oční (regio orbitalis)

Podkladem oční krajiny je orbita, která má tvar čtyřboké pyramidy. Nahoře je krajina oční ohraničena nadočnicovým obloukem (arcus superciliares), v jehož dolní části se nachází obočí (supercilium), dole přechází v regio infraorbitalis. V orbitě je oční koule (bulbus oculi) (Čihák, 2001a). Oční koule jsou uloženy v očních tak, že je viditelná jen jejich přední část, umožňují všestranné pohyby, zaměření pozornosti určitým směrem a podílí se na celkovém výrazu obličeje. Stěna oční koule je tvořena třemi vrstvami – na povrchu bělma, pod ní cévnatka a sítnice. Na přední straně bělmy se nachází bezbarvá a průhledná rohovka, pod níž prosvítá duhovka, výběžek cévnatky. Duhovka má uprostřed otvor – zornici. Její velikost se mění podle intenzity světla, ale také při emocionálních stavech (strach nebo zlost rozšiřují zornice). Při intenzivním světle se zornice zužuje, naopak při malé intenzitě světla, například za šera, se zornice zvětšuje. Barvu očí určuje množství pigmentu (melaninu) v jednotlivých vrstvách duhovky. Pokud je pigmentu málo, oči mají barvu modrou nebo šedomodrou. Čím je pigmentu více, tím jsou oči tmavší (Blažek – Trnka et al., 2009).

V konkavitě očnicové krajiny je oční štěrbinu (rima palpebrarum), která má tvar vřetenovitý, polovřetenovitý, mandlovitý či polomandlovitý. Oční štěrbinu lemují víčka (palpebrae superior et inferior) (Blažek – Trnka et al., 2009). Obě víčka se na okrajích setkávají (commissura palpebrarum medialis et lateralis) a vytvářejí oční koutek. Vnitřní koutek je zaoblený, vnější ostrý. Hranicí mezi dolním víčkem a regio infraorbitalis je sulcus orbitalis inferior. Mezi horním víčkem a obočím je vytvořena kožní rýha (sulcus orbitalis superior). Dolní víčka mají tvar relativně málo variabilní. Naproti tomu horní víčka díky rozvoji kožních záhybů dodávají oku charakteristický vzhled (Blažek – Trnka et al., 2009). Horní i dolní víčko obsahují tukový polštářek. Z víček vyrůstají ve třech až čtyřech řadách řasy, díky kterým je oko chráněno před vnikem drobných částic (Čihák, 2001a).

U vnitřního koutku se může vyskytovat malý kožní záhyb tzv. epicantus (mongolska řasa). Epicantus více či méně zakrývá slznou jahůdku (Blažek – Trnka et al., 2009).

V krajině očí hodnotíme šířku, hustotu, tvar, vzdálenost a kvalitu obočí; délku, hustotu a tvar řas; postavení oční štěrbinu, která může být rovná, mít vnější koutek níže či výše. Dalšími hodnocenými znaky jsou velikost oční štěrbinu, tvar oční štěrbinu, u kterého rozeznáváme 4 typy: vřetenovitý, polovřetenovitý, mandlovitý, polomandlovitý (obr. 3.2) (Fetter, 1967).



Obrázek 3.2: vlevo tvar oční štěrbinu (1. vřetenovitý, 2. polovřetenovitý, 3. polomandlovitý), vpravo velikost oční štěrbinu (1. úzká, 2. střední, 3. široká) (upraveno podle Fetter, 1967)

3.2.3 Krajina nosní (regio nasalis)

Krajina nosní odpovídá kořenu nosu (Sinělnikov, 1970). Tvar nosu je dán jeho kostěným a chrupavčítým podkladem. Celkový tvar nosu je ovlivněn tvarem nosní přepážky, postranní párové chrupavky a párové křídlové chrupavky a hrot nosu párem chrupavek křídlovitých. Rozdíly ve tvaru nosu u jednotlivců mohou být u všech částí nosu (kořen, hřbet, hrot, přechod v čelo). U mužů je na přechodu nosu v čelo výrazné prohloubení. Hřbet nosu vykazuje velkou variabilitu, bývá rovný, konvexní (tzv. orlí nos) nebo konkávní. Hrot nosu zaujímá krajinu křídlovitých chrupavek. Vyskytuje se jako pokračování chrupavčitého hřbetu, může směřovat vzhůru nebo dolů. Tvar dolní části nosu ovlivňují nosní křídla. Určují tvar, velikost a pozici nosních dírek. Výška nosu odpovídá vzdálenosti bodů nasion a subnasale a šířka nosu je největší vzdálenost obou nosních křídel, tedy vzdálenost obou bodů alare (Blažek – Trnka et al., 2009).

Na nose se nachází velmi mnoho znaků s velkou variační šíří. Hodnotíme výšku a šířku nosu; profil a šířku hřbetu nosu; kostěnou část nosu a chrupavčitou část nosu; velikost, tvar a směr hrotu nosu; šířku a výšku kořene nosu; přechod čela ve hřbet nosu; nasazení nosních křídélek; dolní okraj křídélek; délku, šířku, směr a tvar nosních otvorů a výšku, šířku a tvar septa (obr. 3.3) (Fetter, 1967).



Obrázek 3.3: výška nosu (malá, střední, velká) (upraveno podle Fetter, 1967)

3.2.4 Krajina ústní (regio oralis)

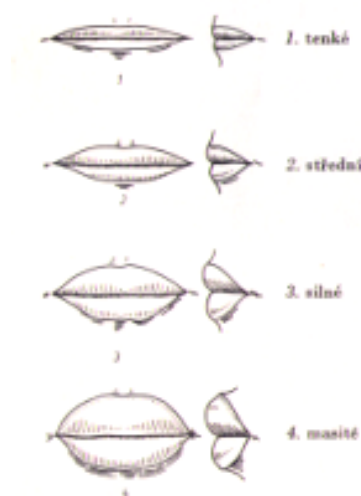
V krajině ústní dále rozlišujeme krajinu horního rtu (regio labialis superioris) a krajinu dolního rtu (regio labialis inferioris). Krajina ústní se nachází mezi bazí nosu a bradou. Od krajiny bradové je krajina ústní oddělena rýhou sulcus mentolabialis (Sinělnikov, 1970). Ústní štěrbina (rima oris) je ohraničena horním rtem

(labium superius) a dolním rtem (labium inferius), které se stýkají v ústních koutcích (anguli oris) (Blažek – Trnka et al., 2009).

Tato krajina nemá pevný kosterní podklad, ale je určena svaly (především musculus orbicularis oris), které mění tvar a uložení rtů a tvar a velikost ústního otvoru. Pouze na prominenci rtů se podílejí částečně alveolární výběžky horní i dolní čelisti (Blažek – Trnka et al., 2009).

Horní ret je vymezen dolním okrajem nosu, obrysovou linií červené části horního rtu a sulcus nasolabialis dx. et sin. Dolní ret je definován spodním okrajem červené části dolního rtu, horizontální rýhou sulcus mentolabialis a pokračováním sulcus nasolabialis dx. et sin. Od báze nosu až k červení horního rtu sestupuje mělká rýha (philtrum) (Blažek – Trnka et al., 2009).

V krajině ústní hodnotíme výšku a profil horního rtu; šířku, hloubku, tvar filtra; výšku a profil dolního rtu; tloušťku a šířku rtů; výšku červené části horního a dolního rtu; obrys červené části horního a dolního rtu; linii úst; koutky úst (obr. 3.4) (Fetter, 1967).



Obrázek 3.4: tloušťka rtů (upraveno podle Fetter, 1967)

3.2.5 Krajina bradová (regio mentalis)

Krajina bradová je od krajiny ústní, respektive dolního rtu, oddělena rýhou sulcus mentolabialis. Naproti tomu v krajinu tvářovou přechází plynule (Sinělnikov, 1970). Základní tvar brady je dán kostěným podkladem, který tvoří část těla dolní čelisti. Na vrcholu vyklenutí brady se může vyskytovat důlek nebo vertikální rýha (Blažek – Trnka et

al., 2009). Tvar brady může být hranatý, eliptický, kulatý nebo prohloubený. Profil brady je vystupující širokým oválem, vystupující úzkým oválem, rovný nebo ustupující. Dále hodnotíme přítomnost či nepřítomnost sulcus mentolabialis, důlku a výšku a šířku brady (Fetter, 1967).

3.2.6 krajina tvářová (regio buccalis)

Krajina tvářová je od krajiny nosní a ústní oddělena rýhou sulcus nasolabialis (Sinělnikov, 1970). Horní hranici tvoří dolní víčko. Dále sahá tvářová krajina až k ušnímu boltci. Dolní okraj je ohraničen dolním okrajem na dolní čelisti. Tvar tváří vychází především z podkladu měkkých tkání – musculus buccinator a corpus adiposum (Blažek – Trnka et al., 2009).

3.2.7 Ušní boltec

Ušní boltec (auricula) se vyznačuje celou řadou charakteristik důležitých z hlediska fylogenetického, ale také genetického. Variabilita a individuální zvláštnosti těchto charakteristik mohou sloužit při popisu a identifikaci osoby v kriminalistické praxi. Délka ušního boltce je přibližně stejná jako výška nosu. Horní okraj boltce je v rovině kořene nosu a dolní v rovině spina nasalis anterior. Podkladem boltce je chrupavka cartilago auriculae. Tato chrupavka odpovídá tvaru boltce, pouze lalůček nemá chrupavku. Délka a šířka boltce se hodnotí jak k sobě navzájem, tak i vzhledem k celé hlavě a k obličejovým proporcím. Boltec může být přilehlý či odstávající. Celkový tvar obrysu boltce může být oválný, hranatý nebo zakulacený. Reliéf boltce je modelovaný s rozdílnou intenzitou. Zavnutí helixu je rovnoměrné nebo nerovnoměrné a slabé nebo silné. Hodnotíme také přítomnost Darwinova hrbolku. Tragus může být různě velký a jeho tvar je od plochého až po hrotivý a rozeznáváme jednohrbolový a dvouhrbolový. Mezi další hodnocené charakteristiky patří velikost a tvar antitragu a incisura intertragica. Na lalůčku hodnotíme jeho velikost a tloušťku, přítomnost rýh a vrásek. Dále pak postavení lalůčku vzhledem k rovině celého boltce, kdy může být lalůček pod rovinou boltce až po silně vyčnívající do stran. Dolní okraj lalůčku je volný nebo přirostlý (Fetter, 1967).

3.3 Pohlavní dimorfismus

Obličej mužů a žen se liší. S nástupem puberty a tvorbou sekundárních pohlavních znaků se začínají prohlubovat rozdíly v morfologických znacích obličej obou pohlaví.

Nastává proces maskulinizace a feminizace. Velký vliv na tvarové změny mají pohlavní hormony, testosteron u mužů a estrogen u žen (Bulygina et al, 2006; Blažek – Trnka et al., 2009).

Již v kojeneckém věku jsou patrné mezipohlavní rozdíly. Chlapci mají při narození širší hlavu a širší obličej, menší oči a níže položené obočí (Blažek – Trnka et al., 2009).

Znaky, kterými se liší v dospělosti ženy a muži podle Enlowa (1996):

znak	ženy	muži
Výška obličeje	nižší	vyšší
Tvar obličeje	elipsoidní až kulatý	protáhlý hranatý
Tvar čela (en face)	okrouhlé	hranaté
Profil čela	kolmé okrouhlé	rovně ustupující
Nadočnicová krajina	plochá	výrazná prominující
Tvar obočí	nízké obloukovité	vysoké rovné
Posazení obočí	vysoko nad oční štěrbinou	blízko oční štěrbinou
Posazení oční štěrbinou	souběžně s okolním reliéfem	hlouběji v očnici
Vzdálenost očí	větší	menší
Řasy	delší hustší	kratší řidší
Kořen nosu	plošší	prominující
Šířka nosu	užší	širší
Profil nosu	méně vystupující	více vystupující
Lící kosti	nápadnější	Méně nápadné
Šířka úst	širší	užší
Rty	vyšší, plošší	nižší, vystupující
brada	užší, nižší	širší, vyšší

Tabulka 3.1: přehled pohlavních rozdílů mužů a žen

3.4 Mezipopulační rozdíly

Mezipopulační rozdíly vznikly na základě odlišných ekologických podmínek, na které se postupně populace adaptovali a vyvinuly se u nich takové fyzické a psychologické

znaky, které byly pro danou oblast nejvýhodnější a přinášely svým nositelům určitou výhodu. Na celé Zemi tedy vnikly populace, které se odlišují v některých fyzických i psychologických znacích. Rozdíly mezi populacemi jsou tím větší čím je větší geografická vzdálenost mezi populacemi. Na odlišnostech se podílí také genetické mechanismy, jako například genetický drift, ale také migrace nebo demografický vývoj populací (Blažek – Trnka et al., 2009).

Nejvýraznější etnické rozdíly jsou patrné v celkovém tvaru obličeje, ve tvaru nosu, úst, profilu. Kromě těchto morfologických znaků nacházíme odlišnosti také v barvě pleti a barvě a tvaru vlasů (Blažek – Trnka et al., 2009).

Na základě rozdílů v celkovém tvaru obličeje rozlišujeme dva typy obličeje – krátký a široký (tzv. euryprosopní), který je typický pro Asijce, Mongoly, Indy a Afričany. Obličej dlouhý a úzký (tzv. leptoprosopní) je typický spíše pro Evropany, kavkazské národy a Tatary. U profilu obličeje rozlišujeme dva extrémní typy. Prognátní typ (profil vystupuje výrazně dopředu) je typický pro populace z centrální Afriky. Druhým typem je tzv. orthognátní (obličejová část vystupuje v profilu velice málo) (Blažek – Trnka et al., 2009).

Velice významnou morfologickou charakteristikou celého obličeje je tvar nosu. Pro evropskou populaci je typický velký, dlouhý, úzký a velmi vyčnívající nos, který promínuje nad celou úroveň tváře, nosní dírky jsou eliptické. Naproti tomu plochý a málo vystupující nos je typický pro obyvatele centrální Afriky a Asie. Asiati mají úhel hřbetu nosu tupější a nosní dírky okrouhlejší. Afričané mají nos zploštělý tak, že nosní dírky leží téměř příčně (Blažek – Trnka et al., 2009).

Nejvýraznějším mezipopulačním rozdílem je tvar a velikosti vývinu vnější červené části rtů. Evropské a asijské populaci ji mají vyvinutou relativně málo. Naproti tomu populace centrální Afriky ji mají silně rozvinutou (Blažek – Trnka et al., 2009).

Morfologické rozdíly shledáváme také ve tvaru očí. Pro evropskou populaci jsou charakteristické tvary vřetenovitý a polovřetenovitý. Pro asijskou populaci typické tvary mandlovitý a polomandlovitý. Rozdíly jsou patrné i ve velikosti oční štěrbin. Úzká oční štěrbinu je typická pro asijské populace (např. Mongolové). Africké populace mají oční štěrbinu spíše širokou. Důležitým mezipopulačním znakem je také přítomnost epicantu (tzv. mongolské řasy). Jedná se o malý kožní záhyb u vnitřního koutku oka, který více či méně zakrývá slznou jahůdku. Epicantus je charakteristický pro populace v centrální, východní a severní Asii. U evropské populace chybí (Blažek – Trnka et al., 2009).

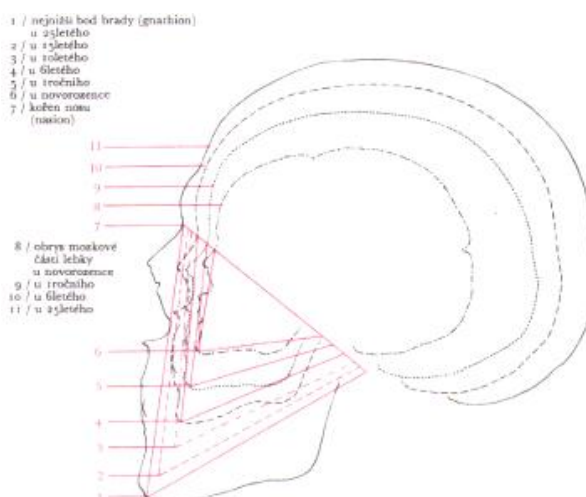
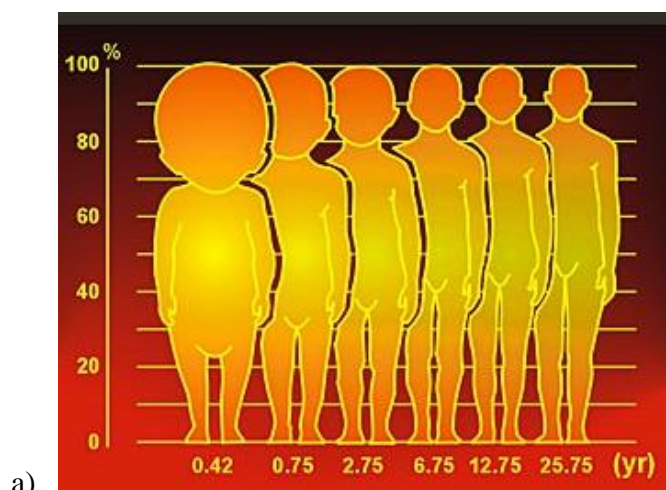
4 Růst a vývoj obličeje

Růst představuje jednu ze základních vlastností života. Probíhá jen po určitou dobu a ve chvíli, kdy je dosaženo velikosti dané dědičným základem, je ukončen. Růst představuje zvětšování těla přibýváním, zmnožováním počtu buněk stejného charakteru a mezibuněčné hmoty. Naproti tomu vývoj představuje kvalitativní změny v organismu, které vedou k diferenciaci buněk (Fetter et al, 1967; Šmahel, 2001; Čihák, 2001).

Období růstu rozdělujeme na období prenatalní, a období postnatalní. V obou těchto obdobích dochází k růstu, avšak s různou rychlostí (Fetter, 1967). S růstem se mění vzájemné proporce hlavy, trupu a končetin. Na hlavě se mění poměr velikosti mozkové a obličejové části (Čihák, 2001).

Tělesné proporce se mění od narození až do ukončení růstu, do konce tzv. pubertálního růstového spurtu. Při narození tvoří hlava jednu čtvrtinu tělesné délky a střed těla se nachází přibližně v bodě omphalion, zatímco v dospělosti představuje výška hlavy už pouhou jednu osminu a střed těla se posouvá do oblasti symfýzy (Fetter, 1967).

Poměr mezi výškou hlavy a výškou postavy se mění během ontogeneze, přičemž dochází i ke kontinuální změně v proporcích nejen tělesných rozměrů, ale i obličeje. Obr. 4.1 informuje o alometrii lidské postavy od narození do dospělosti. Je patrné, že hlava roste pomaleji než postkranialní část těla, čímž se snižuje hodnota poměru mezi velikostí hlavy a těla (Hammer, 2002).



Obrázek 4.1: a) alometrický růst člověka (převzato z <http://www.spirxpert.com/refvalueschild3.htm>),
b) růst obličejové a mozkové části lebky (převzato a upraveno z Zrzavý, 1970)

4.1 Prenatální období

Prenatální období lze rozdělit na dvě období a to období embryonální, které začíná oplozením vajíčka spermií a končí osmým týdnem. Od devátého týdne začíná období fetální, které končí porodem (Malá a Klementa, 1985; Jelínek et al; Klementa et al, 1981).

Na začátku embryonálního vývoje je hlava embrya tak velká, že tvoří téměř polovinu těla, a je v krčním ohybu výrazně ohnutá (Petrovický, 2001). Čelo se dotýká břišní stěny zárodku (Klementa a kol., 1981). Dále se v embryonálním a fetálním období postupně napřimuje (Čihák, 2001). Během čtvrtého a pátého týdne je primitivní farynx obklopen pěti páry faryngových (žaberními) oblouků, které jsou od sebe odděleny čtyřmi faryngovými (žaberními) štěrbinami zevně a uvnitř faryngovými výchlípkami (Moore – Persaud, 2002). U savců žaberní oblouky ztrácí svou funkci a přeměňují se v jiné útvary.

První žaberní oblouk – mandibulární – měl původně dvě části: palatoquadratum a mandibulare. Z palatoquadrata vznikla premaxilla, maxilla, os palatinum, os zygomaticum, kovadlinka (incus). Z mandibulare vznikla mandibula a kladívko (maleus). Druhý žaberní oblouk – hypoidní – měl původně také dvě části: hyomandibulare a hyoid. Z hyomandibulare vznikl třmínek (stapes) a z hyoidu processus styloideus, ligamentum stylohyoideum a cornu minora jazyky. Tělo jazyky vzniklo z druhého a třetího žaberního oblouku. Z třetího žaberního oblouku vznikají velké rohy jazyky. Ze čtvrtého až šestého oblouku vznikají chrupavky hrtanu. Pátý žaberní oblouk je rudimentální. Pro vývoj obličeje jsou stěžejní první a druhý žaberní oblouk (Čihák, 2001).

Základy obličeje vznikají již na počátku čtvrtého embryonálního týdne a vývoj obličeje probíhá intenzivněji především mezi čtvrtým a osmým týdnem (Moore – Persaud, 2002). Velké stomodeum (primitivní ústní jamka) představuje centrum obličeje (Moore – Persaud, 2002; Machová, 2005; Jelínek et al). Na tyto základy induktivně působí prosencefalické a rombencefalické organizační centrum, na kterých je celý vývoj obličeje závislý (Sperber, 1993). Prosencefalické organizační centrum je odvozené od prechordálního mezodermu. Nachází se rostrálně od notochordu a ventrálně od prosencefala, neboli předního mozku. Rombencefalické organizační centrum leží ventrálně od rombencefala, neboli zadního mozku. Kolem stomodea se objevují výběžky: frontonazální výběžek, párové maxilární výběžky a párové mandibulární výběžky. Těchto pět výběžků tvoří základ obličeje (Moore – Persaud, 2002).

Párové faciální výběžky, které jsou derivátem prvního páru faryngových oblouků, vznikají převážně proliferací buněk neurální lišty. Jsou hlavním zdrojem komponent pojivových tkání, chrupavek, kostí a ligament v obličejové a orální krajině (Noden, 1991; Sulik, 1996).

Frontonazální výběžek se nachází kolem ventrolaterálního obvodu předního mozku, ze kterého se vychlípují základy očí, tzv. optické vřetky. Frontální část frontonazálního výběžku dává vznik čelu. Z nazální části vzniká rostrální ohraničení stomodea a hřbet a špička nosu. Laterální ohraničení vzniká z párových maxilárních výběžků a dolní obvod stomodea vytváří párové mandibulární výběžky. Všechny tyto obličejové výběžky jsou aktivní růstová centra mezenchymu, ze kterého se přes výběžky vytváří souvislá vrstva. V laterokaudální oblasti frontonazálního výběžku se koncem čtvrtého týdne bilaterálně vytvářejí základy nosu a nosních dutin, tzv. nazální plakody, jako oválná ztlustění

ektodermu. Z prvu jsou plakody konvexní, později dochází k jejich roztahování, depresi a mezenchym po jejich obvodu prolifereje a vytváří podkovovité valy, tzv. mediální a laterální nosní výběžek, mezi kterými vznikají prohlubně, tzv. nazální jamky. Nazální jamky jsou základem nostril a nosních dutin (Moore – Persaud, 2002).

Mezenchym maxilárních výběžku prolifereje, výběžky se zvětšují, přibližují se ke střední čáře a k nazálním výběžkům. Proliferace a mediální posun maxilárních výběžků způsobí přiblížení mediálních nazálních výběžků k sobě a ke střední čáře. Laterální nazální výběžky jsou zatím od maxilárních výběžků odděleny štěrbinkou, tzv. sulcus nasolacimalis (Moore – Persaud, 2002). Na konci šestého týdne se spojí oba mandibulární výběžky s laterálními nosními výběžky podél linie sulcus nasolacimalis a tím dojde k propojení postranních částí nosu a jejich spojení s tváří. Na dně nazolakrimálního žlábků vznikne ductus nasolacimalis, v jehož horní části vznikne rozšíření, tzv. saccus lacimalis. V pozdějším fetálním období se ductus nasolacimalis otevírá na laterální stěně dutiny nosní v tzv. meatus nasi inferior, avšak úplně se otevírá až po narození (Malínský et al, 2005; Moore, 1992; Vacek, 1992).

Na konci pátého týdne se začínají vytvářet základy ušních boltců, šest ušních hrbolků, tři na každé straně. Vznikají kolem první žaberní štěrbiny. Tyto základy jsou umístěny v krční krajině. S vývojem mandibuly se posouvají po stranách hlavy až do úrovně očí (Moore – Persaud, 2002).

V období mezi sedmým a desátým týdnem dochází ke splývání mediálních nazálních výběžků mezi sebou a s okolními maxilárními a laterálními nazálními výběžky. Splýnutím mediálních nazálních a maxilárních výběžků vzniká souvislá horní čelist a ret a nazální jamky jsou odděleny od stomodea. Propojené mediální nosní výběžky vytvářejí tzv. intermaxilární segment, který tvoří střední část horního rtu (tzv. filtrum), premaxilární část maxily a k ní připadající úsek dásně, primární patro. Z maxilárních výběžků, které laterálně splynou s mandibulárními výběžky, vznikají postranní části horního rtu, větší část horní čelisti, sekundární patro (Malínský et al, 2005; Moore – Persaud, 2002). Z mandibulárních výběžků vzniká brada, spodní ret, dolní oblast tváří (Moore – Persaud, 2002; Malínský et al, 2005).

Primitivní rty a tváře obsahují mezenchym druhého páru faryngových oblouků, ze kterého se později diferencují obličejové svaly, neboli mimické svaly. Z mezenchymu prvního faryngového oblouku se diferencují žvýkácké svaly (Moore – Persaud, 2002).

Splývání obličejových výběžků je klíčovým momentem ve vývoji obličeje. Základním předpokladem úspěšného vývoje obličeje je dostatečná velikost a možnost kontaktu obličejových výběžků. Pokud je proces splývání obličejových výběžků narušen, vznikají rozštěpové vady (Jelínek et al).

Základy očí se objevují ve čtvrtém týdnu po stranách hlavy. Vznikají z ektodermu, jako párové vychlípky (tzv. oční váčky) předního mozkového váčku v oblasti budoucího diencefala. V očních váčkách vzniká základ čočky. Poté se váčky vchlipují dovnitř a mění se v dvouvrstevné oční pohárky, ze kterých se vyvíjí sítnice. V sedmém týdnu vzniká primitivní zornice a zvětšuje se ektoderm základu čočky a vytvoří ztluštění ektodermu – čočkovou plakodu, která se mění v základ čočky. V dutině očního pohárku se nachází mezenchym, ze kterého vzniká později sklivec. Koncem pátého týdne dochází k diferenciaci cévnatky a sklery (Jelínek et al). Mezi šestým a sedmým týdnem se posouvají dopředu, je to dáno růstem a vývojem mozku (Enlow, 1982).

Na konci embryonálního období už má obličej „lidskou podobu“. Vývoj obličeje probíhající ve fetálním období spočívá především ve změnách proporcí a vzájemné polohy jednotlivých částí. Růst hlavy je relativně zpomalen oproti trupu a končetinám (Petrovický, Doskočil, 2001). Na začátku pátého měsíce tvoří hlava jednu třetinu tělesné délky (Jelínek et al). Se zvětšováním mozku začíná prominovat čelo a oči se posouvají mediálně (Moore – Persaud, 2002; Vacek, 1992). V průběhu třetího měsíce se oči a uši dostávají do definitivní pozice na hlavě (Jelínek et al). V šestém měsíci má fetus vlasy, obočí i řasy (Petrovický, Doskočil, 2001).

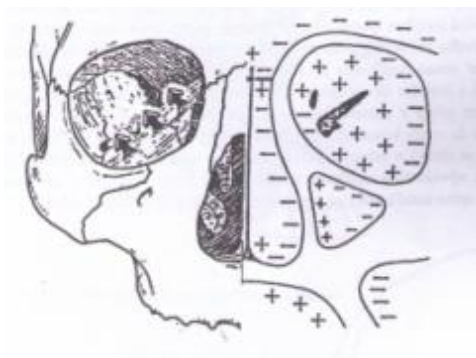
4.2.1 Růst struktur lebky

Růst probíhá u jednotlivých kraniofaciálních struktur v různých obdobích a směrech různě rychle. Tento jev se označuje jako tzv. růstová periodicitá místní, časová a směrová. Na základě dynamiky rozdělujeme růst na tři typy: kraniální, faciální a obecně skeletální, přičemž na lidské lebce se nachází především kraniální a faciální typ. Pro kraniální (neurální) typ růstu je charakteristické, že v 6 letech je dosaženo více než 90% konečné velikosti znaku, pubertální spurt je minimální nebo úplně chybí. To se týká mozkovny a orbity. U faciálního typu růstu je v 6 letech dosaženo více než 80% konečné velikosti znaku, pubertální spurt je mírný. Tento typ je charakteristický pro růst dimense horního obličejce a délku zadní části lebeční base. A obecně skeletální typ má v 6 letech dosaženo více než 70% konečné velikosti znaku. V tomto případě je pubertální spurt výrazný. Mezi těmito třemi typy se nachází také přechodné typy (Šmahel, 2001). Základním principem růstu je remodelace. Při tomto procesu dochází k přetváření tkáně pomocí apozice a resorpce (Enlow, 1982).

Šířkové rozměry obličejce rostou postnatálně nejméně, jejich růst je nejdřív ukončen. Naproti tomu výškové parametry rostou nejvíce, jejich růst je ukončen jako poslední. Hloubkové charakteristiky obličejce zaujímají střední místo mezi šířkovými a výškovými rozměry. Nejdéle roste dolní čelist, a to zejména u chlapců (Šmahel, 2001). To má za následek většího rozvoje dolní čelisti u chlapců. Velikost a tvar dolní čelisti také souvisí s rozvojem žvýkacích svalů (Blažek – Trnka, 2009).

