

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra antropologie a genetiky člověka



Morfologické změny obličeje dospělých mužů a žen během stárnutí

Diplomová práce

Bc. Lucie Čiháková

Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Jana Velemínská, Ph.D.

Praha 2016

Prohlášení

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

V Praze, dne 1. 5. 2016

Lucie Čiháková

Poděkování

Ráda bych poděkovala doc. RNDr. Janě Velemínské, Ph.D. za její vždy ochotně poskytnuté rady, inovativní nápady a čas věnovaný mi při konzultacích. Mé poděkování patří i Mgr. Jánovi Dupejovi za jeho trpělivost a ochotu pomoci mi při práci v programu Morphome3sc. Velké díky patří mé rodině, především rodičům, za jejich vytrvalou podporu i přes mou nesdílnost. Poděkovat bych chtěla také svým jak dlouhodobým přátelům tak těm, které jsem poznala v tomto a předchozím roce ve škole a především na krasobruslení.

Abstrakt

Procesy biologických změn organismu v čase se zřetelně projevují v morfologii obličeje. V diplomové práci jsou tyto senescenční změny sledovány jako tvarové a velikostní změny transversálních dat povrchu 3D virtuálních modelů obličejů 443 žen a mužů (20–88 let) rozdělených do šesti věkových kategorií po dekádách. Metodami geometrické morfometrie (coherent point drift – dense correspondence algorithm, analýza hlavních komponent, per vertex t-test, superprojekce modelů) byly zjišťovány rozdíly v obličejí mezi jednotlivými věkovými kategoriemi s ohledem na pohlaví a sledován pohlavní dimorfismus a jeho postupný vývoj s věkem.

Mezi jednotlivými věkovými kategoriemi byl sledován signifikantní rozdíl jak ve tvaru, tak formě obličeje. Obličej žen i mužů se s věkem rozšiřoval a zároveň se snižovala jeho konvexita. Byl sledován ústup celého čela a profilu nosu mužů, zatímco čelo žen se s věkem zešikmovalo vlivem ústupu horní části a profil nosu byl s věkem neměnný. Naopak s věkem neměnná byla poloha brady mužů, zatímco se u žen vysouvala dopředu. Výrazná byla u obou pohlaví retruze měkkých tkání v přední části horní čelisti. Po po sedmé dekádě života obličej stárne odlišně než v předchozích dekádách. Signifikantní rozdíl byl přítomen mezi pohlavími v jednotlivých věkových kategoriích jak ve tvaru, tak formě a k jeho snižování docházelo vlivem tvarových změn, nikoliv velikostních, především v oblasti čela, nosu, dolního víčka a horního rtu. V přední části brady nebyl pohlavní dimorfismus přítomen.

V diplomové práci bylo zjištěno, že trend stárnutí mužů a žen je stejný, avšak některé obličejové struktury u mužů a žen stárnou v odlišných dekádách života. Dále bylo zjištěno, že ke snižování pohlavního dimorfismu dochází vlivem morfologických změn tvaru obličeje jak žen, tak mužů, přičemž velikostní změny obličeje se na snižování pohlavního dimorfismu nepodílejí.

Klíčová slova:

Lidský obličej, stárnutí, pohlavní dimorfismus, morfologie, geometrická morfometrie, tvar a forma

Abstract

Processes of biological changes of organism over time distinctly manifest themselves in a face morphology. The present study age changes are observed as shape and size changes of transversal dates of surface 3D virtual models of faces of 443 women and men (22–88 years old) divided into six age groups in decade. Differences in faces among each age group with respect to the sex were investigated and a sexual dimorphism and its gradual progress with the age using methods of geometric morphometrics (coherent point drift – dense correspondence algorithm, principal component analysis, per vertex t-test, shell-to-shell deviation).

A significant difference among age categories was observed both in shape as well as in form of the face. The faces of women and men were becoming wider with age and convexity was decreasing at the same time. A decline of the whole forehead and of the profile of the men's nose was observed, whereas the women's forehead was getting bevel due to the decline of the top part and a profile of the nose wasn't changed with the age. On contrary, the men's chin was unvarying with the age, while the women's chin was sliding out forward. There was observed a distinct decline in the front part of a upper jaw with the both sex. It was found out that after the seventh life decade the face gets older in a different way than in the previous decade. A significant difference was present between gender in each age groups both in a shape as well as in a form and it came to its decrease owing to the shape changes, not size ones, mainly in the area of forehead, nose, lower eyelid and upper lip. In a front part of the chin there was no sex dimorphism there.

In the present study there was found out that the trend of ageing process of men and women is the same however, some face structures with men and women get older in different life decades. Then it was found out, that to the decrease of the sex dimorphism, it comes due to morphological shape changes of the face both with women and men, where size changes of the face don't participate in the decrease of the sex dimorphism.

Key word:

Human face, ageing, sex dimorphism, morphology, geometric morphometrics, shape and size

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. Úvod | 8 |
| 2. Teoretický úvod..... | 9 |
| 2.1. Anatomie lidského obličeje | 9 |
| 2.1.1. Neurocranium | 10 |
| 2.1.2. Splanchnocranium | 10 |
| 2.1.3. Mímické svaly..... | 10 |
| 2.1.4. Žvýkací svaly..... | 11 |
| 2.1.5. Chrupavky zevního nosu | 11 |
| 2.1.6. Kůže | 12 |
| 2.2. Vnější morfologie lidského obličeje..... | 15 |
| 2.2.1. Horní třetina obličeje | 16 |
| 2.2.2. Střední třetina obličeje | 16 |
| 2.2.3. Dolní třetina obličeje | 17 |
| 3. Stárnutí obličeje..... | 18 |
| 3.1. Histologické změny tkání obličeje během stárnutí..... | 19 |
| 3.1.1. Kůže | 19 |
| 3.1.2. Svalová kosterní tkáň..... | 22 |
| 3.1.3. Kostní tkáň..... | 23 |
| 3.2. Morfologické změny obličeje během stárnutí | 26 |
| 3.2.1. Kostní tkáň..... | 27 |
| 3.2.2. Měkké tkáně..... | 31 |
| 4. Pohlavní dvojtvárnost obličeje | 37 |
| 4.1. Morfologické pohlavní rozdíly obličeje | 38 |
| 4.2. Pohlavní rozdíly stárnutí obličeje | 39 |
| 5. Hypotézy..... | 40 |
| 6. Cíle práce..... | 40 |
| 7. Materiál..... | 41 |
| 8. Metody..... | 41 |
| 8.1. Sběr a úprava dat | 41 |
| 8.2. Analýza dat | 42 |
| 9. Výsledky..... | 45 |
| 9.1. Analýza variability obličeje..... | 46 |
| 9.1.1. Analýza variability tvaru obličeje..... | 46 |
| 9.1.2. Analýza variability formy obličeje | 49 |
| 9.2. Věkové změny tvaru průměrného obličeje žen a mužů..... | 52 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 9.2.1. | Porovnání průměrného tvaru obličeje věkových kategorií 20–30 a 31–40 let..... | 53 |
| 9.2.2. | Porovnání průměrného tvaru obličeje věkových kategorií 31–40 a 41–50 let..... | 55 |
| 9.2.3. | Porovnání průměrného tvaru obličeje věkových kategorií 41–50 a 51–60 let..... | 58 |
| 9.2.4. | Porovnání průměrného tvaru obličeje věkových kategorií 51–60 a 61–70 let..... | 61 |
| 9.2.5. | Porovnání průměrného tvaru obličeje věkových kategorií 61–70 a 71+ let | 64 |
| 9.3. | Věkové změny formy průměrného obličeje žen a mužů | 67 |
| 9.3.1. | Porovnání průměrné formy obličeje věkových kategorií 20–30 a 31–40 let | 67 |
| 9.3.2. | Porovnání průměrné formy obličeje věkových kategorií 31–40 a 41–50 let | 69 |
| 9.3.3. | Porovnání průměrné formy obličeje věkových kategorií 41–50 a 51–60 let | 72 |
| 9.3.4. | Porovnání průměrné formy obličeje věkových kategorií 51–60 a 61–70 let | 74 |
| 9.3.5. | Porovnání průměrné formy obličeje věkových kategorií 61–70 a 71+ let..... | 76 |
| 9.4. | Porovnání věkových změn průměrných tvarů obličeje mužů a žen | 79 |
| 9.5. | Porovnání věkových změn průměrné formy obličeje mužů a žen..... | 86 |
| 9.6. | Modelování stárnutí tvaru obličeje mužů a žen..... | 94 |
| 9.7. | Modelování stárnutí formy obličeje mužů a žen | 97 |
| 9.8. | Pohlavní dvojitvárnost tvaru a formy obličeje..... | 99 |
| 9.8.1. | Pohlavní dvojitvárnost tvaru obličeje | 99 |
| 9.8.2. | Pohlavní dvojitvárnost formy obličeje..... | 102 |
| 9.9. | Souhrn výsledků | 103 |
| 10. | Diskuze | 105 |
| 10.1. | Věkové změny obličeje mužů a žen | 106 |
| 10.2. | Pohlavní dvojitvárnost a jeho změny během stárnutí | 109 |
| 11. | Závěr..... | 111 |
| 12. | Literatura | 112 |

1. Úvod

Stárnutí (senescence) je biologický proces, který je výsledkem změn na buněčné úrovni, a jsou pro něj charakteristické involuční změny tkáně – například úbytek kostní hmoty nebo ztenčování pokožky – či ztráta funkce buňky. Stárnutí tedy představuje funkční i morfologické involuční změny organismu, projevující se zřetelně v obličeji (Ferrario et al. 1995; Flegr 2005; Williams, Slice 2010; Ilankovan 2014; Picard, Guarente 2005; Campisi 2013).

Vědomý zájem o obličej a jeho interpretaci sahá na území Evropy do období antiky. V průběhu historie pak lidé hledali souvislosti obličejové morfologie se sociálními rysy osobnosti, zjišťovali principy krásných obličejů a hledali estetické možnosti k dosažení obličejového ideálu. Byly sledovány evoluční trendy a evolučně vývojová stadia byla připodobňována ke zvířecí morfologii hlavy. Lidé se obličejem tedy zabývali a zabývají jak ze socio-kulturního hlediska, tak hlediska biologického (Blažek, Trnka 2009; Bouzek 2009; Barry et al. 2010).

V poslední době se výsledky výzkumů obličeje a jeho struktur využívají v biomedicínských oborech, například k hodnocení vývojových vad a traumat či ke kraniofaciálním úpravám. Velký význam mají data pro rekonstrukci obličeje transplantací (Sforza et al. 2010a; Evans, Francis-West 2005; Hussain et al. 1994; Cagaňová et al. 2014) a plastickou chirurgií (Moss et al. 2000; Rohrich, Pessa 2009).

Výsledky výzkumů se dále využívají ve forenzních vědách a to například k identifikaci a autentifikaci jedince, k tvorbě databází za konkrétním cílem, sestavování portrétů hledaných a pohřešovaných osob nebo k rekonstrukci obličeje podle lebky (Sforza et al. 2010a; Konar et al. 2013; Kaur et al. 2015; Federal Bureau of Investigation 2005). Znalostí o obličeji je využíváno k jeho rekonstrukci i v případě historických a archeologických materiálech, přičemž nyní jsou takové rekonstrukce podporovány 3D počítačovými technologiemi (Phillips, Smuts 1996; De Greef, Willems 2005; Vanezi et al. 2000).

Výzkumy obličeje a obličejových struktur se pro široké využití výsledků proto zaměřují na jeho prenatální i postnatální vývoj až po jeho změny během stárnutí. Samostatně je třeba hodnotit ženy a muže, jelikož průběh stárnutí i další sledované aspekty vykazují pohlavní nerovnost (Sforza *et al.* 2009; Gems 2014), avšak literatury porovnávající odlišné stárnutí obličeje mezi pohlavími není mnoho.

Cílem diplomové práce je sledování senescenčních změn obličeje u dospělých mužů a žen současné české populace. Velikostní a tvarové změny obličeje jsou sledovány na základě transverzálního výzkumu celkem 443 jedinců mužského a ženského pohlaví ve věku 20-88 let, kteří byli rozděleni do 6 věkových kategorií. Práce navazuje na pilotní studii Mydlová *et al.* (2015), kde byly senescenční změny dospělé české populace sledovány na méně četném souboru čítající 180 jedinců rozdělených do tří věkových kategorií. Metodologie diplomové práce je založena na geometricko-morfometrickém sledování velikostních a tvarových změn celkového povrchu 3D virtuálních obličejových modelů. Vzhledem k transverzálnímu charakteru dat je zapotřebí mít při interpretaci na paměti, že sledované obličejové rozdíly nejsou skutečné senescenční změny, ale rozdíly mezi rozdílnými věkovými kategoriemi rozdílných skupin lidí.

2. Teoretický úvod

2.1. Anatomie lidského obličeje

Kostěným podkladem obličeje je lebka (*cranium*), jež je tvořena kostmi krycími (*desmocranium*), které se vyvíjí přímo z mezenchymu, a kostmi náhradními (*chondrocranium*), které osifikují v chrupavce (Čihák 2001; Čech *et al.* 2009). Oba typy kostí se podílejí na tvorbě dvou topografických částí lebky – mozkové (*neurocranium*) a obličejové (*splanchnocranium*). Poměr velikosti těchto částí lebky (*splanchnocranium* – *neurocranium*) je u mužů 1:2 a u žen 1:2,5 (Horáčková 2007).

S kostní tkání lebky souvisí tkáně chrupavčitá, kostní, zubní a měkká tkáň (svalová, tuková a epitelová) které společně utvářejí vnější morfologii obličeje (Čech, Horký 2011). Dočasný i trvalý chrup (*dentes decidui et permanentes*) se vyvíjí z ektodermu a ektomezenchymu (Čech, Horký 2011; Nedorost *et al.* 2009). Ektodermového původu je také kůže (epitelová tkáň), zatímco tkáň kosterní, svalová a tuková je mezodermového původu (Moore, Persaud 2000; Čech, Horký 2011; Junqueira *et al.* 1999; McCracken 2002). Svaly hlavy se během prenatálního vývoje derivují z 1. a 2. žaberního oblouku (Čech, Horký 2011; Moore, Persaud 2000), přičemž z prvního se derivují svaly mimické (*musculi faciales*) a z druhého svaly žvýkácí (*musculi masticatores*), (Horáčková 2007; Holibková, Laichman 2004).

2.1.1. Neurocranium

Během vývoje kostí mozkové části lebky se uplatňuje *chondrogenní* i *desmogenní* osifikace. Na chrupavčitém základu, tedy kosti ontogeneticky patřící *chondrocranio*, vzniká báze lební, kterou tvoří *pars basilaris* a *partes lateralis* kosti týlní (*os occipitale*), kost skalní (*pars petrosa*) a bradavčitý výběžek (*pars mastoidea*) kosti spánkové (*os temporale*), kost klínová (*os sphenoidale*) kost čichová (*os ethmoidale*) a dolní nosní skořepa (*concha nasalis inferio*), (Čech et al. 2009; Čihák 2001; Horáčková 2007; Netter 2010). Z mezenchymu osifikuje klenba lební (*calva*), jež je součástí *desmocranii*. Klenbu lební tvoří šupina kosti týlní (*squama occipitalis*), kosti temenní (*ossa temporalia*), kost čelní (*os frontale*), *pars tympanica* a šupina kosti spánkové (*squama ossis temporalis*), kost nosní (*os nasale*), kost slzní (*os lacrimale*), kost radličná (*vomer*) a vnitřní lamela křídlového výběžku kosti klínové (*lamina medialis processus pterygoidei ossis sphenoidalis*), (Čech et al. 2009; Čihák 2001; Horáčková 2007; McCracken 2002).

2.1.2. Splanchnocranium

Obličejová část hlavy fylogeneticky vznikla splynutím krycích kostí a chrupavčitých žaberních oblouků, jenž byly oporou dýchacích cest. Během prenatalního života se od druhého měsíce uplatňuje na kostech obličejové části hlavy převážně *desmogenní* osifikace. (Čech et al. 2009; Čihák 2001). Z mezenchymu osifikují kosti horní čelisti (*maxilla*), kosti lící (*ossa zygomatica*) a patrové (*ossa palatina*) a dolní čelist (*mandibula*). Součástí *chondrocranii* je jazyk (*os hyoideum*), kůstky středního ucha (*malleolus, incus et stapes*), (Moore, Persaud 2000; Čihák 2001; Čech et al. 2009; Horáčková 2007). Kostí obličejové části hlavy ohraničují oční (*orbita*) obsahující oční koule, okohybné svaly, tukové vazivo, slzný aparát, cévy a nervy, a kostěnou dutinu nosní (*cavitas nasalis ossea*) vpředu ohraničenou kostěným vstupem (*apertura piriformis*), (Čihák 2001; Horáčková 2007; Netter 2010; Petrovický, Doskočil 2001).

2.1.3. Mimické svaly

Mimické svaly (*musculi faciales*) jsou uloženy v podkoží, začínají na kosti a upínají se do kůže. Jejich kontrakcí je umožněn pohyb očních víček, úst, tváří a obočí. Dále se podílejí na artikulaci, mimice obličeje a příjmu potravy. Kruhové svaly kolem otvorů v obličejové části hlavy mohou uzavírat, otevírat či měnit tvar těchto otvorů. Za

klidového napětí mimické svaly podmiňují charakteristické rysy obličeje jedinců (Horáčková 2007; Holibková, Laichman 2004; Vokurka, Hugo 2008).

Mimické svaly se dělí na svaly lební klenby, svaly oční štěrbiny, zevního nosu a úst. Sval lební klenby, *musculus epicranius*, je složený z dvou dílčích částí, a to z *musculi occipitofrontalis* a *musculi temporoparietalis*. Obě části svalu se upínají do vazivového listu (*galea aponeurotica*), v jehož oblasti se neukládá tuk. Oční štěrbinu obkružuje *musculus orbicularis oculi*, který tvoří svalový podklad horního a dolního víčka. Ke svalům oční štěrbiny se řadí *musculus corrugator supercilii* (jeho kontrakcí je podmíněn zamračený obličej a výraz bolesti) a *musculus procerus*. Svalem zevního nosu je *musculus nasalis*, který táhne chrupavčitou část nosu dolů. Výrazným svalem ústní štěrbiny je *musculus orbicularis oris*, který se podílí na určení tvaru úst. Do laterální části tohoto svalu se upínají ostatní svaly ústní štěrbiny: *musculus levator labii superioris* (podílí se na výrazu zármutku a pláče), *musculus levator labii superioris alaeque nasi*, *musculus zygomaticus major et minor*, *musculus risorius* (při smíchu u některých jedinců způsobuje důlky ve tvářích), *musculus buccinator* (tvoří podklad tváří; nemá fascii), *musculus levator anguli oris*, *musculus depressor anguli oris*, *musculus depressor labii inferioris* a *musculus mentalis* (u některých jedinců vytváří důlek na bradě), (Horáčková 2007; Čihák 2001; Holibková, Laichman 2004; Netter 2010).

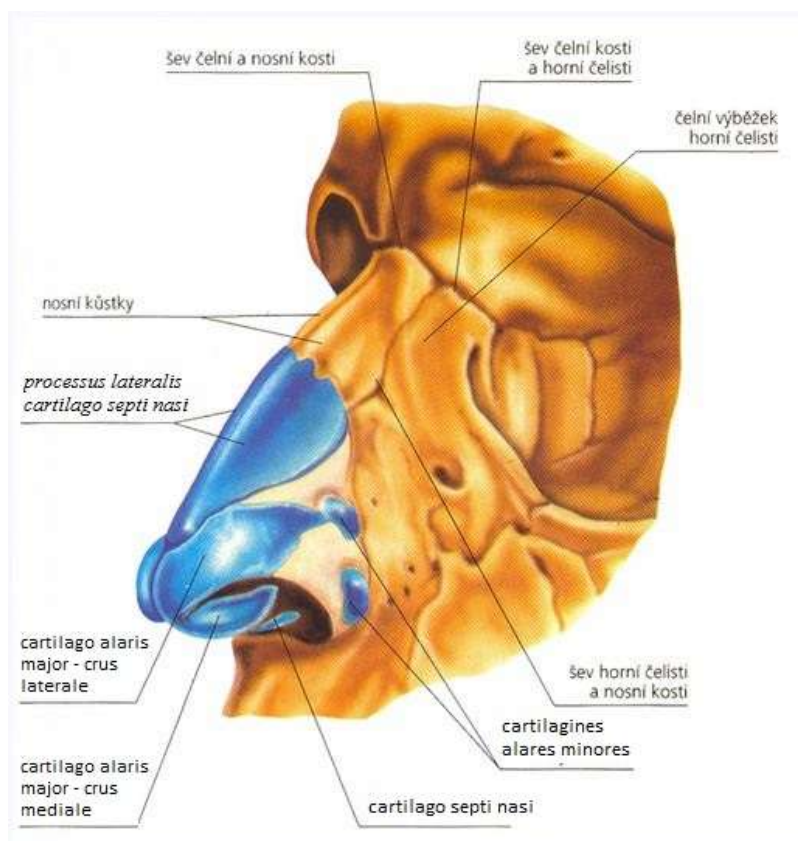
2.1.4. Žvýkácí svaly

Svaly žvýkácí se nachází po stranách čelistního kloubu, se kterým pohybují. Tyto svaly se upínají na dolní čelist. Dolní čelist zdvihají (elevují) *musculus temporalis*, *musculus masseter* a *musculus pterygoideus medialis*; pohyb čelisti dopředu (protrakci) umožňují *musculus pterygoideus lateralis* a povrchové snopce *musculi massettis*; pohyb čelisti dozadu (retrakci) způsobují *musculus temporalis* (jeho zadní část) a hluboké snopce *musculi massettis*; pohyb čelisti do stran (lateropulsi) umožňuje jednostranná kontrakce *musculi pterygoiei* (Horáčková 2007; Holibková, Laichman 2004; Petrovický, Doskočil 2001).

2.1.5. Chrupavky zevního nosu

Na kostěný podklad nosu navazuje podklad chrupavčitý. Nosní přepážku dotváří *cartilago septi nasi* navazující na kost radličnou. Z této chrupavky vybíhá na obě strany *processus lateralis*, jenž navazuje na kost nosní a vytváří tak podklad nosního hřbetu. Chrupavčitý vrchol nosu (*apex nasi*) tvoří *cartilago alaris major* mající dvě raménka – -

– *crus mediale a laterale* – které obkružují jako podkova nozdru. Tuto chrupavku doplňuje drobná chrupavka nacházející se v nosním křídle – *cartilagine alares minores* – a variabilní chrupavky *cartilagine nasales accesoriae*. K nosnímu septu se připojuje v přední dolní oblasti *cartilago vomeronasalis* (Čihák, Grim 2002; Vargová, Páč 2008; Rohen et al. 1998). Na obr. 2.1 je možné vidět uspořádání chrupavek nosu (Anderson et al. 2008).



Obrázek 2.1: Chrupavky nosu; upraveno podle Anderson (2008).

2.1.6. Kůže

Kůže je orgán kryjící zevní povrch organismu, tedy i obličej. Je možné ji rozdělit na dva oddíly – vlastní kůži (*cutis*) a přídatné kožní ústrojí (kožní adnexa). Tloušťka kůže (bez podkožního vaziva) se pohybuje v rozmezí 1 až 4 mm. Její barva závisí na množství pigmentu, jejím prokrvení a její tloušťce. Na povrchu kůže jsou četné vyvýšeniny a vklesliny, které tvoří kožní reliéf. Základem kožního reliéfu jsou konstantní rýhy zřetelné od narození, jež jsou dvojího typu – kožní brázd (sulci cutis) a kožní lišty (*cristae cutis*). Vlastní kůže se dělí na tři vrstvy – pokožku (*epidermis*), škáru (*dermis* či *corium*) a podkožní vazivo (*tela subcutanea*), (Páč et al. 2013; Čihák et al. 2004; Pospíšil 1974; Babler 1991; Seidenberg-Kajabova et al. 2010).

Pokožka

Pokožka je povrchovou vrstvou vlastní kůže tvořenou mnohvrstevnatým epitelem a dále se dělí do několika vrstev. Všechny vrstvy jsou tvořeny keratynocyty, které se vyvíjí v nehlouběji uložené vrstvě (*stratum basale*) a mají cylindrický tvar. Postupně jsou nahrazovány buňkami novými, oplošťují se a posouvají se směrem k povrchu kůže. Na povrchu kůže se nachází již silně oploštěné a odumřelé buňky. V nehlouběji uložené vrstvě se kromě keratynocytů nachází pigmentové buňky (*melanocyty*) a buňky langerhansovy. V pokožce nejsou žádné cévy, avšak zasahují do ní nemyelizovaná nervová vlákna (Fenske, Lober 1986; Eckert, Rorke 1989; Páč et al. 2013; Čihák et al. 2004).

Škára

Škára (dermis) ležící pod pokožkou je tvořena tuhým vazivem, čímž tato vrstva kůže zajišťuje její pevnost a pružnost. Skládá se z papilární a níže uložené retikulární vrstvy. Papilární vrstva je tenčí a v podobě dermální lišt vybíhá do epidermis. Tato vrstva je tvořena především tenkými a dlouhými paralelně orientovanými elastickými vlákny, dále pak tenkými a rozlišně orientovanými kolagenními vlákny a vlákny retikulárními. Retikulární vrstvu tvoří kolagenní vazivo neuspořádaného typu, jehož vlákna jsou silnější, hustší a vzájemně se proplétají. Do této vrstvy škáry z podkožního vaziva směřují větve cév a nervů. Ve škáře jsou uloženy vlasové folikuly a jejich aparát (mazové žlázy), (Páč et al. 2013; Čihák et al. 2004; Amirlak 2015; Hoblíková, Laichman 2004; Bonta et al. 2013; Seidenberg-Kajabova 2010; Čech, Horký 2011).

Podkožní vazivo

Vrstva podkožního vaziva (*tela subcutanea*) představuje spojení mezi škárou a povrchovými fasciemi nebo okosticí (*periostem*). V oblasti ušního boltce, nosu a očního víčka se podkožní vazivo nenachází (Čihák et al. 2004; Hoblíková, Laichman 2004). V místech, kde se podkožní vazivo pomocí vazivových pruhů s podkladem nepojí, je tato vrstva prostoupena tukovými lalůčky (Čihák et al. 2004), které jsou od sebe odděleny septy (Rohrich, Pessa 2008; Reece et al. 2008). Tukové polštáře (*corpus adiposus*) v podkoží jsou tvořeny bílým tukem, ve kterém převažují bílé adipocyty (Cinti 2007). Tukové polštáře slouží jako mechanická a tepelná izolace hlubších vrstev těla (Páč et al. 2013; Čihák et al. 2004). V mediální části čela se nachází dva tukové

polštáře, které jsou od sebe většinou odděleny septy (Barker 1977; Ullmann et al. 1997). V oblasti tváří se nachází hluboký a povrchový tuk, přičemž každá vrstva je členěna do segmentů od sebe oddělenými vazivovými septy. (Rohrich et al. 2008; Gierloff et al. 2012). Na obr. 2.2 jsou barevně znázorněny latero-temporální, střední a mediální tukové polštáře, nasolabiální a labiomandibulární tukový polštář (Pils et al. 2012) a na obr. 2.3 je zobrazen vztah mezi tukovou tkání, septy a svaelem (Mendelson, Muzaffar 2002).



Obrázek 2.2: Povrchové tukové kompartmenty tváří a brady; fialově latero-temporální, červeně střední, zeleně mediální, žlutě nasolabiální, oranžově labiomandibulární a modře bradový tukový polštář; převzato z Pils et al. (2012).



Obrázek 2.3: Uložení tukové tkáně mezi jejími septy a svaalem; upraveno podle Mendelson, Muzaffar (2002).

2.2. Vnější morfologie lidského obličeje

Obličej je možné členit rozličnými způsoby. Lze jej rozdělit na vnitřní a vnější části, přičemž vnitřní část zahrnuje oči, nos ústa a k nim přilehlé oblasti, a vnější část obličeje zahrnuje oblast čela, brady a jeho celkový tvar (Blažek, Trnka 2009). Obličej se pak člení na tyto oblasti: čelní (*regio frontalis*), oční (*regio orbitalis*), nosní (*regio nasalis*), podočnicová (*regio infraorbitalis*), jařmová (*regio zygomatica*), ústní (*regio oralis*), příušní (*regio parotideo masseterica*) a oblast tváří (*regio buccalis*) a brady (*regio mentalis*), (Sinelnikov 1989; Sobotta 2006). Dalším členěním obličeje je na části periorbitální, střední část obličeje a dolní čelist (Mendelson, Wong 2012).

V předkládané diplomové práci bude použito členění obličeje podle mechanismů vedoucích k jeho stárnutí na tři části – horní, střední a dolní třetinu (obr. 2.4). Horní třetina zahrnuje čelo, obočí, nadočnicový oblouk, oční víčko. Horní okraj střední třetiny probíhá podél jařmového oblouku k vnějšímu koutku a odtud podél spodního víčka ke kořeni nosu. Spodní hranice střední třetiny začíná od chrupavčitého hrbolku nad vstupem do zvukovodu ucha (*tragus*) směřuje k ústnímu koutku a podél nosortové rýhy k nosu. Dolní část zahrnuje dolní čelist, bradu, ústa a krk (Coleman, Grover 2006; Kaur et al. 2015; Levesque, Torre 2015; Tan et al. 2011).



Obrázek 2.4: Topologické rozdělení obličeje na tři třetiny; upraveno podle Kaur et al. (2015).

2.2.1. Horní třetina obličeje

Čelo je vymezeno vlasovou hranicí shora a frontonasálním zářezem a obočím zdola. Na čele je kůže obličeje nejtlustší. Mediální polovina obočí překrývá nadočnicové oblouky kosti čelní a jeho podkladem je po celé délce tukový polštář. Tvarem tvoří oblouk s vrcholem na rozhraní druhé a třetí třetiny (Patel 2013; Lemke, Stasior 1982), přičemž muži mají tendenci k rovnějšímu obočí oproti ženám s obočím klenutým (Freund, Nolan 1996). Obočí shora ohraničuje oblast očí (Blažek, Trnka 2009). Pár očních koulí je uloženo v očnici, a jsou chráněny horním a dolním víčkem (*palpebra superior et inferior*), které jsou zakřivené podél oka. Tenká kůže víček přechází do okolní kůže rýhou – *sulcus orbitalis inferior et superior* (Blažek, Trnka 2009; Čihák et al. 2004). Kůže horního víčka se většinou skládá do třech záhybů, což je podpořeno strukturou pojivové tkáně, především uspořádáním povrchových fascií, avšak může být i zcela napnutá bez záhybů (Moss et al. 2000; Čihák et al. 2004).