Růst nasozygomaticomaxilárního komplexu probíhá především z cirkummaxilárního systému sutur, ke kterým patří zygomaticomaxilární, frontomaxilární, zygomaticofrontální, zygomaticotemporální sutury. Růst tohoto komplexu je doprovázen výraznou apozicí a remodelací. K apozici dochází především na tuberech maxily, zadním okraji alveolárního výběžku a zadní straně těla os zygomaticum. Apozice se také podílí na růstu alveolárního výběžku do výšky. Horní čelist a jařmový oblouk rostou do šířky pomocí apozice na laterálních stranách a resorpcí na vnitřní straně jařmového oblouku a v dutině nosní (Šmahel, 2001). Růst ze sutur způsobuje posun celého komplexu dopředu a dolů (Enlow, 1982; Šmahel, 2001). Nosní dutina se zvětšuje pomocí resorpce. Na laterálních stranách do šířky a z nasální strany patra do výšky. Orbita se zvětšuje translací ze sutur mezi kůstkami a remodelací, a je také posouvána dolu. Vnitřek orbity je apoziční, a to na povrch téměř všech kůstek. Z vnějších stran dochází k resorpci. Laterální okraj uvnitř orbity je resorpční, díky tomu to vypadá, že dochází ke zmenšování orbity. Očnice

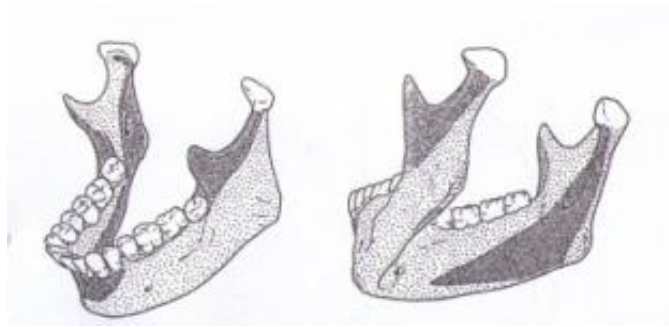
má konický tvar. Apozice uvnitř jí posouvá kupředu V-principem růstu a tím se zvětší. Remodelace v nasální oblasti a na horním okraji orbity probíhá v anteriorním směru. U jařmové kosti a na dolním okraji orbity v posteriorním směru. To způsobí do dospělosti sešíkmení vstupu do orbity kraniálně kupředu a kaudálně dozadu. Současně s tím dochází k rotačnímu zasunutí horní čelisti (obr. 5.3) (Šmahel, 2001).



Obrázek 4.3: apozičně-resorpční procesy ve frontální rovině horního obličeje (upraveno podle Šmahel, 2001)

Mandibula je ke kranii připojena sekundárním kloubem, který se významně podílí na jejím růstu. Větev mandibuly roste do délky (výšky) z hlavice čelistního kloubu. Směr růstu v kloubu mandibuly určuje růstovou rotaci mandibuly a její tvar. Zadní okraj větve mandibuly je dalším významným růstovým centrem. Větev mandibuly zde roste do šířky a tělo mandibuly do délky. Do šířky roste mandibula apozicí a resorpcí odlišně na proc. coronoideus a v ostatních oblastech (obr. 5.4) (Šmahel, 2001).

Corpus a ramus mandibulae novorozence svírají tupý úhel a incisura mandibulae je mělká (Čihák, 2001). Brada novorozence je slabě vyvinutá a ubíhá dozadu (Zrzavý, 1977). Mandibula ještě není srostlá, pravá a levá část je spojena pomocí symphysis menti, která zaniká až koncem prvního roku (Čihák, 2001).



Obrázek 4.4: resorpční a apoziční oblasti na dolní čelisti; hustě tečkovaná resorpční oblast, řídko tečkovaná apoziční oblast (upraveno podle Šmahel, 2001)

Pro lidskou lebku je typické intenzivní růst mozkovny v prvních letech života. Obličej prochází sérií dramatických změn v morfogenezi lebečních kostí (Iskan - Helmer, 1993). Splanchnocranium roste později, v souvislosti s prořezáváním stálých zubů. Posteriorotace klenby mozkovny je vlastností typickou pouze pro člověka, kterou se během ontogeneze zmenšuje strmost čela (a to zejména u mužů), do dospělosti se posteriorně zešíkají foramen magnum (Šmahel, 2001).

4.2.2 Vývoj dentice

S vývojem a růstem čelistí a tedy i obličejové úzce souvisí růst zubů. Jejich růst významně ovlivňuje změny v obličejí (Machová, 2005). Vývoj zubů začíná již v pátém týdnu intrauterinního vývoje (<http://www.ident.cz/zuby/vyvoj-zubu/>). Přesto při narození ještě nejsou vytvořeny dásňové výběžky maxily a mandibuly (Machová, 2005). Proto je brada novorozence slabě vyvinutá a ubíhá dozadu (Zrzavý, 1977). První zuby se prořezávají kolem šestého měsíce života (<http://www.emimino.cz/encyklopedie/rust-zubu-kojenec/>). Při procesu prořezávání zubů se kořen zubu opírá o čelist a zub se posunuje směrem k dásni. Korunka tlačí na dásně, která začíná atrofovat a zub se prořízne. Jako první se prořezává dentice dočasná tzv. deciduální. Ta je nahrazena denticí permanentní. Deciduální dentice se skládá z 20 zubů – 8 řezáků (dentes incisivi), 4 špičáky (dentes canini), 8 stoliček (dentes molares). Na konci prvního roku má dítě prořezané všechny řezáky, na konci druhého roku všechny špičáky a první stoličky a ve dvou a půl letech by měly být prořezány všechny zuby dočasné dentice. Prořezávání zubů je ovlivněno řadou faktorů, mezi které patří například zdravotní stav, výživa nebo pohlaví (Dokládál, 1994). Asi kolem 4 a půl roku začíná docházet k resorpci alveolární kosti, resorpci kořenů deciduální dentice a poté vypadávání zubů (Schumacher, 1992). Deciduální dentice je nahrazena permanentní denticí kolem 5. až 7. roku a prořezává se až do 15 let. Výjimkou

jsou třetí stoličky, které se mohou prořezávat až do 30 let. U některých jedinců se nemusí vytvořit (Malínský et al, 2005). Permanentní dentice je tvořena 32 zuby – 8 řezáků (dentes incisivi), 4 špičáky (dentes canini), 8 zubů třenových (dentes premolares), 12 stoliček (dentes molares) (Dokládál, 1994).



Obrázek 4.5: dentice (převzato z <http://zdravi.ao-institut.cz/Zdravi/Nase-zdravi/06-Dutina-ustni-2-Zuby.html>)

Na základě erupce či mineralizace zubů lze určovat zubní věk. Metoda podle prořezávání (erupce) zubů není přesná a nelze jí použít mezi 3 až 6 rokem, kdy se žádné zuby neprořezávají. Prořezávání zubů je řízeno hormony štítné žlázy a je významně ovlivňováno exogenními faktory. Metoda založená na mineralizaci zubů je daleko přesnější a spolehlivější a lze ji použít v každém věku. Je řízena hormony hypofýzy. Mineralizace zubů se hodnotí z rentgenových snímků v sedmi stupních: I. stadium zubního váčku, II. stadium počínající mineralizace korunky, III. stadium pokročilé mineralizace korunky, IV. stadium počínající tvorby kořene, V. stadium divergence stěn kořenového kanálku, VI. stadium paralelních stěn kořenového kanálku, VII. stadium konvergence stěn kořenového kanálku (Šmahel, 2001).

4.2.3 Morfologické změny v postnatálním období

Měkké tkáně obličeje kopírují růst svého skeletárního podkladu. Postnatálně nejvíce vyrostle hloubka nosu, nejméně pak výška horního rtu. Až do vysokého věku rostou

mírně struktury podložené chrupavkou (boltec, šířka nosu) (Šmahel, 2001). Autor Neave (1998) uvádí, že růst uší se projevuje výrazněji u mužů.

Hlava novorozence nepředstavuje zmenšený obraz lebky dospělého. Definitivního tvaru a velikosti dosahuje postupným vývojem a nestejným růstem (Zrzavý, 1977).

Hlava novorozence je relativně velká. Tvoří čtvrtinu délky těla, zatímco u dospělého člověka je to jen jedna osmina (Blažek – Trnka, 2009; Fetter, 1967; Havlíčková, 1998). Lebeční mozková kapacita tvoří asi polovinu oproti stavu v dospělosti (Blažek – Trnka, 2009). Obličejová část je redukována a představuje přibližně jednu třetinu výšky lebky, zatímco v dospělosti je to polovina (Zrzavý, 1977). Hlava novorozence se vyznačuje řadou znaků, jako například velké neurocranium a malé a nízké splanchnocranium (viz výše kostra lebky novorozence). Mandibula novorozence je nízká, alveolární výběžky obsahují základy mléčných zubů. Brada novorozence je slabě vyvinutá a ubíhá dozadu (Zrzavý, 1977).

Očnice novorozence jsou velké, oči modré světlé a teprve později tmavou, řasy jsou dobře vyvinuty, obočí je úzké a nestejně zakřivené, čelní a temenní hrboly jsou výrazné, čelo je klenuté, nadočnicové oblouky, zevní týlní hrbol a bradavkový výběžek spánkové kosti chybí (Zrzavý, 1977). Novorozenec má výrazně tvarované a plné rty, plné a baculaté tváře (Blažek – Trnka, 2009), relativně velký jazyk. (Sedlak – Bláha, 2007). Nos je krátký a široký (Zrzavý, 1977).

Při narození má dítě vlasy dobře vyvinuté, světlé i tmavé, nejedná se ale o barvu definitivní (Zrzavý, 1977; Sedlak – Bláha, 2007).

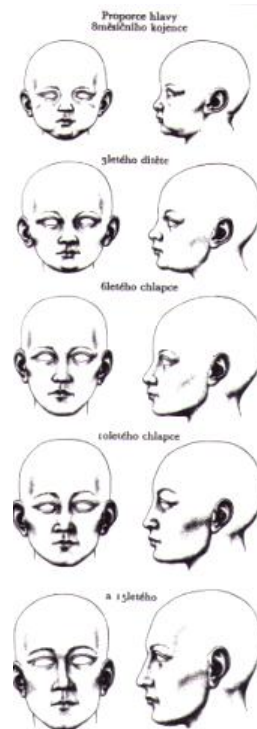
Na novorozenecké období navazuje kojenecké období. Toto období trvá do ukončení prvního roku života (statistická hranice dle mezinárodní dohody). Biologická hranice končí 6. měsíc a to do prořezání prvního mléčného zubu (Klementa et al, 1981).

Hlava je stále velká, čelo výrazně klenuté a široké. Ústa jsou malá, rty jsou častěji jemné a úzké, někdy jsou rty velké a našpuhlené. Oči jsou velké a významnou část zaujímá duhovka, původní šedomodrá barva začíná tmavnout díky přibývajícimu pigmentu a duhovka získává svou definitivní barvu, víčka jsou z počátku masivní, ale měkká, obočí je stále úzké a řídké (Zrzavý, 1977). V prvních šesti měsících rostou čelisti velmi rychle. Důvodem je prořezávání prvních dočasných zubů (Ramba et al, 1990). Nos kojence je relativně krátký, široký a zaoblený, hrot se zvedá vzhůru. Tváře jsou silně vyklenuté díky

masivnímu tukovému polštáři. Pleť je hladká, žádné rýhy nejsou patrné, také nosoretní a bradorettní rýha chybí. Vlasy jsou většinou světlé, jemné, hedvábného lesku (Zrzavý, 1977).

Během prvního až třetího roku se dokončuje prořezávání dočasného chrupu (Klementa et al, 1981). To urychluje růst zubních výběžků čelistí a tím výškový a šířkový rozvoj obličeje. Obličej se tedy stává delším, ale zachovává si kulatý tvar (Zrzavý, 1977). Růst tělesných rozměrů se zpomaluje a je vystřídán zdokonalováním stavby i funkce jednotlivých orgánů (Klementa et al, 1981). Růst hlavy se v tomto období zpomaluje. Roste mnohem pomaleji než ostatní části těla. Čelo je úzké a krátké. Oči jsou velké. Nos se prodlužuje a nápadněji vystupuje z obličeje. Rty už nejsou tak masivní a jsou zřetelněji ohraničené. Brada v tomto období roste a je již velká a široká. Tváře zůstávají stále zaoblené (Zrzavý, 1977). Bulygina et al (2006) uvádí, že se pravděpodobně do tří let dochází k formování budoucího vzhledu obličeje. Následně probíhá růst po určité trajektorii, která se do jisté míry liší mezi pohlavími.

V období mezi čtvrtým a šestým rokem se mění vzájemné poměry jednotlivých částí těla. Hlava roste pomalu, zatímco končetiny rychle (Malá – Klementa, 1985). Pro posuzování tělesné vyspělosti dítěte se využívá tzv. filipínská míra, která posuzuje délku horní končetiny vzhledem k velikosti hlavy (dítě vzpaží pravou končetinu, ohne ji v lokti, předloktí položí na temeno hlavy a snaží se sáhnout na levý ušní boltec, dítě, které již proměnou postavy prošlo, na ušní boltec dosáhne) (Klementa et al, 1981). Obličej má stále dětský ráz. Rty jsou plné a horní ret stále přechází přes dolní. Brada je relativně malá (Fetter, 1967). V tomto období opět dochází k akceleraci růstu čelistí, které souvisí s prořezáváním zubů (Malá – Klementa, 1985; Ramba, 1990). S růstem čelistí do výšky, ale také do šířky, dochází k posunu očí vzhůru a zkracování meziočnicové vzdálenosti. Nos je užší a vyčnívá více vpřed. Tváře se oplošťují (Zrzavý, 1977).



Obrázek 4.6: proporce hlavy v jednotlivých věkových kategoriích (upraveno podle Zrzavý 1977)

Šestý až sedmý rok představuje období relativního vývojového klidu, tělesné tvary se stávají plnějšími. Dochází k sexuálnímu tvarovému rozlišení u dětí, což signalizuje blížící se pubertu. Vznikají rozdíly ve tvaru lebky a obličeje, v růstu vlasů (Klementa et al, 1981). V tomto období vymizí typické dětské zakulacené tváře, díky ztenčování tukové podkožní vrstvy. Růst hlavy se zpomaluje. V obličeji se začne zvýrazňovat kostrový podklad, čelo je klenutější a tváře se oplošťují, krk se prodlužuje (Blažek – Trnka, 2009). Ke konci tohoto období začne velký nárůst a mohutnění dolní čelisti (Ramba, 1990). Růst dolní čelisti také souvisí s rozvojem žvýkacích svalů (Blažek – Trnka, 2009).

Ferrario et al. (2003) uvádí, že od deseti do třinácti let dochází k rychlejším změnám v obličeji. Nos se zvětšuje, také brada, uši. Vznikají rozdíly mezi dívkami a chlapci. Obličej dívky ve dvanácti letech je téměř stejný jako dospělé ženy, zatímco u chlapců dále roste.

Období od jedenácti do patnácti let je obdobím dospívání (puberty). V organismu dochází k podstatným morfologickým, fyziologickým a psychickým změnám. Z chlapců se stávají muži a z dívek ženy. Dozrávají pohlavní žlázy, které začínají produkovat pohlavní hormony. Tyto hormony vyvolávají jak u dívek tak u chlapců vznik sekundárních pohlavních

znaků (Klementa et al, 1981). U dívek začíná puberta asi o dva roky dříve než u chlapců. Pubertální růstový spurt lebky začíná asi půl roku po spurtu tělesné výšky (Šmahel, 2001).

Chlapci mají větší hlavu, výrazné nadočnicové oblouky, šikmé čelo, větší čelisti. Začínají jim růst vousy. Dívky mají menší a kulatější hlavu, nevýrazné nadočnicové oblouky, svíslé čelo. U obou pohlaví je běžná uhrovitost (akne juvenilis) v obličeji (Klementa et al, 1981).

Období od patnácti do osmnácti let je také označováno jako období dospívající (adolescent). Jedná se o období, kdy končí největší tělesný i duševní rozvoj. Stavba a činnost organismu se zdokonaluje. Na konci tohoto období je ukončen růst, končí osifikace kostry (Klementa et al, 1981). U dívek starších patnácti let již neprobíhá růst horního obličeje, dolní čelist ale ještě menší nárůst prodělává. Zatímco u chlapců ještě horní obličej narůstá a dolní čelist roste nejdéle (Šmahel, 2001).

V dospělosti jsou věkové změny spojovány se změnou měkkých tkání. Dochází ke ztrátě elasticity kůže a ke změně její barvy. S poklesem kůže se mění tvar obličeje. Mužský obličej se mění pomalu a rovnoměrně v průběhu celého života, zatímco u ženského obličeje dochází k akceleraci stárnutí po menopauze (Neave, 1998). Kolem třicátého až čtyřicátého roku se začínají objevovat vrásky, nejdříve na čele, kolem nosu a kolem vnějších koutků očí (Guy et al, 1977). Mezi čtyřiceti a padesáti lety se začíná projevovat ztráta pigmentace vlasů, muži začínají vlasy ztrácet. S rostoucím věkem se ztenčují rty a okolo úst se vytváří paprscité vrásky. Mezi padesáti a šedesáti lety mohou začít vypadávat zuby. To výrazně ovlivní proporce obličeje, zkrátí se dolní část obličeje. V důsledku vypadávání zubů dochází ke zmenšování horní a dolní čelisti. Nos více prominuje, brada vystupuje dopředu a vzdálenost mezi nosem a bradou je menší (Neave, 1998; Nowick, 1988; Taisler – Holliday – Borrman, 2000).

Přestože během dětství dochází k výrazným změnám, jsou některé charakteristické struktury, které si odpovídají během různých etap života. K těmto strukturám patří obočí, tvar ucha a kontura rtů. Jedná se o znaky, které jsou definovány již před dosažením dospělosti (Kreutz – Verhoff, 2002).

4.2.4 Metrické změny obličej

Vývojem hlavových rozměrů se zabývali autoři Bláha, Vignerová et al. (1999). Sledovali české děti a mládež od 0 do 16 let.

Na hlavě byly hodnoceny tyto rozměry (Bláha – Vignerová et al., 1999):

Největší délka hlavy (g – op), Největší šířka hlavy (eu – eu), Nejmenší šířka čela (ft – ft), Šířka obličej bitygomatická (zy – zy), Šířka úhlu dolní čelisti (go – go), Šířka baze lebni (t – t), Vzdálenost vnějších koutků očí (ex – ex), Vzdálenost vnitřních koutků očí (en – en), Šířka nosu (al – al), Morfologická výška obličej (n – gn), Výška nosu (n – sn), Fyziognomická výška horního obličej (n – sto), Výška dolního obličej (sn – gn), Výška dolní čelisti (sto – gn), Hloubka dolní čelisti (gn – go), Hloubka horní (t – n), střední (t – sn) a dolní (t – gn) třetiny obličej, Vzdálenost tragion – gonion. Kromě rozměrů byly počítány také některé indexy, například index cephalicus (index největší šířky hlavy a největší délky hlavy) nebo index facialis (index morfologické výšky obličej a šířky obličej bitygomatické).

Všechny naměřené hlavové rozměry se s věkem zvyšují. Největší růst mezi druhým a šestnáctým rokem u obou pohlaví lze sledovat mezi pátým a sedmým rokem. V pubertě dochází ke zrychlení. Celkový rozdíl mezi druhým a šestnáctým rokem činí: např. největší délka hlavy vzroste o 13,7 mm u dívek a 14,2 mm u chlapců, největší šířka hlavy o 12,3 mm u chlapců a 11,7 mm u dívek, šířka obličej bitygomatická o 20,7 mm u chlapců a 19,7 mm u dívek, vzdálenost vnějších koutků očí o 12,3 mm u chlapců a 11,9 mm u dívek, vzdálenost vnitřních koutků očí o 3,7 mm u chlapců a 3,1 mm u dívek, výška nosu o 12,9 mm u chlapců a 12 mm u dívek, morfologická výška obličej o 24,4 mm u chlapců a 21,8 mm u dívek (Bláha – Vignerová et al. 1999).

Sforza et al. (2009a) sledovali italskou populaci. Zjistili, že meziočnicová vzdálenost se od 4 let do 17 let zvětšuje průměrně za rok o 1,3 mm u chlapců a 0,9 mm u dívek. U dívek bylo také zaznamenáno prodloužení oční štěrbin o 0,4 mm za rok do 13 let věku, u chlapců 0,5 mm. Sforza et al. (2009b) popsali také věkové změny postihující ušní boltec. Zjistili, že u dívek ve věku 4-5 let dosahuje výška ucha 90% hodnoty v 18 letech, u chlapců pouze 84 – 86% této hodnoty. Šířka ucha u dětí ve 4-5 letech dosahovala 89% dospělé hodnoty.

Ferrario et al. (2000) podali přehled kvantitativních údajů o růstu rtů u bělochů (Italů). Výška horního rtu (subnasale-stomion) se v období od 6 do 18 let se zvětšila o

3,99 mm u chlapců a o 3,88 mm u dívek. Průměrná výška dolního rtu (stomion-sublabiale) vzrostla o 1,54 mm u chlapců a o 0,48 mm u dívek. Šírka úst (cheilion-cheilion) se zvětšila o 9 mm u chlapců a o 7,02 mm u dívek.

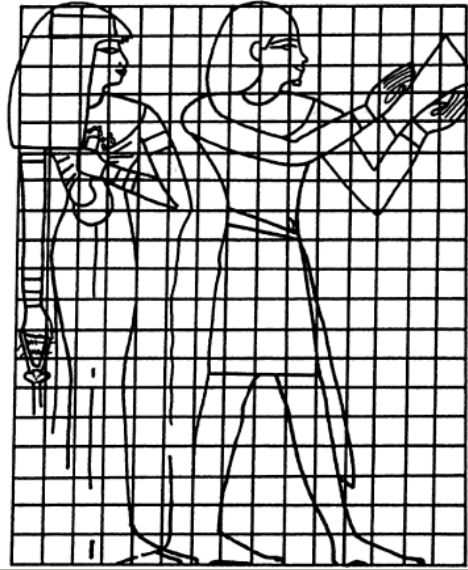
5 Geometrická morfometrie

5.1 Morfometrie

Morfometrie je vědní disciplína, která se zabývá kvantitativním vyjádřením tvaru. Forma představuje tvar a velikost (Slice, 2005). Termín morfometrie pochází z řeckého morphe (tvar) a metron (měření) (Mitteroecker, 2007; Mitteroecker – Gunz, 2009). Morfometrii, nebo také kvantitativní popis tvaru, můžeme vysvětlit jako převedení vizuální informace do číselného vyjádření takové kontinuální proměnné, která konkrétnímu tvaru přiřadí vždy jedinečnou hodnotu nebo hodnoty na číselné ose (Urbanová – Králík, 2009).

Tradiční morfometrie studuje velikost a tvar biologických i jiných objektů pomocí základních metrických parametrů (lineární rozměry, úhly, poměry rozměrů) (Malina et al., 2009). Historie tradiční morfometrie spadá do období přelomu 19. a 20. století. V roce 1917 vydal D'Arcy Thompson své dílo *On growth and Form* (O růstu a tvaru), kde popsal změnu tvaru pomocí deformační mřížky, kterou popsal jako hladkou deformaci. Pojmenoval ji Kartézská transformace (Bookstein, 1990; Bookstein, 1997; Marcus et al., 1996). Přesto má kvantifikace lidských proporcí dlouhou historii, která sahá až do období 1860 – 1633 před Kristem. Egypťští umělci využívali čtvercové mřížky a standardní proporce k vytvoření stejného a neměnného vylíčení lidské, a jenem lidské, postavy, včetně stanovených rozdílných vzorců pro muže a ženy (Slice, 2005) (obr. 6.1). Dalšími osobnostmi spojovanými s počátky morfometrie jsou Francis Galton, Karl Pearson, W. F. R. Weldon, Donald Aymer Fischer (Marcus et al., 1996).

. V 80. letech minulého století došlo k velkému rozvoji morfometrie. Vznikaly nové postupy z nichž vznikla nová metoda, geometrická morfometrie (Slice, 2005; Adam et al., 2004).



Obrázek 5.1: užití čtvercové mřížky Egypt'any (převzato z Slice 2005)

Tradiční morfometrie je jednoduchou metodou, které stačí využívat základní měřicí vybavení jako je například posuvné měřidlo nebo úhloměr (Urbanová – Králík, 2009). Nedostatky tradiční morfometrie popisují Miriam Zelditch a její kolegové (2004). Tyto nedostatky shrnuli do čtyř základních bodů. 1. tradiční morfometrie poskytuje dobrou představu o celkové velikosti objektu, zatímco informace o tvaru objektu je relativně strohá. Navíc nelze oddělit tu část variability, která připadá na rozdíly ve velikosti od těch, které jsou určeny výhradně rozdíly ve tvaru. To znamená, že hodnoty tradičních rozměrů a indexů jako ukazatelů tvaru v sobě zahrnují také nechtěnou velikost objektu. 2. lineární rozměry jednoho objektu nebo struktury obvykle začínají od společného počátku, tím se zvyšuje jejich vzájemná korelace a snižuje výpovědní hodnota rozměrů. 3. výhrada k homologii lineárních parametrů, v případě, že srovnáváme ty části, které se kvalitativně liší. Například odpovídající si části různých vývojových stádií organismu. 4. problém s rozpoznáním, jestli skutečné rozdíly mezi zkoumanými objekty leží v prostoru mezi dvěma krajními body měřených rozměrů. Pátý bod doplňuje Urbanová, Králík a týká se omezeného počtu parametrů, které je možná na objektu naměřit. Jedná se o fyzická omezení, která brání změření rozměru, nebo o natolik komplexní a komplikovaný tvar, že jeho prosté rozměry nebo jejich indexy nejsou schopny tento tvar popsat dostačujícím způsobem pro dané účely (Urbanová – Králík, 2009).

5.2 Geometrická morfometrie

Geometrická morfometrie představuje skupinu moderních postupů kvantitativní analýzy velikosti a tvaru biologických i jiných objektů pomocí geometrických metod a vícerozměrné statistiky (Urbanová – Králík, 2009; Malina a kol, 2009). Na rozdíl od tradiční morfometrie umí geometrická morfometrie jednoznačně oddělit tvar a velikost jako dva nezávislé znaky. Další výhodou oproti tradiční morfometrii je široké spektrum pokročilých vizualizací tvarových změn. Parametry, které užíváme k popisu tvaru, se označují jako tvarové proměnné. Tyto proměnné jsou relativně autonomními ukazateli tvaru, tedy na rozdíl od lineárních rozměrů nejsou vztahy tvarových proměnných natolik silné, aby se navzájem výrazně ovlivňovaly. Za univerzální parametr velikosti se v geometrické morfometrii označuje tzv. velikost centroidu (Urbanová – Králík, 2009).

Kvantitativní analýzu pomocí geometrické morfometrie můžeme rozdělit do tří základních fází: sběr vstupních dat, standardizace objektů v souladu s definicí tvaru a výpočet tvarových proměnných, statistická analýza tvarových proměnných a zpětná vizualizace tvarových změn. Vstupními daty jsou nejčastěji kartézské souřadnice bodů. Standardizace se provádí proto, aby bylo možné studovat tvar nezávisle na ostatních složkách variability, například rozdíly ve velikosti nebo poloze v prostoru. Prostorová data získaná například digitálním fotoaparátem musí být tedy transformována, aby žádný z rozdílů nenarušoval vlastní numerický popis tvaru (Urbanová – Králík, 2009).

Metody geometrické morfometrie můžeme rozdělit na základě charakteru vstupních dat na metody analýzy význačných bodů, které využívají k popisu tvaru a změně tvaru význačné body (landmarky) a na metody analýzy obrysů, které hodnotí tvar na základě obrysu daného objektu, lépe řečeno x , y , případně z souřadnic dostatečného množství bodů podél obrysu (Adams – Rohlf – Slice, 2004; Urbanová – Králík, 2009).

5.3 Význačné body (landmarky)

Význačné body jsou jasně definovaná místa na objektu. Mezi jednotlivými zkoumanými objekty si tato místa přesně odpovídají. Jsou charakterizovány kartézskými souřadnicemi x a y pro 2D objekty a x , y a z pro 3D prostor (Urbanová – Králík, 2009). Umístění landmarků na objektech koresponduje mezi jednotlivými objekty (Dryden – Maria, 1998). Geometrické umístění landmarků umožňuje analýzu jednotlivých forem biologických organismů (Bookstein, 1997). Bookstein (1997) charakterizuje landmarky jako místa, která mají své názvy stejně jako své Kartézské souřadnice. Názvy jsou určeny

tak, aby vyjadřovaly homologii mezi jednotlivými strukturami. Tedy landmarky nemají pouze své vlastní umístění, ale umístění musí být stejné i u všech ostatních jedinců v souboru (Bookstein, 1997; Mitteroecker – Gunz, 2009).

Landmarky jsou homologní anatomická místa. Poskytují adekvátní pokrytí morfologie. Opakovaně a spolehlivě mohou být znovu nalezeny. Ideální landmarky musí splňovat několik kritérií (Zelditch et al, 2004).

Prvním kritériem je homologie. Homologie hraje zásadní roli ve všech morfometrických metodách založených na landmarcích. Homologie byla zdůrazněna nad všechna kritéria pro výběr landmarků a je nepopíratelně nejdůležitější kritérium. Při výběru landmarků je homologie prvořadým zvažováním a to z matematických i biologických důvodů. Vybrané landmarky mají tedy své přesné umístění a toto umístění si musí navzájem odpovídat u všech jedinců v souboru. A to jak z hlediska funkce, tak anatomie.

Dalším kritériem je relativní stálost pozic. Metody geometrické morfometrie nemohou být použity, pokud jsou tvary příliš odlišné. Například pokud se kosti radikálně liší ve své topologii tak, že na jedné se body přesunou přes jiné body (např. foramen, který byl anteriorně je nyní posteriorně), pak je velice obtížné geometricky analyzovat tvary. Stejně tak nastane problém v případě, že je nějaký landmark přítomen u taxonu, či věkové skupiny, a u ostatních není. Tyto body tedy nelze využít k analýze.

Třetím kritériem je dostatečné pokrytí. Abychom zachytili změny tvaru, musíme mít k dispozici dostatečné množství dat, a je tedy důležité pokrýt celou formu objektu co největším množstvím landmarků. Zejména v místech, kde dochází ke tvarovým změnám.

V pořadí čtvrtým kritériem je opakovatelnost. Tedy landmarky musí být umístěny na přesně definovaném místě, aby při opětovném umístění nedošlo k chybě.

Posledním kritériem je komplanarita landmarků. Tento bod souvisí s problémem analýzy trojrozměrných organismů v dvojrozměrném prostoru (například trojrozměrný obličej a dvojrozměrná fotografie) (Zelditch et al, 2004).

5.3.1 Booksteinovy typy landmarků:

Fred Bookstein (1997) navrhl 3 typy landmarků.

Typ 1 (místa vzájemného styku struktur) zahrnuje landmarky přesně definované, dobře viditelné, jejichž poloha je přesně daná a určená okolními strukturami. Ke změně polohy

těchto landmarků dochází pouze se změnou okolních struktur, které určují jejich polohu. Do této skupiny landmarků patří body ležící na styku švů.

Typ 2 (maxima zakřivení nebo jiné lokální morfogenetické procesy) zahrnuje landmarky na okolní struktury méně vázané. Tyto landmarky bychom hledali například v místě největšího prohnutí či vyklenutí nebo na začátku či konci určité struktury.

Typ 3 (extrémní body) zahrnuje landmarky definované relativně k nějakému jinému bodu. Například body nejvíce vzdálené od jiného bodu. Tyto body je složité přesně určit. (Bookstein, 1997; Zelditch et al, 2004).

5.3.2 Semilandmarky

Semilandmarky nejsou landmarky v pravém slova smyslu. Nejsou definovány jako samostatné body, ale vyskytují se vždy v rámci celého souboru (Bookstein, 1997). Jedná se o landmarky na hladkém povrchu křivek, případně povrchů, s pozicí podél zakřivení, které se nedá identifikovat a takto se dají odhadnout (Mitteroecker – Gunz, 2009). Koncept semilandmarků byl poprvé zaveden F. Booksteinem (1991). Byl použit k popisu hladkých povrchů a křivek. Poprvé byl aplikován na 2D studii variability lidského corpus callosum (Mitteroecker – Gunz, 2009).

Lidská lebka má velké množství anatomických landmarků v obličejové části, zatímco jen pár na hladkém povrchu mozkovny. V tomto případě se využívají semilandmarky. Lze je také využít na křivkách sledujících sutury. Pokud pracujeme se semilandmarky v souboru, musíme vždy zachovat stejný počet semilandmarků u každého vzorku (Mitteroecker – Gunz, 2009; Gunz – Mitteroecker – Bookstein, 2005).

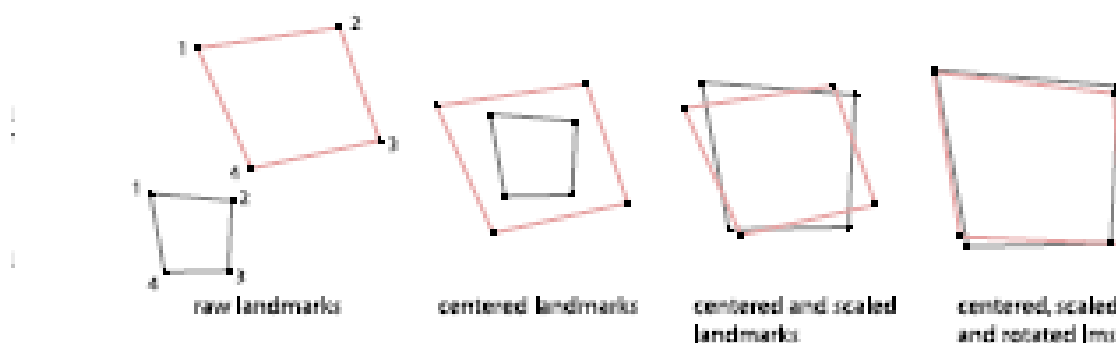
5.4 Analýza obrysů

Analýza tvaru objektu pomocí metody analýzy obrysu je vyjádřena sérií bodů kolem jeho obrysu. Tyto body mohou být uspořádány buď pravidelně nebo nepravidelně. Pro kvalitní analýzu je potřeba použít velké množství bodů (Zima et al, 2004). Na rozdíl od metody analýzy tvaru pomocí význačných bodů tato metoda nevyužívá jako primární ukazatel tvaru objektu polohu bodů na objektu, ale koeficienty vhodného geometrického modelu, které tvaru přiřazuje na základě x, y, (z) souřadnic dostatečného množství bodů podél obrysu (Urbanová – Králík, 2009).

5.5 Metody geometrické morfometrie

5.5.1 Standardizace objektů - Prokrústovská analýza

Název „prokrústovská“ pochází z řecké mytologie. Prokrústés upravoval či přizpůsoboval své návštěvníky zkracováním či prodlužováním jejich těla podle jeho postele. Tím minimalizoval rozdíly mezi návštěvníky a postelí (Zelditch et al, 2004). Metodu prokrústovské analýzy navrhl v 80. letech Fred Bookstein (Bookstein, 1991). Tato metoda slouží ke standardizaci objektů a má za úkol minimalizovat vzdálenosti mezi homologními landmarky a řídí se kritériem tzv. nejmenších čtverců (Mitteroecker – Gunz, 2009). Naměřená data obsahují kromě informací o tvaru také informace o velikosti, poloze a orientaci. Metoda spočívá v několika krocích. Nejprve jsou na sebe všechny objekty naskládány tak, aby měly společnou polohu centroidu. Změní se jejich poloha. Poté jsou všechny objekty převedeny na jednotnou společnou velikost. A nakonec jsou všechny objekty vůči sobě otáčeny tak dlouho, dokud nejsou prostorové rozdíly mezi landmarky minimální (Zelditch et al, 2004) (obr. 6.2). Nově vzniklé, již standardizované souřadnice, které obsahují pouze informaci o tvaru, se nazývají prokrústovské souřadnice. Tzv. prokrústovské reziduum představuje odchylky od průměrného tvaru. Součtem těchto reziduí jednoho objektu získáme prokrústovskou vzdálenost mezi dvěma tvary (Urbanová – Králík, 2009, Mitteroecker – Gunz, 2009).



Obrázek 5.2: tři kroky Prokrústovské analýzy – neupravené landmarky, společná poloha centroidu, společná velikost, rotace (převzato a upraveno podle Mitteroecker – Gunz, 2009)

5.5.2 Fourierova analýza

Fourierova analýza se zabývá analýzou obrysů. Rozlišujeme dva typy Fourierovy analýzy - klasickou a eliptickou (Urbanová – Králík, 2009). Principem klasické Fourierovy analýzy je měření vzdálenosti křivky od určitého bodu uvnitř křivky, čímž může být

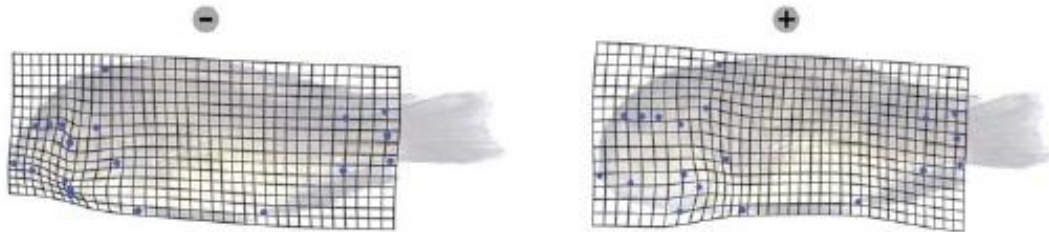
význačný bod případně centroid. Tyto vzdálenosti jsou měřeny v pravidelných intervalech určených úhlem (Zima et al, 2004). Jedná se o sérii opakujících se matematických funkcí o zvyšující se frekvenci, tedy tzv. harmonických proměnných. Základem těchto harmonických proměnných jsou goniometrické funkce sinus a kosinus (Urbanová – Králík, 2009). Eliptická Fourierova analýza spočívá v tom, že vstupní data představují souřadnice x a y série jednotlivých bodů podél křivky, které na rozdíl od předchozí metody nemusí být pravidelně rozmístěny. Počáteční bod musí být u všech objektů stejný, proto se zpravidla volí určitý význačný bod, který pro všechny objekty homologický (Zima et al., 2004).

5.5.3 Metoda tenkých ohebných plátek (TPS – Thin-Plate Spline)

Vizualizace tvarových změn a rozdílů pomocí deformačních mřížek sahá do minulosti. Již staří Egypťané využívali čtvercových mřížek (viz kapitola morfometrie). V roce 1528 Albrecht Dürer vydal knihu „Vier Bücher von menschlicher Proportion“, kde používá morfologickou komparaci pomocí deformačních mřížek. Stejně jako D'Arcy Thompson 1917 (Mitteroecker – Gunz, 2009). Thompson použil pravidelné čtvercové síť horizontálních a vertikálních čar, díky kterým dokázal zobrazit změnu jednoho tvaru v druhý (Urbanová – Králík, 2009).

Tato metoda, která vznikla v 80. letech, pracuje na základě přirovnání změny jednoho tvaru v druhý k pomyslné deformaci nekonečně tenkého kovového plátu na požadovaný tvar, tvar zkoumaného objektu. Na deformaci takového plátu je potřeba množství energie, tzv. deformační energie, která slouží jako základní veličina pro vyjádření tvaru a tvarové změny. Podle množství vynaložené deformační energie rozdělujeme tvarové změny na afinní a neafinní. Afinní (lineární, uniformní) složka tvarové změny jsou takové změny tvaru, na které není potřeba vynaložit žádná deformační energie. Při grafickém zobrazení afinních změn je zachován rovnoběžný průběh sítě deformační mřížky. Tvar se mění i přesto, že nedochází k deformaci v pravém slova smyslu. Neafinní (nelineární, neuniformní) složka tvarové změny zahrnuje všechny ostatní změny tvaru. Rovnoběžný průběh sítě deformační mřížky je narušen. Matici deformační energie neafinní složky lze dále kombinovat do nových tvarových proměnných. Tyto nové proměnné jsou jejich vzájemnými lineárními kombinacemi. Rozkladem matice deformační energie vznikají nové tvarové proměnné, tzv. hlavní varpy (principal warps). Každá hlavní varpa je složena ze dvou složek, jejichž hodnoty se označují jako tzv. dílčí varpy (partial warps).

Čím vyšší je pořadí hlavní varpy, tím více je zapotřebí deformační energie (Urbanová – Králík, 2009; Zelditch et al, 2004).



Obrázek 5.3: deformace mřížky pomocí TPS (převzato a upraveno podle Mitteroecker – Gunz, 2009)

5.5.4 Analýza hlavních komponent (PCA – Principal Components Analysis)

Metoda analýzy hlavních komponent byla poprvé popsána již v roce 1901 Pearsonem. Poté v roce 1933 Hotellingem, který se postaral o zavedení této metody do praxe (Zima et al, 2004). Jedná se o metodu vícerozměrné statistiky, jejímž cílem je popsat strukturu závislosti velkého množství veličin snížením původního počtu proměnných na menší počet transformovaných proměnných, tzv. hlavních komponent, které jsou lineárními kombinacemi původních proměnných (Urbanová – Králík, 2009). Cílem metody analýzy hlavních komponent je transformace dat z původních proměnných do menšího počtu proměnných (hlavních komponent), které mají vhodnější vlastnosti, je jich výrazně méně a vystihují téměř celou proměnlivost původních proměnných. Tyto nové proměnné jsou vzájemně nekorelované (Meloun – Militký, 2002). Například 20 až 30 původních proměnných lze reprezentovat 2 až 3 hlavními komponentami (Zima et al, 2004). „Hlavní komponenty jsou získávány tak, aby vysvětlovaly největší podíl celkových rozdílů mezi tvary. Smysluplné jsou pouze ty komponenty, které vysvětlují takový podíl variability, který na ně proporčně připadá z celkového objemu rozdílů“ (Urbanová – Králík, 2009). Hlavní komponenty jsou seřazeny na základě jejich důležitosti podle klesajícího rozptylu od největšího k nejmenšímu (Meloun – Militký, 2002).

5.5.5 Statistické testování tvarových proměnných

Ve chvíli, kdy máme zajištěnou linearitu a vzájemnou nezávislost, můžeme provádět statistické testování tvarových proměnných pomocí testů jednorozměrné či vícerozměrné statistiky. Základní testy, které se používají pro testování shody průměrných

tvary dvou skupin, jsou permutační a Hotellingův test. Pokud chceme testovat více jak dvě skupiny, pak je potřeba využít vícerozměrnou analýzu rozptylu (tzv. MANOVA). Pokud chceme u různých skupin sledovat vztahy mezi tvarovými proměnnými a velikostí, použijeme vícerozměrnou analýzu kovariance (tzv. MANCOVA). Vícerozměrnou regresní analýzu využijeme v případě, kdy tvarové proměnné mohou vystupovat jako nezávislé proměnné, na základě kterých předikujeme hodnoty jednoho nebo více závislých znaků (Urbanová – Králík, 2009).

6 MATERIÁL A METODY

6.1 Materiál

Materiálem, který jsem ve své diplomové práci zpracovávala jsou fotografie obličejů. Jedná se o černobílé fotografie, které pocházejí z rozsáhlé brněnské longitudinální studie doc. MUDr. Marie Bouchalové, CSc., která probíhala v 60. až 80. letech 20. století ve Výzkumném pracovišti preventivní a sociální pediatrie Lékařské fakulty Masarykovy univerzity. Jednalo se o studii tělesného, zdravotního, sociálního a duševního vývoje. Jedinci docházely na pravidelné výzkumné prohlídky od narození do 18 let. Podnětem k založení této studie bylo jednak přiblížení se celosvětovému trendu, ale také zachycení odrazu velkých sociálních přeměn současné společnosti na mladé generaci (Bouchalová, 1987).

Výchozím souborem pro tuto studii bylo 555 dětí – 278 chlapců a 277 dívek. Tento počet se však zredukoval na 328. Hlavními důvody bylo stěhování rodin, špatná spolupráce rodin, narušení rodinných poměrů, umístění dětí do kojeneckých ústavů, špatný zdravotní stav a příslušnost do jiných etnických skupin (Bouchalová, 1987).

Fotografie byly podle záznamu pořízeny za standardních podmínek – vzdálenost od objektivu 2,5 až 3 m.

Ve své práci jsem zpracovávala fotografie po roce, tedy u každého jedince 18 fotografií (1 rok až 18 let). U některých jedinců, kde na některé z fotografií nebyla vhodná pozice obličeje nebo záznam nebyl dostatečně kvalitní, byly tyto fotografie eliminovány a místo nich byly použity fotografie pořízené s půlročním předstihem nebo zpožděním. Jednalo se o fotografie z pohledu en face. Z rozsáhlého souboru fotografií jsem si vybrala 50 jedinců – 25 chlapců a 25 dívek. Konkrétně se jednalo o jedince s pořadovými čísly: dívky: 16, 28, 40, 60, 62, 64, 68, 98, 112, 118, 126, 128, 150, 264, 286, 306, 358, 368, 384, 392, 424, 446, 450, 468, 544 a chlapci: 15, 29, 31, 39, 59, 81, 107, 119, 131, 147, 153, 165, 263, 269, 291, 321, 337, 345, 393, 421, 469, 481, 501, 505, 535.

6.2 Metody

6.2.1 Příprava a úprava fotografií

K dispozici jsem dostala klasické fotografie, které jsem převedla do digitální podoby pomocí profesionálního skeneru MikroTek ScanMaker 9800XL. Obličej jsem skenovala s rozlišením 1000 dpi. Naskenované fotografie jsem ukládala ve formátu „.tiff“. Následovala úprava jasu a kontrastu ve Windows Vista picture manager. V programu tpsUtil (Rohlf 2008) jsem vytvořila ze složek fotografií tps soubory.

6.2.2 Digitalizace fotografií

Digitalizaci význačných bodů jsem prováděla v tpsDig2 (Rohlf 2006). Na souboru fotografií jsem digitalizovala 31 význačných bodů (obr. 19). Tím jsem dostala x a y souřadnice těchto bodů, tedy prostorová data. Body musí být digitalizovány vždy ve stejném pořadí. Pořadí jedinců při digitalizaci bylo náhodné. Význačné body jsou definovány podle Fetter et al 1967. Body zygion II a gnathion II jsou body nově navržené a jsou používány na Ústavu antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně.

Body tragion a lalůček ucha byly na některých fotografiích špatně viditelné, jinde zakryty vlasy. Digitalizovala jsem je tedy do odhadnuté polohy. Z tohoto důvodu jsem tyto body z analýzy obrazu vyřadila. Analýzu obrazu jsem tedy provedla s 27 význačnými body.

Definice význačných bodů:

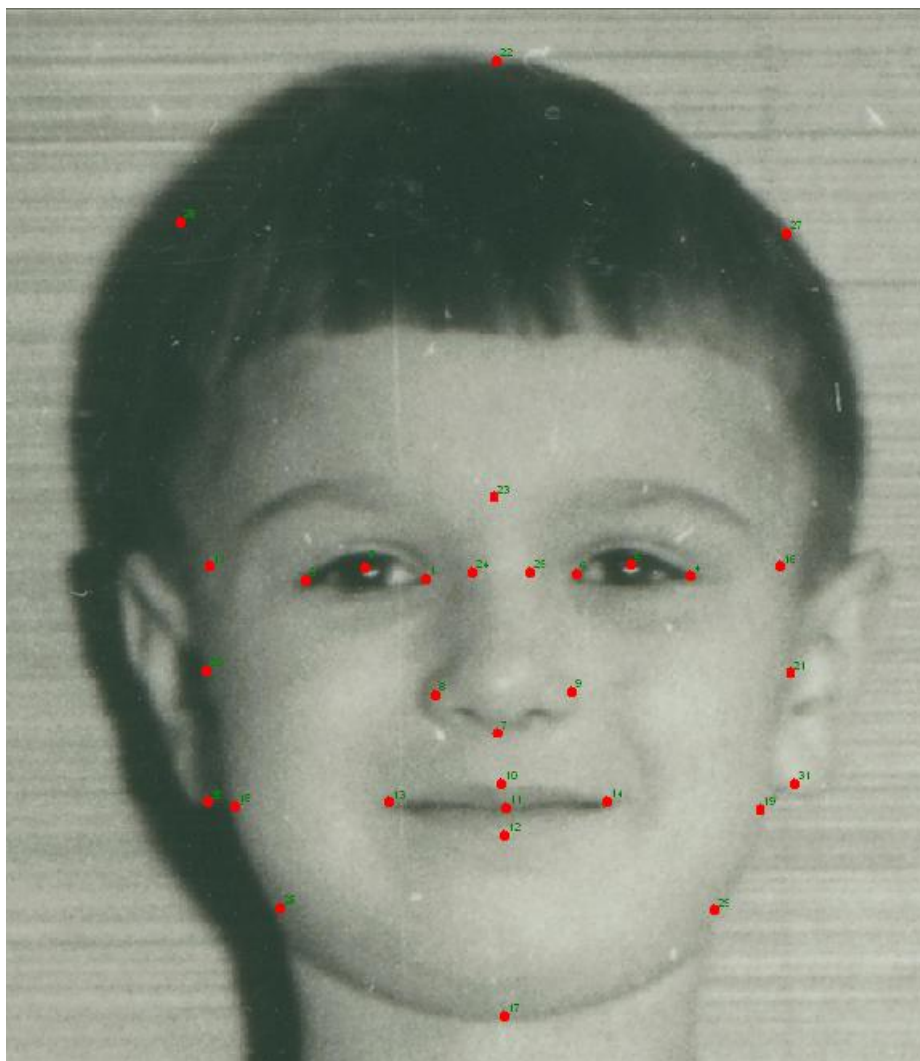
- **(1,6) entokanthion** - (2x) bod ve vnitřním koutku oka, kde se stýká horní a dolní víčko, místo kde se stýká okraj horního a dolního víčka na mediálním okraji slzného jezírka. v případě výskytu kožní nadvíčkové řasy (epicantus, plica mongolica, plica marginalis fetalis), přes kterou nelze okraj jezírka vidět, určíme entokanthion v místě styku této řasy s dolním víčkem.
- **(2,5) pupila (2x)** - střed zornice oka. v případech, kdy panenky jedince směřují dostrany, je tento bod umístěn ve středu oční štěrbin.
- **(3,4) ektokanthion (2x)** - bod na laterální straně oka na spojnici obou víček, 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.

- **(7) subnasale** (1x) - bod ležící v úhlu, který svírá obrys nosní přepážky a horního rtu, nejnižší viditelný bod nosu v mediánní 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.
- **(8,9) alare** (2x) - bod ležící nejvíce laterálně 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 mediánní rovina.
- **(10) labrale superius** (1x) - průsečík tangenty proložené horním okrajem hranice červeně rtu a mediánní roviny, průsečík tangenty proložené horním okrajem červeně horního rtu s mediánní rovinou. výšková poloha tohoto bodu na mediánní ose tak nemusí odpovídat vždy výšce hranice červeně uprostřed horního rtu, ale vždy odpovídá nejvýše sahající části hranice rtu po stranách spodní části philtra.
- **(11) stomion** (1x) - průsečík ústní štěrbiny při zavřených ústech s mediánní rovinou.
- **(12) labrale inferius** (1x) - bod ležící v mediánní rovině na spodní hranici červeně dolního rtu, bod ležící na průsečíku mediánní roviny se spodní hranicí červeně dolního rtu, přesné umístění tohoto bodu je zvláště u starších neostrých snímků velmi problematické, hranici červeně lze často v takových případech určit protažením křivky viditelné části této hranice v laterálních částech rtu.
- **(13,14) cheilion** (2x) - bod ležící v koutku úst v místě styku hranice červeně horního a dolního rtu, bod ležící v koutku úst v místě styku hranice červeně horního a dolního rtu, zmíněné umístění tohoto bodu je dodržováno i v případech, kdy se jedinec na snímku usmívá či jinak mění standardní pozici koutků úst, v případě,

kdy jsou koutky úst zakryty kožní řasou, je cheilion umístěn v nejlaterálněji viditelném bodě ústní štěrbiny, v případě neviditelnosti ústního koutku z důvodu rozmazání či stínu je cheilion určen protažením linií hranic červení rtů až do místa jejich předpokládaného styku.

- **(15,16) zygion II** (2x) - nejlaterálněji viditelný bod obličeje 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 obličeje, je úpon ušního boltce, případně počátek vlasového pokryvu.
- **(17) gnathion** (1x) - bod ležící v mediánní rovině na dolním okraji mandibuly nejvíce dole, v případě plynulého přechodu brady v krk určíme spodní okraj dolní čelisti protažením jejich patrnějších kontur v laterálních částech. dalším pomocným indikátorem tohoto místa může být počátek nejtmašího stínu pokračujícího zpod brady kaudálně.
- **(18,19) gonion II** (2x) - nejlaterálněji viditelný bod na dolní čelisti ležící na přímce procházející bodem stomion (střed ústní štěrbiny v mediánní rovině) kolmo k mediánní rovině, na rozdíl od klasického bodu gonion neleží nezbytně v místě úhlu dolní čelisti.
- **(20,21) tragion** (2x) - bod na horním okraji tragu, ležící v průsečíku tangent předního a horního okraje chrupavky.
- **(22) vertex** (1x) - bod na temeni lebky, který při poloze hlavy v orientační rovině leží nejvíce nahoře.
- **(23) optyryon** (1x) - průsečík obočí s mediální rovinou.
- **(24,25) radix nasi** (2x) - kořen nosu.
- **(26,27) euryon II** (2x) - průsečík 8-25 a 9-24 s okrajem kalvy
- **(28,29) ramus mandibulae** (2x) – průsečík 2-14 a 5-13 se spodním okrajem mandibuly.
- **(30,31) lalůček ucha** – nejkaudálnější bod lalůčku ucha.



Obrázek 6.1: Ukázka digitalizovaných bodů

6.2.3 Analýza tvaru

K posouzení tvarové variability obličeje byly použity metody geometrické morfometrie. Tyto metody pracují na principu metody tenkých ohebných plátek (TPS) a tvarové změny vizualizují pomocí deformačních mřížek. K analýze tvaru a závislosti tvaru na věku jsem použila programy tpsUtil (Rohlf 2008), tpsRelw (Rohlf 2005), tpsRegr (Rohlf 2007), tpsSpln (Rohlf 2004), PAST (Hamer – Harper – Ryan 2001), MS Excel (Microsoft Office Professional Edition, Microsoft Corporation 2003) a Poznámkový blok (verze 5.1, Microsoft Corporation 2001).

6.2.3.1 Standardizace

Standardizace nadigitalizovaných dat byla provedena prokrústovskou analýzou. Tato metoda slouží ke standardizaci objektů a má za úkol minimalizovat vzdálenosti mezi

homologními landmarky a řídí se kritériem tzv. nejmenších čtverců. Lze ji provést v programu tpsRelw (Rohlf 2005) nebo PAST (Hamer – Harper – Ryan 2001).

6.2.3.2 Další zpracování a vyhodnocení

Určení chyby digitalizace

Pro určení chyby digitalizace jsem opětovně nadigitalizovala 10 jedinců, které jsem vybrala náhodně. Digitalizace byla provedena s dostatečným časovým odstupem. Jedná se tedy o určení „intra-observer error“ (tedy digitalizace jednou osobou). Obě nadigitalizované sady jsem porovnála na základě analýzy hlavních komponent. Poté jsem výsledek ověřila pomocí párového Hottelingova testu.

Analýza relativních varp

Analýzu pomocí relativních varp jsem prováděla v programu tpsRelw (Rohlf 2005). tpsRelw pracuje jako RWA (případně PCA). V analýze relativních varp byly vypočítány průměrné konfigurace bodů (konsensus) a tyto byly dále použity jako referenční konfigurace. Tvarové změny obličeje byly sledovány v grafech.

MANOVA

V PASTU jsem pozorovala RWA skóre. Na základě Jolliffe cut-off testu jsem usoudila, že budu sledovat 9 os. Barevně jsem odlišila jednotlivé věkové skupiny a provedla test MANOVA. Věkové skupiny jsem rozdělila do skupiny A (1 až 3 roky), B (4 až 6 let), C (7 až 9let), D (10 až 12let), E (13 až 15 let) a F (16 až 18 let). Poté jsem provedla test na Mahalanobisovu vzdálenost, která nám ukazuje, jak jsou od sebe jednotlivé skupiny vzdáleny.

Mnohorozměrná regresní analýza

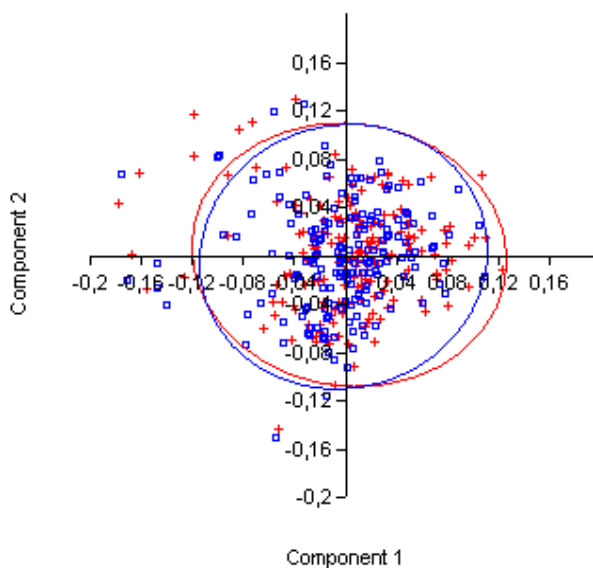
V programu tpsRegr (Rohlf 2007) jsem provedla mnohorozměrnou regresi tvaru s nezávislou proměnnou věk. Mnohorozměrná regresní analýza vyjádří, kolik % změny v datech můžeme vysvětlit regresním modelem. Takto jsem pozorovala, jak se mění tvar v průběhu věku. Regresní analýzu jsem provedla nejprve pro všechny jedince, poté pro dívky a chlapce zvlášť. V poznámkovém bloku jsem vytvořila soubor pro nezávislou proměnnou věk. Tento soubor jsem uložila s příponou „.NTS“, kterou program tpsRegr (Rohlf 2007) vyžaduje. Na základě této analýzy jsem určila hodnotu Goodallův F-test a hodnoty permutačního testu. Poté jsem vytvořila vizualizace tvarových změn v jednotlivých letech.

V programu tpsRegr (Rohlf 2007) jsem provedla testování statistické významnosti závislosti celkové tvarové variability se zadanou nezávislou proměnnou, tedy na věku.