2.2.2. Střední třetina obličeje

Kosterním podkladem střední části obličeje je horní čelist a tělo kosti zygomatické s jejím zygomatickým výběžkem (Mendelson, Wong 2012). Oblast pod očima přechází plynule do tváří. Tváře tvoří boční část obličeje a jsou vpředu ohraničené nosortovou rýhou, shora dolním očním víčkem, vzadu ušním boltcem a dole okrajem dolní čelisti. Podkladem horní části tváří je lící a spánková kost a jařmový oblouk. Podkladem střední části tváře je přední plocha těla horní čelisti. Na celkový tvar tváří má v horní polovině velký vliv kosterní podklad. V polovině dolní je jejich tvar

určen především svalovým a tukovým podkladem. Svalové uspořádání má též vliv na tvorbu vrásek. Tváře mohou být vyvýšené, ploché či propadlé, což je dáno především množstvím podkožního tuku, který je septy rozdělen do oddílů, díky čemuž tváře lépe drží svůj tvar (Blažek, Trnka 2009; Mendelson, Muzaffar 2002; Pils et al. 2012; Rohrich, Pessa 2008).

Tvar nosu definuje především kostěná část v jeho horní části. Na celkovém tvaru nosu se podílí chrupavčitá nepárová nosní přepážka a párové nosní chrupavky. Dolní část nosu formuje především chrupavka křídlovitá, která má velký vliv jak na tvar nosních křídel, tak na tvar špičky nosu. Na vzhledu nosu se podílí i kůže, jejíž tloušťka je individuálně variabilní. Podkožní tuk se může vyskytovat od kořene nosu po jeho špičku, ovšem může být přítomný například pouze na špičce nosu. Kořen nosu má vůči vnitřním očním koutkům individuální projekční výšku a vůči glabele rozdílné prohloubení. Prohloubení kořene nosu souvisí s rozdílným přechodem nosu do čela (Toriumi 2006; Blažek, Trnka 2009; O Neal, Beil 2010; Anderson et al. 2008).

2.2.3. Dolní třetina obličeje

Rty na rozdíl od nosu nemají kosterní podklad, jímž jsou v případě rtů svaly a tukové polštáře, které svými výběžky zasahují hluboko do *musculi orbicularis oris* a *musculi mentalis* (Čihák, Grim 2002; Rohrich, Pessa 2009). Horní a dolní ret svými volnými okraji uzavírají ústní štěrbinu a setkávají se spolu v ústních koutcích. Horní ret začíná pod dolním okrajem nosu a ze stran je ohraničen nosortovou rýhou (*sulcus nasolabialis*), jež je podmíněna tahem mimických svalů. Dolní ret je ohraničen bradovou rýhou (*sulcus mentolabialis*). Alveolární výběžky dolní a horní čelisti zčásti ovlivňují prominenci rtů (Čihák, Grim 2002; Blažek, Trnka 2009).

Brada je jedním ze základních anatomických znaků anatomicky moderního člověka (Cremo, Thompson 1998). Základní tvar brady určuje její kostěný podklad tvořený přední částí těla dolní čelisti. Na tvaru brady se dále podílejí měkké tkáně jako je bradový sval (*musculus mentalis*) a podkožní vazivo, především dva tukové polštáře v oblasti tvorby podpradku (podčelistní prostor), které jsou od tukového polštáře tváří odděleny septem (Blažek, Trnka 2009; Reece 2008). Brada je od dolního rtu oddělena bradovou rýhou, zatímco po stranách brada plynule navazuje na tváře (Blažek, Trnka 2009).

3. Stárnutí obličeje

Růst, vývoj a degenerativní změny měkkých tkání a kostních struktur se vzájemně ovlivňují a způsobují, že se obličej během života mění. Tyto změny vznikají kombinací působení vnitřních (genetických a epigenetických) a vnějších (životního prostředí) faktorů (Sforza et al. 2013; Sjerobabski-Masnec, Šitum 2010) a vedou ke změnám v poměru mezi měkkou a tvrdou tkání (Zimbler et al. 2001). Mezi environmentální faktory mající vliv na stárnutí obličeje patří například sluneční záření, gravitace, kouření, užívání drog nebo psychická zátěž (Albert et al. 2007; Vierkötter, Krutmann 2012). Největší environmentální podíl na stárnutí obličeje má sluneční záření, které má vliv především na kůži. Věkové změny objevující se přirozeně jsou slunečním zářením urychlovány, ba dochází například k nepravidelné pigmentaci a žloutnutí kůže (Zimbler et al. 2001; Fisher et al. 2002; Adler 2003; Sjerobabski-Masnec, Šitum 2010) či prominenci cév ležících blízko povrchu kůže (Sveikata et al. 2011). Zvýšený pobyt na slunci je tedy spojen se starším vzhledem jedince, což potvrzují výzkumy na dvojčatech (Guyuron et al. 2009; Rexbye et al. 2006). Kromě slunečního záření má na devastaci a dehydrataci buněk pokožky vliv i vyprahlé podnebí a vítr (Sveikata 2011). Tmavé a skvrnité zbarvení kůže se vyskytuje ve větší míře u kuřáků a jedinců s nižším body mass indexem, což bylo prokázáno na výzkumech dvojčat. U dvojčete kuřáka je též výraznější pokles ústních koutků a tvorba váčků pod očima (obr 3.1), (Guyuron et al. 2009; Okada et al. 2013; Doshi et al. 2007). Starší vzhled jedince je dále spojen s nižším sociálním statutem, rodinným stavem a depresi (Rexbye et al. 2006).



Obrázek 3.1: Pokles ústních koutků u kuřáků; nekuřečka (vlevo) a kuřačka (vpravo); převzato z Okada et al. (2013).

3.1. Histologické změny tkání obličeje během stárnutí

3.1.1. Kůže

Do padesátého roku života je histologický obraz kůže relativně stálou strukturou nejvíce výrazné známky stárnutí, ovšem po padesátém roku života kůže výrazně ochabuje a začínou v ní probíhat výrazné změny (Bonta et al. 2013; Albert et al. 2007). Především úbytkem kolagenu a elastinu kůže postupně ztrácí svou pevnost a elasticitu. Snižuje se také schopnost kůže udržet vlhkost, což se podílí na vzniku vrásek (Eremia 2010; Zimblet et al. 2001; Shaw, Kahn 2007; Sveikata et al. 2011).

Pokožka

Během stárnutí se zpomaluje obměna kožních buněk (keratocytů), přičemž postupně začíná převažovat jejich odumírání nad tvorbou nových. To má za následek ztenčování epidermis, což vede ke zviditelňování cév na povrchu kůže (Bonta et al. 2013; Rinnerthaler et al. 2015; Hurd et al. 2014). Epidermální tloušťka se snižuje

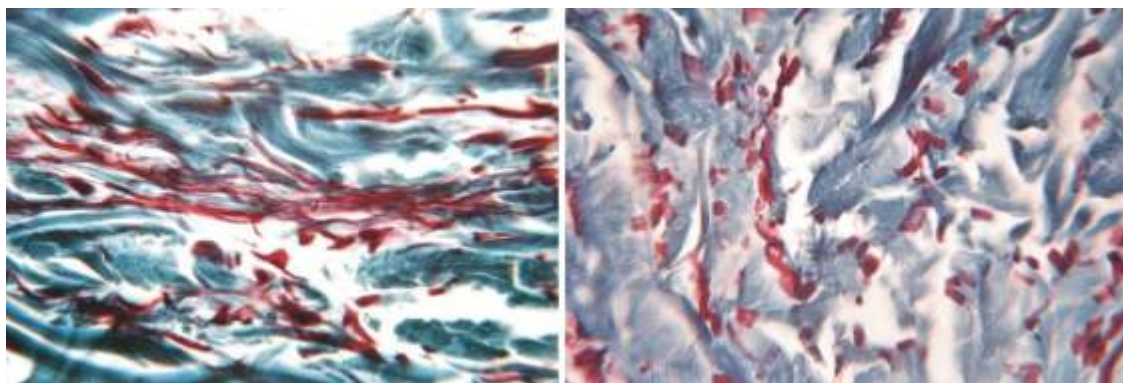
rychleji u mužů než u žen, avšak celkové snížení epidermis je u obou pohlaví stejné (Branchet et al. 1990).

Se stárnutím dochází k nerovnoměrnému rozložení melanocytů, které se zvětšují, a k nadměrné tvorbě melaninu. Kůže je proto ve stáří skvrnitá, což je více patrné na místech exponovaných slunci, kde se nachází ve starším věku zhruba dvakrát více melanocytů než na místech slunci intenzivně nevystavovaných. Toto sluncem indukované stárnutí (*photoaging*) závisí na stupni expozici slunečního záření a množství pigmentu. Celkově však dochází ke snížení počtu melanocytů i langerhansových buněk, přičemž snížení počtu langerhansových buněk vede ke snížení imunitní a zánětlivé reakce (Haddad et al. 1998; Fenske, Lober 1986; Hurd et al. 2014; Fisher et al. 2002; Gilchrest et al. 1979; Kaur et al. 2015).

Škára

Po padesátém roku života, především v prvních pěti letech, začínají na kolagenních vláknech papilární vrstvy viditelné změny. Proces stárnutí začíná od nejtenčích vláken, přičemž dochází k fragmentaci kolagenních vláken, až k jejich postupné lýze. Tím dochází ke snižování tloušťky povrchové dermis, až může téměř vymizet. Vlákna v retikulární vrstvě se zahušťují a zesilují, avšak i v této vrstvě dochází k fragmentaci a lýze vláken. Hluboká vrstva dermis tak dostává postupně vláknitější vzhled, což však není důsledkem husté distribuce kolagenních vláken v této vrstvě, ale jejich zesilováním. Tyto procesy mají mimo jiné za následek nižší napětí povrchové dermis než dermis hluboké a tím tvorbu vrásek (Bonta et al. 2013; Fenske, Lober 1986; Barros et al. 2002; Castelo-Branco et al. 1994).

V papilární vrstvě po padesátém roku života dochází ke snižování kvantity elastických vláken, zatímco v retikulární vrstvě dermis elastická vlákna houstnou a zkracují se (Bonta et al. 2013; Čech, Horký 2011; Montagna 1979). Tyto změny probíhají výrazněji v kůži vystavované slunci. V kůži obličeje se po padesátém roku života elastická vlákna jeví jako široký výrazně se barvící pás (El-Domyati 2002; Braverman, Fonferko 1982). Zatímco tloušťka kůže se začíná zmenšovat po páté dekádě života, pružnost kůže se ztrácí po celý život, avšak histologicky je tato ztráta výrazná též kolem padesátého roka života (Escoffier *et al.* 1989; El-Domyati 2002). Na obr. 3.2 jsou znázorněny elastická vlákna před a po nástupu jejich výraznější ztráty po padesátém roku života (Bonta et al. 2013).



Obrázek 3.2: Histologický řez škárou – ještě nefragmentární elastická vlákna v 50 roku života (vlevo) a jejich fragmentace v 70 roce života (vpravo); ob. 40x, barveno: Orcein–Goldner’s trichrome stai; upraveno podle Bonta et al. (2013).

Cévy v dermis se stávají křehčími, jelikož dochází k degradaci endotelových buněk cév, což vede k časté tvorbě modřin a krvácení pod kůži (senilní purpura), (Hurd *et al.* 2014; Kuter 2014; Montagna 1979; Bonta et al. 2013).

Podkožní vazivo

Vazivo v podkožní tukové tkáni atrofuje, stává se tenčím a vznikají hluboké kožní záhyby (Růžičková Jarešová 2013). Dochází k úbytku elastických vláken, což se podílí na ochabování kůže (Čihák et al. 2004).

V tukové tkáni dochází k úbytku tukových buněk, čímž se zmenšuje její objem (Donofrio 2000; Sveikata et al. 2011; Lambros 2007), takže dochází ke ztenčení izolační vrstvy a tím se zvyšuje riziko poranění kůže a klesá schopnost udržet tělesnou teplotu. S úbytkem této vrstvy je spjata i změna ve střebávání léků absorbovaných v tukové vrstvě (Růžičková Jarešová 2013; Hurd et al 2014). Změny v jednotlivých tukových lalůčkách od sebe oddělených septy způsobené stárnutím se vzájemně ovlivňují (Rohrich, Pessa 2008; Reece 2008).

Přídavné kožní ústroje

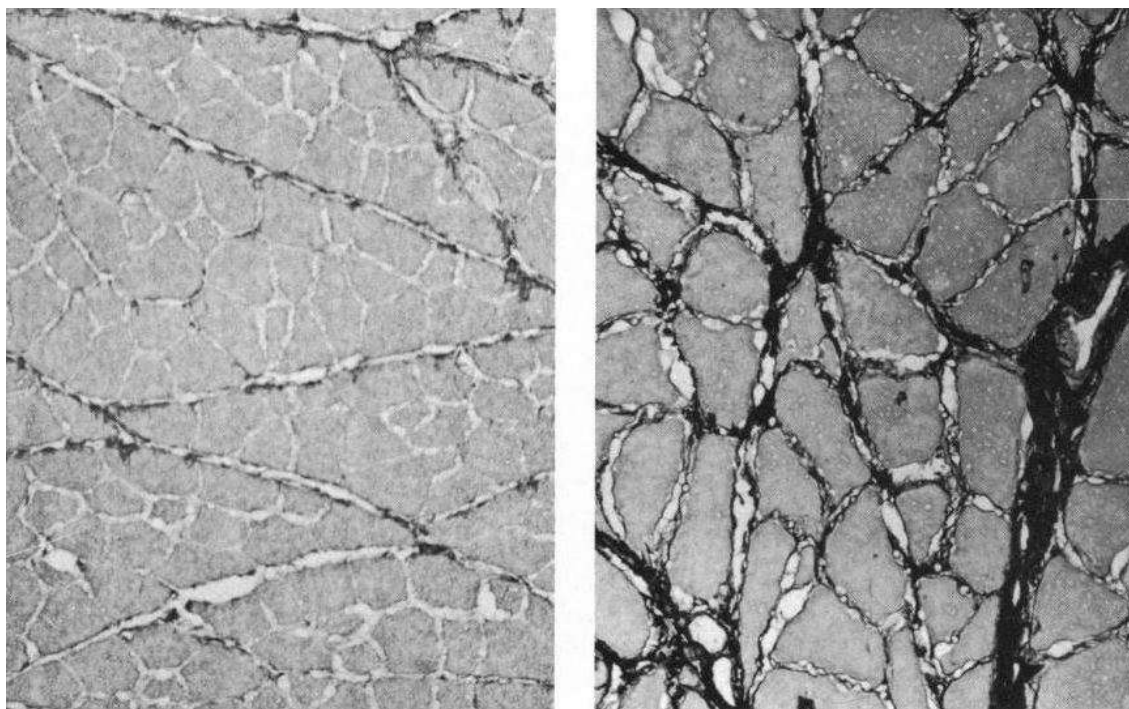
V obličejové části pokožky dochází k hypertrofii mazových žláz a ke změně složení mazu, avšak jejich sekrece, stejně jako sekrece potních žláz, se snižuje. Postupně dochází k atrofii mazových i potních žláz, kůže se tak stává sušší a snížená schopnost pocení (ochlazení hlavy) zvyšuje riziko přehřátí. Na obličejí se snižuje počet vlasových folikulů a chlupy (*pillus*) se na většině povrchu obličejí ztenčují. V oblasti uší, nosu, obočí, u mužů v oblasti horního rtu a u žen brady dochází během stárnutí ke

zvyšování průměru chlupů (Růžičková Jarešová 2013; Fenske, Lober 1986; Hurd et al. 2014).

3.1.2. Svalová kosterní tkáň

Změny související se stárnutím nastupují v kosterní svalové tkáni kolem třicátého roku a největší změny nastávají mezi čtyřicátým a padesátým rokem života, kdy ubývá svalové hmoty asi 1% za rok. Okolo padesátého roku lidé ztrácejí přibližně 30% své síly a postupně se snižuje i schopnost svalové regenerace. Během celého dospělého života ubude svalové kosterní hmoty o 50% a to nezávisle na aktivitě jedince (Agin, Perkins 2008; Faulkner et al 2008; Sousa-Victor et al. 2015). Avšak s věkem se ve svalech zvyšuje procento tukové a pojivové tkáně (Williams et al. 2002).

Od dvacátého pátého roku života se během následujícího života rovnoměrně snižuje počet svalových vláken (fibril) ve snopečkách (Mahood et al. 2008; Alnaqeeb, Goldspink 1987; Campbell et al. 1973). Vliv na snižování počtu svalových vláken má pokles produkce anabolických hormonů, jako je testosteron, růstový hormon, inzulinu podobný růstový faktor. Zhoršuje se tak schopnost kosterního svalu začlenit aminokyselinu a syntetizovat proteiny (Deschenes 2008). Dále pak vlivem snížení impulsní rychlosti motorických jednotek dochází k pomalému svalovému záškubu (Campbell et al. 1973). Ve svalových vláknech postupně narůstá počet jader, kdy tento nárůst je nejvýraznější po padesátém pátém roku života. Šířka svalových vláken se postupně zmenšuje, což ovlivňuje velikost prostoru mezi nimi (Mahood et al. 2008; Sato et al. 1984, s. 99; Alnaqeeb, Goldspink 1987). Od dvacátého pátého roku se zvětšuje prostor jak mezi jednotlivými svalovými vlákny, tak mezi snopečky, přičemž k největšímu nárůstu tohoto prostoru dochází po padesátém pátém roku života. (Mahood et al. 2008). S věkem narůstají vazivová pouzdra svalových vláken i snopeček a přibývá kolagenu, čímž narůstá tuhost svalů (obr. 3.3), (Alnaqeeb et al. 1984). Každým rokem života se snižuje svalový tonus, což je v dnešní době způsobeno mimo histologických změn i změnou životního stylu zahrnující především sedavou práci (Ridgeway 2014; Campbell et al. 1973). Podíl na poklesu svalového napětí má i snížená krevní mikrocirkulace ve svalové tkáni, spojené se stářím (Ambrose 2015). Mimické svaly obličej se zkracují, čímž dochází k trvalému vyššímu svalovému napětí. Důsledkem toho je vystoupení hlubokého tuku k povrchu, což se podílí na strukturálních změnách během stárnutí obličej (Louarn 2007).



Obrázek 3.3: Porovnávací histologický řez svalem mladé (vlevo) a starší (vpravo) myši – jnárůst vazivových pouzder kolem svalových snopců; převzato z Alnaqeeb et al. (1984).

3.1.3. Kostní tkáň

Změny v kostní tkáni probíhají jak na úrovni morfologické, tak histologické a fyziologické a její struktura, tvar a velikost se významně liší v závislosti na věku a pohlaví (Müller, Rügsegger 1997; Seeman 2003; Raisz 1999). Maximálního množství kostní hmoty je dosaženo mezi patnáctým až dvacátým rokem života, přičemž ženy mají o 20 % kostní tkáně méně než muži (Erenia 2010). Důležitým mechanismem udržení kosti v rovnováze je přestavba kosti (remodelace). Přestavbou kosti je zajištěna permanentní obměna kostní tkáně, což umožňuje přestavbu vnitřních struktur v reakci na potřebu tvarových změn kosti, a tím pevnost kosti. Změna tvaru kosti během života tedy souvisí se snahou organismu optimalizovat mechanickou funkci kosti a zároveň minimalizovat energetickou náročnost (Seeman 2003; Raisz 1999; Seeman 2009; Seeman, Delmans 2006). Především muži vykazují s postupujícím věkem kompenzační zvýšení periostální apozice, díky čemuž nedochází ke snížení tloušťky kortikální kosti jako u žen. Zátěži a histologickým změnám v kostní tkáni se kost přizpůsobuje též změnou svého tvaru, čímž je vyrovnávána ztráta její pevnosti, avšak tím se především u mužů zvyšuje její průřezová plocha. (Mosekilde 2000; Russo et al. 2006; Martin 1993; Crowder 2013).

Remodelací kosti je zároveň zajištěna kostní reparace. Během celého života se na kostech objevují mikrotrhliny, jejichž vznikem dochází k účinnému pohlcování

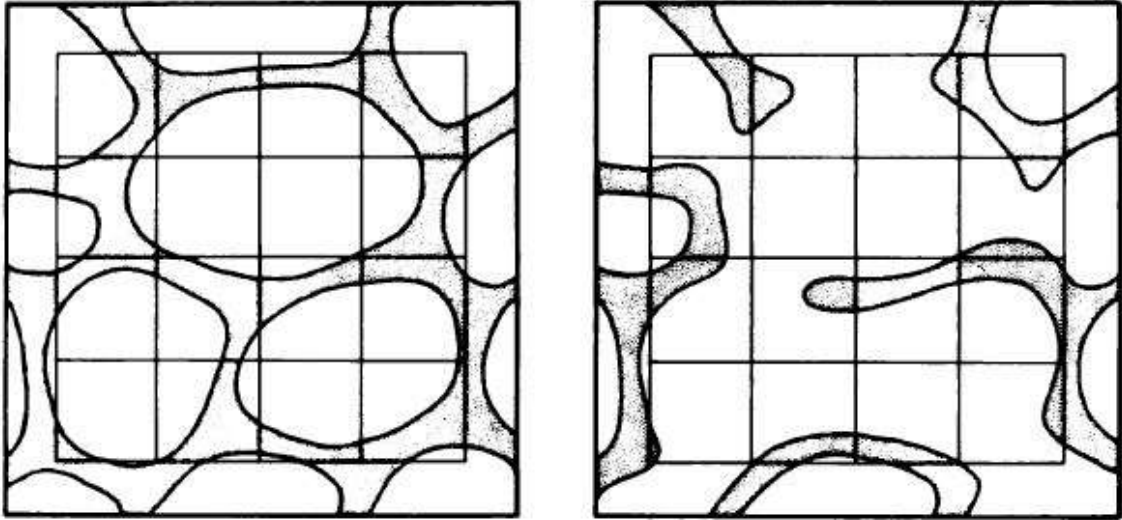
energie. Tyto mikrotrhliny jsou remodelací kosti opravovány. Ve stáří je však proces reparace pomalejší než tvorba mikrotrhlin a ty se s přibývajícím věkem začínají hromadit. Snižuje se tím odolnost proti lomu kostí (Schaffler et al. 1995; Noble 2003; Augat, Schorlemmer 2006; Martin 1993; Koester et al. 2011). S rostoucím věkem se tedy snižuje pevnost a pružnost kostí a u starších jedinců se tak zvyšuje riziko zlomení kosti až desetkrát oproti jedincům mladším (Zioupos, Currey 1998). Remodelace kosti se též podílí na udržení metabolismu kostní tkáně (Raisz 1999).

Stárnutí a s ním spojený úbytek steroidů má nepříznivý vliv na homeostázu probíhající v kostní tkáni. Na homeostázu mají vliv i změny stavu vápníku a fosforu, což má za následek zvýšenou tvorbu parathormonu, který zvyšuje hladinu vápníku v krvi a snižuje jeho podíl v kostech (Almeida et al. 2007; Kiebzak 1991; Havaladar et al. 2012). Dochází k úbytku osteoblastů a osteocytů, což vede ke snížené tvorbě nové kostní tkáně a snížení rychlosti remodelace (Almeida et al. 2007). Úbytek kostní tkáně je u žen lineární proces začínající od dvacátého roku života. Do šedesátého roku života se kostní objem sníží přibližně o 25% (Ruci 2014; Erenia 2010), avšak k výraznému úbytku dochází po menopauze (průměrný věk nástupu menopauzy je 51 let) přibližně do šedesátého pátého roku života. V tomto období se u žen často rozvíjí osteoporóza, což je progresivní onemocnění kostí, jehož projevy se objevují u žen kolem 65. roku života, zatímco u mužů kolem 75. roku. Tento věkový rozdíl nástupu onemocnění je důsledkem tenčích a řidších kostí žen. Navíc mužská kost je intenzivněji chráněna vyvinutější svalovinou (Rehman et al. 1994; Agin, Perkins 2008; Recker 2003; Ruci 2014). Pevnost kostí a podíl kostní hmoty je celkově u mužů větší než u žen (Mosekilde 2000; Martin 1993).

Houbovitá kostní tkáň

S věkem dochází k úbytku objemu trabekul, ze kterých je houbovitá kostní tkáň složena (obr 3.4). Mechanismus úbytku houbovité (*spongiozni*) tkáně je u mužů a žen rozdílný, což je zapříčiněno odlišnou remodelací kostních struktur mezi pohlavími. U žen je tato ztráta objemu způsobena úbytkem počtu trabekul, takže zbylé trabekuly jsou od sebe umístěny dále a může docházet ke kompenzačnímu zvýšení jejich tloušťky, zatímco u mužů počet trabekul zůstává a dochází k jejich ztenčování (Aaron et al. 1987; Seeman 2003, s. 25; Parfitt et al. 1983; Müller, Rügsegger 1997, s. 61). Snížení estrogenů u žen po menopauze má vliv na trabekulární strukturu alveolárních výběžků

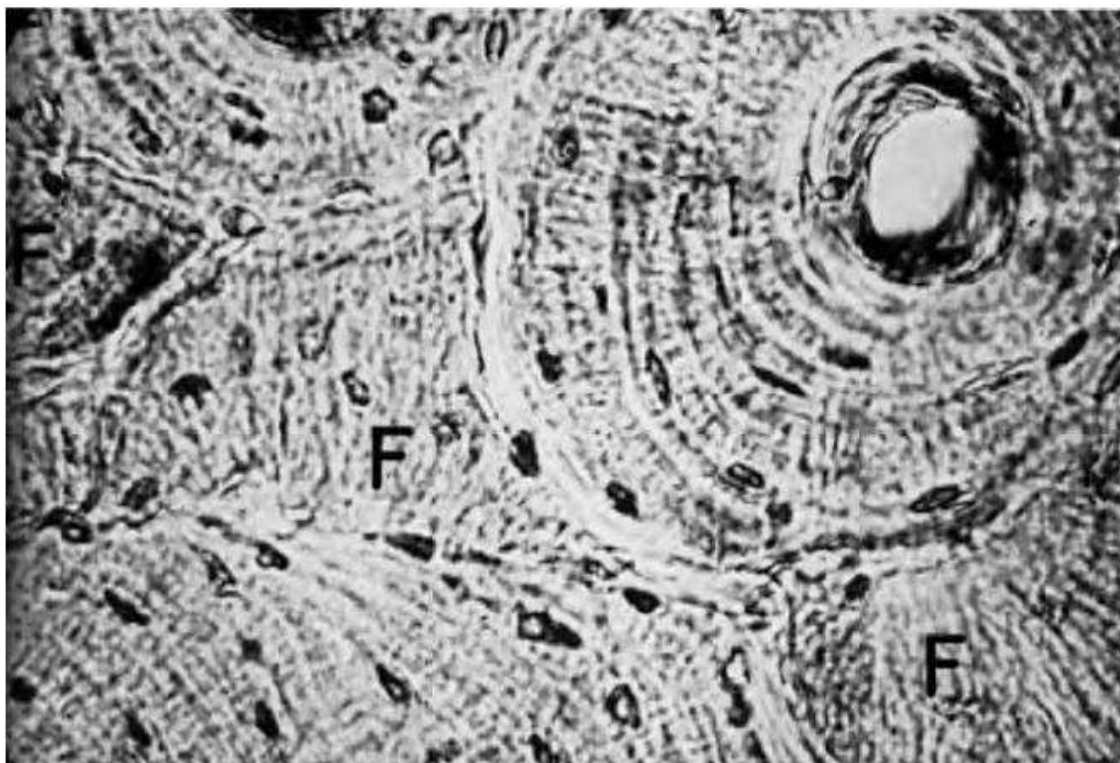
čelistí, což v konečném důsledku vede k dřívější ztrátě zubů (Binte et al. 2007). Pevnost spongiozní kostní tkáně v tlaku se během života postupně snižuje asi o 50%, přičemž nepoškozené trámce starších jedinců bývají více mineralizované než trámce u mladších jedinců (O'Neal et al. 2011; Martin 1993).



Obrázek 3.4: Houbovitá kostní tkáň mladého jedince (vlevo) a staršího jedince (vpravo); znázornění úbytku kostní hmoty s přibývajícím věkem; upraveno podle Parfitt et al. (1983).

Kompaktní kostní tkáň

V dospělosti kompaktní tkáň představuje téměř 80% hmoty kosti (Fritsch, Hellmich 2006). K intenzivnějšímu projevu stárnutí dochází v osteonech a vnitřních plášťových lamelách, zatímco vnější plášťové lamely podléhají kostní resorpci méně. Zvláště u mužů převažuje periostální apozice nad endokortikální resorpcí, díky čemuž je u mužů ztenčování kostí menší než u žen. Plášťových lamel, kterých je nejvíce v dětství, přibývajícím věkem ubývá. Postupně ubývá i počet osteonů a zvyšuje se procento zbytků starých osteonů. Ve vyšším věku je téměř každý kompletní osteon obklopen fragmenty osteonů starších (obr. 3.5), (Kerley 1965; Melsen F. et al. 1978). Pevnost kompakty v ohybu se snižuje přibližně o 15 – 20 % (Martin 1993).



Obrázek 3.5: Fragментy osteonů (F) v kompaktní kostní tkáni vlivem její remodelace; převzato z Kerley (1965).

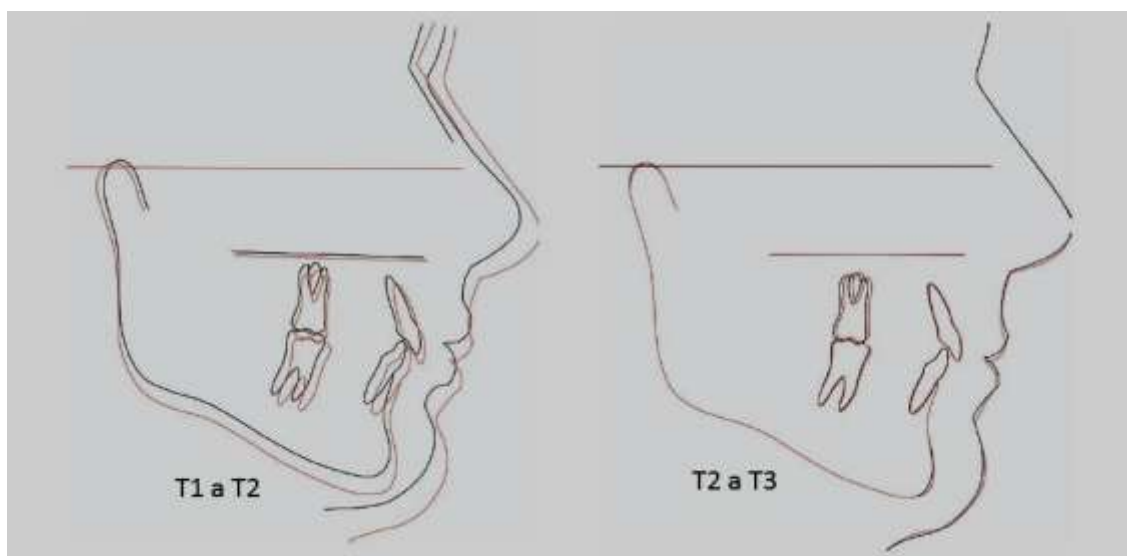
3.2. Morfologické změny obličeje během stárnutí

Obličej mladého jedince je tvořen kosterními strukturami, jejichž vzájemný vztah a poměr tvoří ideální podklad pro měkké tkáně. S přibývajícím věkem se měkké tkáně musí přizpůsobovat změnám jejich kosterního podkladu, což vede k projevům stárnutí (Zimbler et al. 2001; Williams, Slice 2010).

U obou pohlaví dochází v průběhu života nejprve ke zvyšování přední výšky obličeje (Formby et al. 1994; Bondevik 1996; Akgül, Toygar 2002). Ve stáří však dochází ke snížení této výšky, kdy největšímu snížení podléhá horní a dolní čelist po ztrátě zubů (Zimbler et al. 2001; Čihák, Grim 2001). Ztráta zubů, nastupující kolem padesátého roku života, má za následek resorpci a následnou hypoplasiu alveolárních výběžků, což vede ke snižování celkové výšky obličeje a vzniku prognatismu (Rohrich et al. 2005; Guiglia et al. 2010). S věkem dochází k o něco méně výraznému rozšiřování a zakulacování obličeje, což je způsobeno především remodelací a tím zvýšením šířky jařmové kosti (Erenia 2010; Zimbler et al. 2001; Mydlová et al. 2015; Nicolau 2010).

Změny podmíněné stárnutím jsou patrné i v profilu obličeje. Zatímco tvarové změny jsou zřejmé jak u mužů, tak u žen, velikostní změny se objevují především u mužů. (Ferrario et al. 2000). Celý profil se s přibývajícím věkem posouvá vpřed a dolů,

přičemž tyto změny probíhají u žen především ve druhé a třetí dekádě života a u mužů ve třetí a čtvrté. Profil ženského obličeje se posouvá s věkem dopředu a dolů pouze nepatrně. Celý mužský profil se však během stárnutí posouvá dolů a horní a střední třetina vpřed (obr. 3.6). Posun profilu vpřed a dolů probíhá do páté dekády života a následně se profil mění minimálně (Torlakovic, Færøvig 2011; Pecora et al. 2008). S přibývajícím věkem se snižuje konvexita obličeje (Mydlová 2015). Celý obličej během života také rotuje: zatímco čelní kost se pohybuje směrem dopředu a dolů, horní čelist se pohybuje dozadu a nahoru. Tyto změny jsou výraznější u žen (Richard et al. 2009).



Obrázek 3.6: profil mužského obličeje; červeně starší jedinci, černě mladší (T1 - jedinci věku kolem sedmácti, T2 - jedinci věku kolem 47, T3 - jedinci věku kolem 57); (upraveno podle Pecora *et al.* 2008).

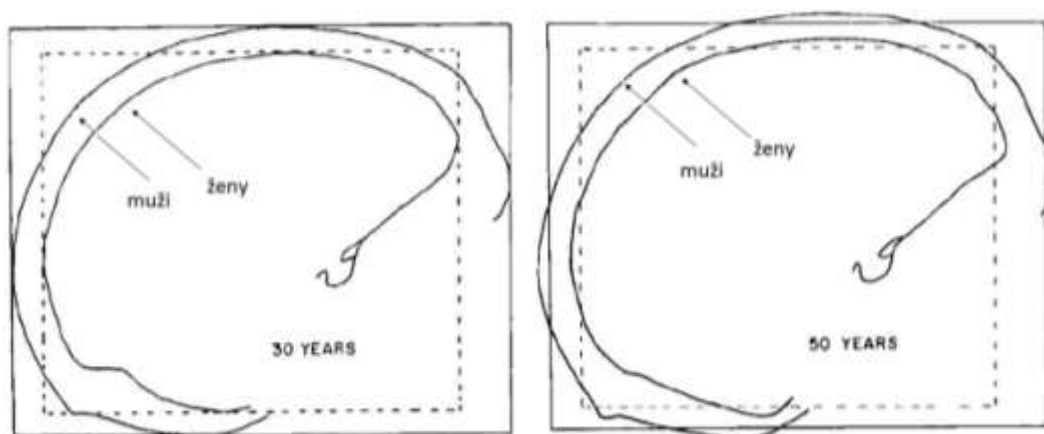
3.2.1. Kostní tkáň

Tvar, velikost a objem kostní tkáně se vlivem remodelace s rostoucím věkem mění (Kahn, Shaw 2008). Ztráta kostní tkáně ve specifických oblastech obličejového skeletu významně přispívá ke stárnutí obličeje a u jedinců se ztenčenou kostí obličejového skeletu tak dochází k předčasnému stárnutí (Mendelson, Wong 2012). V místech, kde je během života vyvíjen větší tah, dochází ke zhrubnutí kostí a kostních výběžků. Ke zhrubnutí dochází například v místech úponu žvýkacích svalů (Zimblet et al 2001).

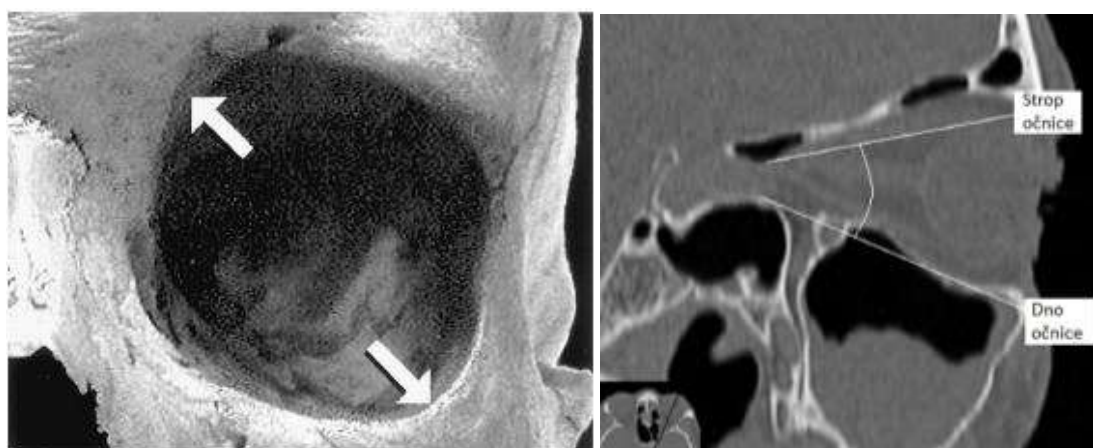
Horní třetina obličeje

Během života dochází ke zvětšení dutiny lební (obr. 3.7) a spolu s tím dochází k posunu čelní kosti v oblasti nadočnicových oblouků vpřed (Israel 1973). Zbytek čela

během stárnutí usupuje a spolu s tím dochází zároveň ke zploštění nadočnicových oblouků (Nicolau 2010). Kostní změny orbity s rostoucím věkem jsou výrazné. U obou pohlaví mediální strana horního okraje očnice s věkem ustupuje (obr. 3.8). Zatímco u žen dolní okraj orbity ustupuje bočně, u mužů dochází s věkem k jeho celkovému ústupu (Kahn, Shaw 2008; Mendelson, Wong 2012). Tyto změny probíhají u horního okraje očnice po celý život, zatímco u dolního okraje očnice během středního věku – tj. mezi čtyřicátým šestým a padesátým rokem života (Pessa, Chen 2002). Orbita má tak s přibývajícím věkem širší vzhled (Nicolau 2010; Mendelson, Wong 2012). Změna délky stropu a dna očnice v souvislosti s procesy stárnutí nebyla zjištěna, ovšem dochází s přibývajícím věkem ke snižování úhlu mezi dnem a stropem očnice (obr. 3.9), (Mendelson et al. 2007).



Obrázek 3.7: Znázornění posunu čelní kosti během stárnutí vpřed v souvislosti se zvětšením dutiny lební (upraveno podle Israel 1973).



Obrázek 3.8 (vlevo): Levá očnice; šipky směřují do míst, kde dochází s přibývajícím věkem k nejvýraznější resorpci kostní tkáně (převzato z Pessa, Chen 2002).

Obrázek 3.9 (vpravo): Znázornění úhlu mezi horním a dolním stropem na řezu pravou očnicí; během stárnutí se úhel zmenšuje (upraveno podle Mendelson et al. 2007).

Střední třetina obličeje

Během života dochází ke zvětšování šířky kosti jařmové a k nepatrnému zvětšení výšky této kosti, což vede k rozšiřování obličeje. Kromě toho dolní okraj kosti lící v místě úponu žvýkacích svalů výrazně hrubne (Zimbler et al. 2001; Eremia 2010). V oblasti pod dolním orbitálním okrajem dochází k resorpci těla kosti jařmové (obr), takže se kost jeví propadlá (Mendelson, Wong 2012).

Kostěný vchod nosní dutiny ustupuje laterálně, čímž se vchod rozšiřuje (Shaw, Kahn 2007). Zadní posunutí apertura pyriformis způsobuje pokles špičky nosu (obr). U starších lidí pak dochází ke zdání prominujícího nosního hřbetu vůči špičce nosu (Rohrich et al. 2005). Spina nasalis anterior se zmenšuje, až se na rentgenu pořízeném ve vyšším věku jedince jeví nezřetelný a splývá se stíny ostatních struktur (Gonzalez-Ulloa 1987). V oblasti bodů nasion a subspinále dochází k dopřednému pohybu kosti vůči bázi lebni, což má za následek dopředný pohyb měkkého profilu nosu (Albert 2007).

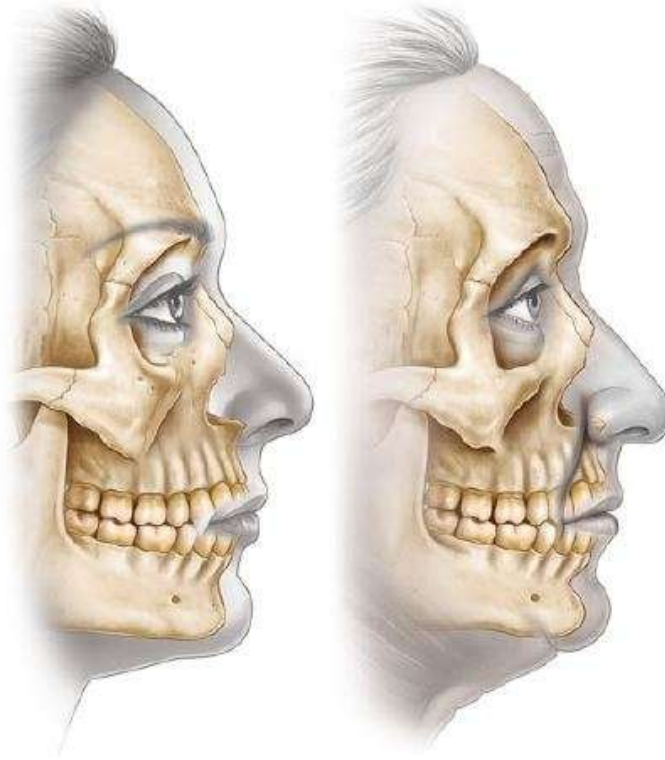
Tvářová plocha horní čelisti (*facies anterior maxillae*) a přední oblast alveolárních výběžků se vůči orbitě posouvá vzad. Zároveň se zadní plocha těla horní čelisti (*facies infratemporalis maxillae*) posouvá laterálním směrem (Mendelson et al. 2007; Williams, Slice 2010). Obdobně jako u kosti lící dochází k výraznému zhrubnutí kosti v místech úponu žvýkacích svalů (Zimbler et al. 2001). Po ztrátě zubu se výrazně sníží a zúží alveolární výběžek, takže se tvrdé patro horní čelisti dostává do stejné roviny, jako je dolní okraj jejího těla (Petrovický, Doskočil 2001).

Vliv na vzhled obličeje má ortodontická léčba a stav ústní dutiny (Sveikata 2011). Například odstranění třetích molárů způsobí užší vzhled obličeje. Otevřený skus může být kompenzován svalovou prací v oblasti brady, což může vést k předčasnému zvýraznění mentolabiální rýhy a tvorbě vrásek v této oblasti (Bishara 1998).

Dolní třetina obličeje

Postupem stárnutí oblast brady (*protuberancia mentalis*) vystupuje dopředu a způsobuje tak vzhled „brady čarodějnic“ (obr. 3.10). V oblasti pod *foramene mento* dochází k resorpci kostní tkáně, což se na měkké tkáni projevuje jako postupně objevující se žlábek vedoucí přes okraj dolní čelisti (Ilankovan 2014; Mendelson, Wong 2012). Dolní čelist žen během stárnutí vykazuje zadní rotaci, zatímco u mužů čelist rotuje dopředu, takže hlavně u mužů ve stáří brada vystupuje vpřed (Pecora et al. 2008).

Ztrátou zubů a následným odbouráním alveolárních výběžků až do úrovně svalových úponů se tělo dolní čelisti snižuje a zároveň se zvětšuje úhel mezi tělem a ramenem dolní čelisti. Odbourání kosti může dosahovat hlouběji, takže na horní ploše těla dolní čelisti se může otevřít kanálek, který jinak vede tělem čelisti (Čihák, Grim 2001; Petrovický, Doskočil 2001; Horáčková 2007).

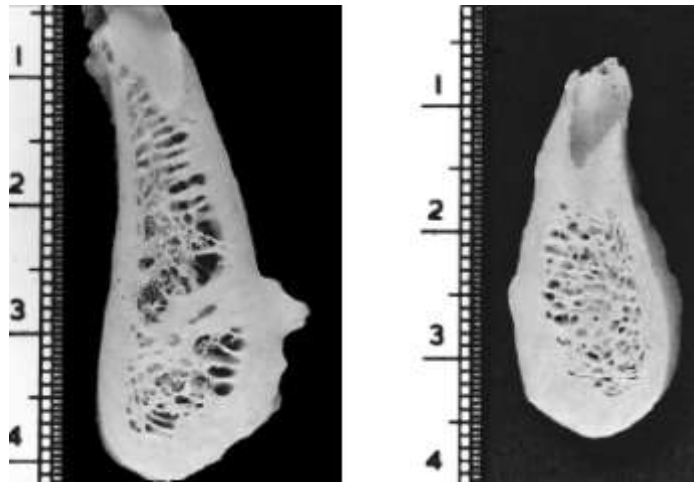


Obrázek 3.10: Znázornění vlivu kosterních změn obličejového skeletu na měkké tkáně obličeje (resorbce očnice, ustupující kostěný vstup nosní a zmenšující se přední trn nosní – pokles špičky nosu, resorbce přední plochy kosti lícní, prominence brady, resorbce kostní tkáně v oblasti pod *foramene mento* – hluboká rýhy v téže oblasti měkké tkáně), (převzato z Mendelson, Wong 2012).

Alveolární výběžky a ztráta zubů

Než dojde ke ztrátě zubů, změní se struktura alveolárních výběžků. Ty jsou zprvu představovány jak kompaktní, tak houbovitou kostní tkání (obr. 3.11). Houbovitá kostní tkáň je postupně nahrazována kostí kompaktní, takže ve stáří jsou alveolární výběžky tvořeny pouze tou (Kingsmill, Boyde 1998). Patologické stavy zubů (zubní kazy, infekce, strukturální vady, zánět dásně, praskliny, zlo zvyky) vedou ve stáří ke kostní resorbci alveolárních výběžků (*processus alveolaris*), která v konečném důsledku vede ke ztrátě zubů (Bodic et al. 2005; Misch 2011; Stay 2014), jež může začínat kolem padesátého roku života (Albert et al. 2007). Kostní resorbce zprvu probíhá především kolem kořenových hrotů, vlivem jejich resorbce. Zuby postupně vystupují z alveolárních výběžků, aby i přes jejich abrazi byl umožněn kontakt s antagonistickým

zubem (Petrovický, Doskočil 2001). Ztráta zubů vede následně úplné redukci alveolárních výběžků a tím snížení výšky horní a dolní čelisti (obr. 3.12), (Čihák, Grim 2001).



Obrázek 3.11: Přeměna houbovitě kostní tkáně v oblasti alveolárních výběžků na kost kompaktní (převzato z Kingsmill, Boyde 1998).



Obrázek 3.12: Přeměna houbovitě kostní tkáně v oblasti alveolárních výběžků na kost kompaktní (převzato z Kingsmill, Boyde 1998).

3.2.2. Měkké tkáně

Stárnutí měkkých tkání obvykle začíná kolem dvacátého roku života, kdy především kůže obličeje začne podléhat gravitaci a s postupem času začíná být povislá (Gonzalez-Ulloa 1987; Hurd et al. 2014). Ztráta schopnosti kůže udržet vlhkost se podílí na vzniku vrásek (Zimblér et al. 2001, s. 180; Shaw, Kahn 2007). Úbytek tukových buněk se podílí na vzniku povislé kůže, což spolu se snížením kontrakce svalů podporuje též tvorbu vrásek (Sveikata et al. 2011; Pecora et al 2008).

Vliv na změny měkkých tkání během stárnutí má i remodelace kosterního podkladu. Například zvětšováním velikosti orbity a snižováním velikosti horní čelisti se zmenšuje prostor pro překrývající měkké tkáně, což vede k posunu lícního tukového polštáře (Zimbler et al. 2001). Změny měkkých tkání jsou podmíněny i pohlavím. U žen stárnutí měkkých tkání probíhá především ve druhé a třetí dekádě života, zatímco u mužů až ve třetí a čtvrté dekádě. Ženy si však déle zachovávají dětské rysy obličeje než muži (Torlakovic, Færøvig 2011, s.53; Ferrario, Growth 2003, s. 431).

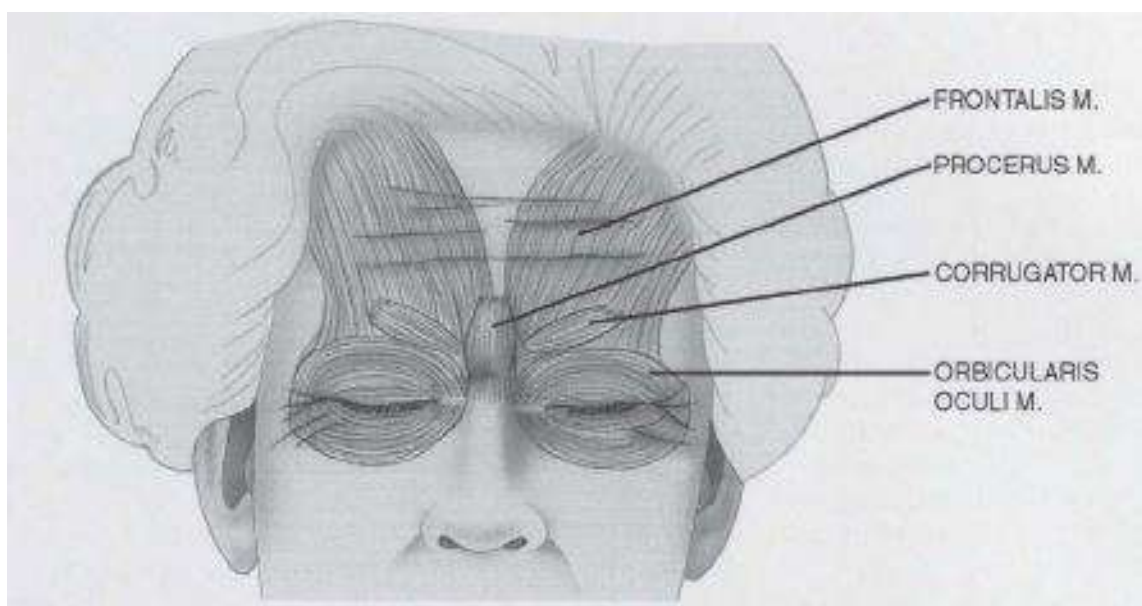
Vrásky

Umístění a tvar vrásek je dán genetickými faktory, avšak jejich manifestace je ovlivněna environmentálními vlivy (Zimbler et al. 2001; Sharquie et al 2015).

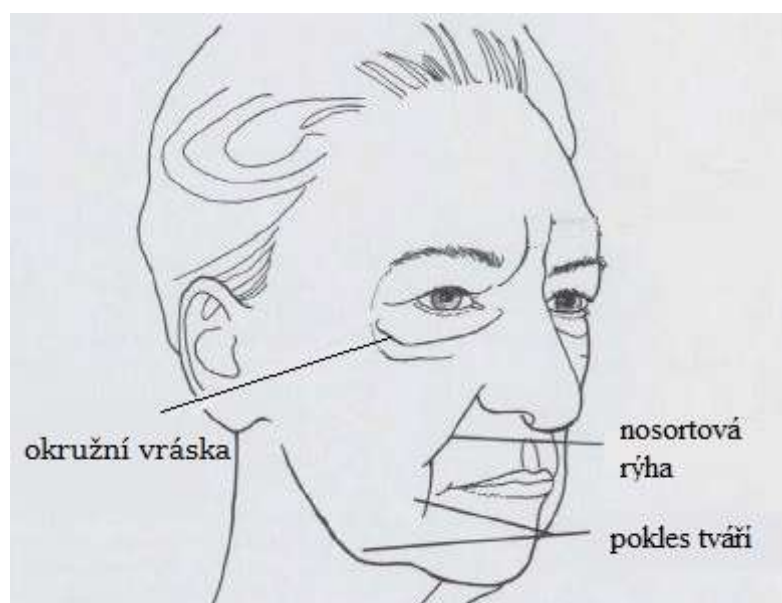
Vrásky je možné klasifikovat dle jejich vzniku – mimické, které vznikají v místech pohybu svalových skupin, vrásky statické, jako přirozený důsledek stárnutí, vrásky ztrátové vznikající vlivem úbytku tukové tkáně a kolagenu, a vrásky habituální, vznikající vlivem působení negativních faktorů (Růžičková Jarešová 2012; Fenske, Lober 1986).

Na vzniku vrásek se podílí i činnost mimických svalů a jejich síla podmiňuje jejich hloubku. Například v horní části obličeje kontrakce *musculus frontalis* při zvedání obočí vede k tvorbě vodorovných vrásek čela (obr. 3.13). Činností *musculus orbicularis oculi* se vytváří okružní vrásky kolem oka začínající ve vnitřním koutku očním. Vodorovnou vrásku v oblasti kořene nosu způsobuje činnost *musculus procerus*. Mračením vzniká svislá vráska v oblasti glabelly a podmiňuje ji *musculus corrugator* (Zimbler et al. 2001; Horáčková 2007; Kaur et al. 2015; Ilankovan 2014; Patel 2013).

Po dvacátém roku života se objevují jemné horizontální vrásky na čele, vějířovité vrásky kolem vnějšího očního koutku a svislé vrásky mezi obočím. K třicátému roku života se vrásky prohlubují a začínají být zřejmé nosortové (*nasolabialní*) rýhy (obr. 3.14). Vlivem resorpce kostní tkáně pod bradovým otvorem vzniká bradová rýha. Ve čtyřiceti se vlivem poklesu ústních koutků tvoří kruhové vrásky kolem úst (Albert et al. 2007; Wulc et al. 2012; Ilankovan 2014). K tvorbě těchto vrásek přispívají i prostorové změny v oblasti horní rtu v důsledku kostní přestavby kostěného vstupu do nosní dutiny a horní čelisti (Zimbler et al. 2001). V sedmdesáti jsou vrásky a rýhy velmi hluboké, kůže výrazně ochablá a propadlá (Albert et al. 2007).



Obrázek 3.13: Svaly horní třetiny obličeje a jejich vliv na tvorbu vrásek; m. frontalis - horizontální vrásky čela, m. procerus - horizontální vráska u kořene nosu, m. corrugator - svislé vrásky kořene nosu, m. orbicularis oculi - vějířovité vrásky u vnějších očních koutků; převzato z Zimbler et al. (2001).



Obrázek 3.14: Znázornění nejvýraznějších kožních rýh vznikajících během stárnutí v obličeji; upraveno podle Zimbler et al. (2001).

Horní třetina

Čelo se s věkem zakulacuje a u starších jedinců se tak nachází více vzadu oproti čelu jedinců mladších (Mydlová 2013). Snižuje se také množství podkožního tuku čela, čímž dochází ke ztenčení kůže (Nicolau 2010). V průběhu stárnutí však dochází k rovnoměrnému růstu profilu obličeje v oblasti nadočnicových oblouků vpřed a tento růst je výraznější u mužů (Torlakovic, Færøvig 2011). V mladším věku se obočí nachází

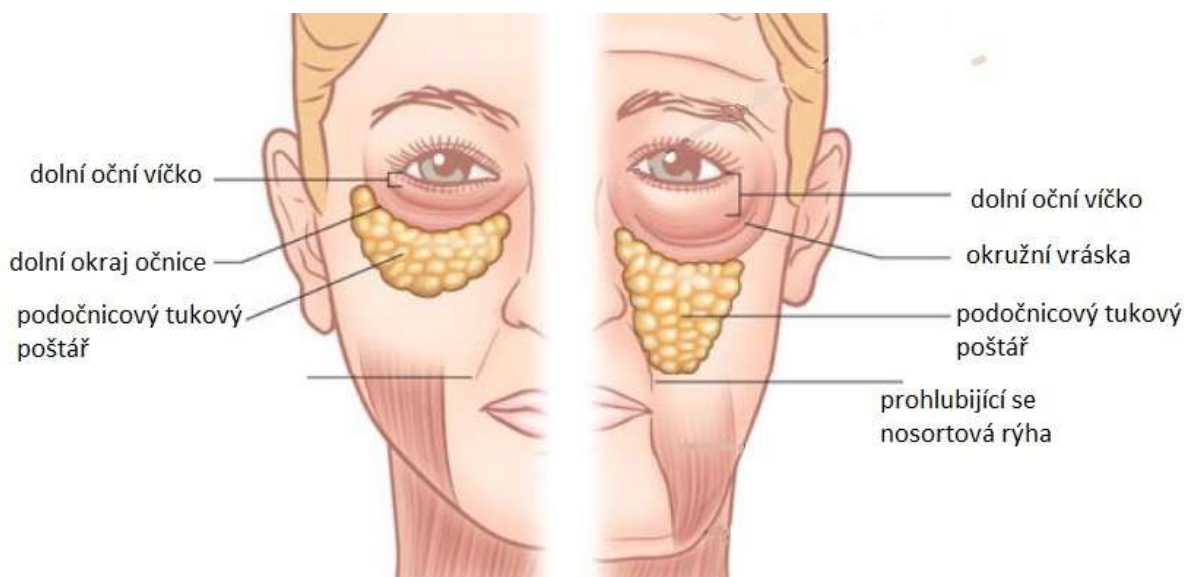
vysoko nad nadočnicovým obloukem. S přibývajícím věkem se vlivem gravitace, ztrátou elasticity, snížení podkožní tkáně, kostní resorpcí a ztrátou plnosti horního víčka obočí postupně posouvá až pod nadočnicový oblouk (Gonzalez-Ulloa 1987; Zimbler et al. 2001; Coleman, Growth 2006; Kaur et al. 2015; Albert et al. 2007). Pokles je zpočátku patrný především v laterální třetině obočí, jelikož v této oblasti nemá tvrdou kosterní podporu v podobě nadočnicového oblouku (Lemke, Stasior 1982). Pokles obočí vede k přebytku kůže v oblasti víčka a zúžení oční štěrbin (Zimbler et al. 2001). Avšak vlivem ztráty tuku a ztenčení okolních tkání, se obočí jeví více prominentní (Kaur et al. 2015). Po čtyřicátém roku života se vzdálenost mezi vnitřním a vnějším očním koutkem zmenšuje, zatímco orbitální výška (vzdálenost mezi dolní hranicí dolního víčka a středem obočí v linii čočky) se zvyšuje (Sforza et al. 2009). V bělimě oční koule se ve stáří ukládají zrnka tuku, oči jsou proto zažloutlé (Blažek, Trnka 2009). Stárnutí horní třetiny obličeje má za následek unavený vzhled jedince (Zimbler et al. 2001).

Střední třetina

Stárnutí střední třetiny obličeje začíná kolem čtyřicátého roku života. Kůže ztrácí lesk, je pigmentovaná, hrubá a vrásčitá (Wulc *et al.* 2012).

Existují dvě teorie stárnutí střední části obličeje, avšak vzájemně se nevylučují. Starší předpokládá, že hlavní příčinou stárnutí této oblasti je gravitace, avšak druhá teorie jako hlavní příčinu stárnutí přikládá ztrátě objemu. Gravitace působí především na vazivový systém obličeje, zatímco ztráta objemu je především v tukové tkáni, kdy vliv na projev stárnutí má rozdělení tuku septy na kompartmenty (Donofrio 2000; Lambros 2007; Rohrich *et al.* 2008).

Významný podíl na projevy stárnutí mají změny podočnicového a nosolabiálního tukového polštáře a polštáře mediální části tváře (Rohrich, Pessa 2008; Reece 2008). Dochází ke ztrátě podkožního tuku v pod oční oblasti, tím se zvyšuje napětí musculus orbicularis oculi, což vede k tvorbě vějířkovitých vrásek kolem očí (Coleman, Growth 2006; Kaur *et al.* 2015). Tukový polštář v podočnicové oblasti postupně sestupuje pod dolní okraj očníce (obr. 3.15), což způsobuje vznik váčků pod očima a prohlubování nosortové rýhy. (Wulc *et al.* 2012). Tento sestup podočnicového tukového polštáře souvisí mimo jiné se zvětšováním orbity a současným snižováním horní čelisti, čímž se vytváří méně prostoru pro měkké tkáně (Zimblet *et al.* 2001; Pessa *et al.* 1999). Na očních víčkách vlivem ztráty elasticity vznikají záhyby (Kaur *et al.* 2015). Tyto záhyby, stejně jako případné jizvy, na rozdíl od tukových polštářů nesešupují a zůstávají po celý život na svém místě (Lambros 2007).