7 VÝSLEDKY

7.1 Chyba digitalizace

Chybu digitalizace jsem provedla na základě analýzy hlavních komponent. Porovnála jsem oba soubory, první digitalizaci a opětovnou digitalizaci. Z grafu je vidět, že se obě sady se nepatrně liší. Domnívám se, že chyba digitalizace byla ovlivněna špatnou kvalitou některých snímků. Pro ověření jsem porovnála prvních 10 hlavních komponent párovým Hottelingovým t-testem. Ten ukázal, že rozdíly jsou nevýznamné ($p = 0,8223$).



Graf 7.1: zobrazení rozdílů mezi oběmi sadami, modře je první digitalizace, červeně opětovná digitalizace

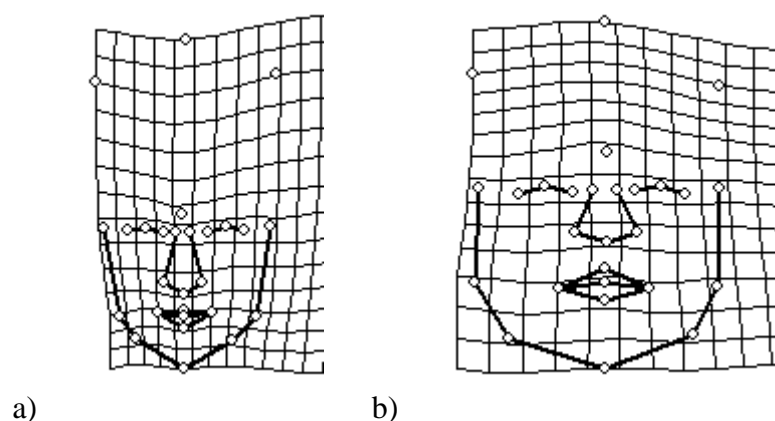
7.2 Hodnocení tvarové variability na základě analýzy relativních varp - dívky

Hodnocení pomocí relativních varp nám umožňuje sledovat tvarovou variabilitu. Z analýzy relativních varp vzešlo 50 relativních varp. Do tabulky 8.1 jsem uvedla prvních 10 relativních varp, které dohromady popisují 91,14% variability tvaru obličeje. S věkem korelovalo na statisticky významné hladině významnosti $p < 0,05$ varp 6 – RW1, RW4, RW5, RW6, RW9 a RW10.

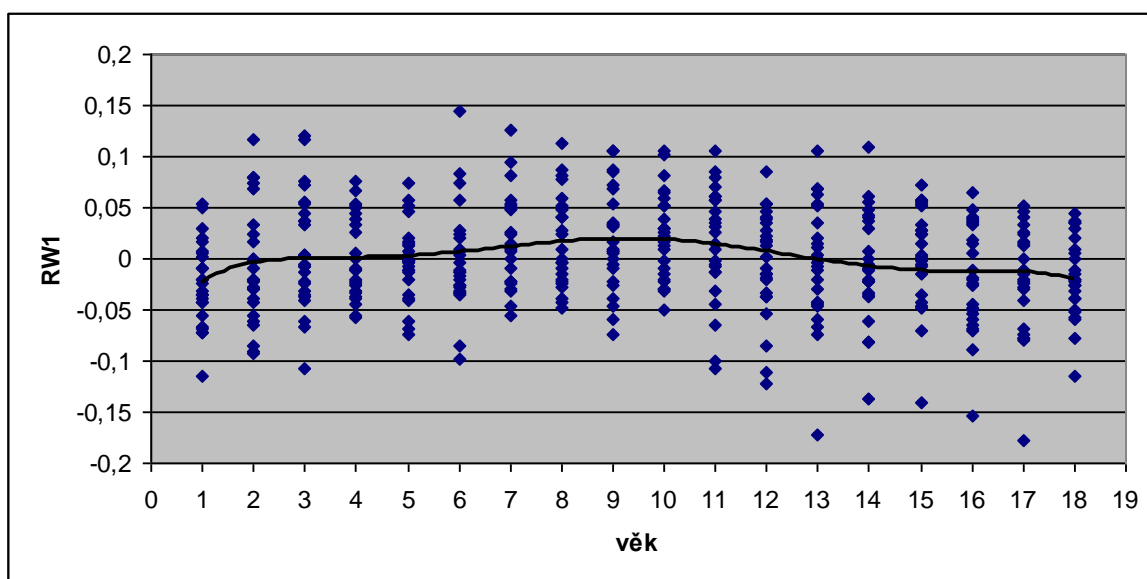
	SV	%	Kum%
1	1,06907	30,10%	30,10%
2	0,93276	22,92%	53,02%
3	0,79028	16,45%	69,47%
4	0,50060	6,60%	76,07%
5	0,48431	4,18%	82,25%
6	0,31396	2,60%	84,84%
7	0,27354	1,97%	86,81%
8	0,25022	1,65%	88,46%
9	0,23286	1,43%	89,89%
10	0,21747	1,25%	91,14%

Tabulka 7.1: vyjádření procentuální variability, singular value a kumulativní procentuální variability prvních 10 relativních varp pro dívky

Relativní varpa 1 (RW1) popisuje 30,10% celkové variability tvaru obličeje. Její vliv na tvar obličeje je zobrazen na obr. 8.1. V rámci této varpy se mění výškové a částečně také šířkové poměry horní a dolní poloviny obličeje. S rostoucím věkem je snižuje výška čela. Naproti tomu je patrný nárůst dolní čelisti jak do výšky, tak také do šířky. Optyryon, body charakterizující oči, nos a ústa se posouvají směrem nahoru. Na grafu č. 8.2 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že tato změna výrazněji začíná kolem pátého až šestého roku a končí kolem čtrnáctého až patnáctého roku.

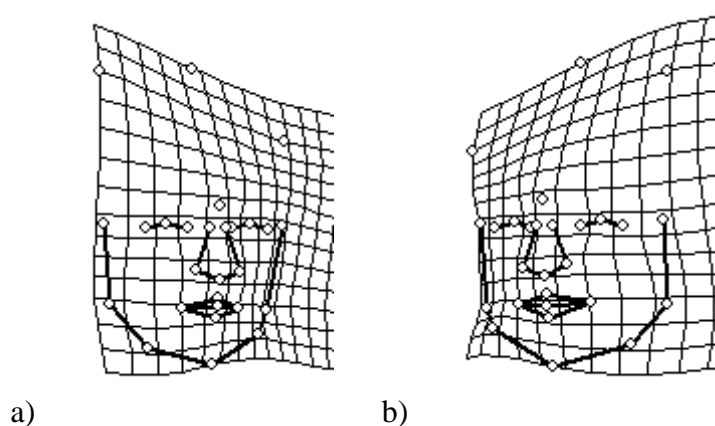


Obrázek 7.1: vizualizace RW1, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW1. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot



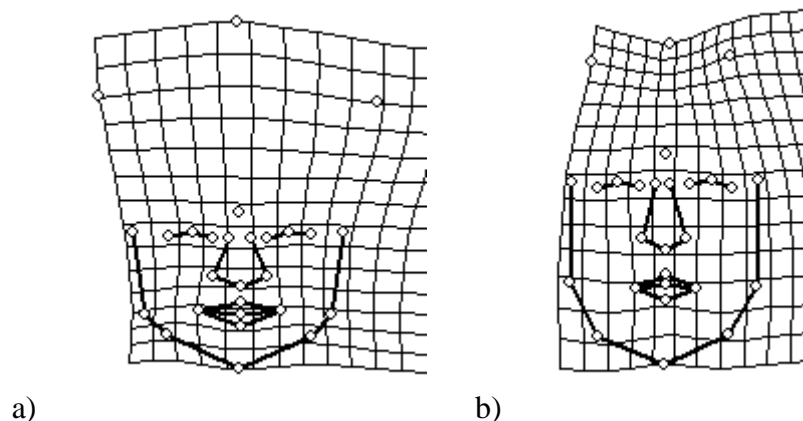
Graf 7.2: bodový graf závislosti první relativní varpy na věku, $r = 0,26$

Relativní varpa 2 (RW2) popisuje 22,92% celkové variability tvaru obličeje. Její vliv na tvar obličeje je zobrazen na obr. 8.2. Z obrázku je patrné, že tato varpa je spojena s posunem obličeje do stran. Korelace s věkem se u této varpy neprokázala jako statisticky významná.



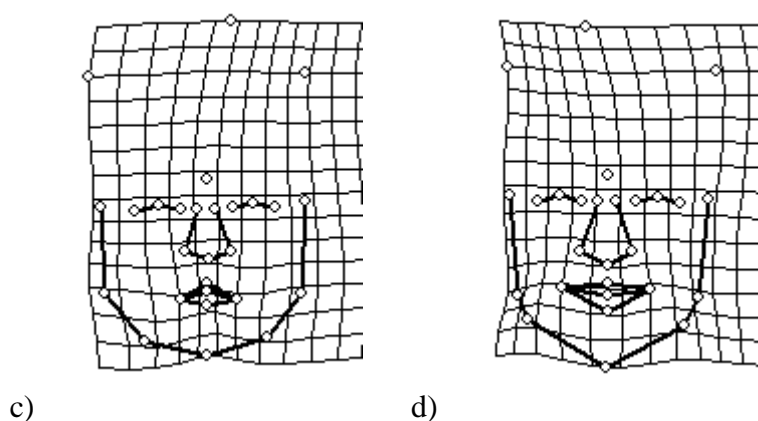
Obrázek 7.2: vizualizace RW2, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW2. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

Relativní varpa 3 (RW3) popisuje 16,45% celkové variability tvaru obličeje. Deformační mřížky znázorňující její působení jsou na obr. 8.3. Z obrázku je patrné, že dochází k celkovému zúžení obličeje. Z kulatého se stává oválný. Čelo je kratší a užší. Zúžení a prodloužení je patrné na nose. Vidět je také nárůst dolní čelisti do výšky. Korelace s věkem se u této varpy neprokázala jako statisticky významná.

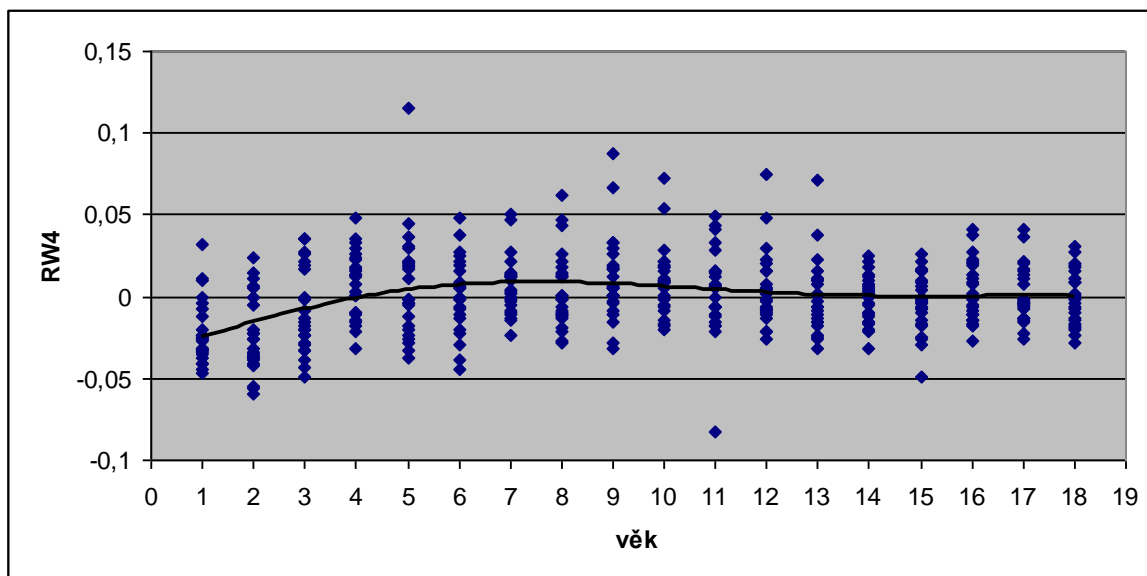


Obrázek 7.3: vizualizace RW3, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW3. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

Relativní varpa 4 (RW4) popisuje 6,60% celkové variability tvaru obličeje. Deformační mřížky znázorňující její působení jsou na obr. 8.4. na obrázku je vidět opět celkové zúžení obličeje, prodloužení nosu (bod subnasion se posouvá mírně dolů), ale také zvýraznění bradového výběžku (bod gnathion se posouvá směrem dolů). Patrné je také zvětšení úst. Body cheilion se od sebe vzdalují. Patrný je také nárůst šířky rtů. Body labrale superius a inferius se vzdalují od bodu stomion. Na grafu č. 8.3 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že tato změna začíná mezi prvním a druhým rokem a končí kolem třináctého roku. Poté již není výrazná.

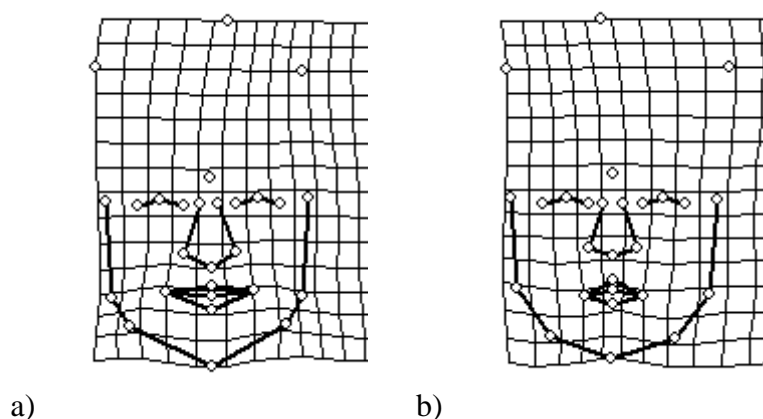


Obrázek 7.4: vizualizace RW4, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW4. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

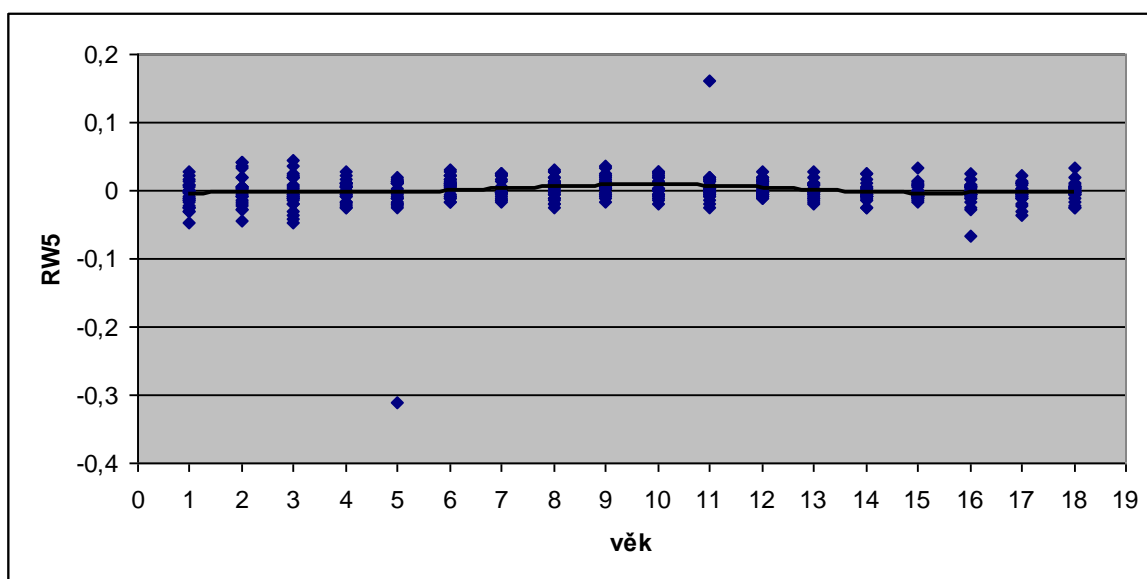


Graf 7.3: bodový graf závislosti čtvrté relativní varpy na věku, $r = 0,086$

Relativní varpa 5 (RW5) popisuje 4,18% celkové variability tvaru obličeje. Vlivy této varpy jsou znázorněny na obr. 8.5. Je vidět nepatrné zúžení obličeje, nosu, zaoblení v oblasti čelistí. Patrné je také zmenšení úst. To může být částečně ovlivněno úsměvem či otevřenými ústy u dětí. Na grafu č. 8.4 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že tato změna začíná kolem prvního roku a končí kolem šestého roku a má velice mírný průběh. Dále začíná kolem sedmého roku a končí kolem dvanáctého roku.

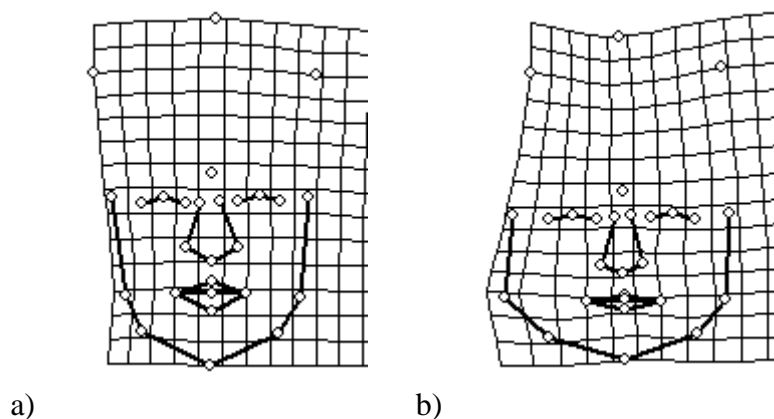


Obrázek 7.5: vizualizace RW5, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW5. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

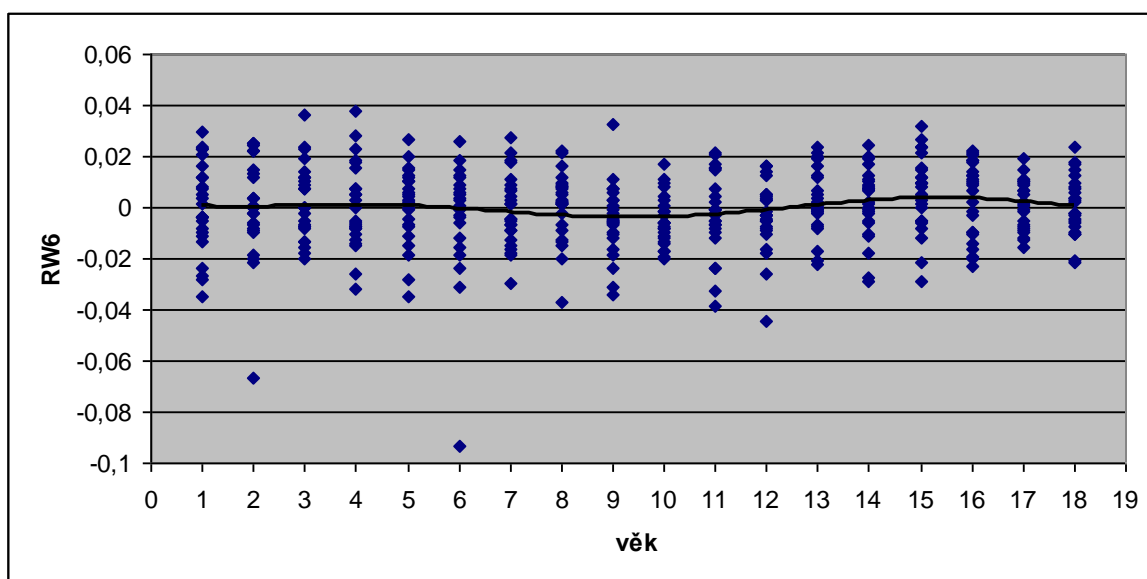


Graf 7.4: bodový graf závislosti páté relativní varpy na věku, $r = -0,26$

Relativní varpa 6 (RW6) popisuje 2,6% celkové variability tvaru obličeje. Vlivy této varpy jsou znázorněny na obr. 8.6. na obrázku je vidět rozšíření v oblasti bodu gonion II. Dále zúžení nosu a snížení čela. Na grafu č. 8.5 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že tato změna začíná kolem dvanáctého roku a doznívá mezi sedmnáctým a osmnáctým rokem, ale má velice mírný průběh.

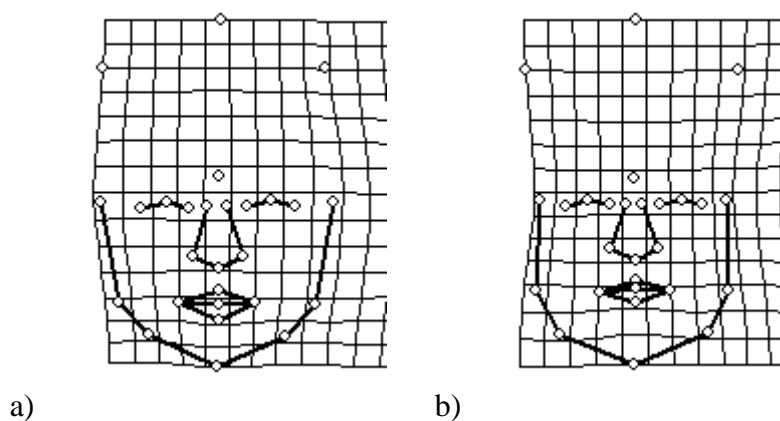


Obrázek 7.6: vizualizace RW6, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW6. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot



Graf 7.5: bodový graf závislosti šesté relativní varpy na věku, $r = 0,078$

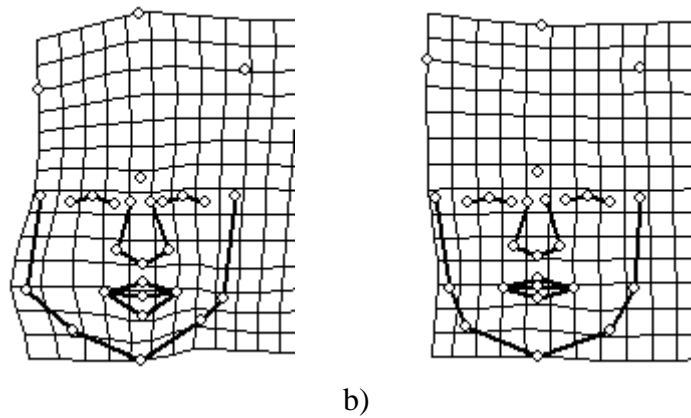
Relativní varpa 7 (RW7) popisuje už jen 1,97% celkové variability tvaru obličeje. Deformační mřížky znázorňující vliv této varpy jsou na obr. 8.7. Tato varpa způsobuje zúžení v oblasti bodů zygion II. Body zygion II se posouvají blíže k bodům ektokanthion. Na obrázku je také vidět nárůst dolní čelisti. Korelace s věkem se u této varpy neprokázala jako statisticky významná.



Obrázek 7.7: vizualizace RW7, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW7. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

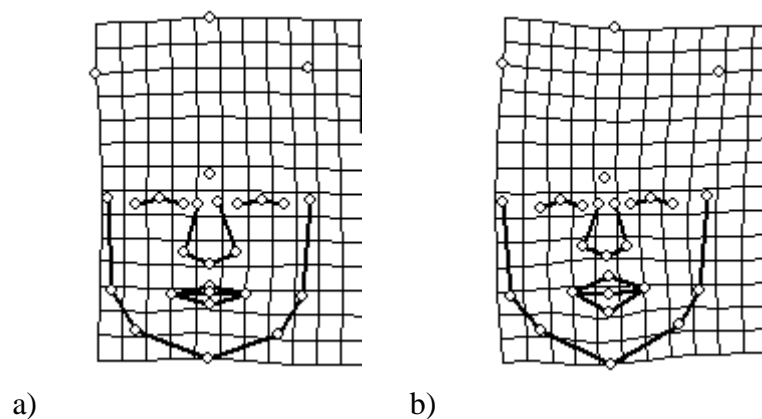
Relativní varpa (RW8) popisuje už jen 1,65% celkové variability tvaru obličeje. Deformační mřížky znázorňující vliv této varpy jsou na obr. 8.8. Na obrázku je vidět pouze nepatrné zúžení obličeje a nosu, zvětšení dolní čelisti. Na obr. a) je odchylka bodu gonion II. Jedná se o krajní a hraniční hodnotu pro tuto varpu. Odchylka vznikla pravděpodobně

nepřesnou digitalizací bodu. Korelace s věkem se u této varpy neprokázala jako statisticky významná.

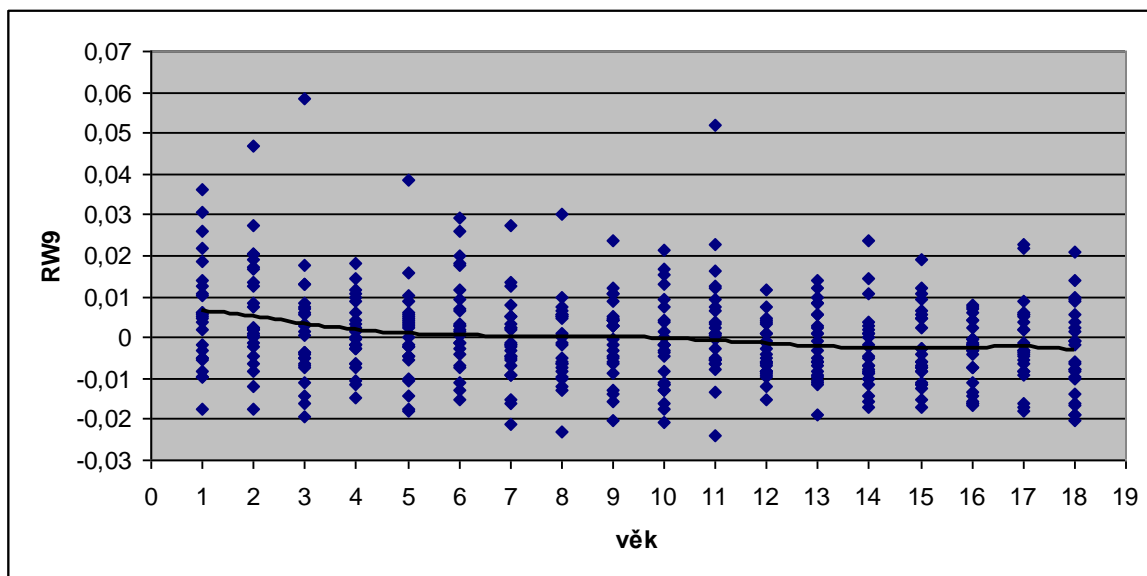


Obrázek 7.8: vizualizace RW8, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW8. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

Relativní varpa 9 (RW9) popisuje už jen 1,43% celkové variability tvaru obličeje. Deformační mřížky znázorňující vliv této varpy jsou na obr. 8.9. Na obrázku je vidět opět nepatrné zúžení obličeje, zúžení nosu, zvýraznění bradového výběžku a zvýraznění rtů, horní i dolní ret jsou širší. Na grafu č. 8.6 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že tato změna začíná kolem prvního roku a končí kolem pátého roku.

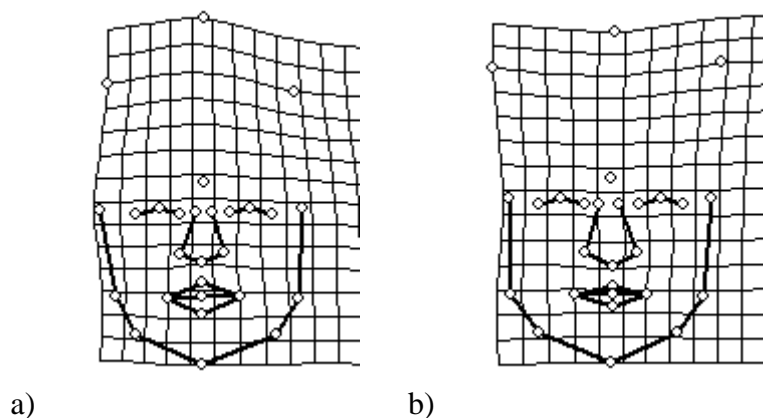


Obrázek 7.9: vizualizace RW9, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW9. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

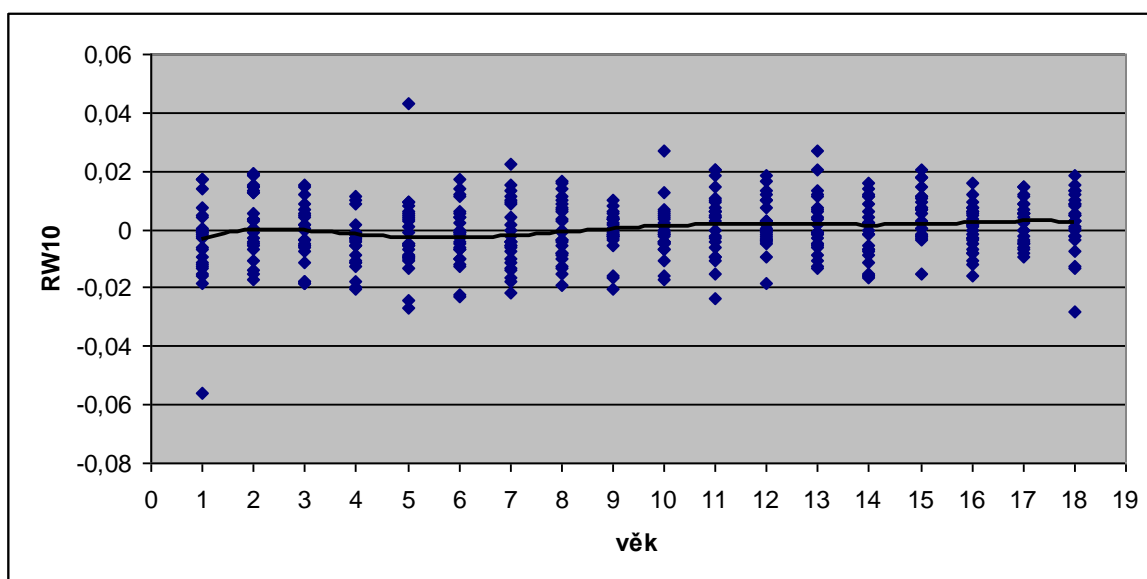


Graf 7.6: bodový graf závislosti deváté relativní varpy na věku, $r = 0,072$

Relativní varpa 10 (RW10) popisuje už jen 1,25% celkové variability tvaru obličeje. Deformační mřížky znázorňující vliv této varpy jsou na obr. 8.10. Na obrázku je vidět nepatrné zúžení obličeje. Zúžení a prodloužení nosu a snížení čela. Na grafu č. 8.7 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že tato změna se mírně začíná projevovat kolem prvního roku a končí kolem pátého roku a poté začíná jen velice mírně kolem sedmého až osmého roku a končí kolem třináctého roku.