Obrázek 3.15: Sestup podočnicového tukového polštáře pod dolní okraj očníce (vlevo mladší jedinec, vpravo starší jedinec), (upraveno podle Wulc *et al.* 2012).

Jelikož se s věkem snižuje množství ukládaného podkožního tuku, jsou časem jasně viditelné vystupující lící kosti. Tváře tak ztrácejí svou plnost a jeví se propadlé (Wulc et al. 2012; Kaur et al. 2015; Albert et al. 2007). Avšak laterálně dochází k rozšiřování obličeje (Mydlová 2013). Čelistní tuková přepážka ochabuje a posouvá se směrem dolů přes okraj dolní čelisti, což se podílí na sestupu tukových polštářů tváří. Sestup těchto tukových polštářů má významný podíl na vzhledu stárnoucího obličeje (Reece 2008; Gamboa et al. 2004).

V mladším věku je hřbet nosu většinou konkávní s mírně vztyčenou špičkou. S postupujícím věkem se hřbet rovná a špička nosu sestupuje mírně dolů jako prodloužení nosního hřbetu. Hřbet nosu se dále vyklenuje, až nabývá konvexního tvaru a špička nosu směřuje dolů (Rohrich et al. 2005, s. 1938; Mydlová 2013; Kaur et al. 2015; Sforza et al. 2010a; Pecora et al. 2008; West, Namara 1999). U starších lidí bývá vysoký, prominující nosní kořen, který je v mládí spíše nižší (Blažek, Trnka 2009). S postupujícím věkem se také zvyšuje celková délka i výška nosu (Sarnäs, Solow 1980; Formby et al. 1994; Albert et al. 2007). Zvýšení nosu je v porovnání s jinými strukturami na obličejí nejvýraznější, což má pravděpodobně vliv na zvyšování konvexity obličeje (Bishara 1998). Mezi 15–25 a 35–55 rokem dochází k poklesu nosních křídel a vlivem rozvolnění chrupavek a snížení svalového napětí kolem nosu se ve stáří stává nos baňatým a širším (Gonzalez-Ulloa 1987; Kaur et al. 2015; Mydlová 2013).

Dolní třetina

Brada i rty se s věkem posouvají směrem dolů a dopředu (West, McNamara 1999; Torlakovic, Færøvig 2011). Posunem rtů směrem dolů a prodloužením horního rtu se červená hranice horního rtu dostává po linii řezáků (Gonzalez-Ulloa 1987; Kaur et al. 2015; Formby et al. 1994). Přední část horní čelisti, tedy i rty, je ve stáří posunuta oproti čelisti v mladším věku vzad (Mydlová 2013). Tento posun rtů může být způsoben jejich ztenčením a ztrátou plnosti a zdánlivě i posunem brady a nosu vpřed (West, McNamara 1999; Kaur et al. 2015). Celková výška a objem červeně rtů je u mužů po celý život větší než u žen (Sforza et al. 2010b), avšak během stárnutí u žen i mužů dochází k zúžení červeně horního rtu a k jeho prodloužení ve směru ústních koutků (Pecora et al. 2008). V rovině bodu *subspinale* - nejhlubší bod ležící v konkavitě pod nosním trnem horní čelisti – dochází u mužů ke zvyšování tloušťky měkké tkáně

horního rtu, zatímco u žen tato tloušťka klesá. Tloušťka tkáně na rozhraní červené hranice horního rtu v mediální rovině (bod *labrale superior*) se u mužů i žen snižuje, avšak u žen je po celý život tloušťka větší než u mužů (Formby et al. 1994; Bondevik 1996; Akgül, Toygar 2002; Sforza et al. 2010b). Svaly kolem úst ochabují a s přibývajícím věkem se snižuje schopnost vytvořit úsměv, který se stává širším a tenčím (Sharma et al. 2014).

V mladším věku se brada nachází nad linií dolní čelisti, během stárnutí se však posouvá směrem dolů pod tuto linii (Gonzalez-Ulloa 1987), avšak vysouvá se směrem dopředu (West, McNamara 1999; Kaur et al. 2015). Pokles brady, podmíněný ztrátou elasticity kůže a snížením svalového napětí, způsobuje vznik dvojité brady (Kaur et al. 2015; Albert et al. 2007). Vlivem gravitace a ztráty elasticity tkáně může kůže brady dolní části tváře poklesnout pod dolní okraj dolní čelisti. Vytváří se tak lalok s nahromaděným tukem překrývající zadní část těla čelistní kosti (Coleman, Grover 2006; Kaur et al. 2015). U mužů dále dochází ke zvyšování tloušťky měkké tkáně profilu dolní čelisti (Bondevik 1996; Nanda et al. 1990; Mydlová 2013).

Vlivem gravitace a snížení svalového napětí *musculus platysmus* je kůže krku povislá. Na krku se s přibývajícím věkem ukládá tuková tkáň, až je patrná v podobě tukového polštáře spolu s povislou kůží. Krk tak ztrácí původně rovný profil a stává se konvexním. Zvětšuje se též obvod krku vlivem hypertrofie průdušnicové a hrtanové chrupavky. V důsledku ztenčování meziobratlových plotének se zmenšuje meziobratlový prostor mezi krčními obratli, což má za následek zkracování krku (Gonzalez-Ulloa 1987; Kaur et al. 2015; Ilankovan 2014).

4. Pohlavní dvojtvárnost obličeje

Pohlavní dvojtvárnost (dimorfismus) představuje rozdíly v anatomii, morfologii, fyziologii, histologii a v chování mezi dvěma pohlavími stejného druhu, přičemž nejvýraznější dimorfní morfologický znak bývá odlišná velikost těla a tedy i obličeje. Pohlavní dimorfismus je přítomný u všech lidí a je zřetelně zřejmý při pohledu do tváře, přestože v dnešní době dochází k jeho snižování, zodpovídá za podstatnou část variability lidského obličeje. Ten se však v závislosti na věku mění a věkem se v obličeji snižuje, zejména v horní části obličeje (Samal 2007; Ferrario et al. 1995; Enlow, Hans 1996; Velemínská et al. 2012; Hennessy et al. 2005; Drgáčová et al. 2016; Saini 2013). Tvarové pohlavní znaky obličeje jsou zřetelné hlavně u žen, zatímco

u mužů je pohlavní dimorfismus asociován spíše s velikostí, se kterou koreluje větší množství kostní hmoty mužů nebo větší objem měkkých tkání (Velemínská et al. 2012; Callewaert et al. 2010; Simpson, Henneberg 2002).

4.1. Morfologické pohlavní rozdíly obličeje

Ženský obličej je proporčně kratší a širší, gracilnější a déle si uchovává dětské rysy. Tvar ženského obličeje je spíše čtvercový, zatímco mužského obdélníkový. Muži mají tvarově užší obličej s robustní dolní částí, oproti ženám s gracilní dolní částí (Samal et al. 2007; Hennessy et al. 2002; Ferrario et al. 1993; Šmahelová 2010). Profil mužského obličeje je oproti ženskému více vpředu. Profil rtů a brady mužů je posunut vůči ženskému níže, což koreluje s delším a níže dosahujícím nosem mužů. (Torlakovic, Færøvig 2011; Mydlová et al. 2015). Tloušťka měkkých tkání obličeje je kromě tváří větší u mužů než u žen (Simpson, Henneberg 2002; Drgáčová et al. 2016; Dong et al. 2012; Tedeschi-Oliveira et al. 2009; Šmahelová 2010).

Ženské čelo je svislé s výraznými čelními hrboly, zatímco čelo mužů ubíhá šikmo dozadu. Nadočnicové oblouky mužů výrazně vystupují vpřed, zatímco u žen můžou i chybět. Avšak svislá výška nadočnicových oblouků je větší u žen. Široké a vysoké čelo typické pro ženy se vyskytuje v kombinaci s úzkou a gracilní dolní částí obličeje. Dno i vrchní část orbity je delší u mužů než u žen. Vůči více vystupujícímu nosnímu hřbetu a nadočnicovým obloukům se oči mužů jeví uloženy hlouběji vůči rovině obličeje než u žen, jejichž profil nosu je nízký (Mendelson et al. 2007; Blažek, Trnka 2009; Petrovický, Doskočil 2001; Patel 2013; Mydlová et al. 2015; Velemínská et al. 2012). Oční a nosní rozměry měkkých tkání jsou větší u mužů – např. vzdálenost očních koutků nebo vzdálenost krajních bodů nosních křídel (Sforza et al. 2009; Sforza et al. 2010b). Ženy mají však větší výšku oční štěrbin (Tanikawa et al. 2016)

Apertura piriformis, nosní dírky, výška špičky nosu, nos jako celek stejně jako vnitřní dutiny související s dýchacími procesy, jsou větší u mužů, což odpovídá potřebě většího přísunu kyslíku do těla mužů vzhledem k jejich větším energetickým výdejům. V souvislosti s větší velikostí dýchacích cest mají muži sklon k většímu a širšímu nosu, který bývá u mužů rovný (Enlow a Hans 1996; Rosas, Bastir 2002; Blažek, Trnka 2009; Mydlová et al. 2015; Velemínská et al. 2012; Pivoňková et al. 2011; Tanikawa et al. 2016).

Muži mají více vystupující lícní kosti a delší, propadlé tváře. Měkké tkáně tváří v podočnicové oblasti jsou však více prominentní u žen. Dolní část tváří je u žen kratší vzhledem k celkové přední výšce obličeje (Tanikawa et al. 2016).

Čelisti ženy jsou více prognatické, celkově jsou však větší čelisti mužů, stejně jako jejich zuby. Svaloviny související s ústy je mohutnější u mužů. Horní ret mají ženy kratší. Muži mají bradu je více prominentní, avšak vlivem posunutí ženské čelistní symphyzy nahoru a dopředu se ženská brada jeví kulatější oproti široké bradě mužů. tvarované výrazným reliéfem a od dolní rtu odděla hlubší bradovou rýhou (Petrovický, Doskočil 2001; Tanikawa et al. 2016; Šmahelová 2010; Thomas et al. 2012).

4.2. Pohlavní rozdíly stárnutí obličeje

Stárnutí obličeje probíhá odlišně u mužů a žen a to jak na úrovni histologické, tak morfologické (Samal et al. 2004). Během stárnutí dochází ke snižování pohlavního dimorfismu vlivem morfologických změn, které mohou být odlišné u mužů a u žen (Drgáčová et al. 2016; Galdames, Zavando 2012).

Tloušťka pokožky se snižuje rychleji u mužů než u žen (Branchet 1990). Změny na úrovni kostní tkáně vedou u žen k rychlejšímu křehnutí kostí. Mužská kost je například zpevňována periostální apozicí, takže nedochází ke snížení kortikální tloušťky (Mosekilde 2000; Russo et al. 2006; Martin 1993; Crowder 2013). Stárnutí trabekul houbovité kostní tkáně se též liší, jelikož trabekuly žen ubývají, zatímco mužů se ztenčují (Aaron et al. 1987; Seeman 2003; Parfitt et al. 1983; Müller, Rügsegger 1997).

Zatímco tvarovým změnám dochází u obou pohlaví, změny velikostní jsou přítomny ve větší míře u mužů (Ferrario 2000). Tato výraznější změna velikosti u mužů je patrná z profilu obličeje, který se u žen posouvá nepatrně dopředu, avšak u mužů dochází k výraznému posunu v horní a střední třetině obličeje dolů a dopředu. Změny profilu nastávající u žen probíhají především v druhé a třetí dekádě života, zatímco u mužů ve třetí a čtvrté (Torlakovic, Færøvig 2011).

U žen je výraznější během stárnutí posunu čela dopředu a dolů a horní čelisti dozadu a nahoru, což způsobuje výraznější rotaci obličeje (Richard et al. 2009). Podle výsledků Mydlové (2013) však čelo žen s věkem ustupuje a k robusticitě supraorbitální oblasti s věkem nedochází. U mužů dochází s věkem k resorpci dolního okraje očníce, zatímco u žen této resorpci podléhá pouze její nejlaterálnější oblast (Mendelson, Wong 2012). Ve druhé dekádě života dochází u mužů ke zvyšování nosu v oblasti jeho špičky, k čemuž u žen nedochází. U mužů dochází k výraznější redukci střední části obličeje

v oblasti horní čelisti a u mužů je též zřejmý posun rtů pod linii řezáků (Mydlová 2013). Také zvýšení tloušťky měkkých tkání dolní třetiny obličeje je výraznější u mužů (Nanda et al. 1990).

5. Hypotézy

- I. Průběh stárnutí obličeje žen a mužů bude vzhledem k rozdílům v jejich fyziognomii odlišný, avšak trend bude stejný.
- II. Ke snižování pohlavního dimorfismu obličeje přispívají senescenční změny jak mužů, tak žen.
- III. Rozdělení sledovaného vzorku dospělé populace do desetiletých věkových intervalů umožní podrobné hodnocení postupné manifestace senescenčních změn

6. Cíle práce

- Vytvořit průměrné virtuální modely obličeje žen a mužů české populace v šesti věkových kategoriích (20 – 30, 31 – 40, 41 – 50, 51 – 60, 61 – 70 a 71+ let).
- Sledovat variabilitu obličeje dospělé české populace s ohledem na pohlaví a věk jedince
- Porovnat dílčí věkové rozdíly ve tvaru a formě obličeje mezi jednotlivými šesti věkovými kategoriemi s ohledem na pohlaví.
- Sledovat pohlavní dimorfismus a jeho vývoj v jednotlivých šesti věkových kategoriích
- Zhodnotit přínos rozdělení probandů do šesti věkových kategorií, namísto tří.
- Modelování stárnutí obličeje mužů a žen na základě komplexní analýzy všech dat.

7. Materiál

Pro výzkum byly použity 3D modely které byly získány přímo za účelem diplomové práce, zároveň bylo využito 3D modelů obličejů ze stávající databáze Laboratoře 3D zobrazovacích a analytických metod na Katedře antropologie a genetiky člověka na Přírodovědecké fakultě University Karlovy v Praze pořízených a zpracovaných diplomantkami Miriam Mydlovou a Simonou Daňkovou.

Vlastní skenování proběhlo v únoru 2015 v Černošicích v domově s pečovatelskou službou, kde bylo pořízeno 30 3D skenů obličejů a v březnu 2015 skenování pokračovalo na Ústavu leteckého zdravotnictví, kde bylo získáno 118 3D skenů obličejů. Dalších 315 3D skenů obličejů bylo převzato z databáze.

K analýzám byly použity skeny jedinců, jejichž body mass index dosahoval nanejvýš hodnoty 40. Jedinci s hodnotou vyšší než 40 byli vyřazeni. Vyřazeni byli jedinci s chirurgickým zásahem v oblasti obličeje. K analýzám bylo tedy celkem použito 443 3D skenů obličejů probandů ve věku 20-88 let a z toho bylo 195 mužů a 248 žen. Probandi byli rozděleni do šesti věkových kategorií po dekádách s ohledem na jejich pohlaví, přičemž v každé věkové kategorii je minimálně 20 mužů a 20 žen (tab).

| Věková kategorie | 1. (20-30) | | 2. (31-40) | | 3. (41-50) | | 4. (51-60) | | 5. (61-70) | | 6. (71+) | | Celkem |
|---------------------|---------------|----|---------------|----|---------------|----|---------------|----|---------------|----|-------------|----|--------|
| | zdroj\pohlaví | | m | f | m | f | m | f | m | f | m | f | |
| Mydlová | 15 | 18 | 13 | 14 | 14 | 20 | 15 | 23 | 12 | 21 | 8 | 19 | 192 |
| Daňková | 16 | 18 | 15 | 12 | 15 | 15 | 13 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 121 |
| Cer + ULZ | 4 | 3 | 6 | 4 | 6 | 13 | 13 | 14 | 17 | 17 | 13 | 20 | 130 |
| celkem | 35 | 39 | 34 | 30 | 35 | 48 | 41 | 54 | 29 | 38 | 21 | 39 | 443 |

Tabulka 7.1: počet 3D skenů obličejů mužů (m) a žen (f) v jednotlivých šesti věkových kategoriích a ve sloupci 'zdroj' je informace o tom, kdo pořídil 3D skeny či kde byly získány - diplomantky Miriam Mydlová a Simona Daňková a skeny pořízené za účelem této diplomové práce v Černošicích v domově s pečovatelskou službou (Cer) a v Praze na Ústavu leteckého zdravotnictví (ULZ).

8. Metody

8.1. Sběr a úprava dat

Ke sběru dat byl využit optický skener Vectra^{m3} (2010) se třemi kamerovými moduly (každý modul se dvěma kamerami), který umožňuje snímání povrchu obličeje popřípadě části krku a ramen v čase 3,5 ms. Šest v jednom čase pořízených snímků se

automaticky skládá a výsledkem je 3D model obličeje s povrchovou texturou (3D fotografií) a vysokým rozlišením zachycující tvar a velikost (MCAE Systems 2009). Probandi byli skenováni vsedě, čelem k prostřednímu kamerovému modulu, s přímým pohledem a s neutrálním výrazem.

Získaný 3D sken obličeje byl upravován v programu RapidForm XOS, INUS Technology, Inc. Sken byl nejprve ořezán tak, aby byl tvořen pouze samotným obličejem a následně byly zaplněny drobné otvory na povrchu skenu a odstraněny jeho povrchové chyby. Jelikož takto upravený 3D sken je většinou tvořen více než 70 000 bodů spojených do polygonálních sítí, bylo množství těchto bodů sníženo a sjednoceno na 20 000.

8.2. Analýza dat

Povrchová data 3D modelů obličejů byly zpracovány metodou geometrické morfometrie. Tato metoda umožňuje velikostní a tvarovou analýzu vícerozměrných dat – tedy analýzu formy a po normalizaci velikosti analýzu tvaru – s možností vizualizace požadovaných dat (Krajíček et al. 2012; Velemínská et al. 2012; Bigoni et al. 2010; Hennessy et al. 2005; Ferrario 1993; Macholán 1999), tedy stárnutí a pohlavního dimorfismus.

Klíčové pro geometrickou morfometrii jsou metody založené na souřadnicích význačných bodů (landmarcích – LM) definovaných souřadnicemi [x, y, z] a jejich vzájemné poloze (Adams et al. 2004; Hennessy et al. 2005). Rozmístění landmarků na povrchu modelu by mělo být rovnoměrné po celé ploše a v místech s dobře definovatelným anatomickým určením, aby bylo možné landmarky nanášet opakovaně na stejná místa všech 3D modelů (Adams et al. 2004). Tyto body pak představují základ pro vytvoření husté polygonální sítě průměrných modelů obličeje (Hutton 2004).

Veškeré analýzy a s ní spojené potřebné metody byly prováděny v programu Morphome3cs (CGG MFF UK 2015) umožňující statistické analýzy a vizualizaci výsledků. Tento program byl vytvořen na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovi v Praze a je stále vyvíjen v rámci Laboratoře 3D zobrazovacích a analytických metod na Katedře antropologie a genetiky člověka na Přírodovědecké fakultě University Karlovy v Praze.

Coherent point drift – Dense correspondence algorithm (CPD–DCA)

Tvarové a velikostní zhodnocení celého povrchu 3D modelu obličeje umožňuje Coherent point drift – dense correspondence analýza (CPD–DCA). Před samotnou analýzou bylo třeba manuálně nanést na povrch každého 3D modelu obličeje landmarky. Povrch obličeje je převážně tvořen plynulými a nepatrnými změnami, které nepředstavují ideální místa pro nanesení landmarků na povrch skenů. Bylo zjištěno, že pro vytvoření vizuálně přijatelného modelu průměrného lidského obličeje je třeba nanést na každý 3D sken těchto 9 definovaných landmarků: pravý a levý *exocantion* a *endocantion*, *nasion*, *pronasale*, pravý a levý *chelion*, a *pogonion* (Hutton 2004; Brett, Taylor 1998; Hammond et al. 2004). V tabulce 8.1 je pro každý bod uvedena jeho zkratka a definice (Ferrario 2003). Těchto devět definovaných bodů bylo nanášeno na povrch upravených 3D modelů obličejů, přičemž bylo nutné vždy zachovat pořadí, ve kterém byly nanášeny. Chyba nanášení landmarků byla stanovena po jejich opakovaném definování (6x) na deseti náhodně zvolených modelech obličejů v několika denních časových intervalech na 0,34 mm.

| Název | Zkratka | Definice |
|--------------------|---------|---|
| <i>Exocantion</i> | ex | Bod vnějšího koutku, kde se setkává horní a dolní víčko |
| <i>Endocantion</i> | end | Bod vnitřního koutku, kde se setkává horní a dolní víčko |
| <i>Nasion</i> | n | Posteriorně ležící bod v mediální rovině mezi nosem a čelem |
| <i>Pronasale</i> | prn | Nejvíce anteriorně ležící bod v mediální rovině na hrotu nosu |
| <i>Chelion</i> | ch | Bod styku horního a dolního rtu |
| <i>Pogonion</i> | pgn | Nejvíce anteriorně ležící bod v mediální rovině brady |

Tabulka 8.1: Nanášené body na povrch 3D modelů obličeje (Ferrario 2003).

Přímá analýza po nanesení landmarků je nevhodná, jelikož se jednotlivé skeny neshodují ve velikosti, tvaru a orientaci a neexistují homologie mezi vrcholy trojúhelníků polygonální sítě, která tvoří povrch 3D skenů. Před analýzou je třeba tyto vlivy matematicky odstranit a nalézt homologie mezi vrcholy, což umožňuje CPD-DCA (Adams et al. 2004). Nejdříve se za využití prokrustovské analýzy (GPA – generalized Procrustes algorithm) zarovnají povrchy všech 3D skenu tak, aby rozdíl vzdálenosti mezi vzájemně si odpovídajícími landmarky byl minimální. K tomu je třeba zvolit

libovolný sken obličeje jako „*base mesh*“, vůči kterému se ostatní skeny na základě nanesených landmarků zarovnají. Vytvoří se tak korespondence tvarů jednotlivých 3D skenů k „*base mesh*“ (Brett, Taylor 1998; Zelditch et al. 2012).

Coherent point drift (CPD) je robustní metoda necitlivá na outliery, pomocí níž jsou všechny povrchy 3D skenů zarovnány na náhodně zvolený *base mesh*. K vrcholu trojúhelníka polygonální sítě *base mesh* je nalezen nejbližší bod na povrchu každého 3D skenu. Po nalezení korespondencí mají tak body své homology. Následuje procrustovská analýza, do níž se některé korespondence nezahrnují, aby nekontaminovaly analýzu hlavních komponent (Dupej et al. 2014).

Analýza hlavních komponent

Ke zjednodušení popisu vzájemně korelovaných znaků slouží analýza hlavních komponent (PCA). Ta umožňuje hodnocení velkého množství dat redukcí původních znaků pomocí lineární transformace do hlavních komponent. Hlavní komponenty představují na sobě nezávislé umělé veličiny vysvětlující celkovou variabilitu pozorovaných proměnných s minimální ztrátou informace. Největší procentuální zastoupení variability dat je obsaženo v první hlavní komponentě (PCA1) a každá další hlavní komponenta zachycuje informace o variabilitě dat, které nebyly zachyceny komponentami předchozími (Horák 2002; Shlens 2014).

Pomocí suťového grafu (*scree plot*) bylo určeno, kolik hlavních komponent je třeba zahrnout do analýz. Suťový graf zachycuje procentuální podíl jednotlivých hlavních komponent, kterým se podílí na variabilitě dat. Do analýz jsou zahrnuty hlavní komponenty nad dělicí čarou (*broken stick*), která je vytvořena pomocí pravidla broken stick, přičemž tyto hlavní komponenty zachycují skutečnou variabilitu, zatímco pod čarou se nacházejí komponenty s nevýznamným příspěvkem k variabilitě dat (Haruštiaková et al. 2012).

V korelačním grafu (*scatter plot*) bylo za pomoci lineárního modelu znázorněno uplatnění hlavních komponent v závislosti na věku mužů a žen. Tento graf umožňuje vyjádřit variabilitu dat konkrétními dvěma komponentami a za pomoci lineárního modelu zobrazit jejich vliv na konkrétní proměnnou (Meloun, Militký 2004).

Superprojekce modelů

Superprojekce je způsob zobrazení tvarových a velikostní rozdílů mezi dvěma povrchy, které byly představovány modely průměrných obličejů žen a mužů v rámci

jednotlivých věkových kategorií. Rozdíl je zobrazen barevnou mapou, která udává vzdálenost mezi dvěma odpovídajícími body polygonální sítě (Besl, McKay 1992; Kau et al. 2005).

Per vertex t-test

Pomocí per vertex t-testu je možné na povrchu obličeje zobrazit mapu významnosti rozdílů průměrných modelů. Ta na základě přítomnosti a sytosti modré barvy zobrazuje hladiny významnosti rozdílů mezi dvěma průměrnými modely skenů obličejů. Hladina významnosti byla spočtena t-testem, vycházející ze vzdálenosti povrchu průměrného modelu obličeje a povrchu každého 3D skenu.

Neparametrická multivariační analýza rozptylu

Zda na tvar a formu obličeje má vliv pohlaví a věkové kategorie bylo testováno pomocí neparametrické multivariační analýzy rozptylu (MANOVA). Ta umožňuje testovat shodnost středních hodnot všech sledovaných veličin najednou, aniž by klesala síla testu vlivem reziduí. Do analýzy vstupují redukovaná data do hlavních komponent (Anderson 2001).

9. Výsledky

V této kapitole je nejprve zhodnocena variabilita sledovaných skupin jedinců pomocí analýzy hlavních komponent. Variabilita byla sledována jak pro tvar, tak i pro formu obličeje, zároveň byl zjišťován trend (trajektorie) věkových změn zvláště pro obě pohlaví. Následně jsou popsány průměrné věkové rozdíly ve formě i tvaru obličeje mužů a žen rozdělených do šesti věkových kategorií. Popisované anterioposteriorní, laterální popř. velikostní rozdíly jsou vždy chápány ve směru kolmém na povrch, tedy oblasti více vpředu či více vzadu ve směru kolmém na povrch obličeje. V další podkapitole jsou tyto věkové rozdíly porovnány mezi muži a ženami v rámci jednotlivých věkových kategorií. Při interpretacích výsledků byl brán na zřetel transversální typ dat, který se může projevit při menším množství jedinců v úzkých věkových intervalech. Kromě rozdělení probandů do šesti věkových kategorií (po deseti letech) jsou proto věkové rozdíly sledovány také v kategoriích širších a čtenějších (tři po dvaceti letech). Další podkapitola je zaměřena na modelování stárnutí a jeho porovnání mezi muži a ženami. Poté je sledován pohlavní dimorfismus a to na

průměrných modelech tvaru a formy obličeje, a to jak v šesti věkových kategoriích, tak ve třech věkových kategoriích.

Na závěr jsou všechna data interpretována společně, přičemž bylo snahou zhodnotit, zda dochází ke snižování pohlavního dimorfismu vlivem věkových změn jak mužů, tak žen, či zda se na snižování pohlavního dimorfismu podílí jen jedno pohlaví. Také bylo hodnoceno, zda při interpretaci věkových rozdílů mezi šesti věkovými kategoriemi je třeba rozdílné věkové změny v odlišných dekadách života mužů a žen přisuzovat vlivu transversálních dat či je možné tyto data interpretovat jako časově odlišný průběh stárnutí daných částí obličeje u mužů a žen. Nakonec následuje zhodnocení rozdělení probandů do šesti resp. tří věkových kategorií.

9.1. Analýza variability obličeje

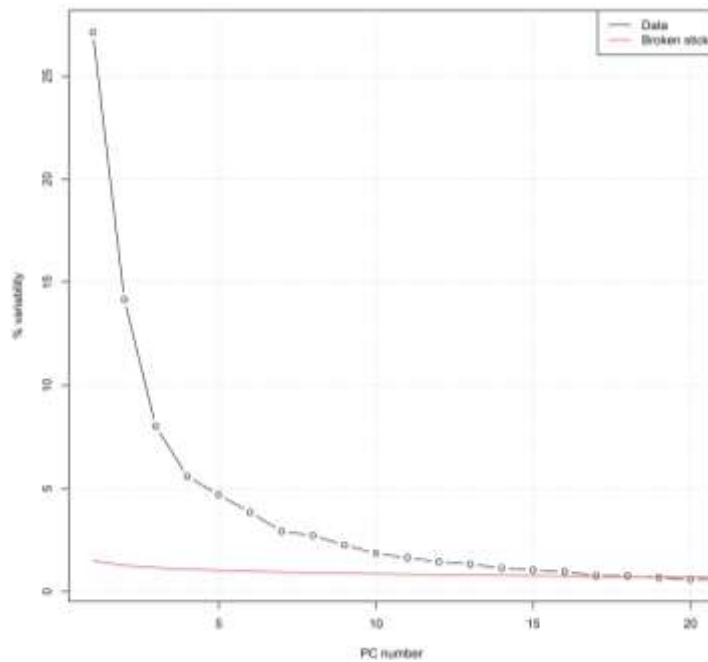
Analýza hlavních komponent (PCA) umožňuje sledovat variabilitu obličeje a pomocí ní bylo zjištěno, které komponenty se podílejí na věkových rozdílech tvaru a formy obličeje. Z lineárního modelu bylo také možné porovnat trend stárnutí mužů a žen. PCA byla provedena samostatně pro tvar a formu obličeje.