Obrázek 7.10: vizualizace RW10, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW10. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot



Graf 7.7: bodový graf závislosti desáté relativní varpy na věku, $r = -0,21$

7.3 Hodnocení tvarové variability na základě analýzy relativních varp - chlapci

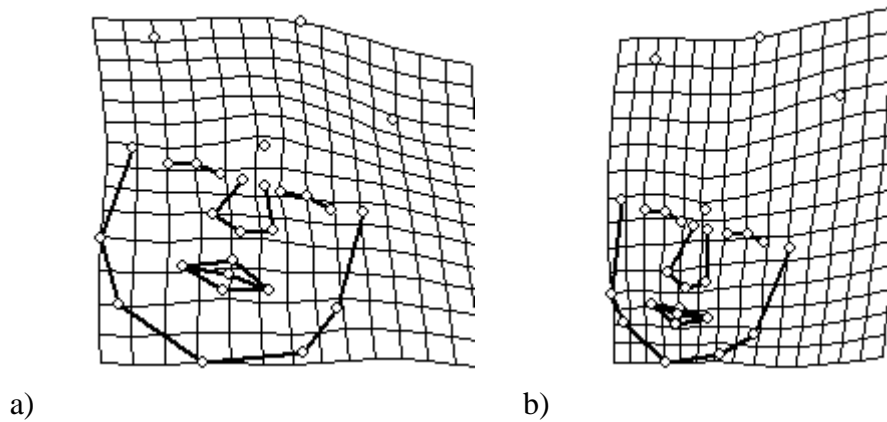
Hodnocení pomocí relativních varp nám umožňuje sledovat tvarovou variabilitu. Z této analýzy vzešlo 50 relativních varp. Do tabulky 8.2 jsem uvedla prvních 10 relativních varp, které zahrnují 90,32% z celkové variability. Z nichž RW1, RW2, RW4, RW5 a RW8 korelují s věkem na hladině významnosti $p < 0,05$.

RW	SV	%	Kum%
1	1,04189	30,41%	30,41%
2	0,93213	24,34%	54,75%
3	0,72266	14,63%	69,37%
4	0,46424	6,04%	75,41%
5	0,43700	5,35%	80,76%
6	0,32729	3,00%	83,76%
7	0,26802	2,01%	85,77%
8	0,24388	1,67%	87,44%
9	0,23241	1,51%	88,95%
10	0,22083	1,37%	90,32%

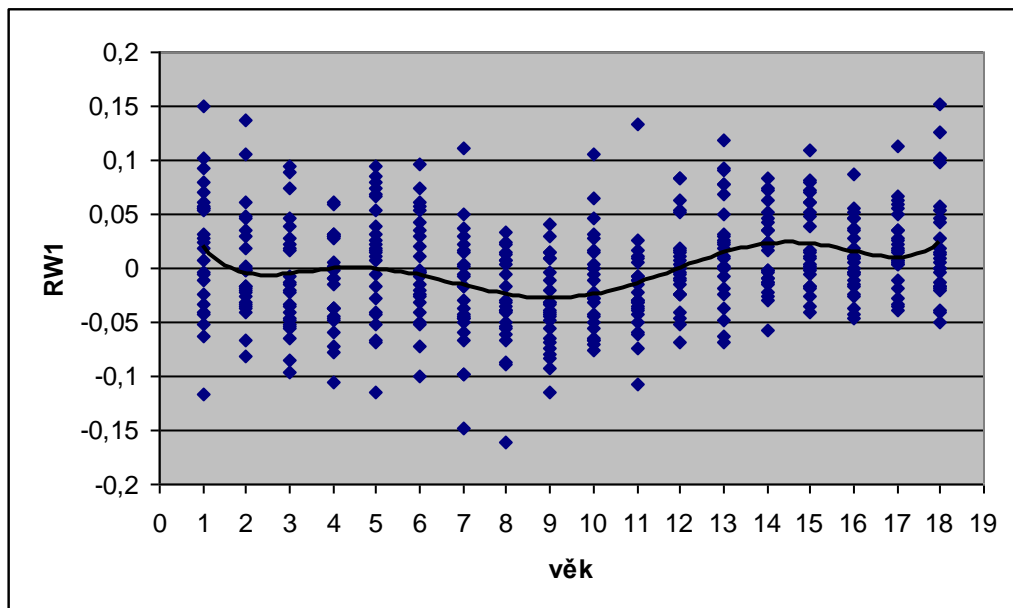
Tabulka 7.2: vyjádření procentuální variability, singular value a kumulativní procentuální variability prvních 10 relativních varp pro dívky

Relativní varpa 1 (RW1) popisuje 30,41% celkové variability tvaru obličeje. Její vliv na tvar obličeje je zobrazen na obr. 8.11. V rámci této varpy dochází k zužování obličeje. Také z zužování a prodlužování nosu. Je vidět také zvýraznění bradového výběžku. Na grafu č. 8.8 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že tato změna

se mírně projevuje od tří do sedmi let, pak se začne projevovat kolem osmého roku a uplatňuje se až do šestnáctého až sedmnáctého roku.

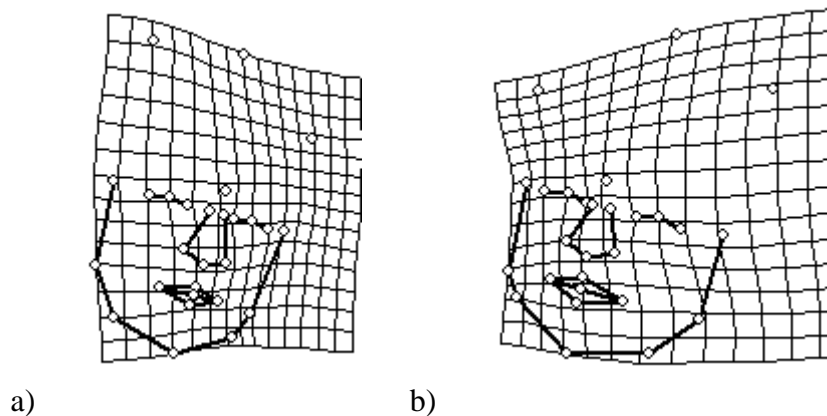


Obrázek 7.11: vizualizace RW1, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW1. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

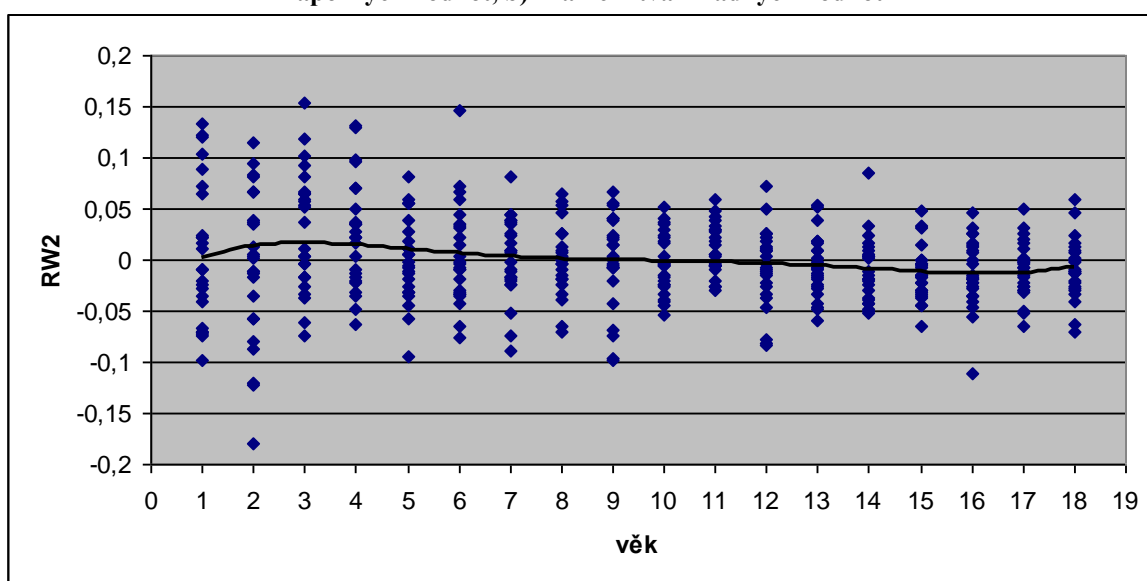


Graf 7.8: bodový graf závislosti první relativní varpy na věku, $r = -0,24$

Relativní varpa 2 (RW2) popisuje 24,34% celkové variability tvaru obličeje. Deformační mřížky znázorňující její vliv jsou zobrazeny na obr. 8.12. Tato varpa souvisí s posunem obličeje do stran. Na grafu č. 8.9 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že tato změna začíná kolem prvního roku a doznívá kolem sedmého až osmého roku.

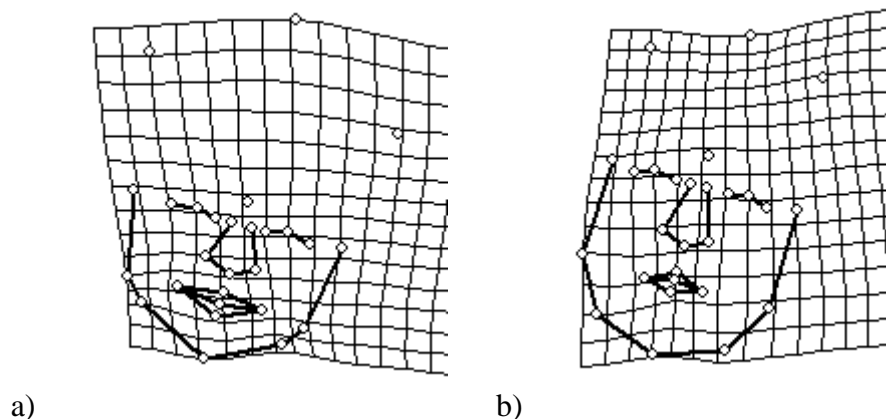


Obrázek 7.12: vizualizace RW2, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW2. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot



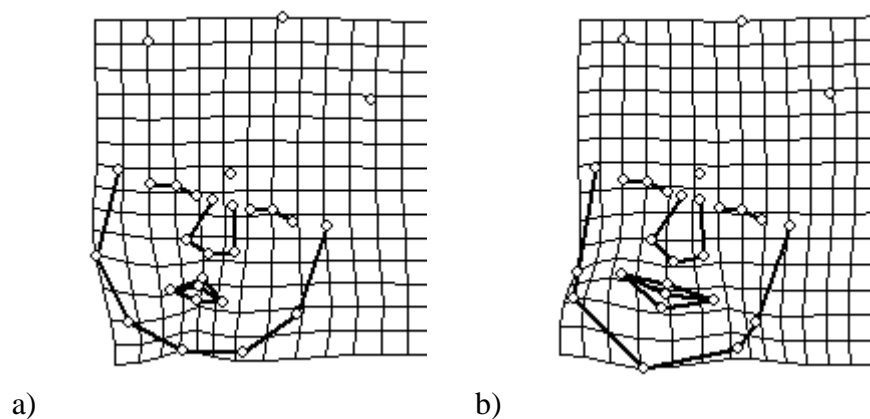
Graf 7.9: bodový graf závislosti druhé relativní varpy na věku, $r = -0,097$

Relativní varpa 3 (RW3) popisuje 14,63% celkové variability tvaru obličeje. Deformační mřížky znázorňující její vliv jsou zobrazeny na obr. 8.13. Z obrázku je vidět, že tato varpa souvisí s délko-šířkovou přeměnou. Z kulatého a krátkého obličeje se stává oválný protáhlý. Snižuje se výška i šířka čela. Zúžuje a prodlužuje se nos. Body zygion II se přibližují k ektokanthionům. Roste dolní čelist. Zmenšení úst je pravděpodobně způsobeno úsměvem či otevřenými ústy u dětí. Korelace s věkem se u této varpy neprokázala jako statisticky významná.

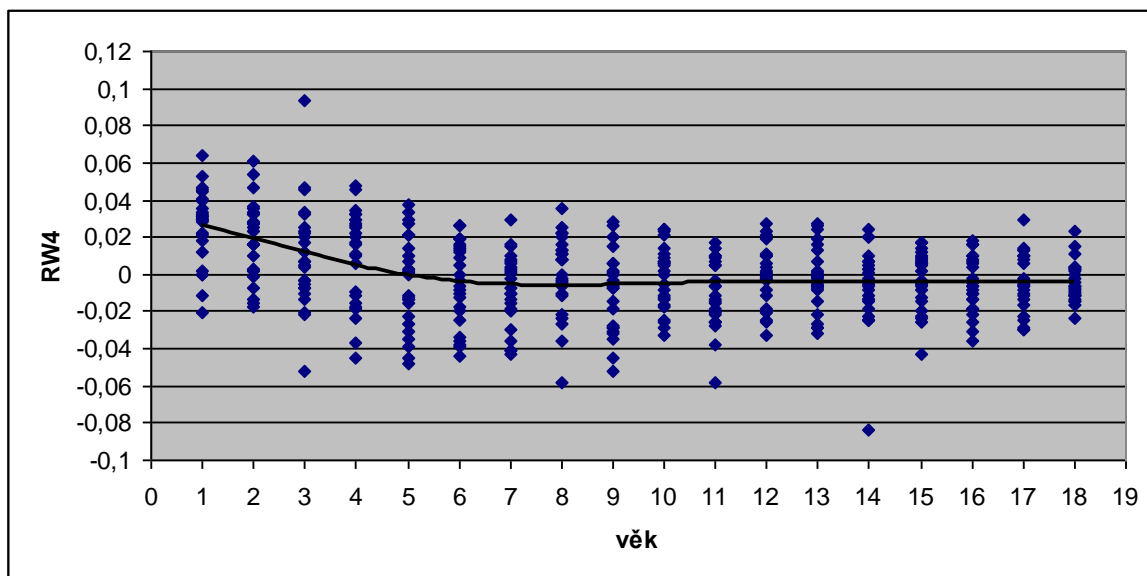


Obrázek 7.13: vizualizace RW3, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW3. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

Relativní varpa 4 (RW4) popisuje 6,04% celkové variability tvaru obličeje. Deformační mřížky znázorňující její vliv jsou zobrazeny na obr. 8.14. Z obrázku je vidět, že tato varpa souvisí se změnou v oblasti úst a nosu, dále dochází k zúžení obličeje. Ústa se s věkem zvětšují, jsou širší – body cheilion jsou dál od sebe a přibližují se k bodům gonion II. Nos je užší a delší. Také bradový výběžek je nápadnější. Na grafu č. 8.10 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že tato změna probíhá hlavně prvních letech života a postupně vyznívá kolem sedmého roku.

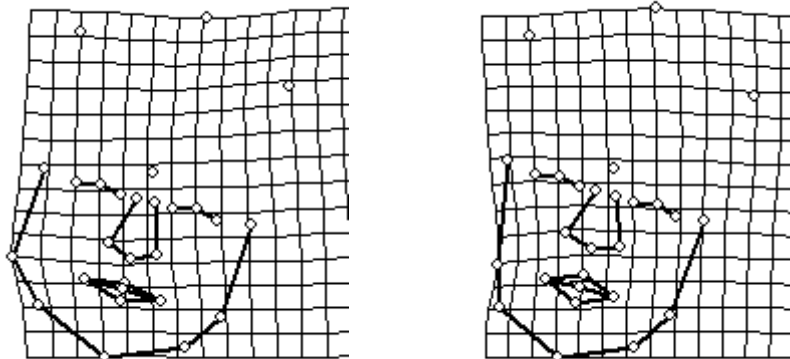


Obrázek 7.14: vizualizace RW4, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW4. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot



Graf 7.10: bodový graf závislosti čtvrté relativní varpy na věku, $r = 0,089$

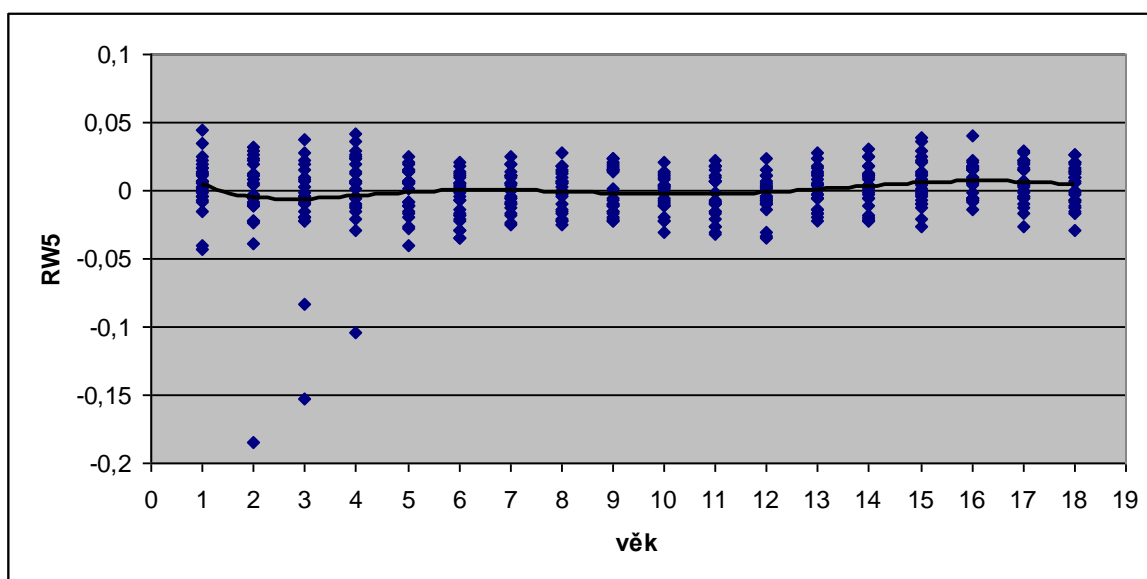
Relativní varpa 5 (RW5) popisuje 5,35% celkové variability tvaru vláčeje. Změny které souvisí s touto varpou jsou zobrazeny na obr. 8.15. Tato varpa souvisí se zúžením a prodloužením obličeje. Na grafu č. 8.11 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že k těmto změnám dochází pozvolna od dvou do osmnácti let.



a)

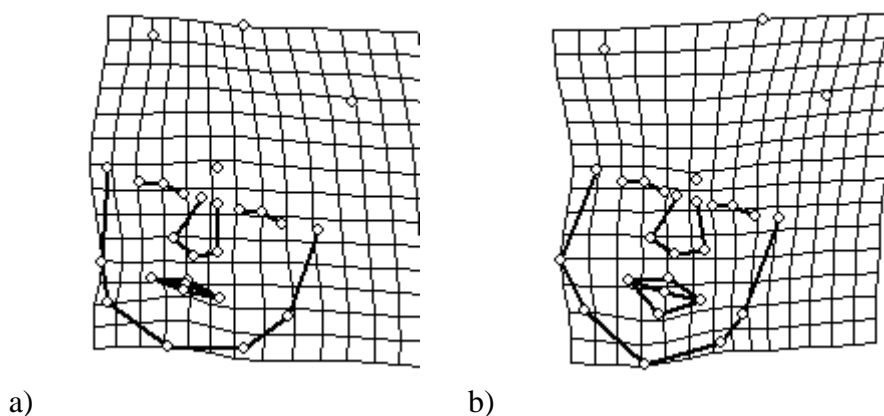
b)

Obrázek 7.15: vizualizace RW5, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW5. a) jeden ze tvarů záporných hodnot, jedná se o téměř hraniční tvar, pro hraniční tvar vznikla velká odchylka, b) hraniční tvar kladných hodnot



Graf 7.11: bodový graf závislosti páté relativní varpy na věku, $r = 0,22$

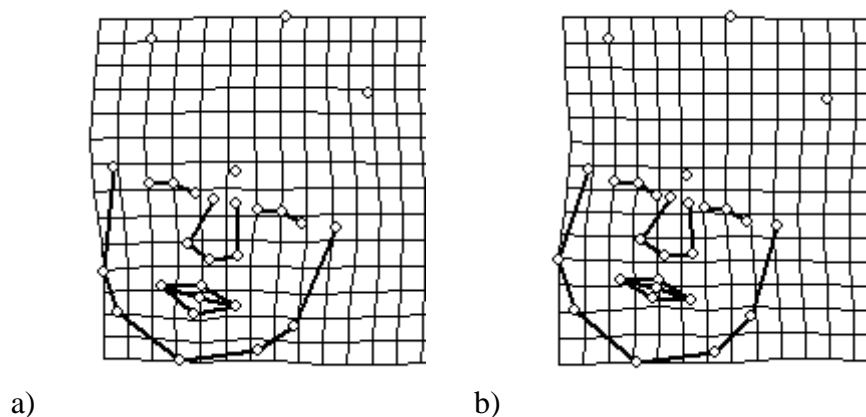
Relativní varpa 6 (RW6) popisuje 3% celkové variability tvaru obličeje. Deformační mřížky znázorňující její vliv jsou zobrazeny na obr. 8.16. Z obrázku je vidět, že tato změna souvisí opět se zúžením a prodloužením obličeje. Dále je vidět nárůst šířky horního i dolního rtu. Korelace s věkem se u této varpy neprokázala jako statisticky významná.



Obrázek 7.16: vizualizace RW6, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW6. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

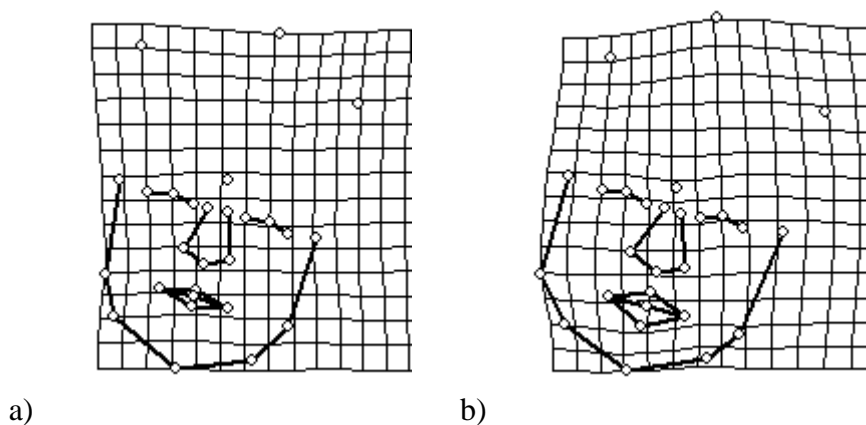
Relativní varpa 7 (RW7) popisuje už jen 2,01% celkové variability tvaru obličeje. Deformační mřížky znázorňující její vliv jsou zobrazeny na obr. 8.17. Z obrázku je vidět, že i tato varpa souvisí se zúžením a prodloužením obličeje. Body zygion II se přibližují k bodům ektokanthion. V oblasti bodů gonion II dochází k rozšíření dolní čelisti. Patrný je

také nárůst dolní čelisti. Korelace s věkem se u této varpy neprokázala jako statisticky významná.

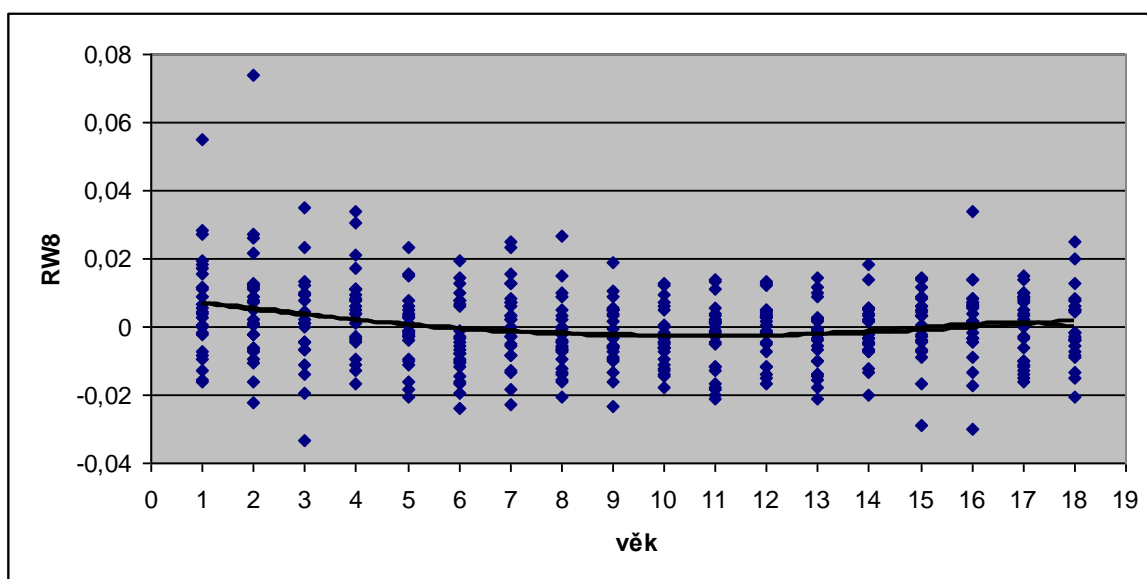


Obrázek 7.17: vizualizace RW7, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW7. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

Relativní varpa 8 (RW8) popisuje už jen 1,67% celkové variability tvaru obličeje. Deformační mřížky znázorňující její vliv jsou zobrazeny na obr. 8.18. Na obrázku je vidět nárůst šířky horního i dolního rtu. Dále je vidět mírné prodloužení nosu. Na grafu č. 8.12 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že k těmto změnám dochází v prvních letech života a doznívá kolem šestého až sedmého roku.

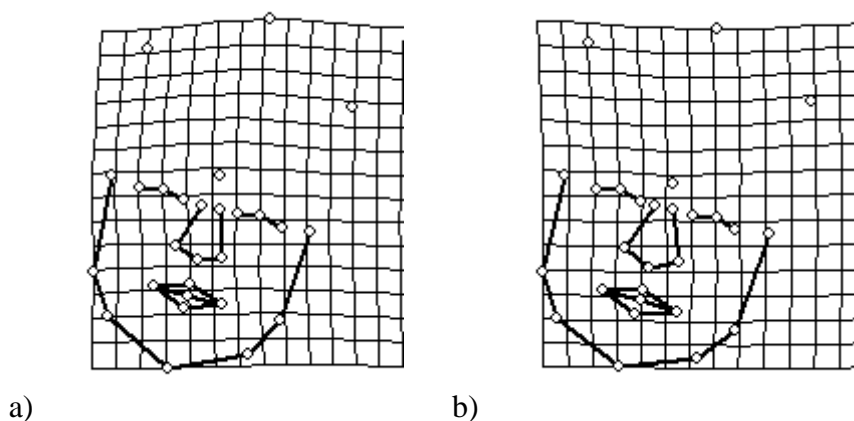


Obrázek 7.18: vizualizace RW8, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW8. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot



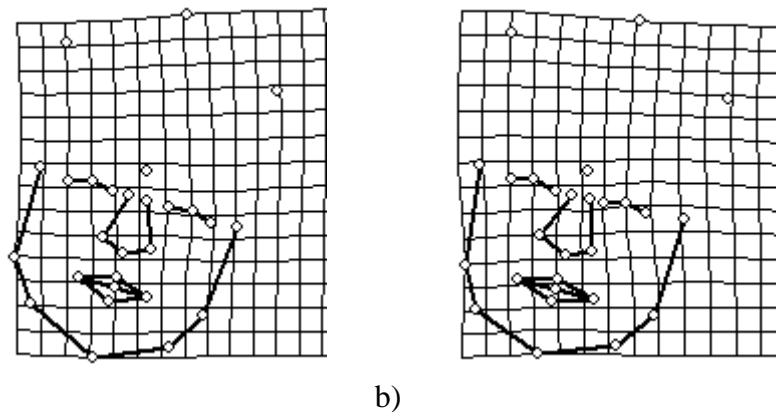
Graf 7.12: bodový graf závislosti osmé relativní varpy na věku, $r = -0,3$

Relativní varpa 9 (RW9) popisuje už jen 1,51% celkové variability tvaru obličeje. Změny, které s touto varpou souvisí jsou na obr. 8.19. Z obrázku je patrné, že tato varpa má na změny jen velice malý vliv. Je pozorovatelný malý nárůst nosu. Korelace s věkem se u této varpy neprokázala jako statisticky významná.



Obrázek 7.19: vizualizace RW9, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW9. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

Relativní varpa 10 (RW10) popisuje už jen 1,37% celkové variability. Změny, které s touto varpou souvisí jsou na obr. 8.20. Z obrázku je patrné, že i tato varpa má na změny velice malý vliv. Je vidět nepatrný nárůst nosu. Korelace s věkem se u této varpy neprokázala jako statisticky významná.