9.1.1. Analýza variability tvaru obličeje

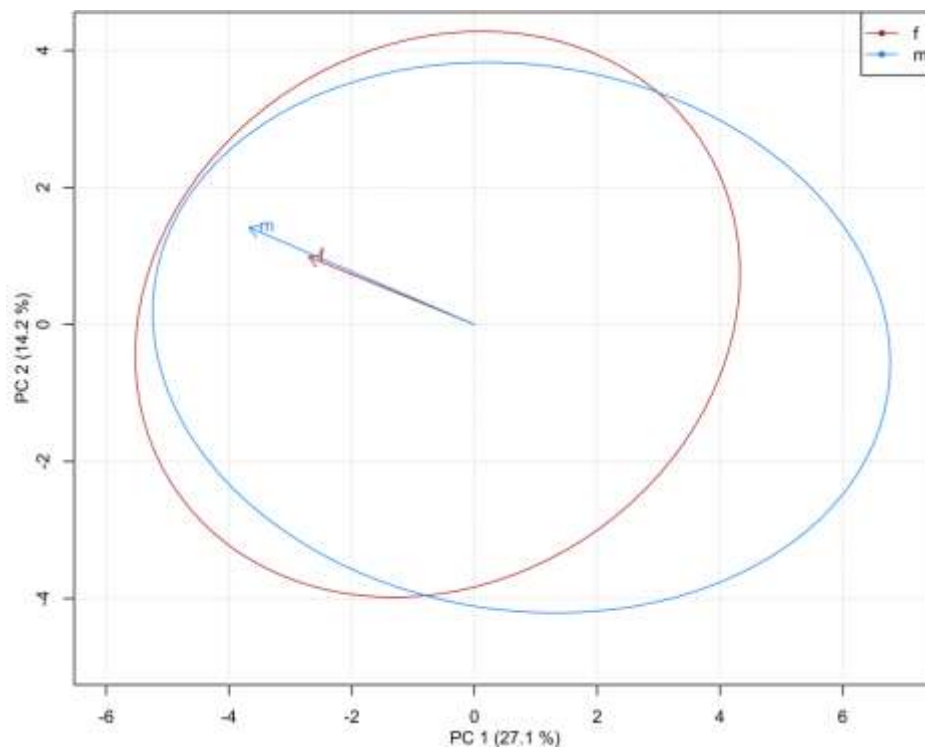
Na suřovém grafu 9.1 je patrné, že na variabilitě tvaru obličeje se podílí významně především 16 hlavních komponent. Nejprve bylo sledováno, zda se první dvě hlavní komponenty, které přispívají k variabilitě obličeje nejvíce, podílejí na změnách s rostoucím věkem v obličeji. Z lineárního modelu stárnutí ve scatter plotu (graf 9.2), kde na ose x leží PC1, na ose y PC2 a šipky představují lineární model (trajektorii) věkových změn obličeje žen a mužů v průběhu 50 let, je patrná změna s rostoucím věkem jak v první tak ve druhé hlavní komponentě. Tyto dvě komponenty se tedy společně podílejí na stárnutí obličeje. Šipky lineárního modelu mají svůj počátek ve středu úsečky ležící mezi centroid size mužů a žen a je tak možné porovnat trend stárnutí mezi pohlavím.

V případě mužů se jak PC1 tak PC2 podílí na morfologických projevech stárnutí ve větší míře, než se podílejí tyto komponenty u žen. Vzhledem k obdobnému průběhu šipek znázorňující trajektorii stárnutí mužů a žen lze říci, že trend stárnutí je u obou pohlaví stejný, u mužů je však výraznější a to ve změnách zahrnutých jak v PC1 tak v PC2. Kromě změn během stárnutí je možné pozorovat i variabilitu obličeje mezi

pohlavími. Variabilita mužů je v rámci PC1 větší než u žen, jak je možné vidět z grafu 9.2, zatímco variabilita obličeje zahrnutá v PC2 je u mužů i žen obdobná.

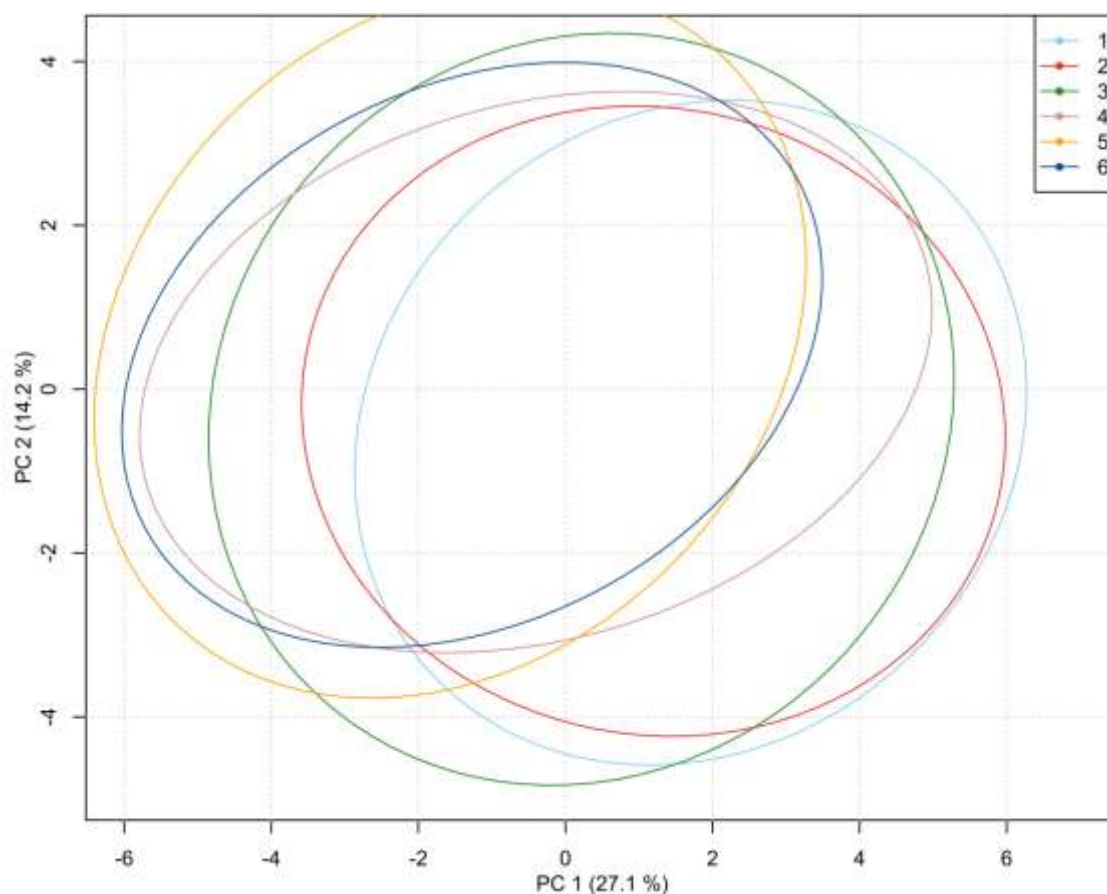


Graf 9.1: Suťový graf a počet hlavních komponent zachycující skutečnou variabilitu tvaru obličeje (nad broken stick).



Graf 9.2: Lineární model věkových změn během 50 let tvaru obličeje dospělých mužů a žen ve věkovém rozmezí 20-88 let v prostoru první (PC1) a druhé (PC2) hlavní komponenty. Podle průběhu trajektorií stárnutí obou pohlaví je patrné, že na stárnutí obličeje se podílí obě komponenty, z toho PC1 výrazněji.

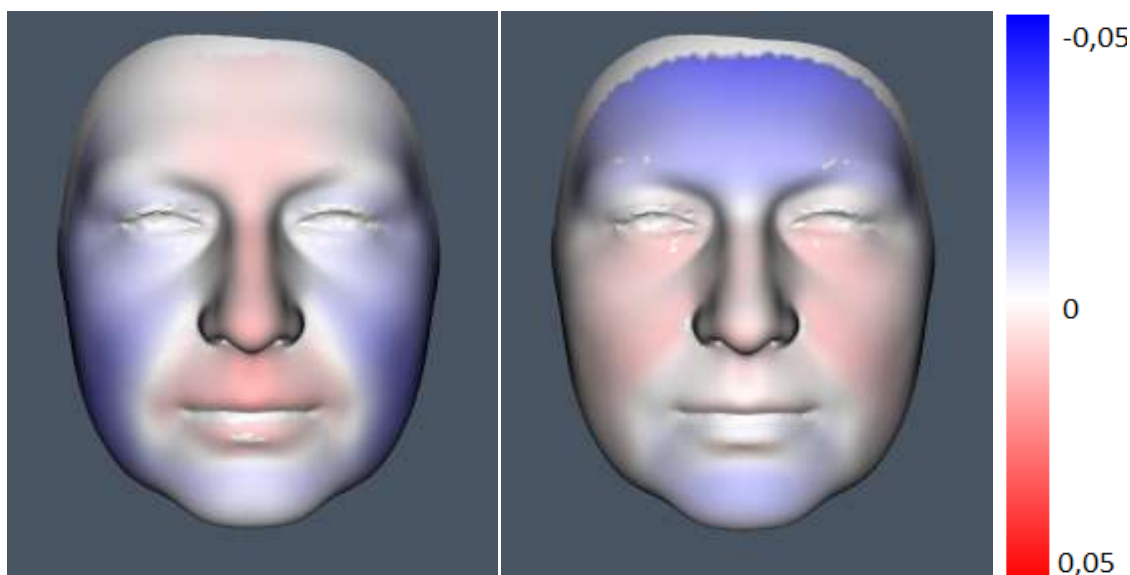
Ve scatter plotu (graf 9.3) je možné pozorovat variabilitu tvaru obličeje v jednotlivých věkových kategoriích – 20–30 (1), 31–40 (2), 41–50 (3), 51–60 (4), 61–70 (5) a 71+ (6) let. Je možné vidět posun v rámci PC1 ve směru do záporných a PC2 ve směru ke kladným hodnotám. V poslední věkové kategorii tedy ve věku nad 70 let je možné pozorovat výraznější snížení variability obličeje a to především té, která je zahrnuta v PC2.



Graf 9.3: Zachycení podílu PC1 a PC2 na variabilitě tvaru obličeje v jednotlivých šesti věkových kategoriích: 20–30 (1), 31–40 (2), 41–50 (3), 51–60 (4), 61–70 (5) a 71+ (6) let.

Jaké konkrétní morfologické vlastnosti obličeje vyjadřuje ta která hlavní komponenta (interpretovány jsou pouze ty komponenty, které souvisí s věkovými změnami obličeje, tudíž většinou PC1 a PC2) vyjadřují barevné mapy znázorněné na průměrné obličeje (obr. 9.1). Pomocí červené/modré barvy jsou znázorněny oblasti, ve kterých dochází ke kladným/záporným změnám ve směru kolmém na povrch modelu obličeje. Jestliže je v scatter plottu možné pozorovat kladné změny dané komponenty, platí, že oblast zbarvená červeně se vysouvá směrem ven ve směru kolmém na povrch a v oblastech modrých dochází k ústupu obličeje ve směru kolmém na povrch.

Ze scatter plottu (graf 9.2) je tedy zřejmé, že hodnoty PC1 s rostoucím věkem klesají a hodnoty PC2 naopak, i když méně výrazně, rostou. K nejvýraznějším změnám v rámci PC1 dochází v oblasti střední třetiny a laterální dolní třetiny obličeje. S rostoucím věkem dochází tedy k rozšiřování obličeje, zároveň se však snižuje jeho konvexita vlivem ústupu obličeje v oblasti úst a nosu. Naopak variabilita PC2 se nejvýrazněji projevuje v oblasti čela, které s přibývajícím věkem ustupuje.

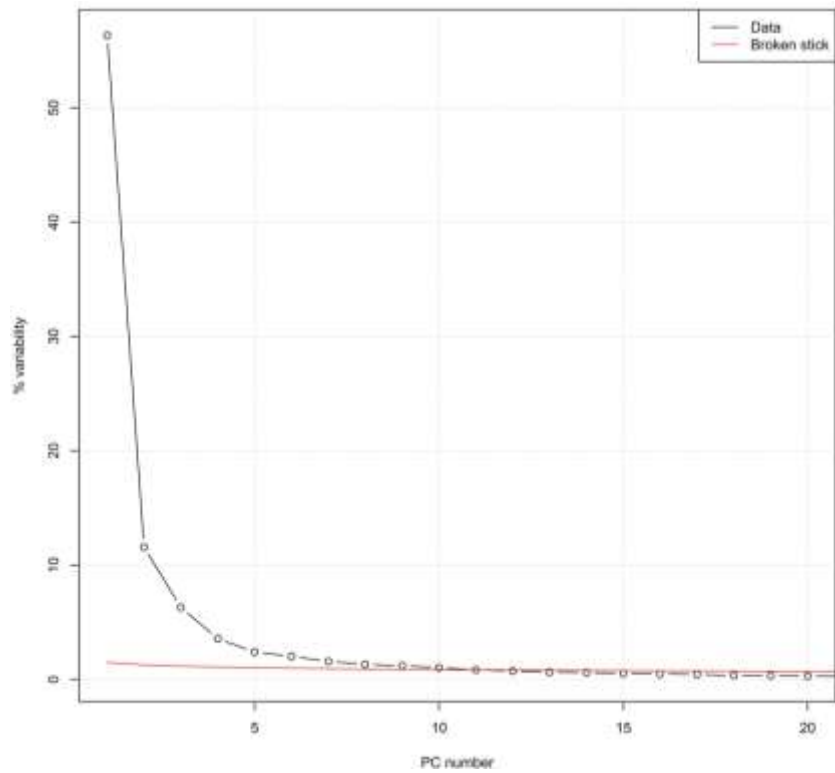


Obrázek 9.1: Barevná vizualizace vlivu PCA1 (vlevo) a PCA2 (vpravo) na variabilitu morfologie obličeje; červeně – kladné změny, modře – záporné změn.

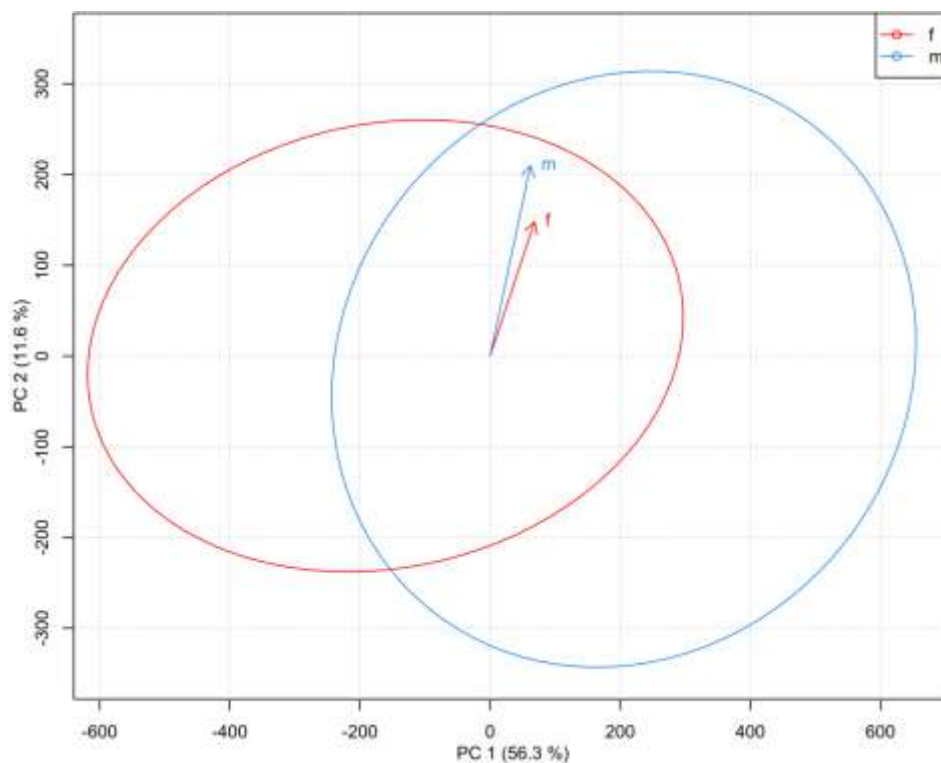
9.1.2. Analýza variability formy obličeje

V suťovém grafu 9.4 lze vidět, že se na variabilitě formy obličeje výrazně podílí 9 hlavních komponent. V scatter plotu (graf 9.5) je znázorněn podíl vlivu PC1 a PC2 na morfologických změnách v obličeji s přibývajícím věkem, přičemž na ose x leží PC1, na ose y PC2 a šipky představují lineární model (trajektorii) věkových změn obličeje žen a mužů v průběhu 50 let. Je možné vidět, že se PC1 podílí na věkových změnách obličeje v menší míře, avšak její podíl je stejný u mužů i u žen. PC2 se naproti tomu na věkových změnách podílí více. Na rozdíl od PC1 se PC2 u mužů uplatňuje na morfologických projevech stárnutí obličeje více než u žen.

Variabilita obličeje v rámci PC1 je u mužů a žen téměř stejně velká, avšak u žen se pohybuje především v záporných hodnotách a u mužů především v kladných hodnotách. Variabilita obličeje mužů v rámci PC2 je větší než u žen, u obou pohlaví však nabývá kladných i záporných hodnot ve stejné míře v rámci jednoho pohlaví.

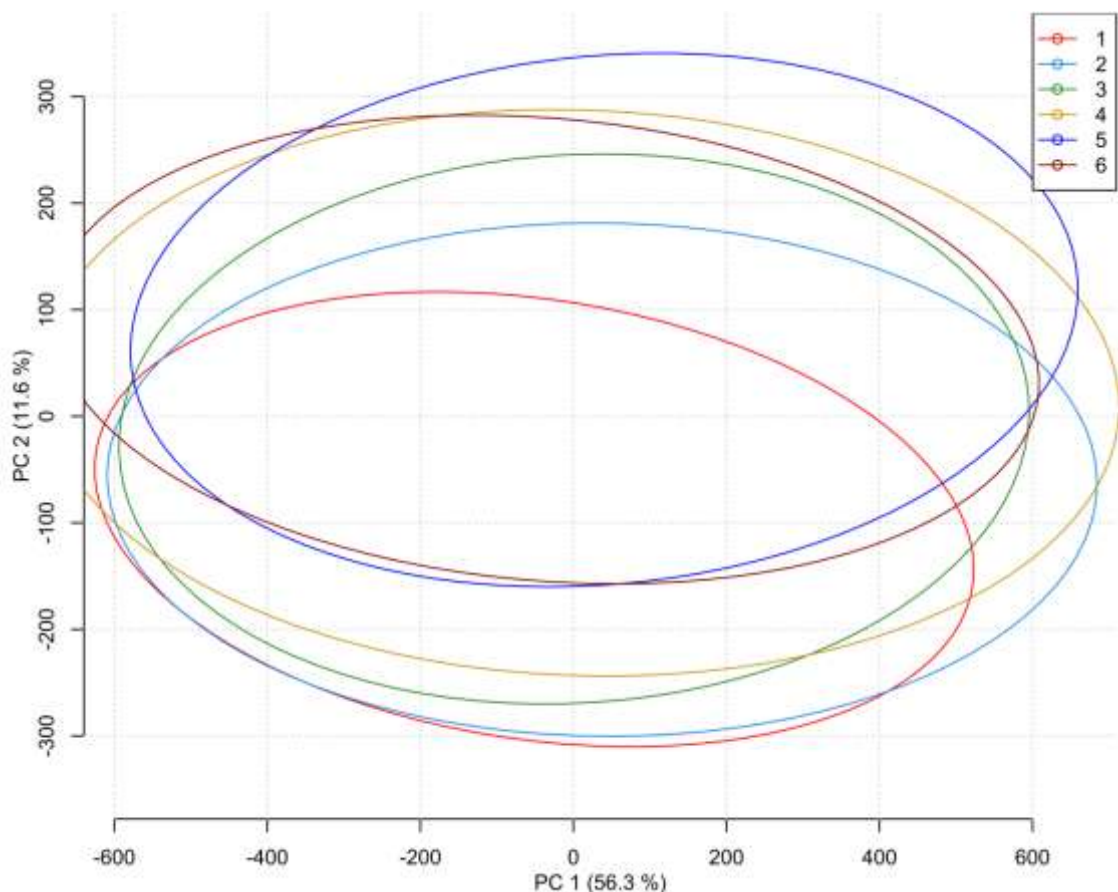


Graf 9.4: Suťový garf a počet hlavních komponent zachycující skutečnou variabilitu formy obličeje (nad broken stick).



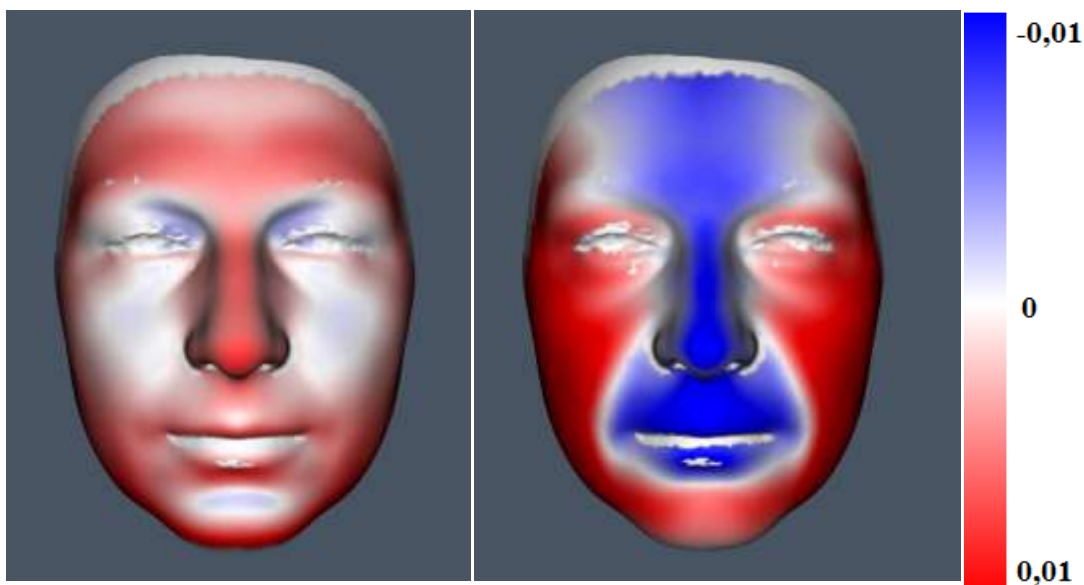
Graf 9.5: Lineární model věkových změn během 50 let formy obličeje dospělých mužů a žen ve věkovém rozmezí 20-88 let v prostoru první (PC1) a druhé (PC2) hlavní komponenty. Podle průběhu trajektorií je patrné, že na stárnutí obličeje se podílí obě komponenty, z toho PC2 výrazněji. PC1 se uplatňuje ve stejné míře u mužů i žen.

Ve scatter plotu (graf 9.6) je možné pozorovat variabilitu formy obličeje v jednotlivých věkových kategoriích – 20–30 (1), 31–40 (2), 41–50 (3), 51–60 (4), 61–70 (5) a 71+ (6) let. Ve všech věkových kategoriích je možné pozorovat velkou variabilitu obličeje v rámci PC1, přičemž v nejmladší věkové kategorii 20–30 let je variabilita o něco menší než v ostatních a nabývá o něco více záporných hodnot než kladných. Ve všech věkových kategoriích je možné pozorovat variabilitu obličeje i v rámci PC2, přičemž nejméně variabilní obličej se jeví v případě nejmladší věkové kategorie a hned po ní v nejstarší věkové kategorii. Hodnoty jsou v případě kategorie nejmladší převážně záporné, přičemž jednotlivé věkové kategorie se postupně posouvají do kladných hodnot, tedy je možné sledovat trendstárnutí. Tento posun ke kladným hodnotám je největší v případě věkové kategorie 60–70 let. Nejstarší věková kategorie se již neposouvá, ba se snižuje oproti mladší kategorii její variabilita v obličejí zahrnutá v PC2.



Graf 9.6: Zachycení podílu PC1 a PC2 na variabilitě formy obličeje v jednotlivých šesti věkových kategoriích: 20–30 (1), 31–40 (2), 41–50 (3), 51–60 (4), 61–70 (5) a 71+ (6) let.

Na obr 9.2 je zachyceno jakým způsobem se PC1 a PC2 podílí na věkových změnách morfologie obličeje, přičemž obě hlavní komponenty se podílejí na těchto změnách kladně, jak je možné vidět v scatter plotu (graf 9.5). V levé části obrázku je zachycena PC1, přičemž červená barva se nachází v celém rozsahu obličeje. Změny zahrnuté v PC1 se tedy projevují celkovým zvětšením obličeje. Změny v rámci PC2 způsobují rozšiřování obličeje se současným snižováním jeho konvexity, jak je zřejmé podle zbarvení obličeje v pravé části obr. 9.2.



Obrázek 9.2: Barevná vizualizace vlivu PC1 (vlevo) a PC2 (vpravo) na variabilitu morfologie obličeje; červeně – kladné změny, modře – záporné změn.

U žen i mužů tedy s přibývajícím věkem dochází ve stejné míře ke zvětšování obličeje, u mužů pak k jeho výraznějšímu rozšiřování a současnému snižování jeho konvexity. Trend věkových změn se jeví u mužů i žen stejný.

9.2. Věkové změny tvaru průměrného obličeje žen a mužů

Věkové změny projevující se v obličeji byly hodnoceny s ohledem na pohlaví porovnáním rozdílů mezi průměrnými tvary obličejů dvou na sebe navazujících věkových kategorií. Tyto rozdíly byly vizualizovány pomocí 2 typů barevných map, kde v první mapě (vždy vlevo) udává sytost barvy velikost rozdílu a barva polohu ve směru kolmém na povrch průměrného modelu. Modrý odstín představuje místa v obličeji, která prominují vždy v mladší věkové kategorii oproti kategorii starší a červený odstín naopak místa, která jsou prominující vždy v kategorii starší vzhledem ke kategorii mladší. Šedá barva signalizuje oblast, ve které žádný výraznější rozdíl není. Předozadní rozdíly jsou chápány vždy ve směru kolmém na povrch obličeje.

Pomocí druhého typu barevných map (šedomodré mapy umístěné vždy vpravo) jsou vizualizovány signifikantně rozdílné oblasti obličeje mezi dvěma sledovanými věkovými kategoriemi. Tímto způsobem jsou znázorněna místa různě sytou modrou barvou, která odpovídají od světlejší po tmavý odstín hladinám významnosti 0,05, 0,01 a 0,001. Šedé zóny jsou oblasti obličeje bez signifikantních rozdílů. Pomocí neparametrické multivariační analýzy rozptylu bylo ověřeno, že věkové kategorie mají významný statistický vliv na tvar obličeje.

Rozdíly mezi jednotlivými kategoriemi byly hodnoceny jak z frontálního, tak z laterálního pohledu.

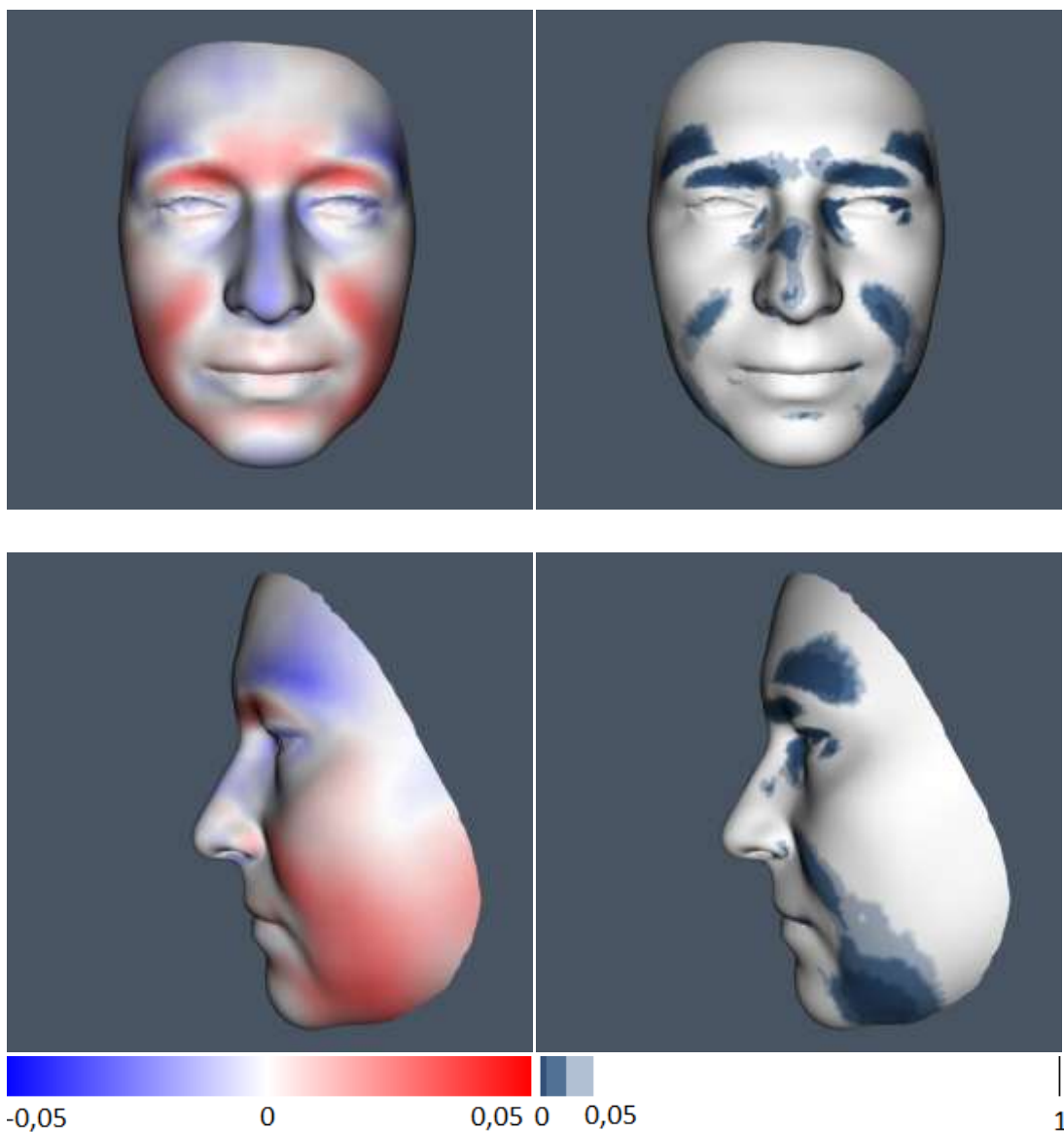
9.2.1. Porovnání průměrného tvaru obličeje věkových kategorií

20–30 a 31–40 let

Muži

Obrázek 9.3 znázorňuje předozadní vztah průměrného obličeje mužů mezi věkovou kategorií 1 (20–30) a 2 (31–40 let). Z obrázku je patrné, že starší věková skupina má více vpředu oblast glabely, oblast podél horního okraje očních a mediální oblast tváří bezprostředně v blízkosti nosové rýhy přecházející až do oblasti dolní části obličeje laterálně od brady. Tyto rozdíly jsou také s výjimkou oblasti glabely signifikantně odlišné.

Naopak více vzadu jsou ve starší věkové kategorii lokalizované laterální oblasti čela v místech nad laterální částí obočí, oblast vnitřních očních koutků, nosu a brady. Signifikantně odlišné oblasti jsou plošně daleko menší, a to v laterální části čela, ve střední části hřbetu nosu a na špičce nosu a na levé straně v oblasti kolem vnitřního koutku.



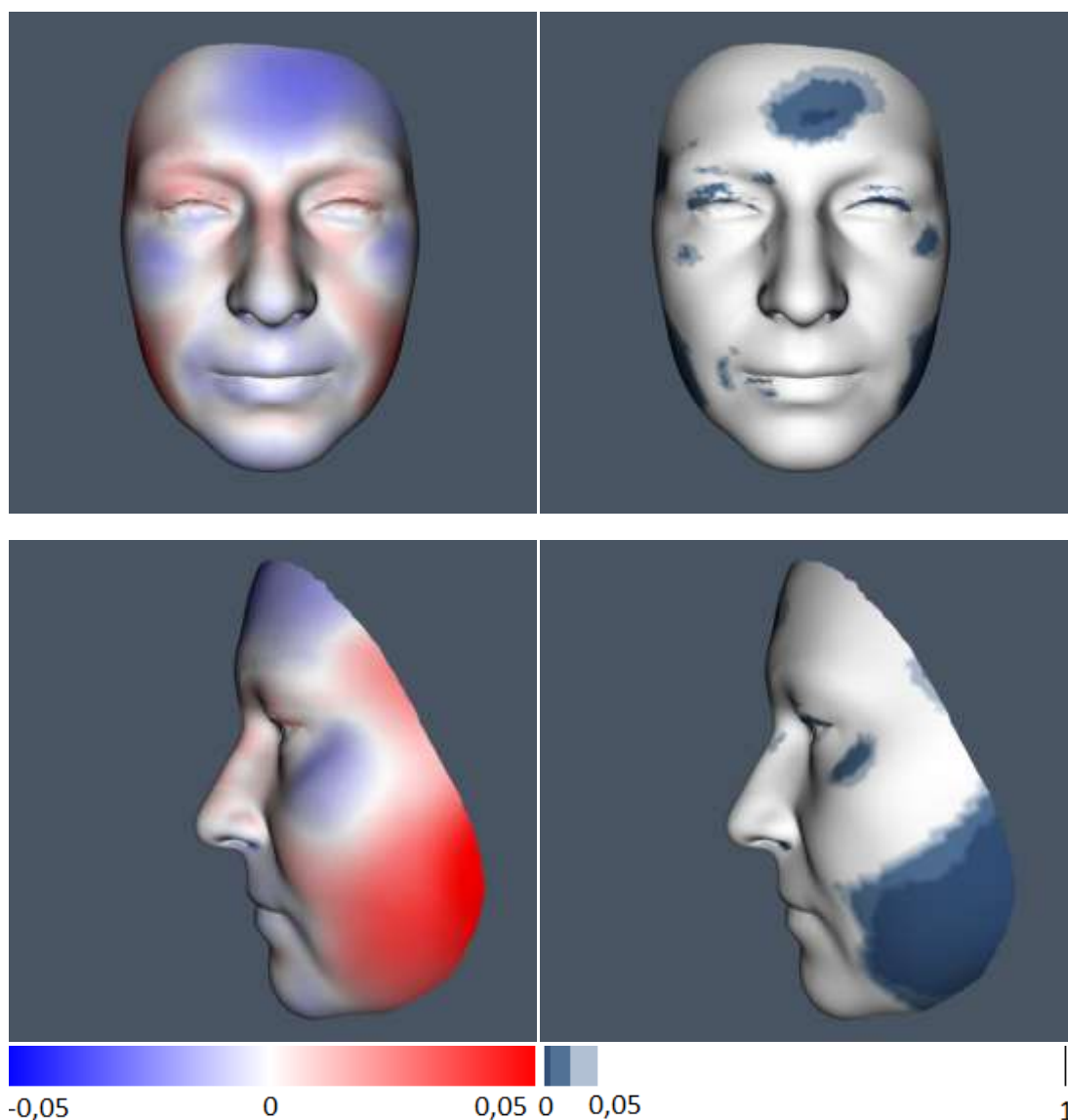
Obrázek 9.3: Superprojekce průměrného tvaru obličeje mužů 1. a 2. věkové kategorie (20–30 a 31–40 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

Ženy

Na obrázku 9.4 je výsledek superprojekce průměrného obličeje žen z věkové kategorie 20–30 let a průměrného obličeje žen z věkové kategorie 31–40 let. Více vpředu se u žen ze starší věkové kategorie nachází horní víčka, horní část nosu a tváře v oblasti dolní čelisti a podél nosové rýhy. Statisticky významný rozdíl se však nachází pouze v malém rozsahu na horním víčku pravé strany a v celém rozsahu na tvářích v oblasti dolní čelisti.

Přední část čela, horní část tváří laterálně pod dolními víčky, horní a dolní ret a brada se naopak u žen ze starší věkové kategorie nachází více vzadu vůči obličejí jedinců z mladší věkové kategorie. Signifikantní rozdíl se jeví v centrální oblasti čela

nad glabelou, v malém rozsahu na kostěném podkladu tváří v místech laterálně pod dolními očními víčky a v rozsáhlé oblasti tváří v rozsahu dolní čelisti.



Obrázek 9.4: Superprojekce průměrného tvaru obličeje žen 1. a 2. věkové kategorie (20–30 a 31–40 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

9.2.2. Porovnání průměrného tvaru obličeje věkových kategorií

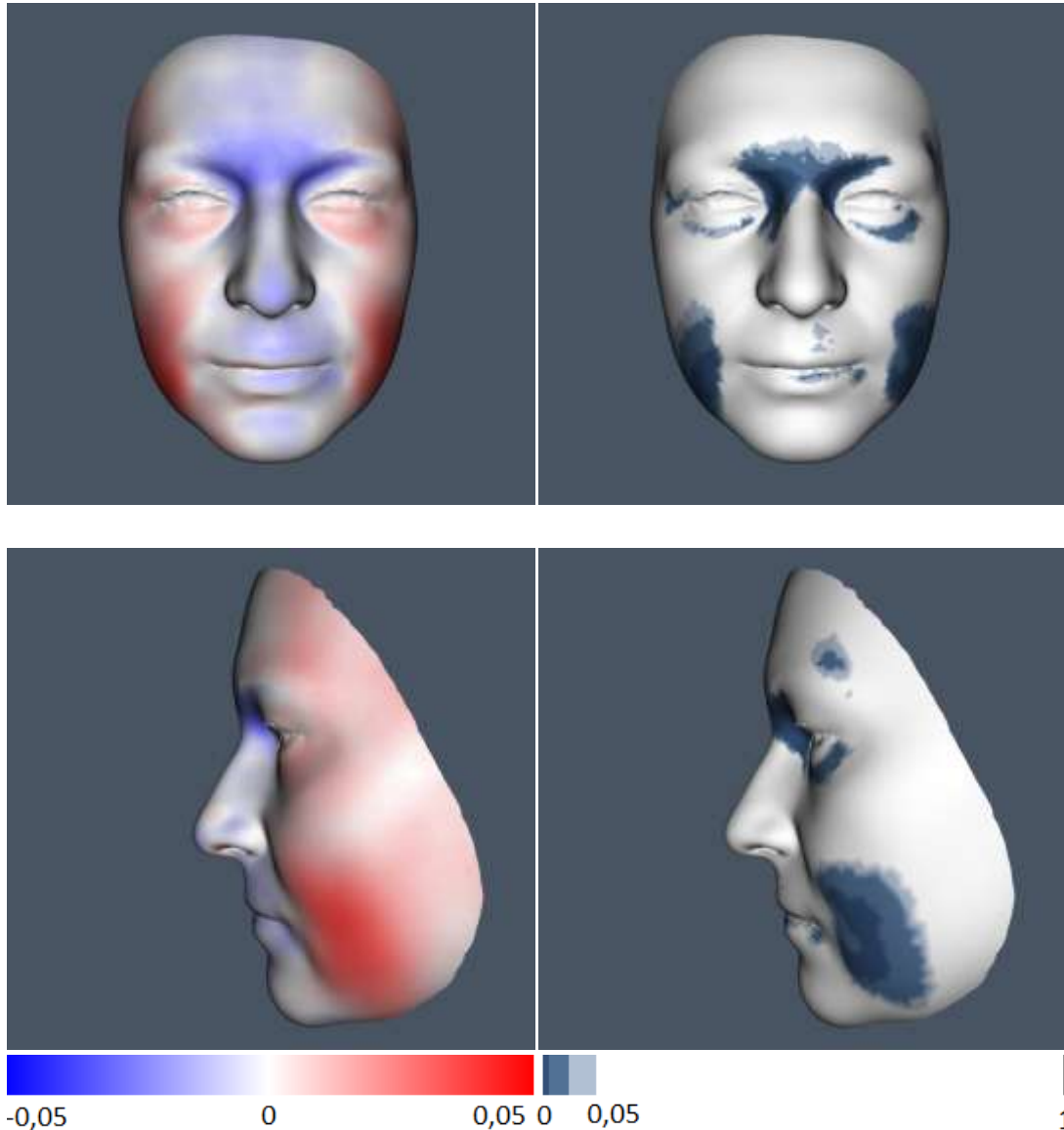
31–40 a 41–50 let

Muži

Výsledky superprojekce mezi průměrným obličejem mužů z věkové kategorie 31–40 let a věkové kategorie 41–50 let je možné vidět na obrázku 9.5. U mužů ze starší věkové kategorie promínuje celá laterální část obličeje zahrnující jeho horní, střední i dolní třetinu a dolní oční víčka. Statisticky významný rozdíl se však objevuje v oblasti

menší a to na dolním očním víčku podél okružní vrásky oka a na přední části měkkého podkladu tváří laterálně od oblasti mezi horním rtem a bradovou rýhou.

Naopak více vzadu se u mužů ze starší věkové kategorie nachází oblast obličej v mediální ose, avšak i na červeno/modré mapě rozdílů obličej je vidět, že tento rozdíl je převážně minimální a v oblasti brady téměř nepřítomen. Signifikantní rozdíl se nachází pouze v oblasti ohraničené zdola kořenem nosu, laterálně očními koutky a shora spojnicí nadočnicových oblouků.

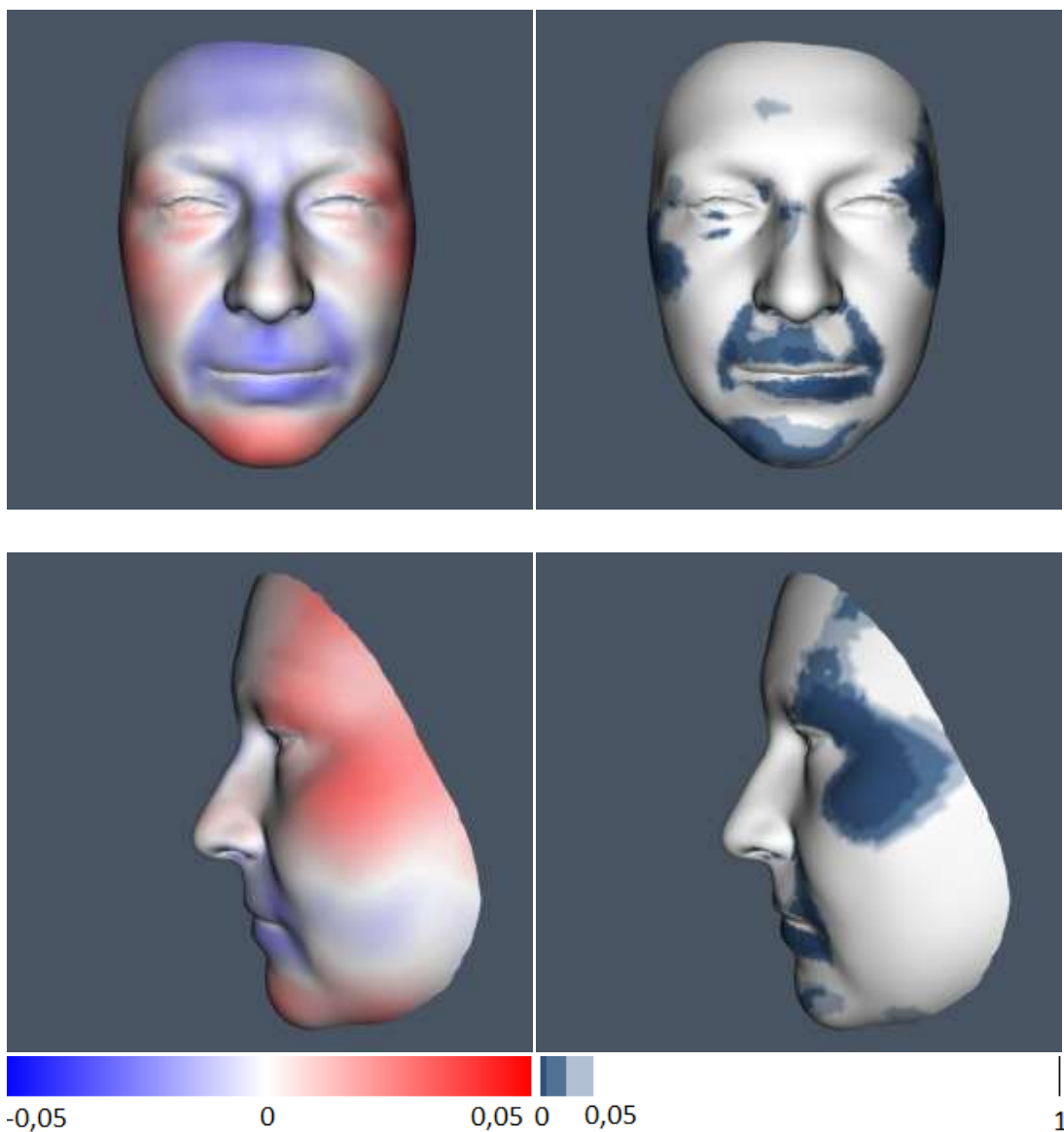


Obrázek 9.5: Superprojekce průměrného tvaru obličej mužů 2. a 3. věkové kategorie (21–30 a 31–40 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

Ženy

Na obrázku 9.6 je znázorněn pomocí superprojekce předozadní vztah průměrných obličejů žen z věkové kategorie 31–40 let a věkové kategorie 41–50 let. U žen ze starší věkové kategorie promínuje celá laterální oblast čela, na kterou navazuje promínující laterální oblast horní části tváří a promínující laterální část horní očníce a horního očního víčka. Více vpředu se ve starší věkové kategorii nachází i brada. Signifikantní rozdíl se objevuje laterálně v širokém pruhu kolem očníce čteně laterální oblasti horní části tváří a dále se signifikance jeví na bradě, přičemž na pravé straně je tento rozdíl přítomen ve větším rozsahu než na levé.

U žen ze starší věkové kategorie leží více vzadu přední část čela, mediální část očníce, horní část nosu a horní i dolní ret. Statisticky významný rozdíl se jeví na horním rtu vyjma místa pod nosními dírkami, dále kolem ústních koutků a na dolním rtu.



Obrázek 9.6: Superprojekce průměrného tvaru obličeje žen 2. a 3. věkové kategorie (21-30 a 31-40 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

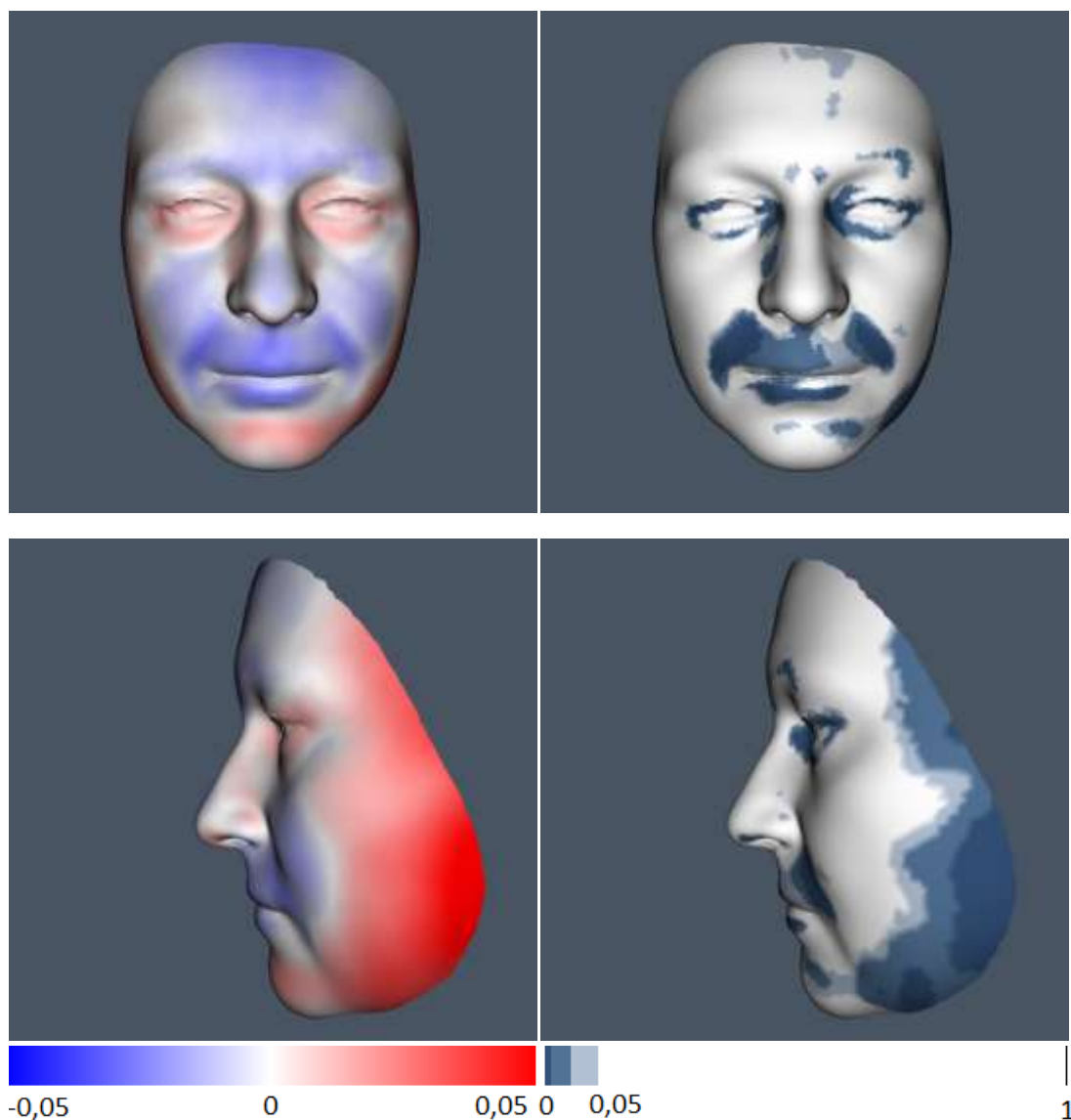
9.2.3. Porovnání průměrného tvaru obličeje věkových kategorií

41–50 a 51–60 let

Muži

Na obrázku 9.7 je výsledek superprojekce mezi průměrnými obličejmi mužů z věkové kategorie 41–50 let a věkové kategorie 51–60 let. Více vpředu se u mužů ze starší věkové kategorie nachází oblast očí, laterální část obličeje a brada. Statistický významný rozdíl je zřejmý okolo vnitřních koutků očí a mediální části dolního očního víčka, horního rtu vyjma oblasti pod nosními dírkami, dolního rtu a v oblasti od dolního okraje těla dolní čelisti přes čelistní úhel k čelistnímu kloubu a v menším rozsahu dosahuje tato signifikantní oblast do nejméně laterálních míst obličeje v úrovni očí.

Více vzadu se u mužů ze starší věkové kategorie nachází čelo nad oblastí v rozsahu mezi vnějšími koutky, horní okraje očí, dále přední část tváře v rozsahu střední třetiny obličeje, dolní část nosu a horní a dolní ret čteně míst kolem ústních koutků. Signifikantní rozdíl se jeví v oblasti horního rtu vyjma míst pod nosními dírkami, dále na pravé straně obličeje kolem ústního koutku, a podél dolního okraje dolního rtu.



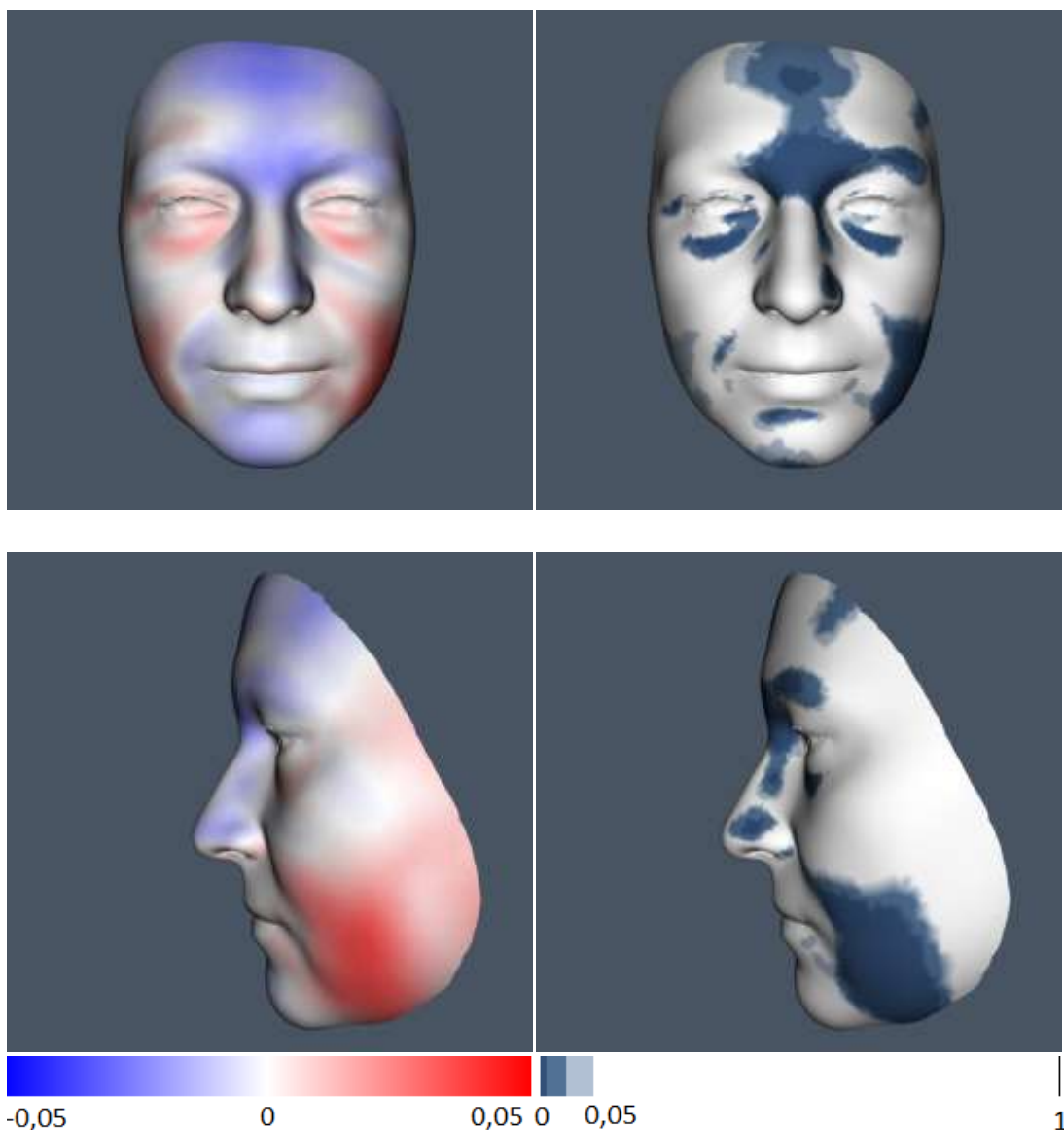
Obrázek 9.7: Superprojekce průměrného tvaru obličeje mužů 3. a 4. věkové kategorie (41–50 a 51–60 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

Ženy

Na základě superprojekce je možné vidět na obrázku 9.8 věkové rozdíly mezi průměrnými obličejí žen z věkové kategorie 41–50 a věkové kategorie 51–60. Mapa významnosti ukazuje, že statisticky významný rozdíl vzniká ve větší míře na levé straně obličejí. Jedná se především o obočí a tváře. Signifikantní rozdíl je přítomen i na levém nosním křídle a na levé straně kostěné části nosu.

U žen ze starší věkové kategorie promínují dolní oční víčka a oblast tváří bezprostředně kolem nosortové rýhy a oblasti laterálně od úst dosahující až k dolnímu okraji dolní čelisti. Statisticky významný rozdíl se objevuje podél okružních vrásek očí a vyjma míst podél nosortové rýhy v celé promínující oblasti tváří.

Naopak u žen ze starší věkové kategorie leží více vzadu celá oblast čela, nadočnicové oblouky, mediální strana horních očnic, celý nos, horní a dolní ret i brada. Signifikantní rozdíl se však objevuje převážně v horní třetině obličejí a to v místech kolem jeho střední osy. Tedy v horní centrální oblasti čela, v oblasti kolem glabely vymezené shora spojnicí nadočnicových oblouků, laterálně mediálním horním okrajem očnic a zdola kořenem nosu. V malém rozsahu je statisticky významná i oblast kolem bradové rýhy. Signifikantní rozdíl se jeví dále na levé straně a to v místech obočí a postranně nosu.



Obrázek 9.8: Superprojekce průměrného tvaru obličeje žen 3. a 4. věkové kategorie (41-50 a 51-60 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

9.2.4. Porovnání průměrného tvaru obličeje věkových kategorií

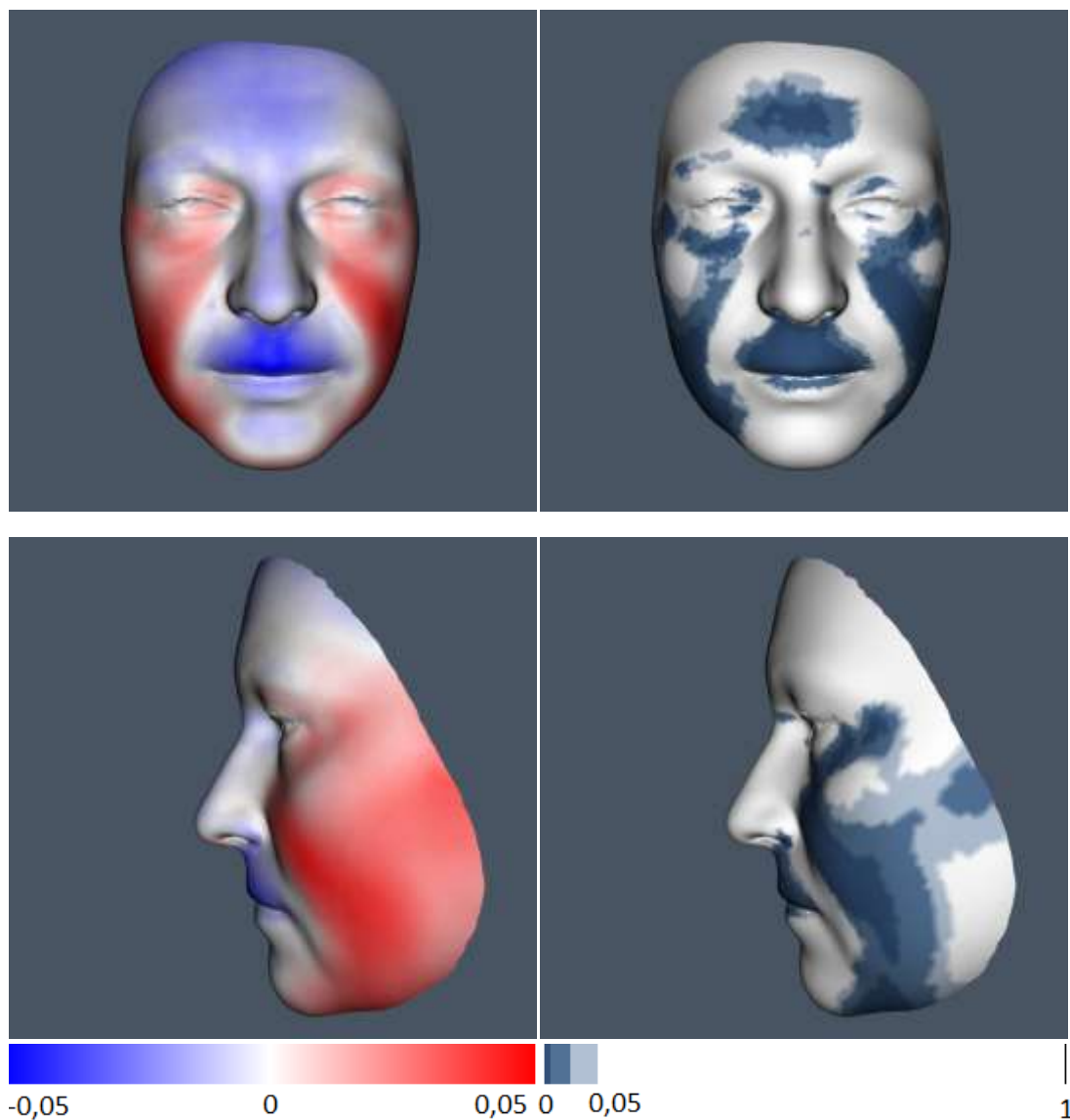
51–60 a 61–70 let

Muži

Výsledky superprojekce mezi průměrným obličejem mužů věkové kategorie 51–60 let a věkové kategorie 61–70 let je možné vidět na obrázku 9.9. Více vpředu se u mužů ze starší věkové kategorie nachází oblast očí, tváře v celém rozsahu střední i dolní třetiny obličeje a částečně laterální části brady. Signifikantní rozdíl je zřejmý pod dolním očním víčkem podél okružní vrásky očí dosahující až laterálně od vnějšího koutka oka a dále vyjma pruhu bezprostředně podél nosortové rýhy, nejvíce laterální

části tváří a podél lícních kostí četně jařmových oblouků se statisticky významný rozdíl objevuje na celých tvářích četně prominující části brady.