Obrázek 7.20: vizualizace RW10, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW10. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

7.4 Hodnocení tvarové variability na základě analýzy relativních varp – pro obě pohlaví

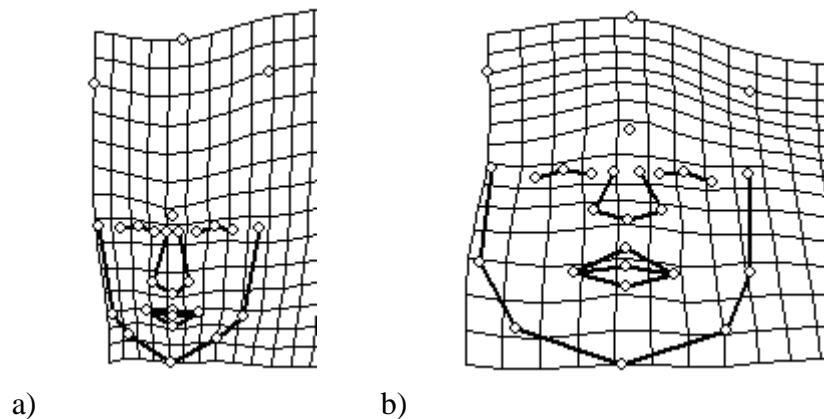
Z analýzy relativních varp vzešlo 50 proměnných. V tabulce 8.3 jsem uvedla prvních 10 relativních varp, které dohromady popisují 90,22% variability tvaru obličeje. Významně se na věkových změnách podílí však pouze RW1 ($r = 0,25$), RW4 ($r = 0,08$) a RW5 ($r = 0,24$).

	SV	%	Kum%
1	1,49117	30,06%	30,06%
2	1,31840	23,50%	53,56%
3	1,07036	15,49%	69,04%
4	0,67965	6,24%	75,29%
5	0,60571	4,96%	80,25%
6	0,39384	3,38%	83,63%
7	0,39384	2,10%	85,73%
8	0,36429	1,79%	87,52%
9	0,31878	1,37%	88,89%
10	0,31278	1,32%	90,22%

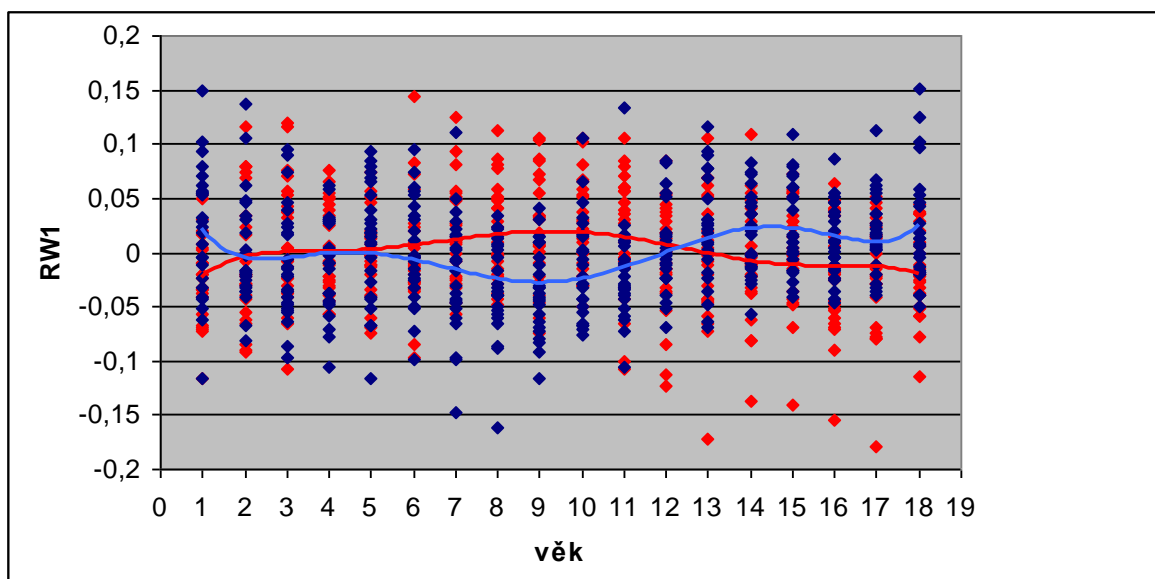
Tabulka 7.3: vyjádření procentuální variability, singular value a kumulativní procentuální variability prvních 10 relativních varp pro dívky

Relativní varpa 1 (RW1) popisuje 30,06% celkové variability tvaru obličeje. Změny, které s touto varpou souvisí, jsou zobrazeny na obr. 8.21. Dochází ke snižování výšky čela, nárůstu dolní čelisti, posunu bodů kolem očí, nosu a úst výše. Na grafu č. 8.13 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že k těmto změnám dochází u dívek od

pátého roku a končí kolem patnáctého roku. Na rozdíl od chlapců, u kterých změny pokračují až do osmnácti let, ale mají kolísavý průběh.

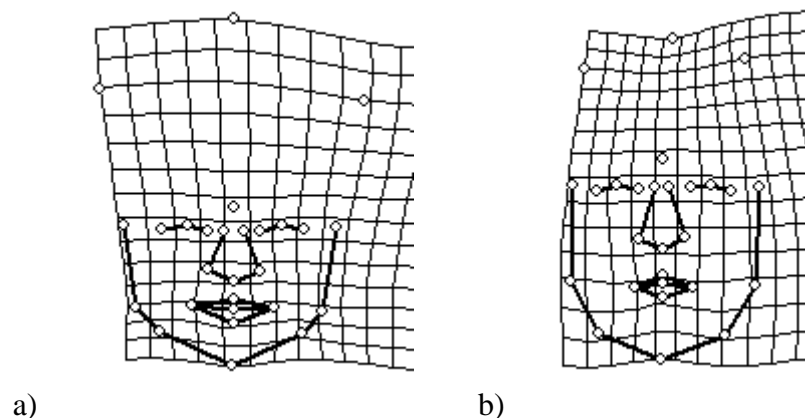


Obrázek 7.21: vizualizace RW1, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW1. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot



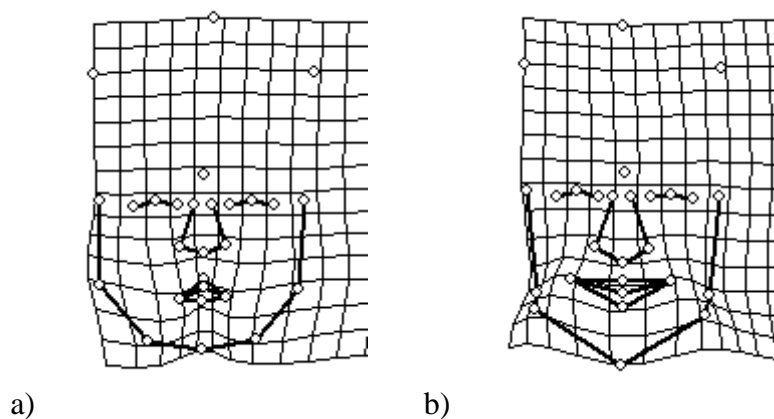
Graf 7.13: bodový graf závislosti první relativní varpy na věku, červeně dívky, modře chlapci

Relativní varpa 3 (RW3) popisuje 15,49% celkové variability tvaru obličeje. Změny související s touto varpou jsou zobrazeny na obr. 8.22. Jedná se o celkové prodlužování obličeje, zužování čela, posunu bodů kolem očí, nosu a úst vzhůru, prodlužování a zužování nosu. Viditelný je také nárůst dolní čelisti. Přestože s touto varpou dochází k výrazným změnám, korelace s věkem se u této varpy neprokázala jako statisticky významná.

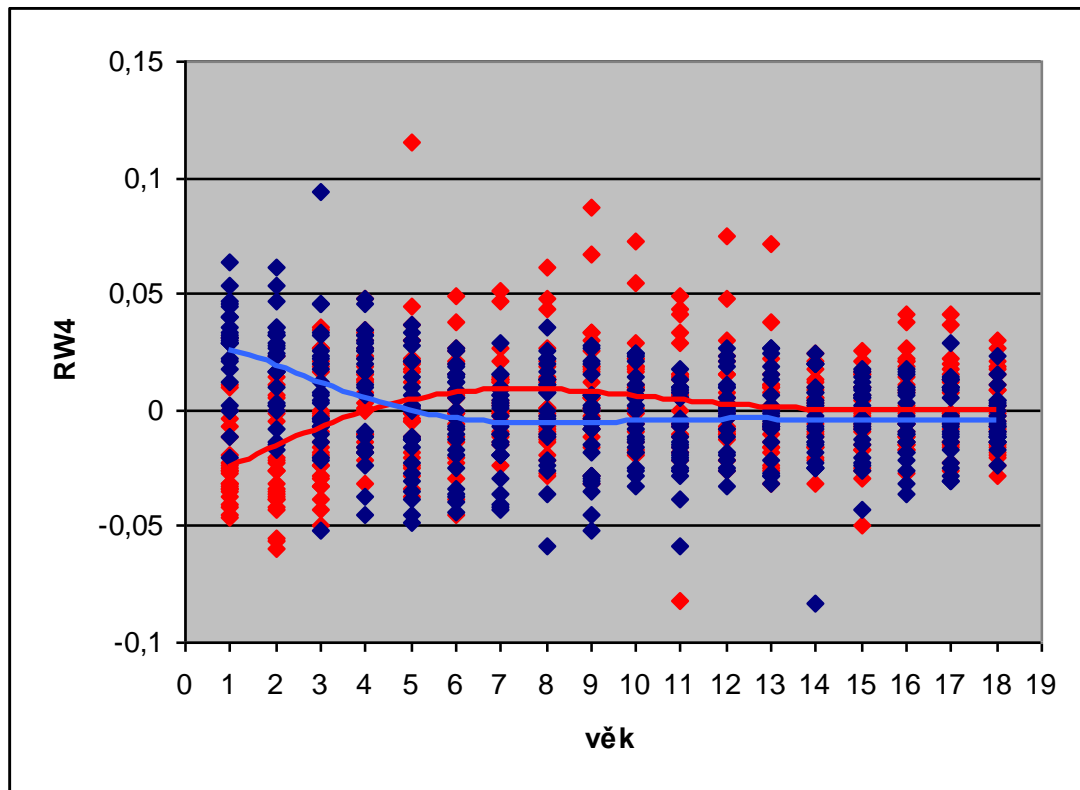


Obrázek 7.22: vizualizace RW3, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW3. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

Relativní varpa 4 (RW4) popisuje 6,24% celkové variability tvaru obličeje. Změny související s touto varpou zobrazeny na obr. 8.23. Tato varpa souvisí se změnou v oblasti nosu a úst. Nos se prodlužuje a zužuje. Ústa jsou širší – body cheiliony se od sebe vzdalují. Dochází k celkovému zúžení a prodlužování obličeje. Také dochází k nárůstu dolní čelisti. Na grafu č. 8.14 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že k těmto změnám dochází u dívek od jednoho roku a začíná doznívat kolem třináctého až čtrnáctého roku, zatímco u chlapců se projevuje spíše v prvních letech života a poté doznívá. Kolem třináctého roku se oba trendy přibližují.

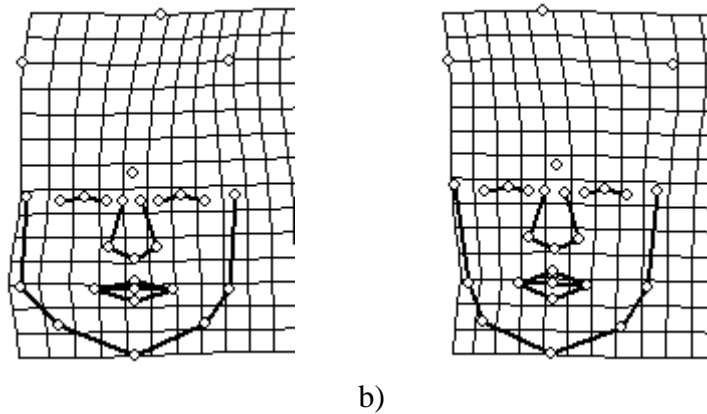


Obrázek 7.23: vizualizace RW4, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW4. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot

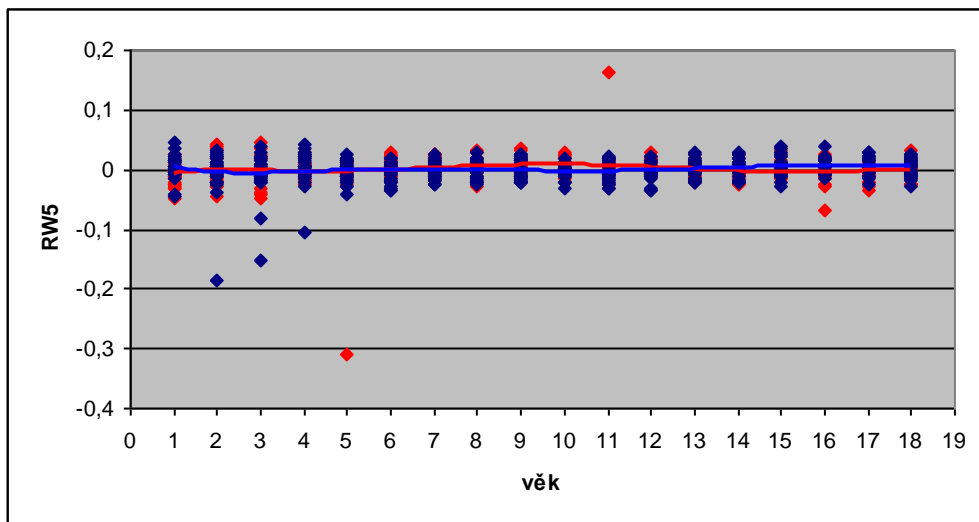


Graf 7.14: bodový graf závislosti čtvrté relativní varpy na věku, červeně dívky, modře chlapci

Relativní varpa 5 (RW5) popisuje 4,96% celkové variability tvaru obličeje. Změny související s touto varpou zobrazeny na obr. 8.25. Je vidět zúžení obličeje, nosu. Patrné je také zmenšení úst, přiblížení cheilionů, ale na druhou stranu zvýraznění horního i dolního rtu. Na grafu č. 8.15 je znázorněna korelace s věkem. Z grafu vyplývá, že k těmto změnám dochází jen velice mírně a to jak u dívek tak u chlapců od jednoho roku. U chlapců trvá kolísavě až do osmnácti let. U dívek má také kolísavý průběh, končí však dříve, kolem čtrnáctého roku.



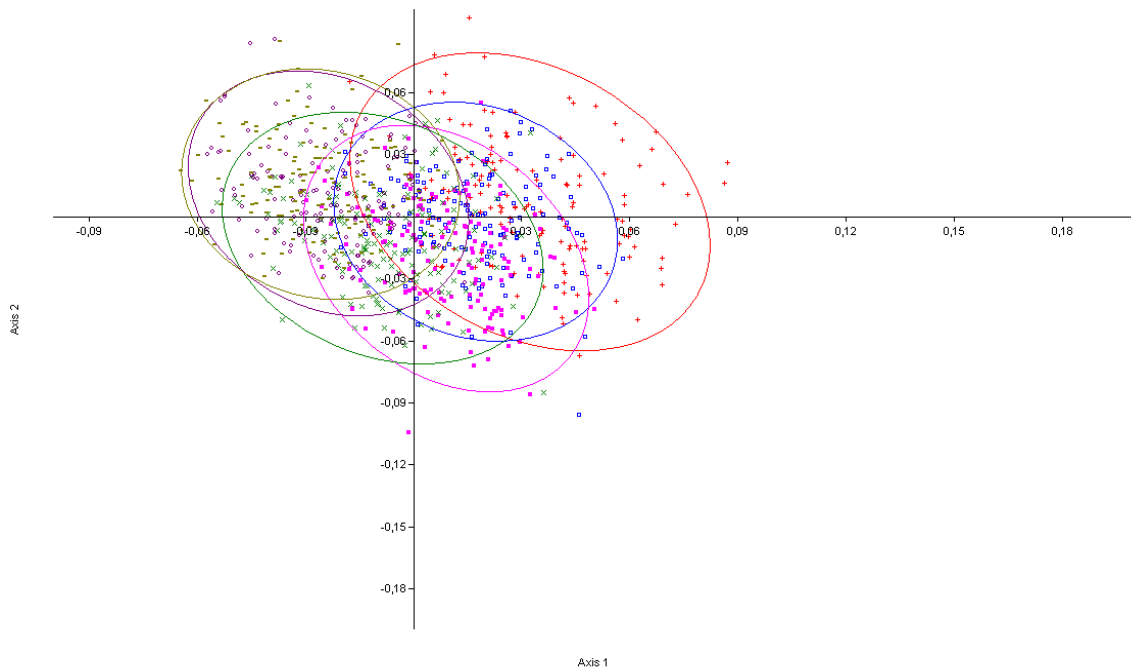
Obrázek 7.24: vizualizace RW5, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW4. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot



Graf 7.15: bodový graf závislosti páté relativní varpy na věku, červeně dívky, modře chlapci

7.5 MANOVA

Po provedení analýzy relativních varp jsem provedla test MANOVA. Test MANOVA jsem provedla pro obě pohlaví dohromady. Sledovala jsem tak, jestli je rozdílnost mezi jednotlivými věkovými skupinami. Z grafu je vidět, že jednotlivé skupiny se liší. Čím více jsou od sebe věkové skupiny vzdáleny, tím více se liší. Skupina E (13 – 15 let) a F (16 – 18 let) se liší už jen nepatrně.



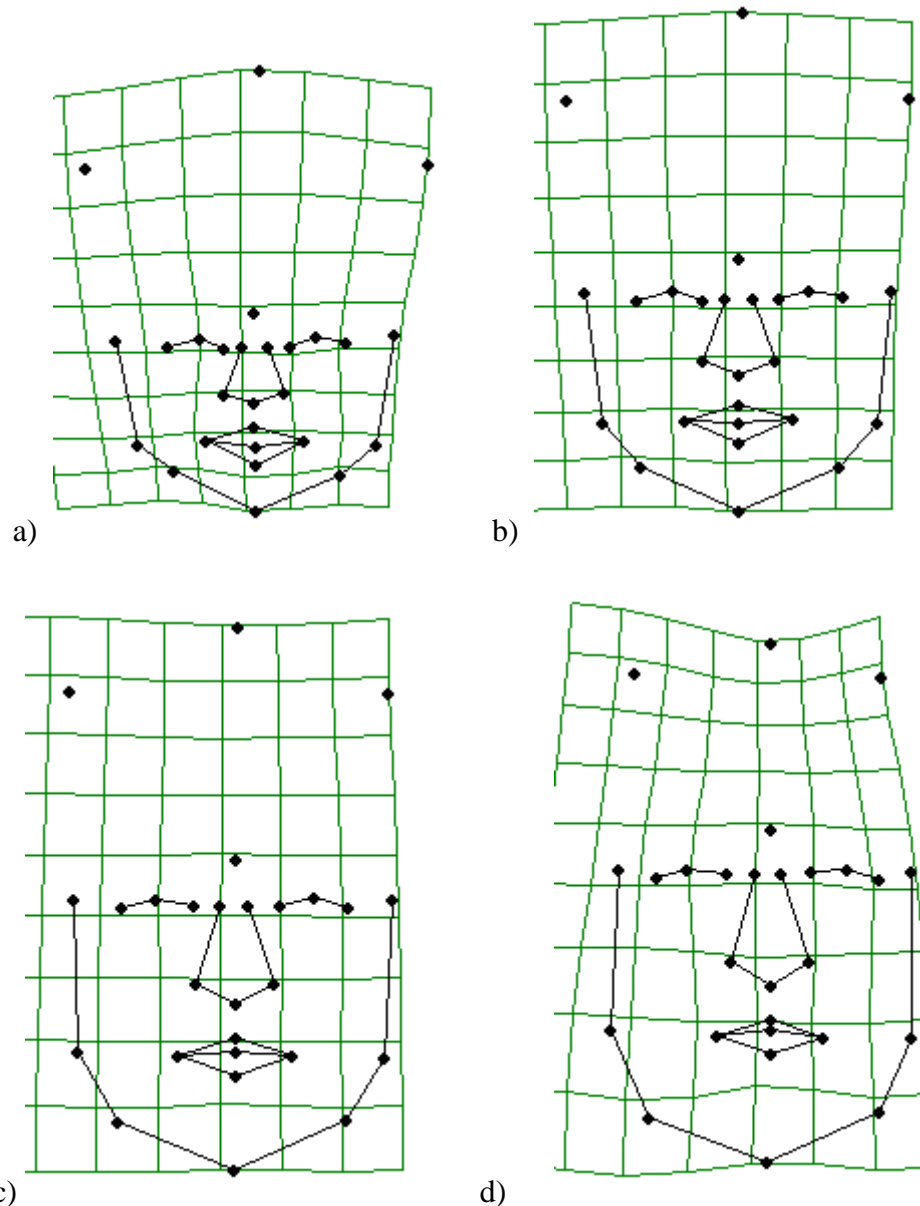
Graf 7.16: výstup MANOVY, rozložení jednotlivých věkových skupin, červená skupina A, modrá B, růžová C, zelená skupina D, fialová E a hnědá F.

7.6 Regresní analýza

Mnohorozměrná regrese tvaru se nezávislou proměnou věk pro všechny jedince nám ukázala, že regresní model je signifikantní a vysvětlí nám 7,7% variability. Goodallův F-test ukázal hodnotu F 74,9773 a P 0,0000. permutační test ukázal hodnotu Lambda value 0,25500514 (0,1%) a hodnotu F 74,97728937 (0,1%).

7.6.1 Regresní analýza – dívky

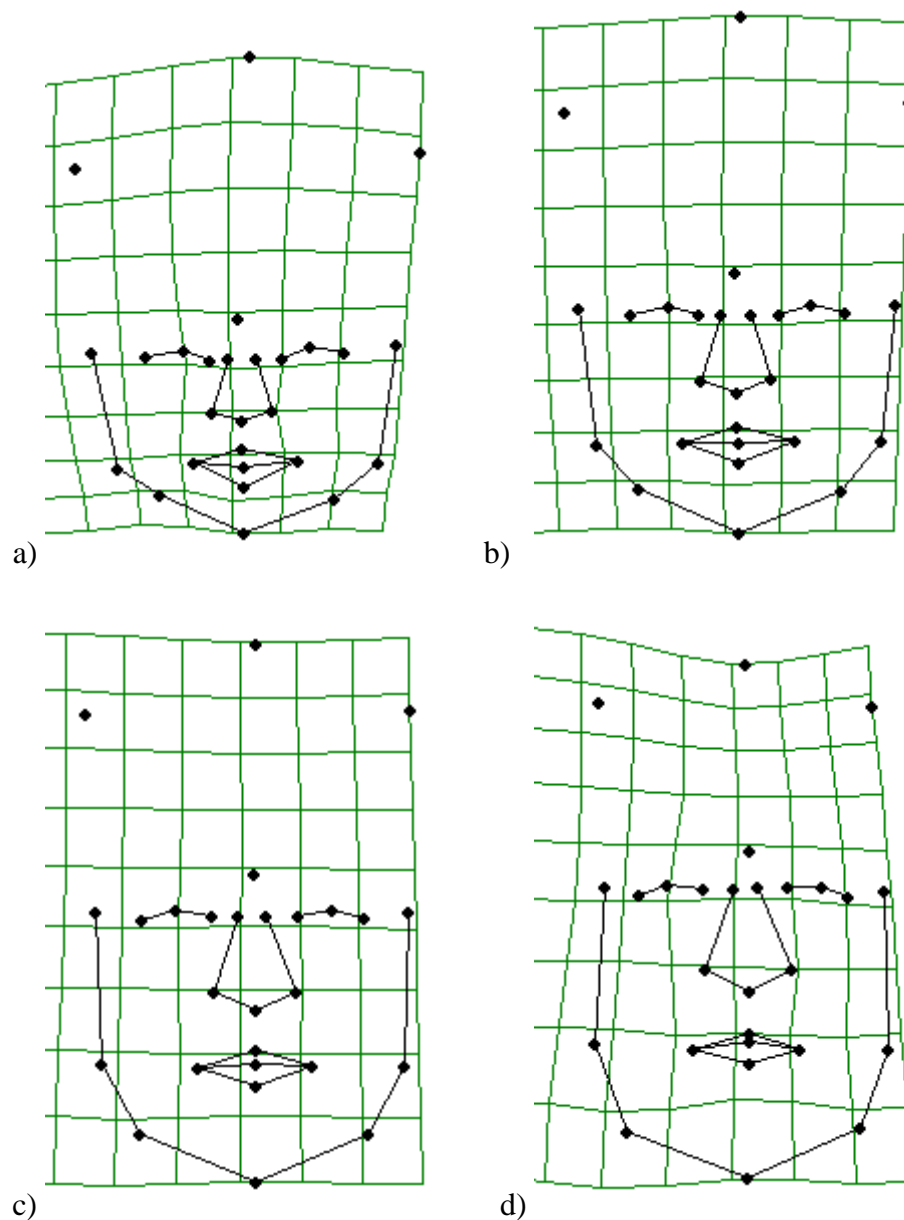
Mnohorozměrná regrese tvaru se nezávislou proměnou věk pro dívky nám ukázala, že regresní model je signifikantní a vysvětlí nám 8,13% variability. Goodallův F-test ukázal hodnotu F 39,8591 a P 0,0000. permutační test ukázal hodnotu Lambda value 0,23711920 (0,1%) a hodnotu F 39,85907660 (0,1%). Byla tedy prokázána statistická významnost vztahu věku a celkového tvaru obličeje. V programu tpsRegr (Rohlf 2007) jsem vytvořila vizualizace. Jedná se o regresní modely věkových změn. Pro větší přehlednost jsem tyto změny třikrát zesílila. Přehled všech modelů je v příloze č. 1.



Obrázek 7.25: modely obličejů dívek a) 1 rok, b) 6 let, c) 12 let, d) 18 let, věkové změny jsou 3x zesíleny.

7.6.2 Regresní analýza – chlapci

Mnohorozměrná regrese tvaru se nezávislou proměnou věk pro chlapce nám ukázala, že regresní model je signifikantní a vysvětlí nám 7,59% variability. Goodallův F-test ukázal hodnotu F 36,9430 a P 0,0000. Permutační test ukázal hodnotu Lambda value 0,20486567 (0,1%) a hodnotu F 36,94300206 (0,1%). Byla tedy prokázána statistická významnost vztahu věku a celkového tvaru obličeje. V programu tpsRegr (Rohlf 2007) jsem vytvořila vizualizace. Jedná se o regresní modely věkových změn. Pro větší přehlednost jsem tyto změny třikrát zesílila. Přehled všech modelů je v příloze č. 2.



Obrázek 7.26: modely obličejů chlapců a) 1 rok, b) 6 let, c) 12 let, d) 18 let, věkové změny jsou 3x zesíleny.

7.7 Věkové změny v jednotlivých věkových kategoriích

7.7.1 Skupina A – 1 až 3 roky

Dívky: Mezi prvním a druhým rokem začíná proces celkového zúžení obličeje, prodloužení nosu. Patrné je také zvětšení úst. Body cheilion se od sebe vzdalují. Patrný je také nárůst šířky rtů. Body labrale superius a inferius se vzdalují od bodu stomion.

Chlapci: Okolo prvního roku začíná proces zužování a prodlužování obličejce, zužování a prodlužování nosu, ale také posun obličejce do stran. Patrné je také zvětšení úst. Body cheilion se od sebe vzdalují. Patrný je také nárůst šířky rtů. Body labrale superius a inferius se vzdalují od bodu stomion. Od dívek se již v prvním roce liší šířkou obličejce.

7.7.2 skupina B – 4 až 6 let

Dívky: Kolem pátého roku se začínají měnit výškové a částečně také šířkové poměry horní a dolní poloviny obličejce. S rostoucím věkem je snižuje výška čela. Naproti tomu je patrný nárůst dolní čelisti jak do výšky, tak také do šířky. Optyryon, body charakterizující oči, nos a ústa se posouvají směrem nahoru.

Chlapci: Podobné změny jako u dívek probíhají také u chlapců. Opět je nepatrný rozdíl v mohutnosti obličejce.

7.7.3 skupina C – 7 až 9 let

Dívky: Stále pokračuje proces prodlužování obličejce, snižování výšky čela, nárůst dolní čelisti a prodlužování a zužování nosu.

Chlapci: Kolem sedmého roku doznívá proces posunu obličejce do stran. Dále pokračuje proces prodlužování a zužování obličejce, prodlužování a zužování nosu, snižování výšky čela.

7.7.4 skupina D – 10 až 12 let

Dívky: Dále pokračuje proces prodlužování obličejce, snižování výšky čela, nárůst dolní čelisti a prodlužování a zužování nosu. Kolem dvanáctého roku se projeví mírné rozšíření v okolí bodu gonion II.

Chlapci: Také u chlapců stále pokračuje proces prodlužování obličejce, snižování výšky čela, nárůst dolní čelisti a prodlužování a zužování nosu.

7.7.5 skupina E – 13 až 15 let

Dívky: Kolem patnáctého roku končí procesy týkající se celkového prodlužování a zužování obličejce, také růst nosu a úst, pokračuje pouze mírné zmohutnění v oblasti bodu gonion II a růst dolní čelisti.

Chlapci: Dále pokračují procesy celkového prodlužování a zužování obličeje, snižování čela, nárůst dolní čelisti.

7.7.6 skupina F – 16 až 18 let

Dívky: U dívek v tomto období již neprobíhají žádné výrazné změny.