Více vzadu u mužů ze starší věkové kategorie leží čelo, nos v celém rozsahu, horní a dolní ret a přední část brady. Statisticky významný rozdíl je pouze v centrální oblasti čela, na horním rtu a červeni rtu dolního.

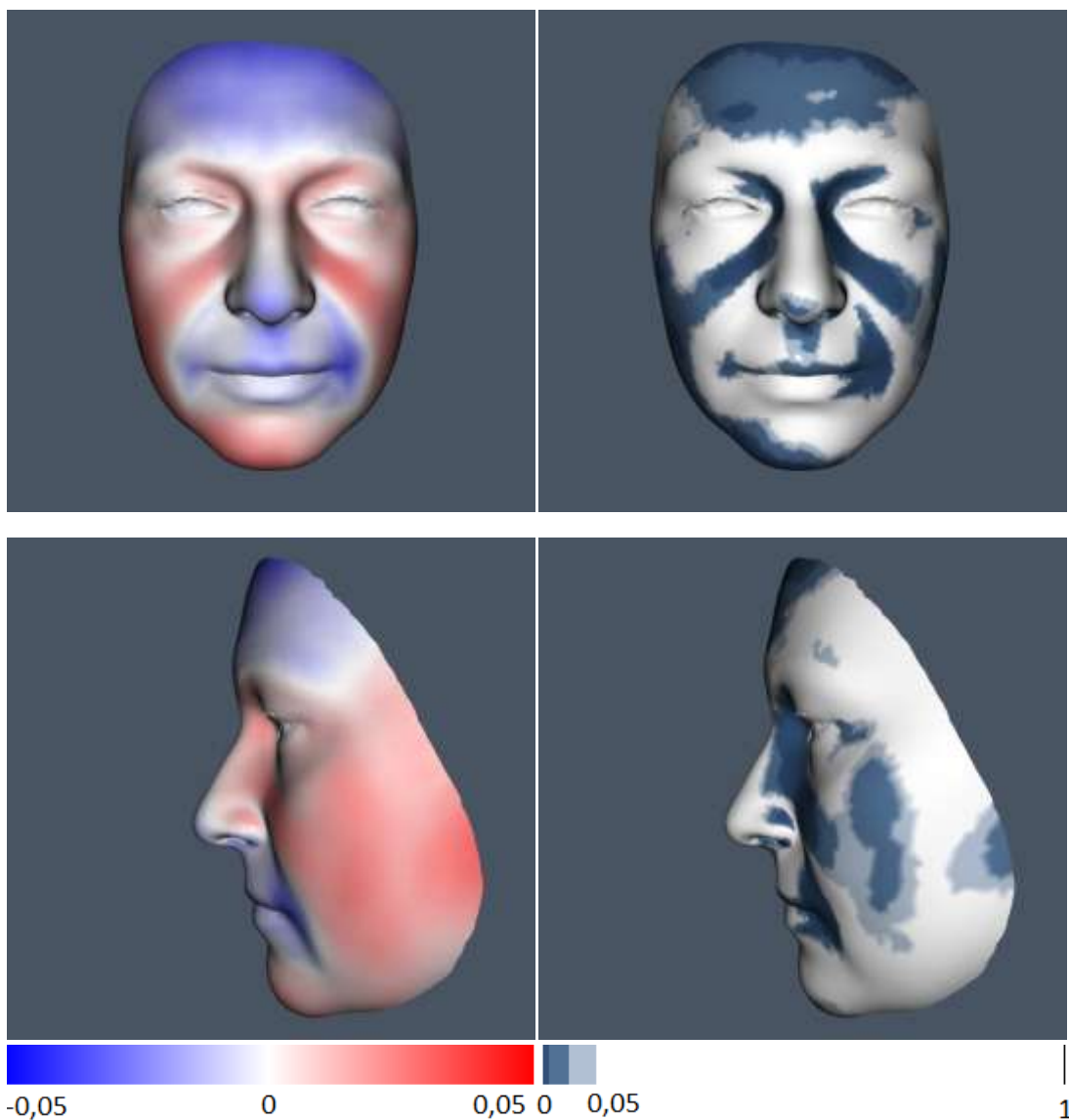


Obrázek 9.9: Superprojekce průměrného tvaru obličeje mužů 4. a 5. věkové kategorie (51–60 a 61–70 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

Ženy

Na obrázku 9.10 je znázorněn pomocí superprojekce předozadní rozdíl mezi průměrným obličejem žen z věkové kategorie 51–60 a 61–70 let. Více vpředu u žen starší věkové kategorie leží oblast v celém rozsahu tváří navazující na dolní víčka, místa po stranách nosu a přes jeho kořen dosahující až podél horního okraje očnice. V dolní části obličeje tato více vpředu ležící oblast tváří navazuje na bradu prominující v celém svém rozsahu. Statisticky významný rozdíl se objevuje v menším rozsahu a to v mediální části horního kraje očnice, po stranách horní části nosu a v malém rozsahu i na nosních křídlech. Signifikantní oblast nosu navazuje v úzkém pruhu na statisticky významnou oblast tváří jako prodloužení mediální části okružní vrásky. Tento pruh navazuje na v malém rozsahu statisticky významnou oblast laterálních částí tváří.

U žen ze starší věkové kategorie leží více vzadu čelo v celé šíři, špička nosu, horní a dolní ret a okolí ústních koutků. Rozdíl čela je signifikantní v přední části nad nadočnicovými oblouky. Statisticky významný rozdíl se objevuje i na špičce nosu, avšak v malém rozsahu, dále v oblasti filtra, na červeni horního rtu, na pravé straně v malém rozsahu kolem ústního koutku a na straně levé statisticky významná oblast kolem ústního koutku dosahuje až nosortové rýhy a laterální části dolního rtu.



Obrázek 9.10: Superprojekce průměrného tvaru obličeje žen 4. a 5. věkové kategorie (51–60 a 61–70 let) – věkové kategorie (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

9.2.5. Porovnání průměrného tvaru obličeje věkových kategorií

61–70 a 71+ let

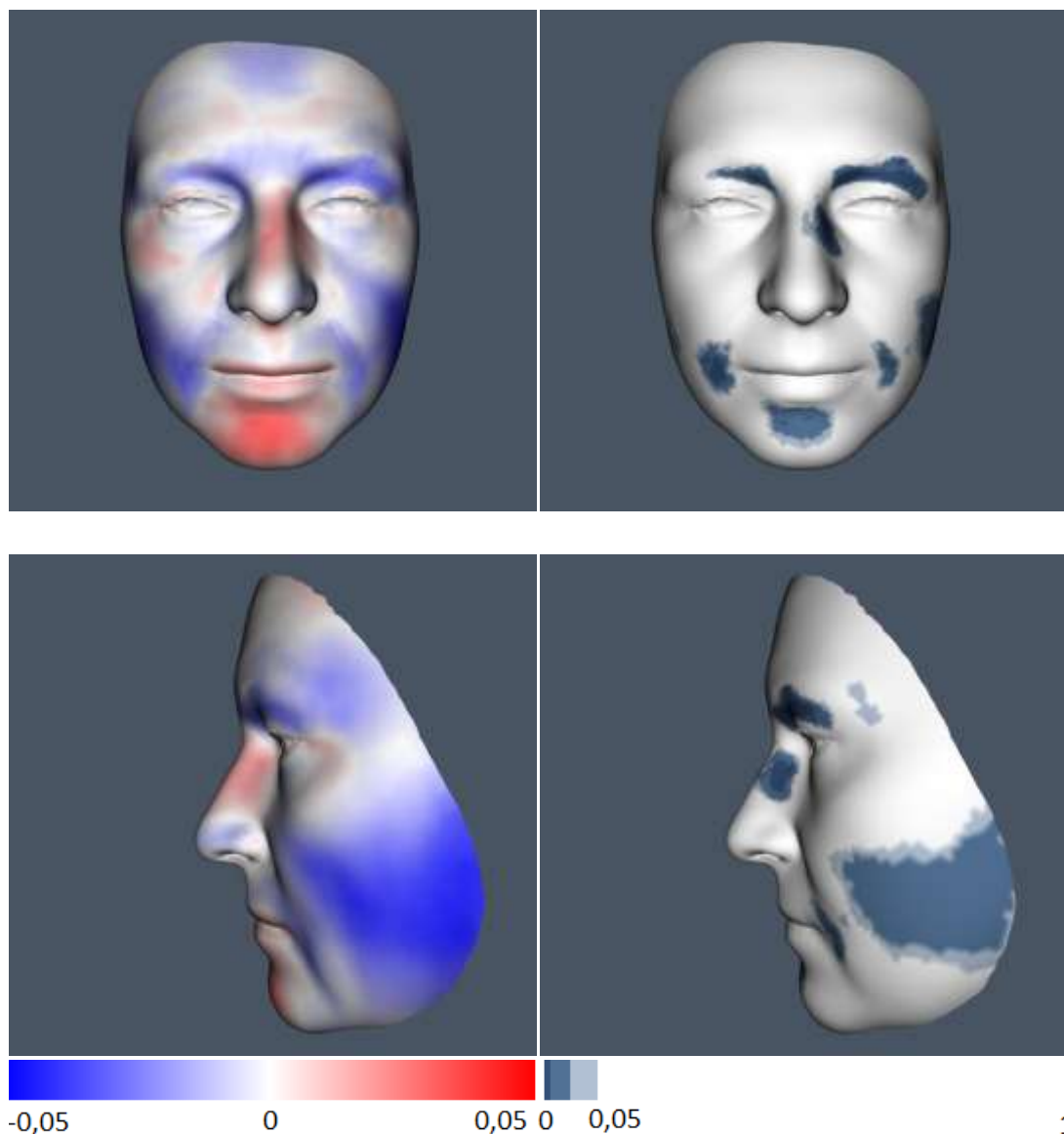
Muži

Výsledek superprojekce mezi průměrným obličejem mužů z věkové kategorie 61–70 let a věkové kategorie 71+ let je znázorněn na obrázku 9.11, přičemž z obrázku je patrné, že se rozdíly objevují v menší míře a případné rozdíly jsou většinou bez signifikance. Zároveň se na červeno/modré mapě obličeje nachází roztroušeně v celém rozsahu místa, kde rozdíl není přítomný vůbec.

U mužů ze starší věkové kategorie se více vpředu nachází místa lokalizovaná roztroušeně v oblasti předního čela, dále oblast laterálně pod dolními víčky, hřbet nosu

a jeho levá strana v rozsahu kostěného podkladu a brada. Signifikantní rozdíl je však pouze na levé straně kostěného podkladu nosu a na bradě v oblasti bradové rýhy.

Více vzadu jsou lokalizovány u jedinců ze starší věkové kategorie nadočnicové oblouky, horní oční víčka, oblast kolem glabely, dále horní část čela ve střední rovině, měkký podklad tváří v celém rozsahu a oblast kolem nosortové rýhy.



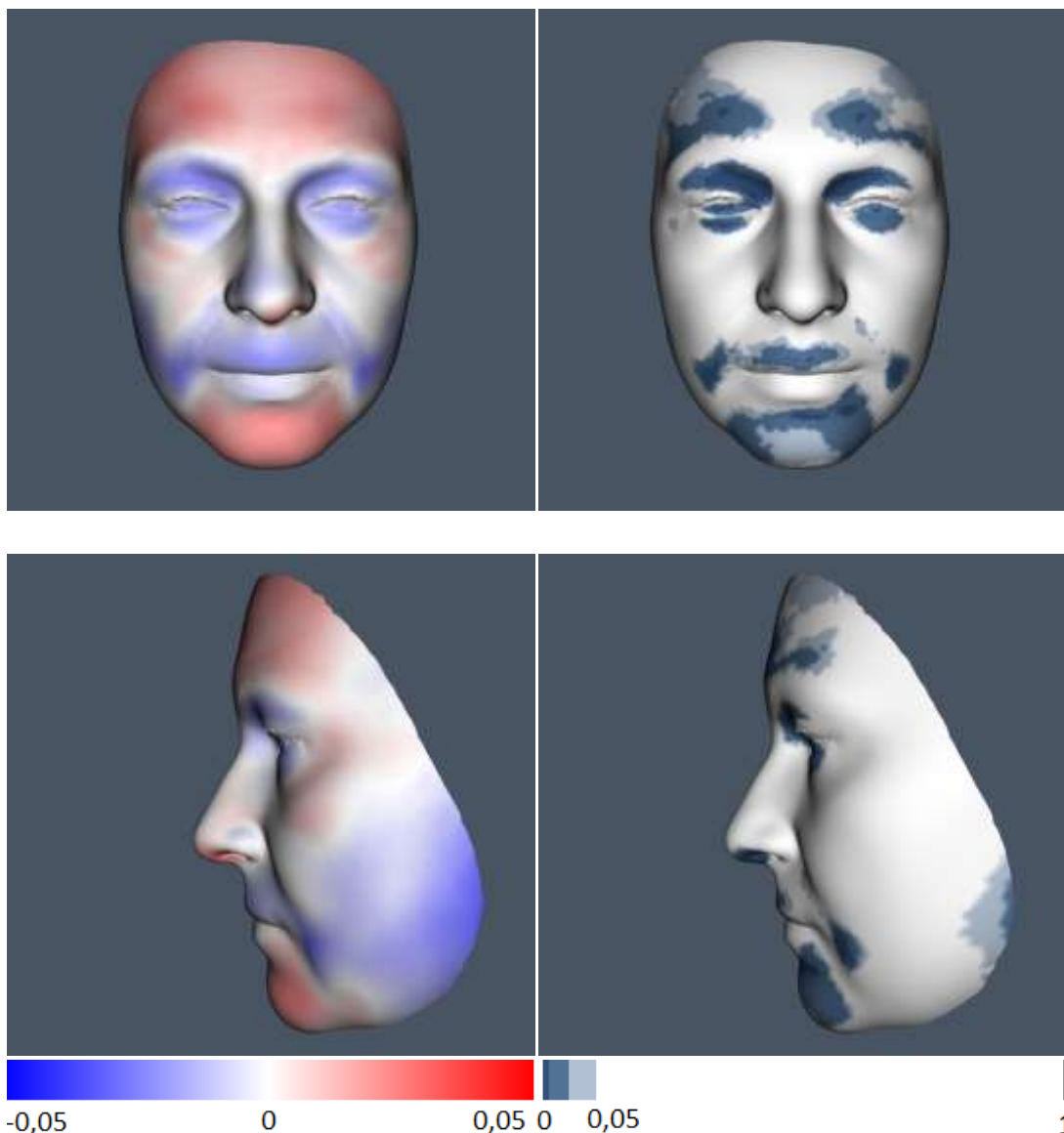
Obrázek 9.11: Superprojekce průměrného tvaru obličeje mužů 5. a 6. věkové kategorie (61–70 a 71+ let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

Ženy

Na obrázku 9.12 je znázorněn předozadní vztah průměrných obličejů žen mezi věkovou kategorií 5 (60–70 let) a 6 (71+ let). Na červeno/modré mapě je možné pozorovat minimální rozdíl v oblasti střední třetiny obličeje a mapa významnosti ukazuje, že se v této oblasti nevyskytuje statisticky významný rozdíl. Více vpředu se

u jedinců ze starší věkové kategorie nachází čelo a brada. Tyto oblasti jsou signifikantní v okolí čelních hrbolů v případě čela a v celém rozsahu brady, přičemž zde větší statistickou významnost vykazují krajní oblasti brady a zatímco její centrální oblast je signifikantní na nižší hladině významnosti.

Naopak více vzadu vůči průměrnému obličejí žen z mladší věkové kategorie se u starších jedinců nachází celá oblast očí, horní ret, oblast kolem ústních koutků a měkký podklad tváří vyjma oblasti podél nosové rýhy, kde se neobjevuje žádný rozdíl. Statisticky významný rozdíl v oblasti čela se jeví v okolí čelních hrbolů a po jeho laterálních stranách.



Obrázek 9.12: Superprojekce průměrného tvaru obličejí žen 5. a 6. věkové kategorie (60–70 a 71+ let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

9.3. Věkové změny formy průměrného obličeje žen a mužů

Stejně jako věkové změny tvaru průměrného obličeje žen a mužů byly hodnoceny věkové změny pro formu. Pomocí superprojekce byla vytvořena červeno/modrá mapa rozdílů jednotlivých šesti věkových kategorií, která byla doplněna mapou signifikance. Pomocí neparametrické multivariační analýzy rozptylu bylo ověřeno, že věkové kategorie mají významný vliv na formu obličeje. Rozdíly mezi jednotlivými věkovými kategoriemi byly hodnoceny jak z frontálního, tak z laterálního pohledu.

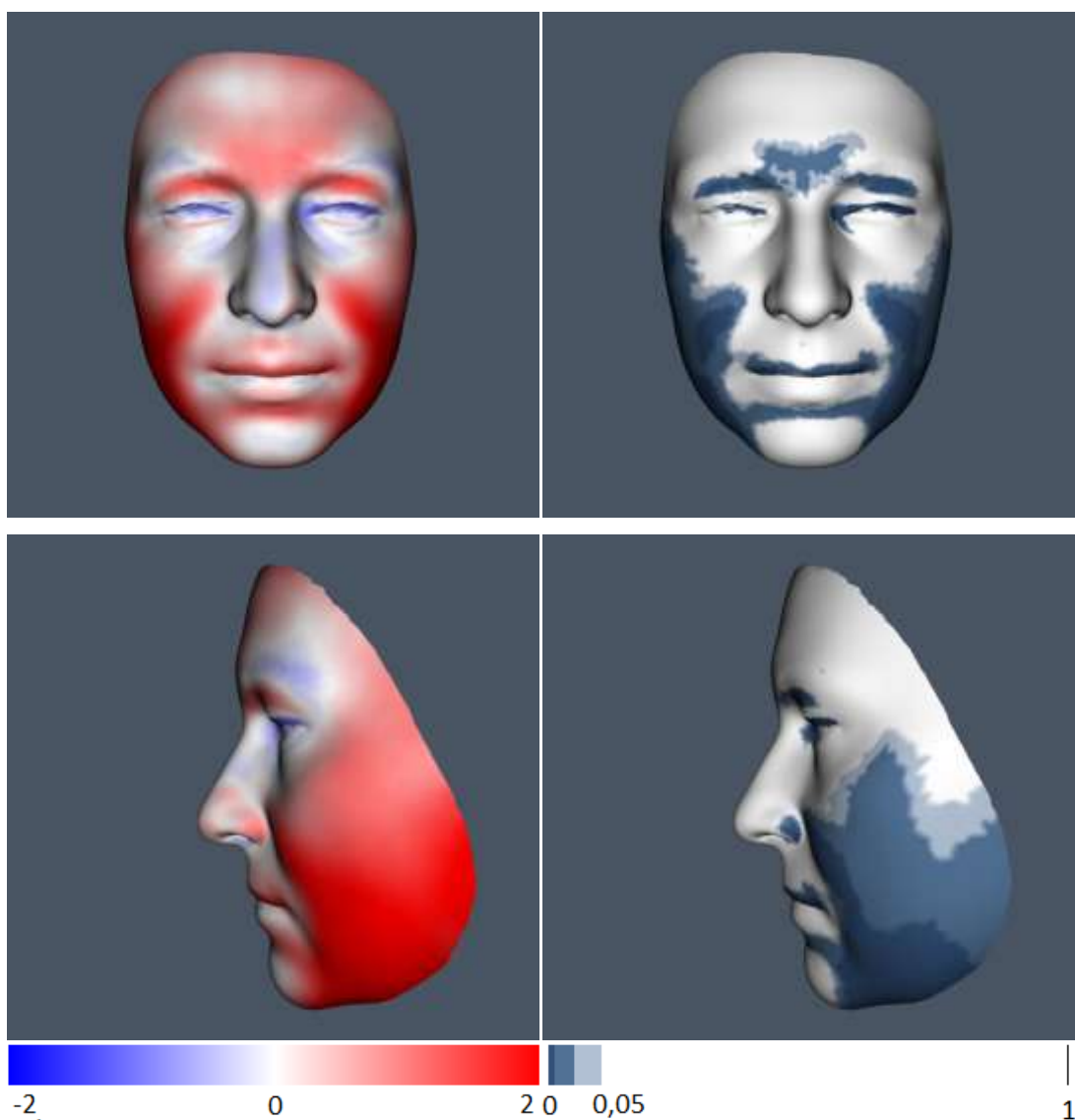
9.3.1. Porovnání průměrné formy obličeje věkových kategorií

20–30 a 31–40 let

Muži

Na červeno/modré mapě rozdílů po superprojekci průměrných forem obličejů mužů z věkové kategorie 20–30 let a 31–40 let na obrázku 9.13 je možné pozorovat prominenci průměrného obličeje jedinců ze starší věkové kategorie téměř v celém rozsahu. Více vzadu se nachází pouze oblast nad laterální polovinou obočí, volné okraje horního očního víčka (*limbus palpebrarum*), vnitřní koutky a malý rozdíl je zřejmý i na hřbetě nosu.

Statisticky významný rozdíl více vpředu postavených částí obličeje mužů ze starší věkové kategorie se nachází v oblasti pod horním okrajem očních, v okolí glabely, v celém rozsahu měkkého podkladu tváří, v malém rozsahu na nosních křídlech, na červeni horního rtu a podél bradové rýhy. Signifikantní rozdíl ve více vzadu uložených částech obličeje je nepatrný a to v místě podél volného okraje horního víčka.

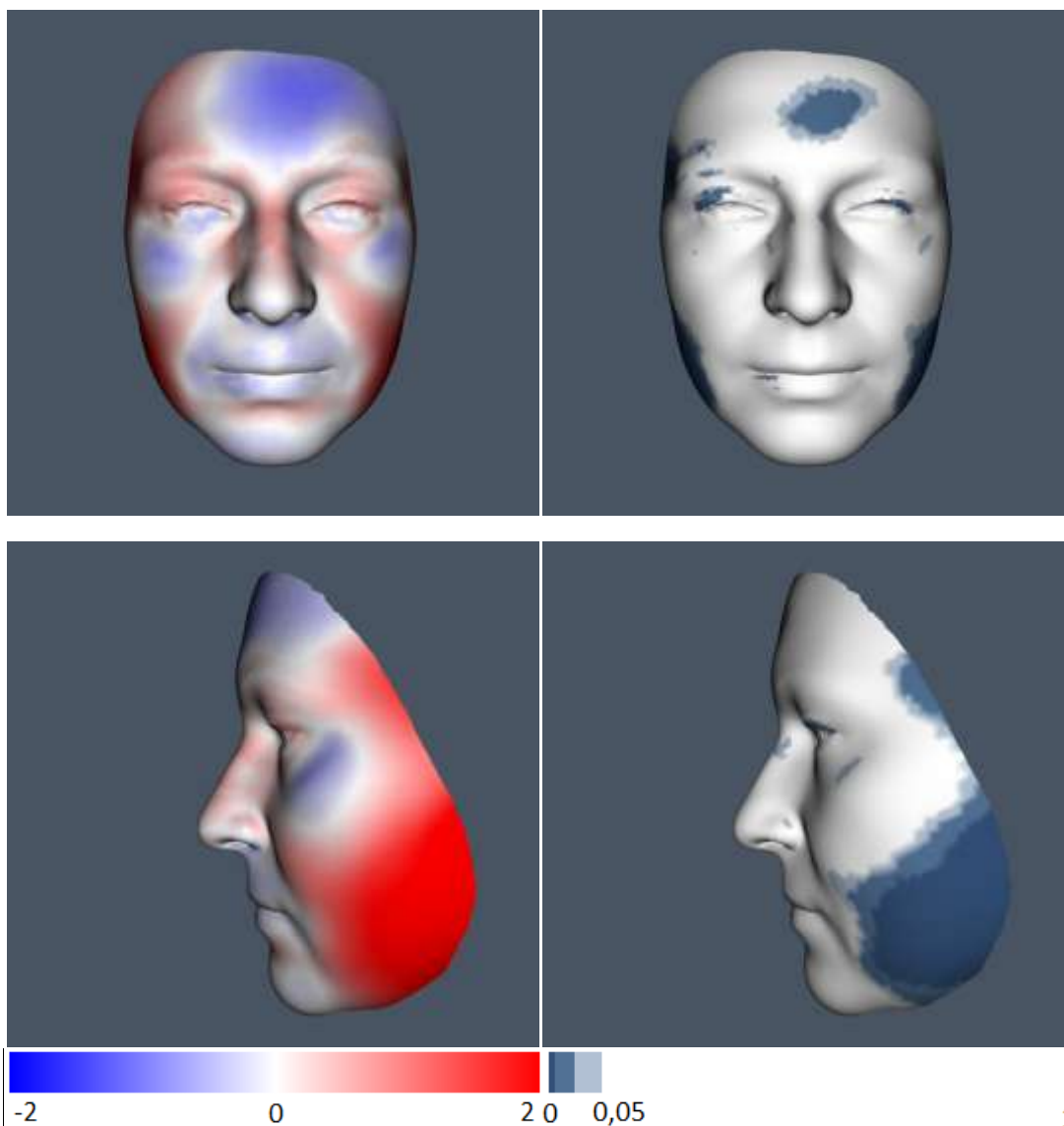


Obrázek 9.13: Superprojekce průměrné formy obličeje mužů 1. a 2. věkové kategorie (20-30 a 31-40 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

Ženy

Na obrázku 9.14 je výsledek superprojekce průměrných modelů formy obličeje žen z věkových kategorií 31–40 let a 41–50 let. U žen ze starší věkové kategorie se více vpředu nachází oblasti laterálních částí čela, horní víčka, horní část nosu a tváře v rozsahu dolní čelisti. Statisticky významný rozdíl se však objevuje v malém rozsahu v nejlaterálnějších částech čela a na prominujících části tváří.

Naopak u starších žen se více vzadu oproti ženám z mladší věkové kategorie nachází střední část čela, oblast laterálně pod očima, horní a dolní ret, oblast kolem ústních koutků a brada. Signifikantní rozdíl však vzniká pouze v centrální oblasti čela.



Obrázek 9.14: Superprojekce průměrné formy obličeje žen 1. a 2. věkové kategorie (20–30 a 31–40 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

9.3.2. Porovnání průměrné formy obličeje věkových kategorií

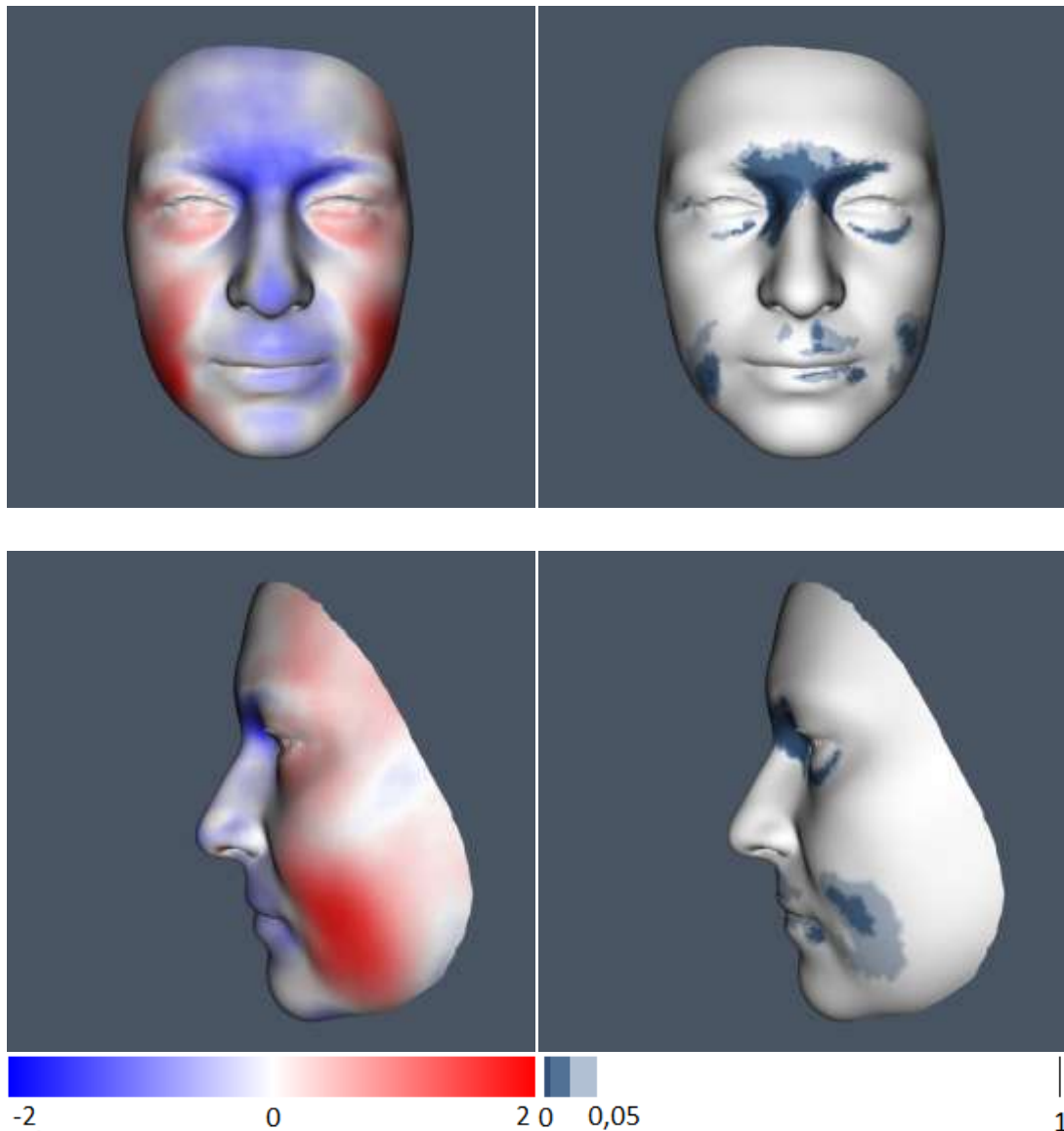
31–40 a 41–50 let

Muži

Na obrázku 9.15 jsou pomocí superprojekce znázorněny předozadní rozdíly mezi průměrnými modely formy obličeje mužů věkové kategorie 31–40 let a 41–50 let. Celá laterální oblast obličeje a dolní oční víčka prominují u mužů ze starší věkové kategorie, avšak statisticky významný rozdíl je přítomen v malém rozsahu v oblasti podél okružní rýhy oka a v malém rozsahu v oblasti tváří laterálně od úst.