Chlapci: U chlapců probíhají procesy související se zužováním a prodlužováním obličeje až do osmnácti let. Je patrný také nárůst nosu, který je větší než u dívek. Také nárůst dolní čelisti je patrný a výraznější než u dívek.

8 Diskuse

Materiál zpracovaný v této práci je poměrně vzácný, neboť pochází z longitudinální studie. Jedinečnost longitudinální studie spočívá v opakovaném vyšetření stejných jedinců. Zásadním problémem pro vytvoření takovéto studie je nákladnost časová, ale také finanční. Právě proto je sběr dat pro takovou to studii velice náročný. Z těchto důvodů převažují průřezové studie. V této práci byl materiál zpracován jako kombinace longitudinální a průřezové studie.

Fotografie ze stejné studie v současné době zpracovávají na Ústavu antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně. Znalost růstu a věkových změn obličeje, a tedy výzkumy růstu obličeje, mají tedy využití nejen v kriminalistické praxi, kde mohou napomoci předpovědět změnu obličeje pohřešované nebo hledané osoby. Ale také v klinické praxi či plastické chirurgii.

Z původního velkého počtu fotografií byly vyříděny ty, které nevyhovovaly digitalizaci. Jednalo se o fotografie, na kterých byli jedinci pootočeni stranou, či takové, kde byla tvář změněna mimikou, například úsměvem. Dalším negativním faktorem byla nízká kvalita některých snímků. U těchto fotografií musel být upraven kontrast a jas. Chyba mohla také nastat při digitalizaci některých bodů, které musely být odhadnuty.

Digitalizováno bylo původně 31 význačných bodů. Při digitalizaci je nezbytné striktně dodržovat přesné definice bodů a digitalizace bodů musí být vždy ve stejném pořadí. Jedinci byli digitalizováni v náhodném pořadí. Jelikož se čtyřmi význačnými body byly problémy (jedná se o tragion a lalůček ucha obou stran), byly z analýzy vyloučeny. Analýza byla tedy provedena s 27 význačnými body. Pro určení chyby digitalizace byl opětovně digitalizován náhodně vybraný kontrolní vzorek. Rozdíl mezi oběma sadami se prokázal jako nevýznamný.

Cílem této diplomové práce bylo sledování věkových změn obličeje.

Výsledky, které vzešly z této práce byly srovnány se souborem zpracovaným Josefem Dudou (2007). Tato práce se zaměřuje na pohlavní dimorfismus obličeje. Obsahuje také kapitolu věkových změn u obou pohlaví. Duda ve své práci používá pouze 21 význačných bodů, zatímco v této práci je použito 27. Věkové rozpětí jedinců v jeho práci je 6 až 18 let, v této práci 1 až 18 let. Rozdíl je také ve stáří fotografií. Dudovy fotografie byly pořízeny v letech 2006 až 2007, fotografie z této práce jsou pořízené v 60. až 80. letech 20. století.

Duda uvádí, že u dívek dochází ke změně výškových poměrů obličeje, snižování výšky čela, růstu dolní čelisti, oči se posouvají vzhůru, gnathion dolů. Stejných výsledků bylo dosaženo i v této práci. Shodují se také v době nástupu těchto změn (6 let) a v době ukončení (14 let). Dále Duda uvádí, že se koutky úst posouvají laterálně a body subnasion mírně dolu. A to od deseti až do osmnácti let. V této práci je také popsán růst úst a zužování a prodlužování nosu. S čímž souvisí, že bod subnasion se posouvá mírně dolu. Rozdílem je ale nástup a ukončení těchto změn. V této práci je začátek popsán kolem prvního a druhého roku a konec kolem třináctého roku.

U chlapců Duda popisuje, že se zvyšujícím se věkem dochází ke snížení čela, nárůstu dolní čelisti a tím se zvýší brada, užší obličej a změnu výškových poměrů horního s dolního obličeje. To se shoduje s výsledky této práce. V této práci má však tato změna kolísavý průběh a trvá zhruba o půl roku až rok déle. Navíc v této práci tato změna začíná kolem čtvrtého roku. Rozdíl je dán tím, že Duda měl v práci jedince od šesti let. Duda dále popisuje rozšíření dolní čelisti a zároveň zúžení horní části obličeje. Tato změna by v této práci odpovídala RW3 (tato varpa souvisí s délko-šířkovou přeměnou. Z kulatého a krátkého obličeje se stává oválný protáhlý. Snižuje se výška i šířka čela. Zužuje a prodlužuje se nos. Body zygion II se přibližují k ektokanthionům. Roste dolní čelist), ta se však neprojevila jako statisticky významná. Dále Duda popisuje, že mladší jedinci mají užší nos a užší a vyšší ústa. I v této změně se shodují výsledky obou prací, liší se akorát průběhem, kdy v této práci se tato změna projevuje spíše v prvních letech života a poté kolem sedmého roku doznívá.

Při srovnání obou pohlaví Duda uvádí, že dochází ke snížení výšky čela a prodloužení dolní části obličeje, a to u obou pohlaví ve stejné míře až do čtrnácti let, od patnácti let se projevuje výrazněji u chlapců a přetrvává až do osmnácti let, zatímco u dívek kolem patnáctého roku tato změna končí. Tato práce došla ke stejným výsledkům.

Další práce, se kterou byly srovnány výsledky, je soubor zpracovaný Marií Jandovou (2010). Její práce se zabývá přímo věkovými změnami faciální oblasti v průběhu ontogeneze. Jandová ve své práci využila stejný počet význačných bodů, jako bylo použito v této práci. Stejně jako Duda i Jandová ve své práci uvádí, že u dívek s přibývajícím věkem dochází ke změně výškového poměru horní a dolní poloviny obličeje, dochází ke snižování výšky čela, nárůstu dolní čelisti a posunu očí výše a obličej je více oválný. S tím se shodují také výsledky této práce. Také doba nástupu je stejná. Liší se pouze ukončením.

Zatímco Jandová uvádí, že končí kolem patnáctého roku, v této práci je to o něco málo dříve, mezi čtrnáctým a patnáctým rokem. Dále Jandová uvádí, že dochází k posunu obličejové do stran. A to zhruba od osmi do patnácti let. V této práci byla tato změna také popsána, ovšem se neprokázala jako statisticky významná. Dále popisuje změnu v oblasti nosu a úst, prodlužování nosu a rostoucí vzdálenost mezi body cheilion, která se projevuje od útlého věku a okolo šesti let přestává být výrazná. Shoduje se s výsledky této práce až na dobu ukončení, kdy v této práci doznívá až ve třinácti letech.

U chlapců popisuje posunutí obličejové do stran, snížení výšky čela a současně s tím nárůst dolní čelisti, a to od pěti do osmnácti let. Tato práce tuto změnu také zaznamenala, avšak liší se doba nástupu a ukončení. V této práci začíná kolem prvního roku a končí kolem osmého roku. Dále popisuje růst dolní čelisti do šířky hlavně mezi osmým a čtrnáctým rokem. S tím se shoduje s prací Dudy. V této práci se tato změna neprojevila jako statisticky významná, přestože byla pozorovatelná (jedná se o RW3). Jandová také popisuje celkové zúžení a prodloužení obličejové, s největším nárůstem do tří let, poté pozvolna do čtrnácti let. Tato práce ji pozorovala jako pozvolnou od dvou až do osmnácti let. Shoda obou prací je také ve změně v oblasti nosu a úst, tedy prodloužení nosu a vzdalování bodů cheilion.

Při srovnání obou pohlaví Jandová uvádí, že se zvyšujícím se věkem dochází ke snižování výšky čela a zvětšování dolní čelisti. Shoduje se s Dudou i touto prací, že do čtrnácti let má tato změna stejný průběh u obou pohlaví. Zatímco u dívek kolem patnáctého roku končí, u chlapců se stává výraznější a pokračuje až do osmnácti let. Začátek změn však uvádí kolem čtvrtého roku. V této práci to bylo přibližně o rok déle. Další shoda práce Jandové a této práce je v popisu prodlužování hlavy, zúžení čelní krajiny posun očních směrem nahoru, prodloužení nosu a růst dolní čelisti. Popisuje také prodloužení nosu a zvětšující se vzdálenost mezi cheiliony. Průběh však popisuje až do patnácti let u obou pohlaví, přičemž u dívek ve větší míře. V této práci u dívek tato změna probíhá od jednoho do čtrnácti let, zatímco u chlapců se projevuje spíše v prvních letech života.

Jandová své výsledky srovnává s autorem Hautvast (1967). Přičemž se shodují, že výška obličejové je u chlapců v období mezi sedmým a jedenáctým rokem výrazně vyšší než u dívek a že mezi dvanáctým a třináctým rokem se rozdíl mírně snižuje. Výsledky této práce se shodují pouze s druhým poznatkem, tedy že se mezi dvanáctým a třináctým rokem

rozdíl snižuje. Zmiňuje také autora Goldsteina (1939), který popsal růst obličeje do výšky u chlapců, který měl růstový výšvih mezi třetím a pátým rokem a mezi třináctým a patnáctým rokem, čemuž odpovídají také výsledky této práce.

Dále byly výsledky porovnány s prací Ferrario et al. (2003). Jejich práce se zabývá růstem a stárnutím obličeje. Přestože tito autoři ve své práci pracovali v 3D, data získali pomocí počítačového 3D digitizéru, některé výsledky se shodují s touto prací. Shodují se, že u dívek dochází k protahování obličeje, nárůstu dolní čelisti, posunu bodů kolem očí směrem nahoru, snižování výšky čela. Dále uvádějí, že k podobným změnám dochází i u chlapců, avšak k výraznějším změnám než u dívek. Uvádějí, že u dívek výška horní části obličeje v šesti až sedmi letech činí 77%, u chlapců 73% budoucího dospělého obličeje. Naproti tomu šířka obličeje v šesti až sedmi letech u dívek činí 90% a u chlapců 84% budoucího dospělého obličeje. S přibývajícím věkem u chlapců/mužů dochází stále k nárůstu, zatímco u dívek ve stejném věku nedochází už ke změnám žádným.

Také autoři Bulygina et al. (2006) uvádějí, že u dívek se přestane růst uplatňovat kolem patnáctého roku. Tento poznatek se shoduje s touto prací. Bulygina et al. zkoumali věkové změny z rentgenových snímků.

9 Závěr

Lidský obličej se v průběhu ontogeneze mění a podléhá výrazným věkovým změnám. Tyto změny ovlivňuje jak růst a vývoj kosterního podkladu, tak morfogeneze měkkých tkání. Na rozvoj obličejových znaků má také podstatný vliv pohlaví.

Pomocí metody geometrické morfometrie, konkrétně metody tenkých ohebných plátků, se podařilo potvrdit významný vztah mezi věkem a změnami, které postihují celkový tvar obličeje i jednotlivé faciální komponenty u chlapců i dívek ve věkovém rozpětí od 1 roku do 18 let. Zásadní změny, které provázejí růst obličeje se projevily ve změně výškového a šířkového poměru. Dochází k prodlužování a zužování obličeje, snížení výšky čela a zároveň nárůstu dolní čelisti do délky. Byl zjištěn rozdílný průběh růstu u dívek a chlapců. Zatímco u dívek je celkový růst obličeje zastaven kolem patnáctého roku, u chlapců pokračuje až do osmnácti let.

Zvolená metoda geometrické morfometrie názorně matematicky i vizuálně demonstruje ontogenetické změny, kterými obličej prochází před dosažením dospělosti jedince.

10 Použitá literatura

ADAMS, DC. – ROHLF, FJ. – SLICE, DE. (2004): Geometric morphometrics: ten years of progress following the „revolution“. *Italian journal of zoology*, vol. 71, iss. 1, p. 5-16.

ARAS, A. (2002): Vertical changes following orthodontic extraction treatment in skeletal open bite subjects. *European Journal of Orthodontics*. 24. pp. 407-415.

BLÁHA, P. – VIGNEROVÁ, J. – PAULOVÁ, M. – RIEDLOVÁ, J. – KOBZOVÁ, J. – KREJČOVSKÝ, L. (1999): *Vývoj tělesných parametrů českých dětí a mládeže se zaměřením na rozměry hlavy (0 – 16 let). I. díl*. Praha: Státní zdravotnický ústav.

BLÁHA, P. – VIGNEROVÁ, J. – PAULOVÁ, M. – RIEDLOVÁ, J. – KOBZOVÁ, J. – KREJČOVSKÝ, L. (1999): *Vývoj tělesných parametrů českých dětí a mládeže se zaměřením na rozměry hlavy (0 – 16 let). II. díl*. Praha: Státní zdravotnický ústav.

BOOKSTEIN, FL. (1990): Introduction to Methods for Landmark Data. In Rohlf, FJ. – Bookstein, FL.: *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop*. Michigan: The University of Michigan Museum of Zoology.

BOOKSTEIN, FL. (1997): *Morphometrics Tools for Landmark Data. Geometry and Biology*. Cambridge: University Press.

BOUCHALOVÁ, M. (1987): *Vývoj během dětství a jeho ovlivnění*. Praha: Avicenum.

BLAŽEK, V. – TRNKA, R. et al. (2009): *Lidský obličej. Vnímání tváře z pohledu kognitivních, behaviorálních a sociálních věd*. Praha: Karolinum.

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*. 131: 432-443.

CELLERINO, A. – BORGHETTI, D. – SARTUCCI, F. (2004): Sex differences in face gender recognition in humans. *Brain Research Bulletin*. 63. pp. 443-449.

CALDER, WA. (1984): *Size, function, and Life History*. Cambridge: Harvard University Press.

CLAUDE, J. (2008): *Morphometrics with R*. New York: Springer.

- ČIHÁK, R. (2001): *Anatomie I*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- ČIHÁK, R. (2001a): *Anatomie III*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- DAUBER, W. (2007): *Feneisův obrazový slovník anatomie*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- DOKLÁDAL, M. (1994): *Anatomie zubů a chrupu*. Brno: Masarykova Univerzita.
- DOKLÁDAL, M. – PÁČ, L. (1991): *Anatomie člověka I. Pohybový systém*. Brno: Masarykova Univerzita.
- DRYDEN, IL. – MARDIA, KV. (1998): *Statistical Shape Analysis*. New York: John Wiley and Sons.
- DUDA, J. (2007): *Pohlavní dimorfismus lidského obličeje – morfometrická studie*. Diplomová práce. Brno: Ústav antropologie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity.
- DYLEVSKÝ, I. (2009): *Funkční anatomie*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- EDWARDS, CB. et al (2007): Longitudinal study of facial skeletal growth completion in 3 dimensions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthodontics*. Volume 132. Number 6.
- ELIÁŠOVÁ, H. (2006): Portrétní a antropologická identifikace. In: STRAUS et al. *Kriminalistika, kriminalistická technika*. Praha: PA ČR. pp. 49-79.
- ENLOW, DH. (1982): *Handbook of facial growth*. Philadelphia: W. B. Saunders Company.
- ENLOW, DH. (1968): *The human face*. New York: Harper & Row.
- ENLOW, DH. – HANS, MG. (1996): *Essentials of Facial Growth*. Oxford: W. B. Saunders Company.

FARKAS, LG. (1994): *Anthropometry of the head and face*. 2nd ed. New York: Raven Press.

FERRARIO, VF. 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*. 196. n. 3. pp. 415-423.

FERRARIO, VF. et al. (2003): Growth and Aging of Facial Soft Tissues: A Computerized Three-Dimensional Mesh Diagram Analysis. *Clinical Anatomy*. 16. pp. 420-433.

FETTER, V. et al (1967): *Antropologie*. Praha: Academia.

GANS, C. (1988): *Craniofacial growth, evolutionary questions*. Great Britain: The Company of Biologists Limited.

GAYON, J. (2000): History of the concept of Allometry. *American Zoologist*. 40(5): 748-758.

GOLDSTEIN, MS. (1939): Development of the head in the same individuals. *Human Biology*. n. 11. p. 197. In: JANDOVÁ, M. (2010): *Věkové změny faciální oblasti v ontogenezi člověka*. Bakalářská práce. Brno: Ústav antropologie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity.

GOULD, SJ. (1966): Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *Biol Rev*. 41. pp. 587-640.

GRIM, M. – DRUGA, R. ET AL (2001): *Základy anatomie - 1. obecná anatomie a pohybový systém*. Praha: Galén.

GUNZ, P. – MITTEROECKER, P. – BOOKSTEIN, FL. (2005): Semilandmarks in three dimensions. In: Slice, DE. Ed. *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. New York: Kluwer Academic/ Plenum Publisher.

GUY et al. (1977): Aesthetic surgery for the aging face. In: *Reconstructive Plastic Surgery*. 2nd ed. Philadelphia: W. B. Saunders Co.

HAMMER, O. (2002): *Morphometrics – brief notes*. Zürich: Paläontologisches Institut und Museum.

HAUTVAST, JGAJ. (1967): *Growth changes in the human head, face and stature*. Nijmegen: Thoben Offset. In: JANDOVÁ, M. (2010): *Věkové změny faciální oblasti v ontogenezi člověka*. Bakalářská práce. Brno: Ústav antropologie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity.

HAVLÍČKOVÁ, L. (1998): *Biologie dítěte*. Praha: Karolinum.

HENNESSY, RJ. et al. (1998): A new method for the analysis of the face in three dimension using a system of shape analysis. *European Journal of Orthodontics*. 20. pp. 476-477.

HENNESSY, RJ. – MOSS, JP. (2001): Facial growth: separating shape from size. *European Journal of Orthodontics*. 23. 3. pp. 275-285.

HENRY et al. (1997): Age-related changes in facial skin contours and rheology. *Journal of the American Geriatrics Society*.

O'HIGGINS, P. – COHN, M. (2002): *Development, Growth and Evolution. Implications for the study of the Hominid skeleton*. London: Linnean Society of London.

HINNER, J. (2003): Detekce a rozpoznávání obličejů a jejich identifikační význam. *Kriminalistika*. No.1. pp. 3-18.

HUXLEY, JS. – TEISSIER, G. (1936): Terminology of relative growth. *Nature*. 137. pp. 780-781.

CHEVERUD, JM. (1982): Relationships Among Ontogenetic, Static, and Evolutionary Allometry. *American Journal of Physical Anthropology*. 59. pp. 139-149.

ISCAN, MY. – HELMER, RP. (1993): *Forensic Analysis of the Skull*. New York: Wiley-Liss, Inc. pp. 119-129.

JANDOVÁ, M. (2010): *Věkové změny faciální oblasti v ontogenezi člověka*. Bakalářská práce. Brno: Ústav antropologie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity.

JONKE, E. et al (2008): Secular trends in the European male facial skull from the Migration Period to the present: a cephalometric study. *European Journal of Orthodontics*. 30. pp. 614-620.

JELÍNEK, R. – DOSTÁL, M. – LIKOVSKÝ, Z. – HALAŠKOVÁ, M. – MAŇÁKOVÁ, E. – PETERKA, M. – PETERKOVÁ R. – TITLBACH, M. – VELICKÝ, J. – ZEMANOVÁ, Z.: *Histologie, embryologie*. původní nevydaná skripta. Staženo z http://old.lf3.cuni.cz/histologie/info/list_file.php (21.6. 2010)

KATZENBERG, MA. – SAUNDERS, SR. (2008): *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. New Jersey: John Wiley and Sons.

KLEMENTA, J. et al. (1981): *Somatologie a antropologie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.

KREUTZ, K. – VERHOFF, MA. (2002): Facial Identification of Children Regarding Age Dependent Changes of the Human Face and their Influence on Individual Identification. In: *Proceedings of the 10th Meeting of the International Association for Craniofacial Identification*. Bari.

KŘIVÁNKOVÁ, M. – HRADOVÁ, M. (2009): *Somatologie. Učebnice pro střední zdravotnické školy*. Praha: Grada Publishing, a.s.

MacLeod, N. – Forey, PL.(2002): *Morphology, Shape and Phylogeny*. London: Taylor and Francis.

MACHOVÁ, J. (2005): *Biologie člověka*. Praha: Karolinum.

MALÁ, H – KLEMENTA, J (1985): *Biologie dětí a dorostu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.

MALINA, J. et al. (2009): *Antropologický slovník. Aneb co by mohl o člověku vědět každý člověk*. Brno: Akademické nakladatelství CERM.

MALÍNSKÝ, J. – MALÍNSKÁ, J. – MICHALÍKOVÁ, Z. (2005): *Morfologie orofaciálního systému*. Olomouc: Vydavatelství univerzity Palackého v Olomouci.

MANDARIM-DE-LACERDA, CA. – URANIA-ALVES, M. (1993): Growth allometry of the human face: analysis of the osseous component of the mid and lower face in Brazilian fetuses. *Ann Anat.* 175(5). 475-479.

MARCUS, FL. – CORTI, M. – LOY, A. – NAYLOR, GJP. – SLICE, DE. (1996): *Advances in Morphometrics*. New York: Plenum Press.

MARCUS, FL. (1990): Traditional morphometrics. In Rohlf, FJ. – Bookstein, FL.: *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop*. Michigan: The University of Michigan Museum of Zoology.

McITYRE, GT. – MOSSEY, PA. (2003): Size and shape measurement in contemporary cephalometrics. *European Journal of Orthodontics*. 25. 3. pp. 231-242.

McKEOWN, M. – ORTH, D. (1975): The allometric growth of the skull : General mode and prediction of facial growth. *American Journal of Orthodontics*. Volume 67. issue 4. pp. 412-422.

MELOUN, M. – MILITKÝ, J. (2002): *Kompendium statistického zpracování dat. Metody a řešené úlohy včetně CD*. Praha: Academia.

MITTEROECKER, P. – GUNZ, P. (2009): Advances in Geometric Morphometrics. In: Hallgrímsson, B. – Senses, CB. Ed. *Advanced Imaging in Biology and Medicine – Technology, Software, Environments, Applications*. Heidelberg: Springer.

MITTEROECKER, P. – GUNZ, P. (2009): Advances in Geometric Morphometrics. *Evol. Biol.* 36. 235-247.

MITTEROECKER, P. (2007): *Evolutionary and Developmental Morphometric of the Hominoid Cranium*, Ph.D. Thesis. Wien.

MOORE, KL. (1992): *Clinically Oriented Anatomy*. 3rd ed. Baltimore: Williams and Wilkins.

NEAVE, R. (1998): Age changes to the face in adulthood. In: CLEMENT, JG. – RANSON, DL. *Craniofacial Identification in Forensic Medicine*. New York: Oxford University Press. Part 3. pp. 225-234.

NODEN, DM. (1991): Cell movements and kontrol of patterned tissue assembly dutiny craniofacial development. *J Craniofac Genet Dev Biol* 11, 192.

MOORE, KL. – PERSAUD, TVN. (2002): *Zrození člověka. Embryologie s klinickým zaměřením*. Praha: ISV nakladatelství.

NOVICK, NL. (1988): *Super Skin*. New York: Clarkson Potter.

ORENTREICH, DS. (1995): Skin. In: MADDOX, GL. *The Encyclopedia of Aging*. 2nd ed. New York: Springer.

PENTLAND, A. et al. (1994): *View-based and Modula Eigenspaces for Face Recognition*. Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Seattle.

PETROVICKÝ, P. – DOSKOČIL, M. (2001): *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi I*. Martin SR: Osveta.

RAMBA, J et al. (1990): *Zlomeniny obličejových kostí u dětí*. Praha: Avicenum.

ROHLF, FJ. (2002): Geometric morphometrics and phylogeny. In: MacLeod, N. – Forey, PL. *Morphology, Shape and Phylogeny*. London: Taylor and Francis.

ROHLF, FJ. (1998): On Applications of Geometric Morphometrics to Studies of Ontogeny and Phylogeny. *Syst. Biol.* 47(1). pp. 147-158.

ROHLF, FJ. – BOOKSTEIN, FL. (1990): *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop*. Michigan: The University of Michigan Museum of Zoology.

ROKYTA, R. – MAREŠOVÁ, D. – TURKOVÁ, Z. (2002): *Somatologie I. a II*. Praha: Eurolex bohemia, s.r.o.

ROSAS, A. – BASTIR, M. (2004): Geometric Morphometric Analysis of Allometric Variation in the Mandibular Morphology of the Hominids of Atapuerca, Sima de los Huesos Site. *The Anatomical Record Part A*. 278A. pp. 551-560.

ROSAS, A. – BASTIR, M. (2002): Thin-Plate Spline Analysis of Allometry and Sexual Dimorphism in the Human Craniofacial Complex. *American Journal of Physical Anthropology*. 117. pp. 236-245.

SEDLAK, P. – BLÁHA, P. (2007): Ontogenetic Development of the Man. In: *Essentials of Biological Anthropology (Selected chapters)*. Praha: Karolinum.

SFORZA, CH. et al. (2009a): Age- and sex-related in the soft tissues of the orbital region. *Forensic Science International*. 185. n. 1-3. pp. 115.e1.-115.e8.

SFORZA, CH. et al. (2009b): Age- and sex-related in the normal human ear. *Forensic Science International*. 187. n. 1-3. pp. 110.e1.-110.e7.

SCHUMACHER, GH. (1992): *Anatómia pre stomatológov – učebnica a atlas*. 1. diel, Hlava, orofaciálny systém, oko, ucho, orgán rovnováhy, systematika nervov a ciev hlavy a krku. Martin: Osveta.

SINĚLNIKOV, RD. (1970): *Atlas anatomie člověka I*. Praha: Avicenum.

SLICE, DE. (2005): *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. New York: Kluwer Academic/ Plenum Publishers.

SMITH, BH. (1992): Life History and the Evolution of Human Maturation. *Evolution Anthropology*. pp. 134-142.

SPERBER, GH (1993): *Craniofacial Embryology*. 4th ed. (revised reprint). London: Butterworths.

STERN, DL. – EMLEN, DJ. (1999): The Developmental basis for allometry in insect. *Developmental*. 126: 1091-1101.

STOUKAL, M. et al. (1999): *Antropologie, příručka pro studium kostry*. Praha: Národní muzeum.

SULIK, KK (1996): Craniofacial development. In Turvey, TA – Vig, KLW – Fonseca, RJ: *Facial Clefts and Craniosynostosis. Principles and Management*. Philadelphia: WB Saunders.

ŠMAHEL, Z (2001): *Principy, teorie a metody auxologie*. Praha: Karolinum.

TAISTER, MA. – HOLLIDAY, SD. – BORRMAN, HIM. (2000): Comments on Facial Aging in Law Enforcement Investigation. *Forensic Science Communications*. Vol. 2. No. 2.

THOMPSON, DAW. (1917): *On Growth and Form*. Cambridge: Cambridge University Press.

UIOTTO, J. (1997): Understanding premature skin aging. *New England Journal of Medicine*.

URBANOVÁ, Petra - KRÁLÍK, Miroslav (2009): 15. Appendix. Kvantitativní popis tvaru pomocí metod geometrické morfometrie. In Svoboda, Jiří - Malina, Jaroslav. *Čas lovců: Aktualizované dějiny paleolitu*. 1. vyd. Brno : Nadace Universitas - Akademické nakladatelství CERM.

VACEK, Z. (1992): *Embryologie pro pediatrii*. Praha: Karolinum.

VANEZIS, P. et al. (1996): Morphological Classification of Facial Features in Adult Caucasian Males Based on an Assessment of Photographs of 50 Subjects. *Journal of Forensic Science*. Vol. 41. No. 5. pp. 786-791.

WHITE, TD. (1991): *Human Osteology*. San Diego: Academic Press.

ZELDITCH, ML. – SWIDERSKI, DL. – SHEETS DH. – FINK, WL. (2004): *Geometric Morphometrics for Biologists. A Primer*. New York: Elsevier Academic Press.

ZIMA, J. – MACHOLÁN, M. – MUCLINGER, P. – PIÁLEK, J. (2004): *Genetické metody v zoologii*. Praha: Karolinum.

ZRZAVÝ, J. (1977): *Anatomie pro výtvarníky*. Praha: Avicenum.

ZVÁRA, K. (2003): *Biostatistika*. Praha: Karolinum.

10.1 Internetové zdroje

<http://www.ident.cz/zuby/vyvoj-zubu/> (2.8.2010)

<http://www.emimino.cz/encyklopedie/rust-zubu-kojenec/> (2.8.2010)

<http://zdravi.ao-institut.cz/Zdravi/Nase-zdravi/06-Dutina-ustni-2-Zuby.html> (7.8.2010)

<http://slovník-cizich-slov.abz.cz/> (16.8.2010) http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/hledat?typ_hledani=prefix&cizi_slovo=et+al

10.2 Programový software

HAMMER, O. – HARPER, DAT. – RYAN, PD. (2001): PAST. Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 pp.

ROHLF, JAMES F. (2005): tpsRelw program, version: 1.42. Department of Ekology and Evolution, State University of New York, Stony Brook.

ROHLF, JAMES F. (2006): tpsDig program, version: 2.05. Department of Ekology and Evolution, State University of New York, Stony Brook.

ROHLF, JAMES F. (2007): tpsRegr program, version: 1.35. Department of Ekology and Evolution, State University of New York, Stony Brook.

ROHLF, JAMES F. (2008): tpsUtil program, version: 1.43. Department of Ekology and Evolution, State University of New York, Stony Brook.

11 Seznam použitých zkratk

č. – číslo

et al – z latinského „et alii“, odpovídá českému „a kolektiv“

např. – například

obr. – obrázek

PCA – Principal Component Analysis (analýza hlavních komponent)

RW – Relative Warp (relativní varpa)

RWA – Relative Warp Analysis (analýza relativních varp)

s. – stránka

tps – thin-plate spline (metoda tenkých ohebných plátků)

tzv. – tak zvaně, tak zvaný

12 Seznam obrázků

Obrázek 2.1: kosti lebky (upraveno podle Zrzavý, 1977)	4
Obrázek 2.2: proporce lidské a norozenecké lebky, na norozenecké lebce jsou patrné fonticuly (upraveno podle Čihák, 2001)	5
Obrázek 2.3: pohlavní rozdíly na lebce mužů a žen (upraveno podle Čihák, 2001)	6
Obrázek 2.4: svaly hlavy (upraveno podle Čihák, 2001)	8
Obrázek 3.1: tvar obličeje podle H. Pöchové (upraveno podle Fetter, 1967).....	10
Obrázek 3.2: vlevo tvar oční štěrbin (1. vřetenovitý, 2. polovřetenovitý, 3. polomandlovitý), vpravo velikost oční štěrbin (1. úzká, 2. střední, 3. široká) (upraveno podle Fetter, 1967)	11
Obrázek 3.3: výška nosu (malá, střední, velká) (upraveno podle Fetter, 1967)	12
Obrázek 3.4: tloušťka rtů (upraveno podle Fetter, 1967)	13
Obrázek 4.1: a) alometrický růst člověka (převzato z http://www.spirxper.com/refvalueschild3.htm), b) růst obličejové a mozkové části lebky (převzato a upraveno z Zrzavý, 1970)	18
Obrázek 4.2: vývoj obličeje (upraveno podle Moore – Persaud, 2002).	22
Obrázek 4.3: apozičně-resorpční procesy ve frontální rovině horního obličeje (upraveno podle Šmahel, 2001)	24
Obrázek 4.4: resorpční a apoziční oblasti na dolní čelisti; hustě tečkovaná resorpční oblast, řídko tečkovaná apoziční oblast (upraveno podle Šmahel, 2001).....	25
Obrázek 4.5: dentice (převzato z http://zdravi.ao-institut.cz/Zdravi/Nase-zdravi/06-Dutina-ustni-2-Zuby.html)	26
Obrázek 4.6: proporce hlavy v jednotlivých věkových kategoriích (upraveno podle Zrzavý 1977)	29
Obrázek 5.1: užití čtvercové mřížky Egypt'any (převzato z Slice 2005).....	34
Obrázek 5.2: tři kroky Prokrustovské analýzy – neupravené landmarky, společná poloha centroidu, společná velikost, rotace (převzato a upraveno podle Mitteroecker – Gunz, 2009)	38
Obrázek 5.3: deformace mřížky pomocí TPS (převzato a upraveno podle Mitteroecker – Gunz, 2009)	40
Obrázek 6.1: Ukázka digitalizovaných bodů	46
Obrázek 7.1: vizualizace RW1, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW1. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	50
Obrázek 7.2: vizualizace RW2, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW2. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	51
Obrázek 7.3: vizualizace RW3, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW3. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	52
Obrázek 7.4: vizualizace RW4, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW4. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	52
Obrázek 7.5: vizualizace RW5, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW5. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	53
Obrázek 7.6: vizualizace RW6, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW6. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	54
Obrázek 7.7: vizualizace RW7, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW7. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	55
Obrázek 7.8: vizualizace RW8, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW8. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	56

Obrázek 7.9: vizualizace RW9, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW9. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	56
Obrázek 7.10: vizualizace RW10, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW10. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	57
Obrázek 7.11: vizualizace RW1, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW1. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	59
Obrázek 7.12: vizualizace RW2, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW2. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	60
Obrázek 7.13: vizualizace RW3, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW3. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	61
Obrázek 7.14: vizualizace RW4, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW4. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	61
Obrázek 7.15: vizualizace RW5, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW5. a) jeden ze tvarů záporných hodnot, jedná se o téměř hraniční tvar, pro hraniční tvar vznikla velká odchylka, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	62
Obrázek 7.16: vizualizace RW6, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW6. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	63
Obrázek 7.17: vizualizace RW7, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW7. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	64
Obrázek 7.18: vizualizace RW8, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW8. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	64
Obrázek 7.19: vizualizace RW9, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW9. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	65
Obrázek 7.20: vizualizace RW10, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW10. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	66
Obrázek 7.21: vizualizace RW1, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW1. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	67
Obrázek 7.22: vizualizace RW3, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW3. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	68
Obrázek 7.23: vizualizace RW4, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW4. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	68
Obrázek 7.24: vizualizace RW5, pomocí deformační mřížky je zobrazen vliv RW4. a) hraniční tvar záporných hodnot, b) hraniční tvar kladných hodnot.....	70
Obrázek 7.25: modely obličejů dívek a) 1 rok, b) 6 let, c) 12 let, d) 18 let, věkové změny jsou 3x zesíleny.....	72
Obrázek 7.26: modely obličejů chlapců a) 1 rok, b) 6 let, c) 12 let, d) 18 let, věkové změny jsou 3x zesíleny.....	73

13 Seznam grafů

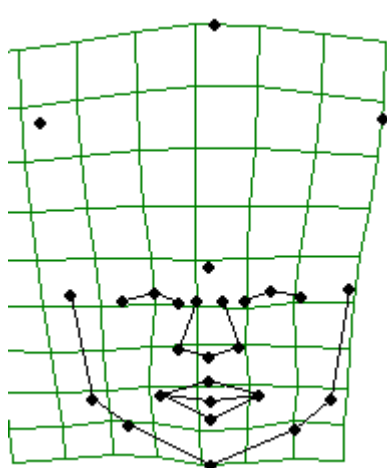
Graf 7.1:zobrazení rozdílů mezi oběmi sadami, modře je první digitalizace, červeně opětovná digitalizace	49
Graf 7.2: bodový graf závislosti první relativní varpy na věku, $r = 0,26$	51
Graf 7.3: bodový graf závislosti čtvrté relativní varpy na věku, $r = 0,086$	53
Graf 7.4:bodový graf závislosti páté relativní varpy na věku, $r = -0,26$	54
Graf 7.5: bodový graf závislosti šesté relativní varpy na věku, $r = 0,078$	55
Graf 7.6: bodový graf závislosti deváté relativní varpy na věku, $r = 0,072$	57
Graf 7.7: bodový graf závislosti desáté relativní varpy na věku, $r = -0,21$	58
Graf 7.8: bodový graf závislosti první relativní varpy na věku, $r = -0,24$	59
Graf 7.9: bodový graf závislosti druhé relativní varpy na věku, $r = -0,097$	60
Graf 7.10: bodový graf závislosti čtvrté relativní varpy na věku, $r = 0,089$	62
Graf 7.11: bodový graf závislosti páté relativní varpy na věku, $r = 0,22$	63
Graf 7.12: bodový graf závislosti osmé relativní varpy na věku, $r = -0,3$	65
Graf 7.13: bodový graf závislosti první relativní varpy na věku, červeně dívky, modře chlapci.....	67
Graf 7.14: bodový graf závislosti čtvrté relativní varpy na věku, červeně dívky, modře chlapci.....	69
Graf 7.15: bodový graf závislosti páté relativní varpy na věku, červeně dívky, modře chlapci.....	70
Graf 7.16: výstup MANOVY, rozložení jednotlivých věkových skupin, červená skupina A, modrá B, růžová C, zelená skupina D, fialová E a hnědá F.	71

14 Seznam tabulek

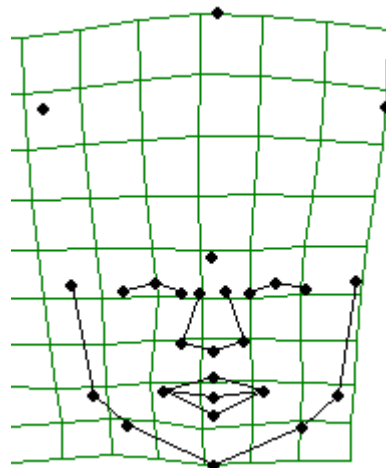
Tabulka 2.1: Přehled pohlavních rozdílů na lebce mužů a žen, oranžově zvýrazněna obličejová část.....	7
Tabulka 3.1: přehled pohlavních rozdílů mužů a žen.....	15
Tabulka 7.1: vyjádření procentuální variability, singular value a kumulativní procentuální variability prvních 10 relativních varp pro dívky	50
Tabulka 7.2: vyjádření procentuální variability, singular value a kumulativní procentuální variability prvních 10 relativních varp pro dívky	58
Tabulka 7.3: vyjádření procentuální variability, singular value a kumulativní procentuální variability prvních 10 relativních varp pro dívky	66

15 Přílohy

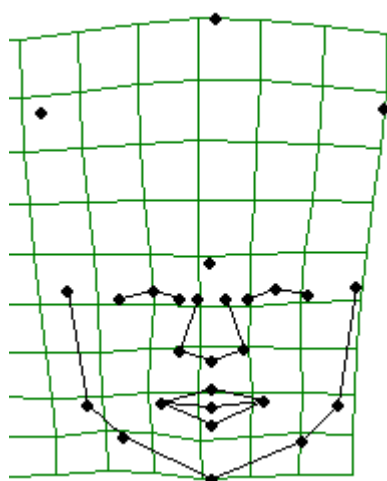
15.1 Příloha č. 1 – Regresní analýza – modely věkových změn dívky (1 až 18 let)



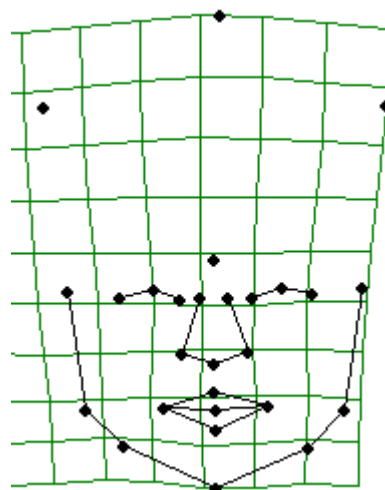
1 rok



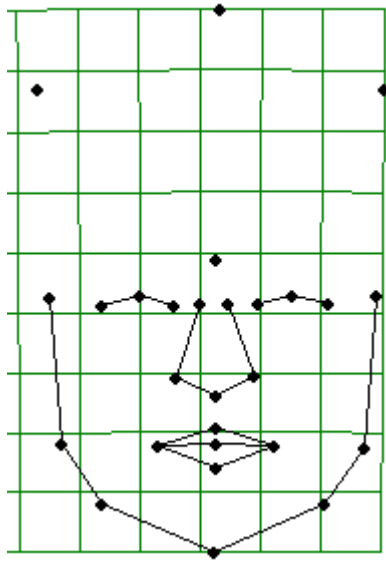
2 roky



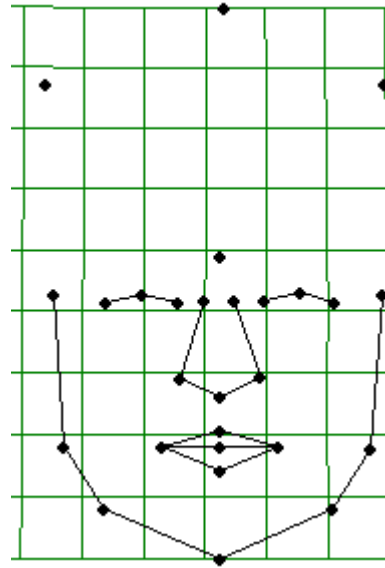
3 roky



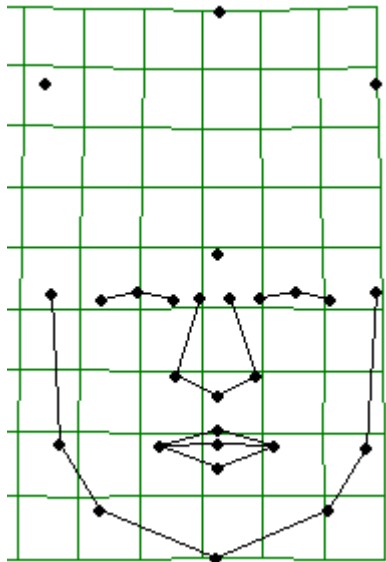
4 roky



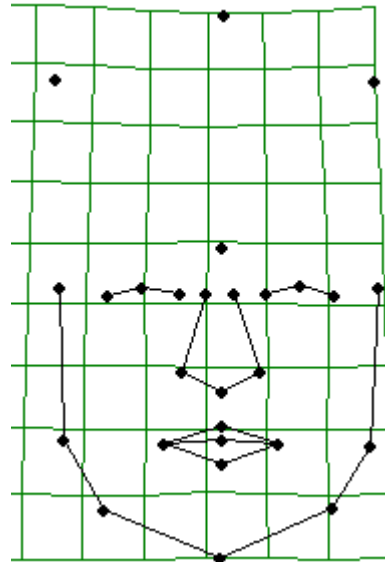
9 let



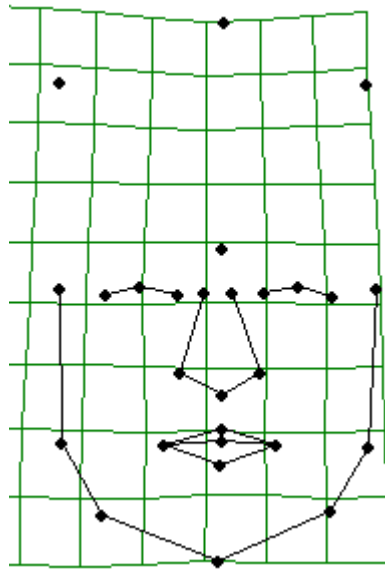
10 let



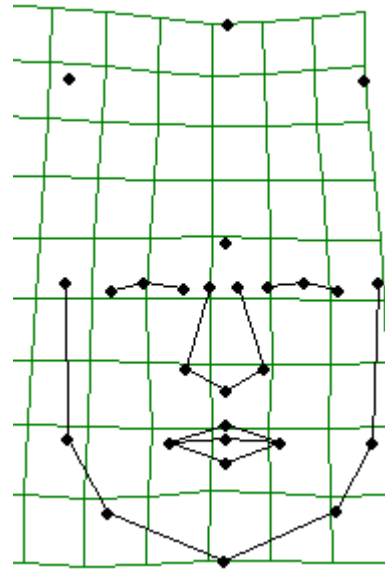
11 let



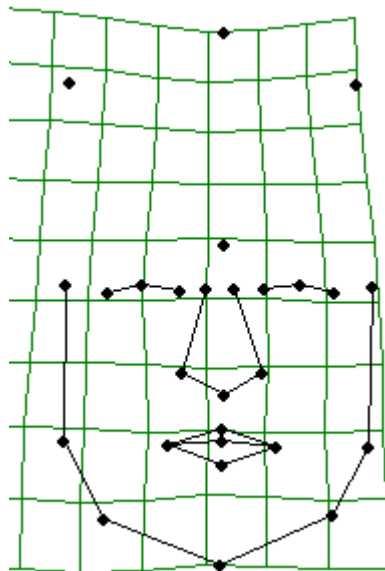
12 let



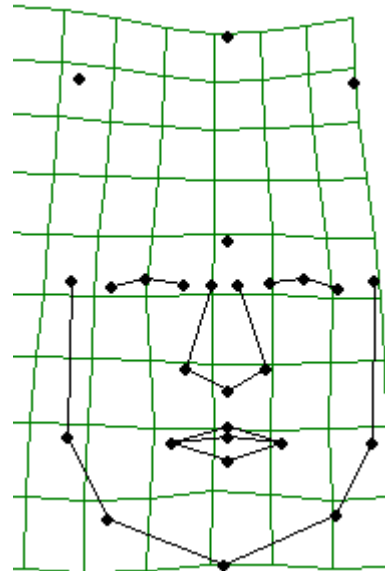
13 let



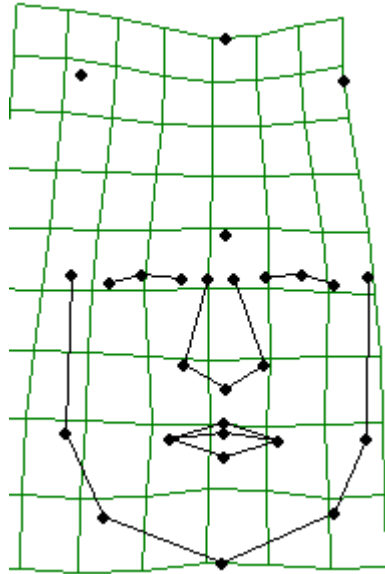
14 let



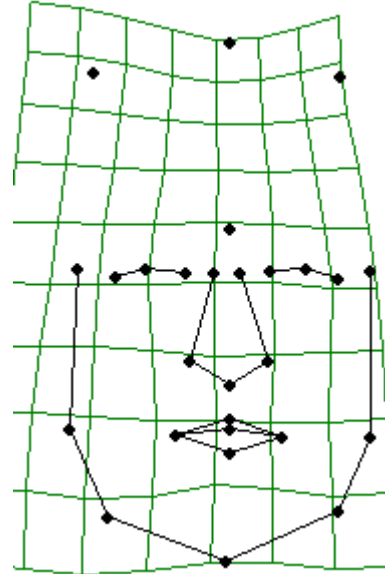
15 let



16 let

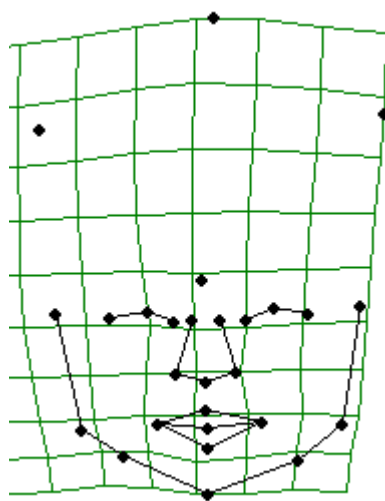


17 let

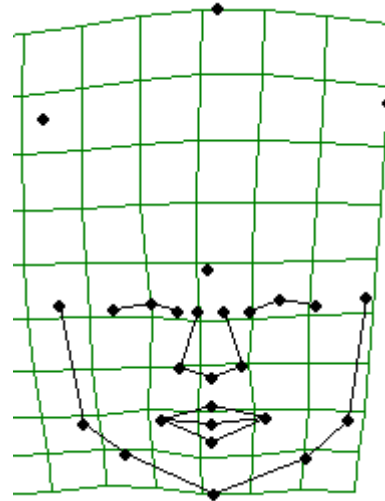


18 let

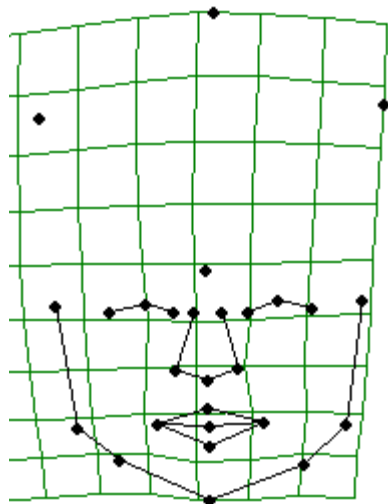
15.2 Příloha č. 2 – Regresní analýza – modely věkových změn chlapci (1 až 18 let)



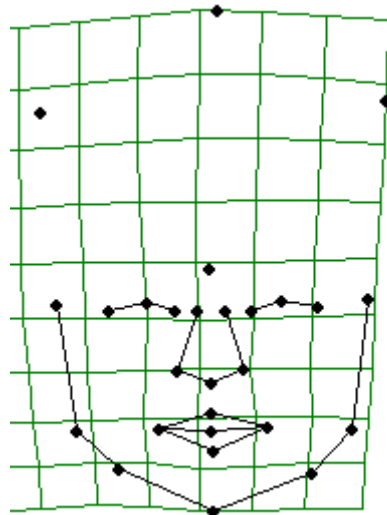
1 rok



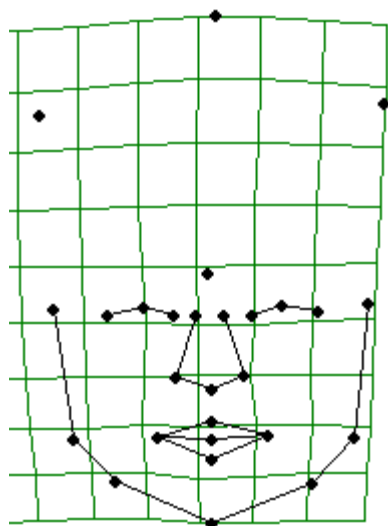
2 roky



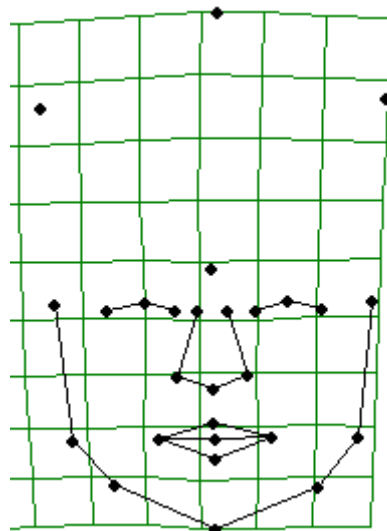
3 roky



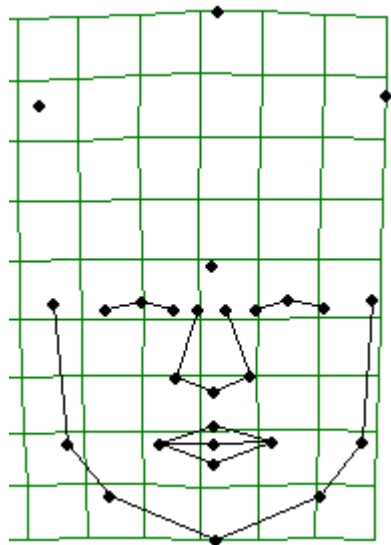
4 roky



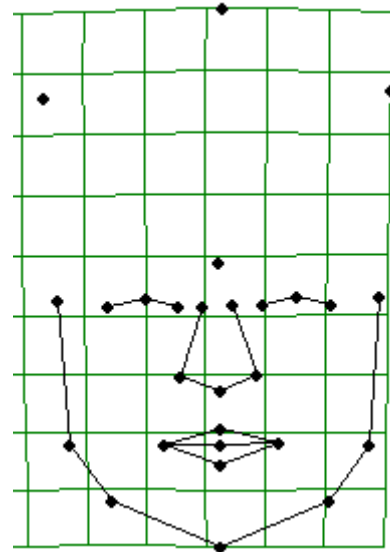
5 let



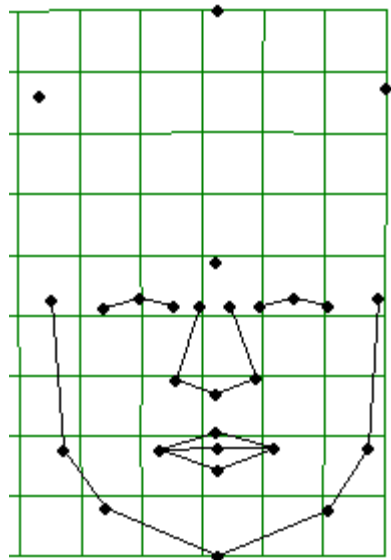
6 let



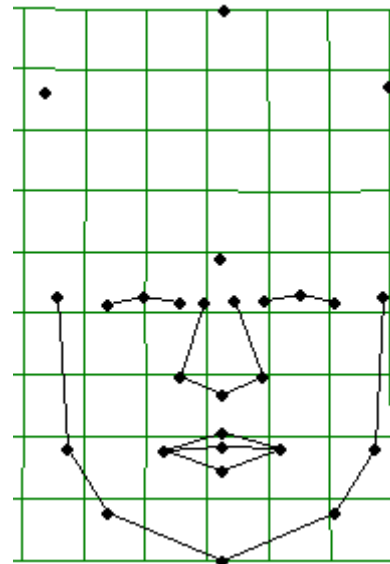
7 let



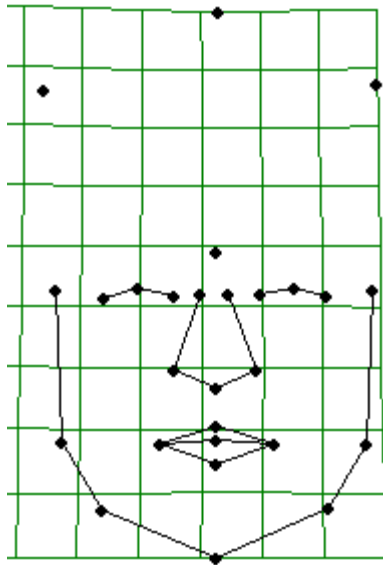
8 let



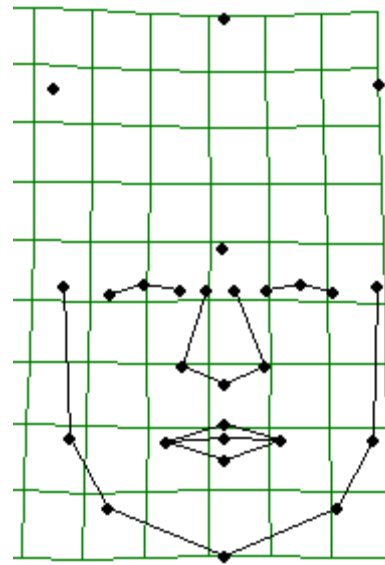
9 let



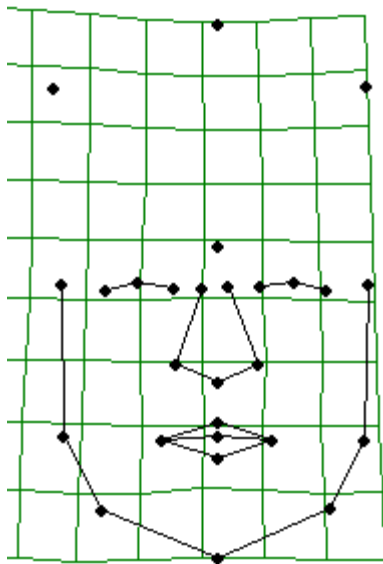
10 let



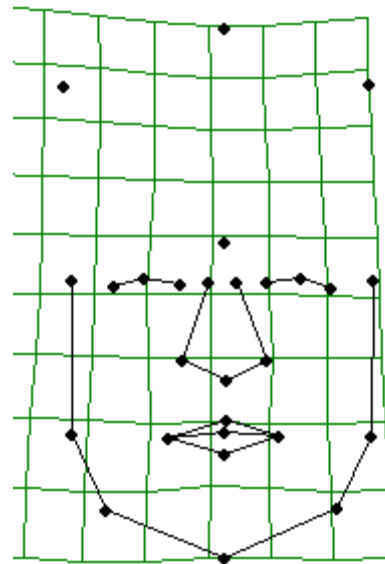
11 let



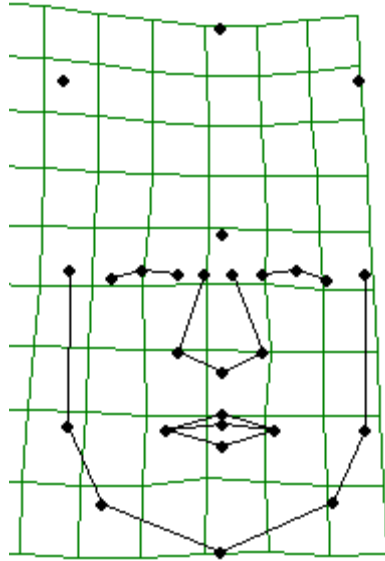
12 let



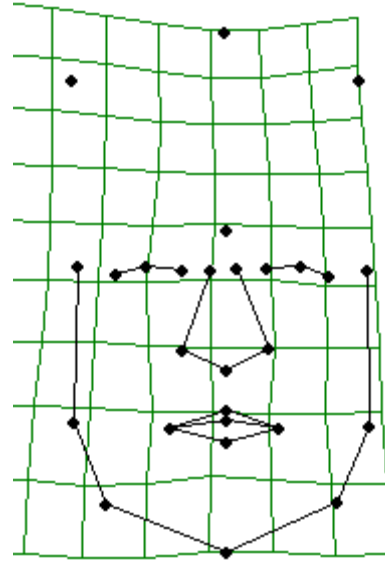
13 let



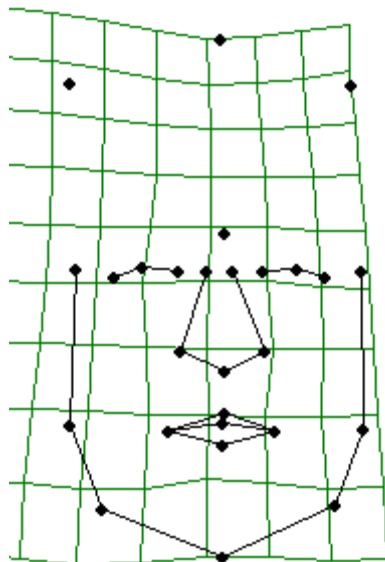
14 let



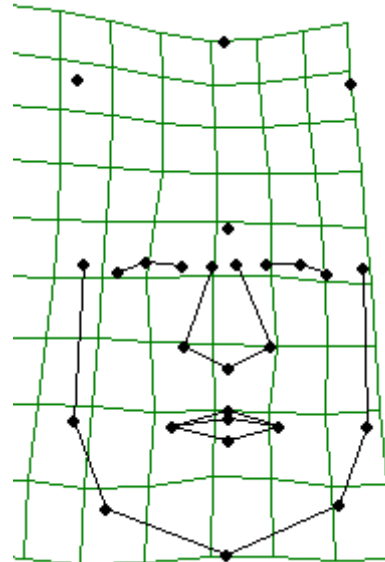
15 let



16 let



17 let



18 let