Naopak více vzadu se nachází obličej mužů ze starší věkové kategorie v okolí jeho střední osy, přičemž signifikantní rozdíl vzniká v okolí kořene nosu vymezeného shora spojnici nadočnicových oblouků, laterálně vnitřními koutky očí a zdola kořenem

nosu. Statisticky významný rozdíl vzniká v malém rozsahu na levé straně horního rtu a levé straně červeně rtu dolního.



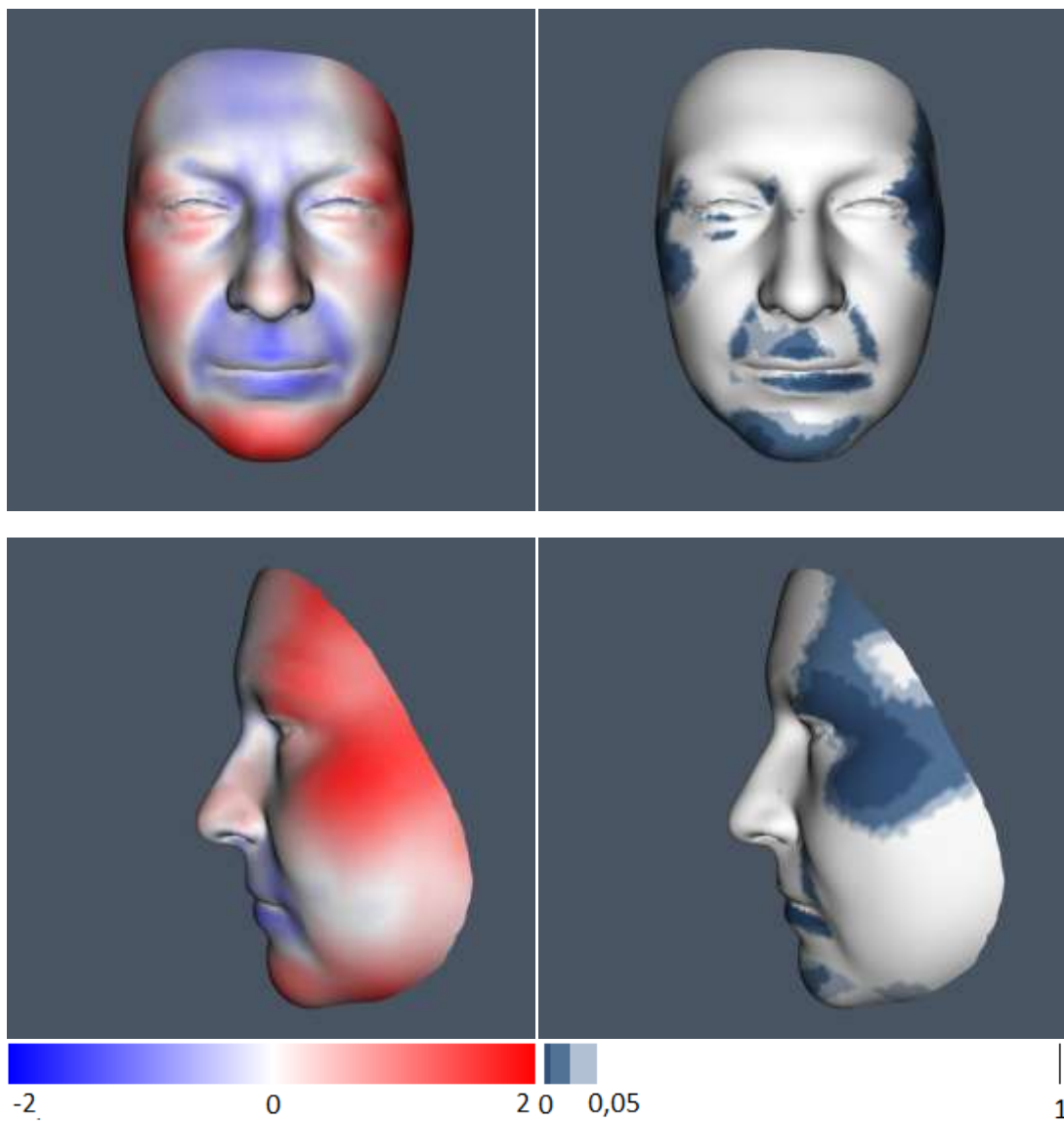
Obrázek 9.15: Superprojekce průměrné formy obličeje mužů 2. a 3. věkové kategorie (31–40 a 41–50 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

Ženy

Výsledek superprojekce průměrných modelů formy obličeje žen věkové kategorie 31–40 let a 41–50 let jsou znázorněny na obrázku 9.16. Obličej žen ze starší věkové kategorie promínuje v oblasti laterálního čela spolu s kostěným podkladem tváří v jejich laterální části a laterální části horního víčka, dále pak v oblasti brady a v její těsné blízkosti kolem dolního okraje dolní čelisti. Statisticky významná místa jsou v laterálním okolí očí zahrnující na levé straně jármový oblouk, laterální část horního očního víčka a horní očníce čteně oblasti nad ní, na levé straně je signifikantní rozdíl

přítomen pouze v oblasti jařmového oblouku. Na bradě se statisticky významný rozdíl objevuje v celém rozsahu.

Naopak u žen z mladší věkové kategorie se střední část čela, nadočnicové oblouky, kostěný podklad nosu a horní a dolní ret nachází více vzadu. Signifikance rozdílu vzniká podél nosortové rýhy, v oblasti nad střední částí červeně horního rtu a na červení rtu dolního.



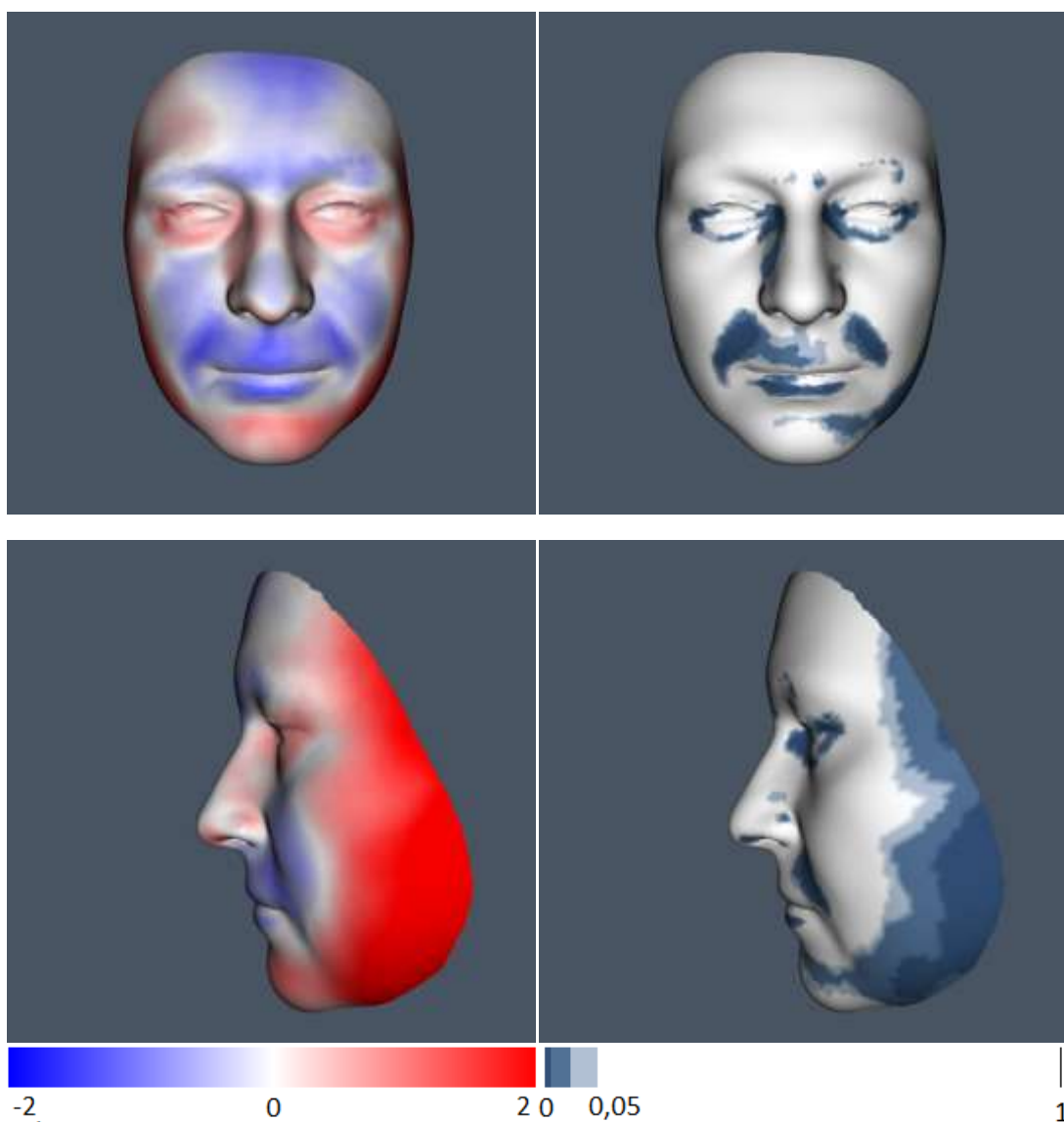
Obrázek 9.16: Superprojekce průměrné formy obličeje žen 2. a 3. věkové kategorie (31–40 a 41–50 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

9.3.3. Porovnání průměrné formy obličeje věkových kategorií 41–50 a 51–60 let

Muži

Na obrázku 9.17 je znázorněn výsledek superprojekce mezi formou průměrného modelu obličeje mužů z věkové kategorie 41–50 let a formou průměrného modelu obličeje mužů z věkové kategorie 51–60 let. Více vpředu u jedinců ze starší věkové kategorie je laterální část střední a dolní třetiny obličeje spolu s dolní laterální částí čela. Dále dolní a horní oční víčka čteně okolí vnějších a vnitřních koutků očí, horní část nosu, nosní křídla nosu a špička nosu v dolní části a brada. Vyjma kostěného podkladu tváří vzniká signifikantní rozdíl v laterálních částech obličeje v celém rozsahu. Signifikance je přítomna i na dolních víčkách a koutcích očí, na pravé straně boku nosu a na levé straně podél bradové rýhy.

Více vzadu se u mužů ze starší věkové kategorie nachází nadočicové oblouky, hřbet dolní části nosu, tváře v okolí nosu a nosortové rýhy a horní a dolní ret. Signifikance vzniká v mnohem menším rozsahu a to kolem nosortové rýhy a na červeni dolního rtu.



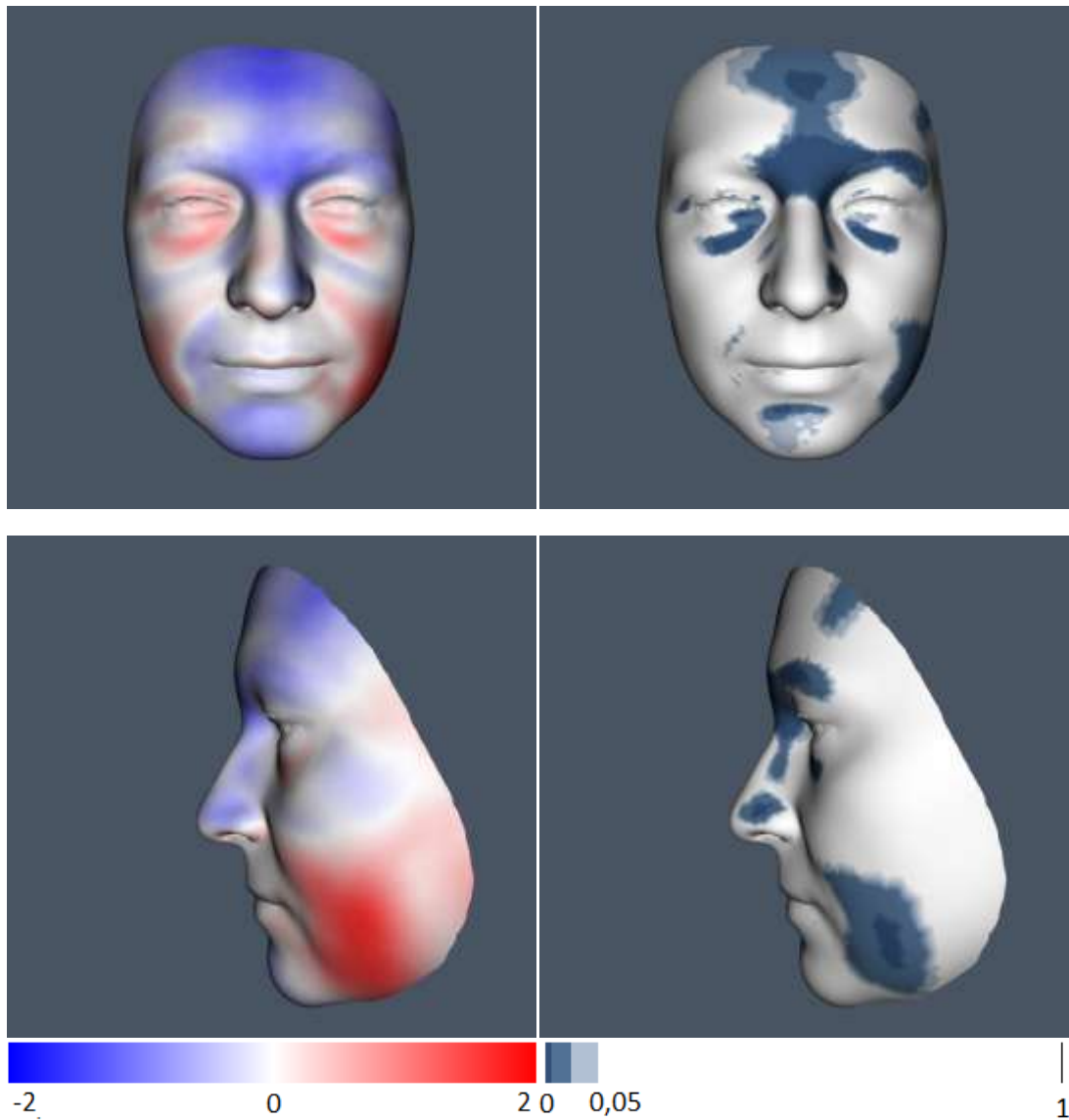
Obrázek 9.17: Superprojekce průměrné formy obličeje mužů 3. a 4. věkové kategorie (41–50 a 51–60 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

Ženy

Výsledky superprojekce formy průměrného obličeje žen mezi věkovou kategorií 41–50 let a 51–60 let jsou znázorněny na obrázku 9.18. U žen ze starší věkové kategorie se nachází více vpředu oblast kolem očí zahrnující horní i dolní víčka a část tváří laterálně od úst sahající podél nosortové rýhy. Signifikantní rozdíl je v mediální části dolních očních víček a pouze na levé straně prominující části tváře.

Více vzadu se u starších žen nachází čelo v rozsahu mezi vnějšími koutky očí, nadočnicové oblouky, nos, horní část kostěného tváří a přední část čelistí, tedy horní a dolní ret, okolí ústních koutků a brada. Statisticky významný rozdíl je v centrální části horního čela, v oblasti glabely ležící mezi nadočnicovými oblouky, kořenem nosu se

mediálním horním krajem očníce, na levé straně je signifikance přítomna též nad celým horním okrajem očníce a v malém rozsahu v místě bradové rýhy.



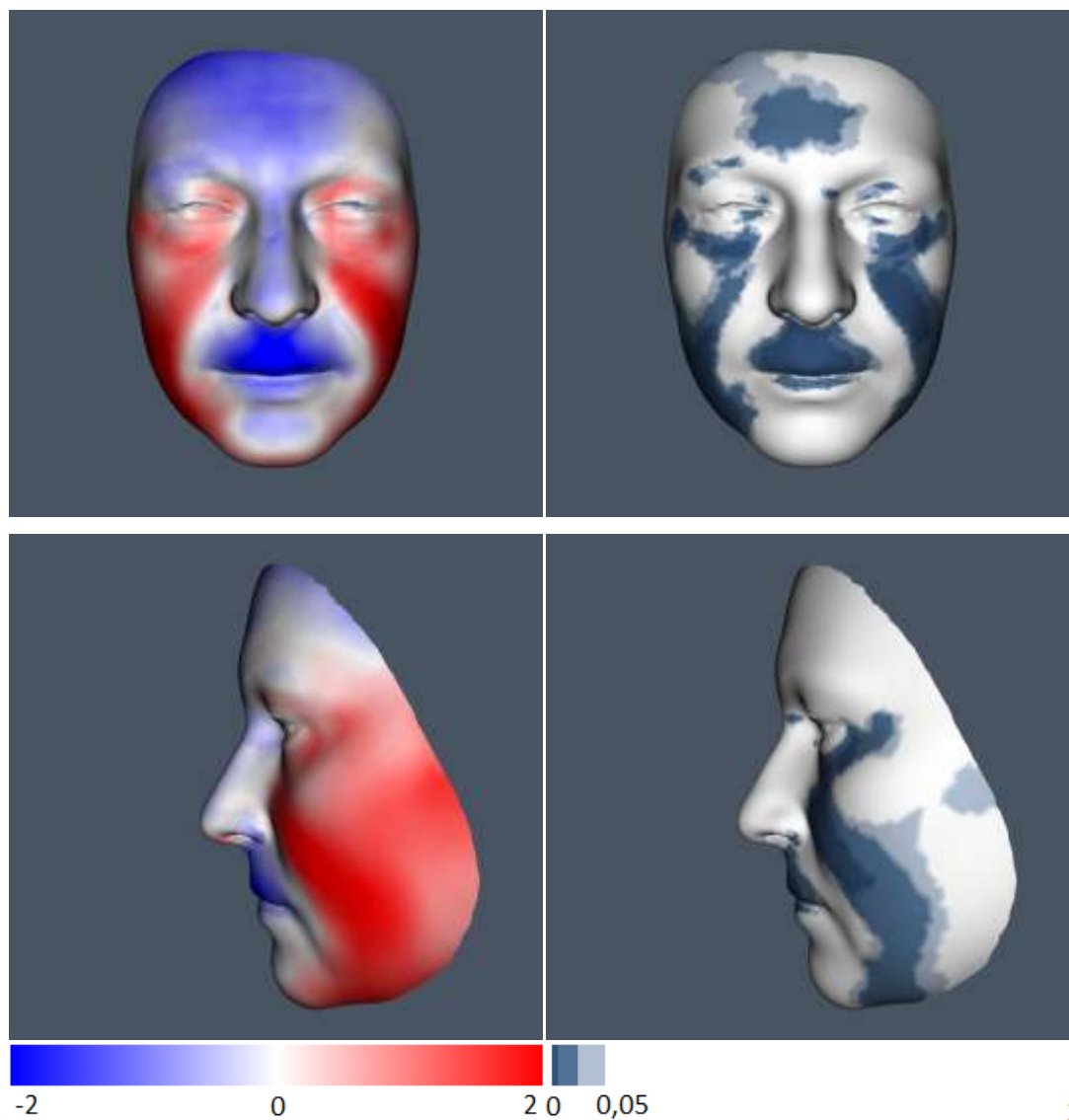
Obrázek 9.18: Superprojekce průměrné formy obličeje žen 3. a 4. věkové kategorie (41–50 a 51–60 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

9.3.4. Porovnání průměrné formy obličeje věkových kategorií 51–60 a 61–70 let

Muži

Na obrázku 9.19 je možné vidět výsledek superprojekce formy průměrných modelů obličeje mužů z věkové kategorie 51–60 let a 61–70 let. Obličej starších mužů promínuje v celém rozsahu tváří a plynule navazuje na prominenci dolních očních víček a dolní kraj brady. Statisticky významný rozdíl se nachází na spodní části dolního víčka, laterálně od očních koutků a na tvářích podél nosortové rýhy přes laterální oblast úst až k dolnímu okraji dolní čelisti.

Naopak čelo spolu s nadočnicovými oblouky a částečně horním okrajem oční, celý nos, horní ret vyjma míst kolem nosortové rýhy, dolní ret a v malém rozsahu přední část brady se u mužů ze starší věkové kategorie nachází více vzadu oproti mužům mladším. Statisticky významný rozdíl se objevuje v centrální oblasti čela, v celém rozsahu více vzadu ležící části horního rtu a na červeni rtu dolního.



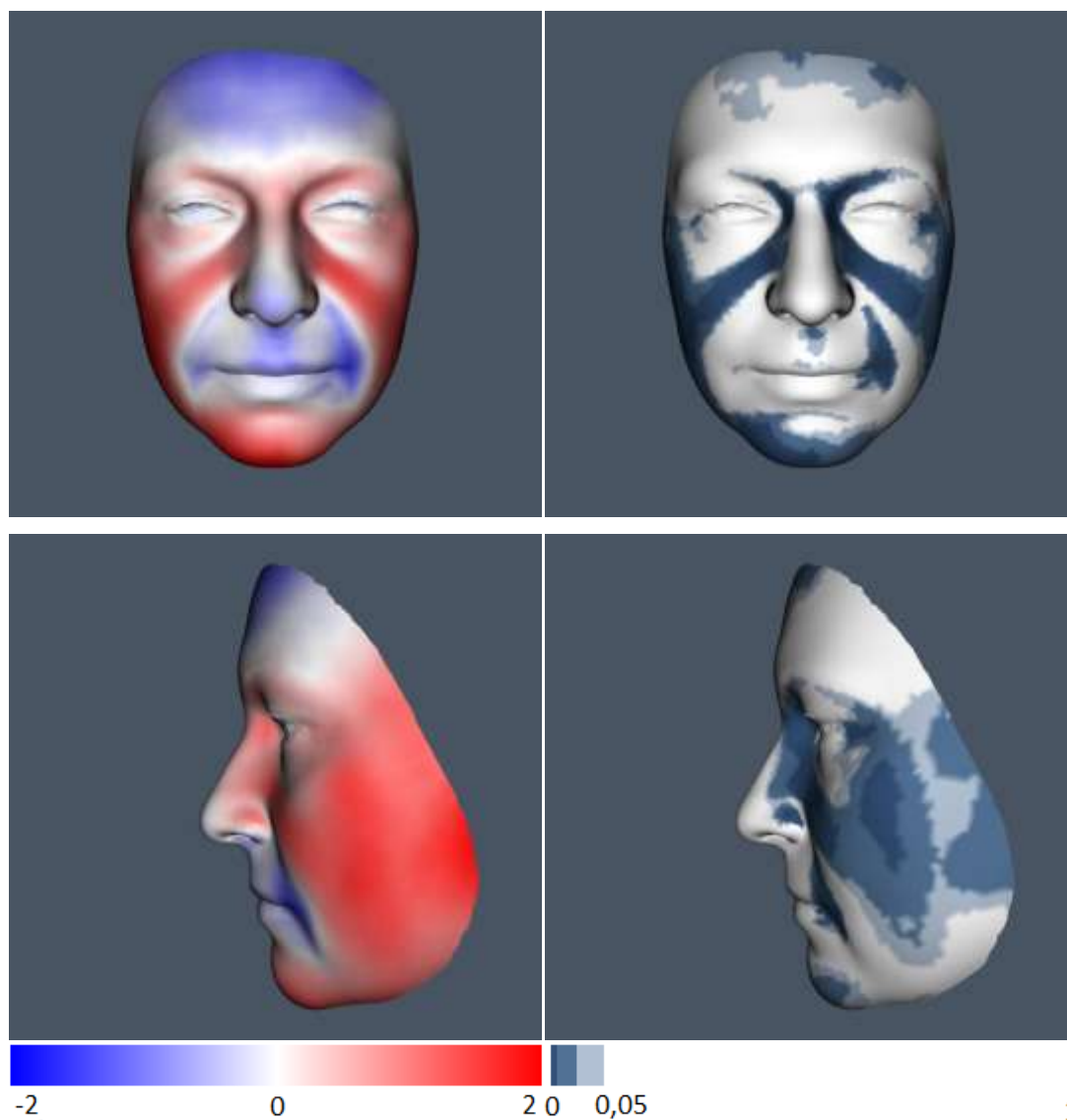
Obrázek 9.19: Superprojeckce průměrné formy obličeje mužů 4. a 5. věkové kategorie (51–60 a 61–70 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

Ženy

Na obrázku 9.20 je výsledek superprojeckce průměrných forem obličejů žen mezi věkovou kategorií 51–60 let a 61–70 let. U žen ze starší věkové kategorie promínuje vyjma okolí úst a dolní části nosu celá střední a dolní třetina obličeje, tedy nadočnicové oblouky a celá oblast očí, déle horní část nosu v celém rozsahu, tváře v celém rozsahu, na něž navazuje více vpředu uložená brada. Statisticky významný rozdíl leží

v rozsáhlých oblastech obličeje. A to v pruhu vedoucího od mediálního okraje horní očníce přes postranní část kořenu nosu a mediální části okružní rýhy k místům laterálně od nosortové rýhy, kde navazuje na signifikantní část tváří v jejich laterálních částech.

Více vzadu se u jedinců ze starší věkové kategorie nachází čelo, dolní část nosu, horní a dolní ret a okolí ústních koutků. Statisticky významná oblast je pouze v oblasti levého ústního koutku.



Obrázek 9.20: Superprojeckce průměrné formy obličeje žen 4. a 5. věkové kategorie (51–60 let a 61–70 let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

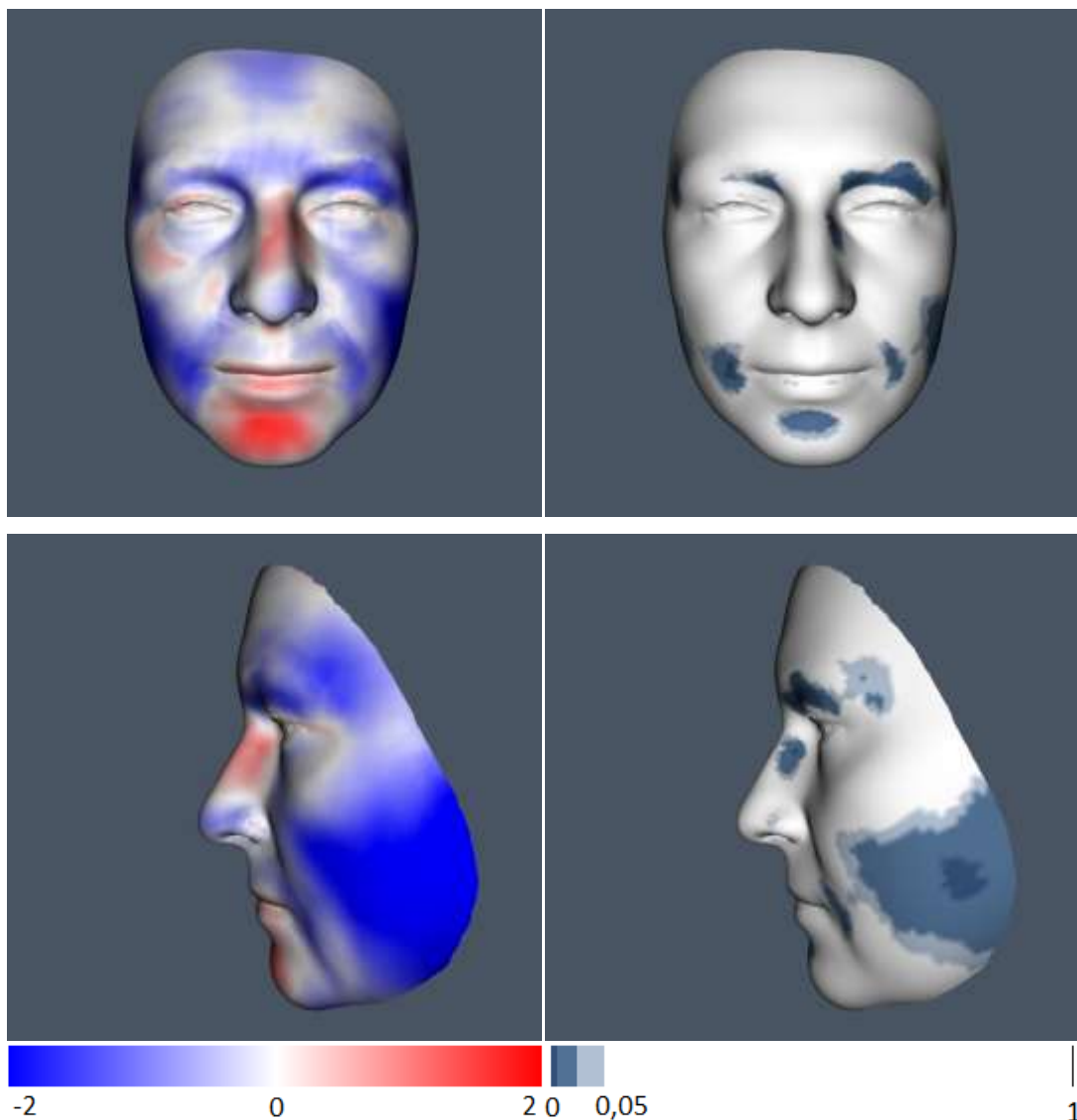
9.3.5. Porovnání průměrné formy obličeje věkových kategorií 61–70 a 71+ let

Muži

Výsledky superprojeckce průměrných modelů obličeje mužů z věkové kategorie 61–70 let a věkové kategorie 71+ let jsou znázorněny na obrázku 9.21. U mužů ze starší

věkové kategorie se nachází více vpředu nepatrná oblast horní části hřbetu nosu, oblast laterálně pod očima a přední část brady. Signifikance se nachází pouze v malém rozsahu na pravé straně kostěného nosu, na červeni dolního rtu a v přední části brady.

Naopak více vzadu se nachází u starších mužů oblast čela, nadočnicové oblouky spolu s horním okrajem očníce, okolí ústních koutků a měkký podklad tváří. Statisticky významný rozdíl se nachází na horním okraji očníce po celé délce na levé straně, zatímco na pravé straně se tato signifikance nachází pouze v mediální části. Dále laterálně od ústních koutků a na měkkém podkladu tváří mezi úhlem dolní čelisti a laterální oblastí od úst.

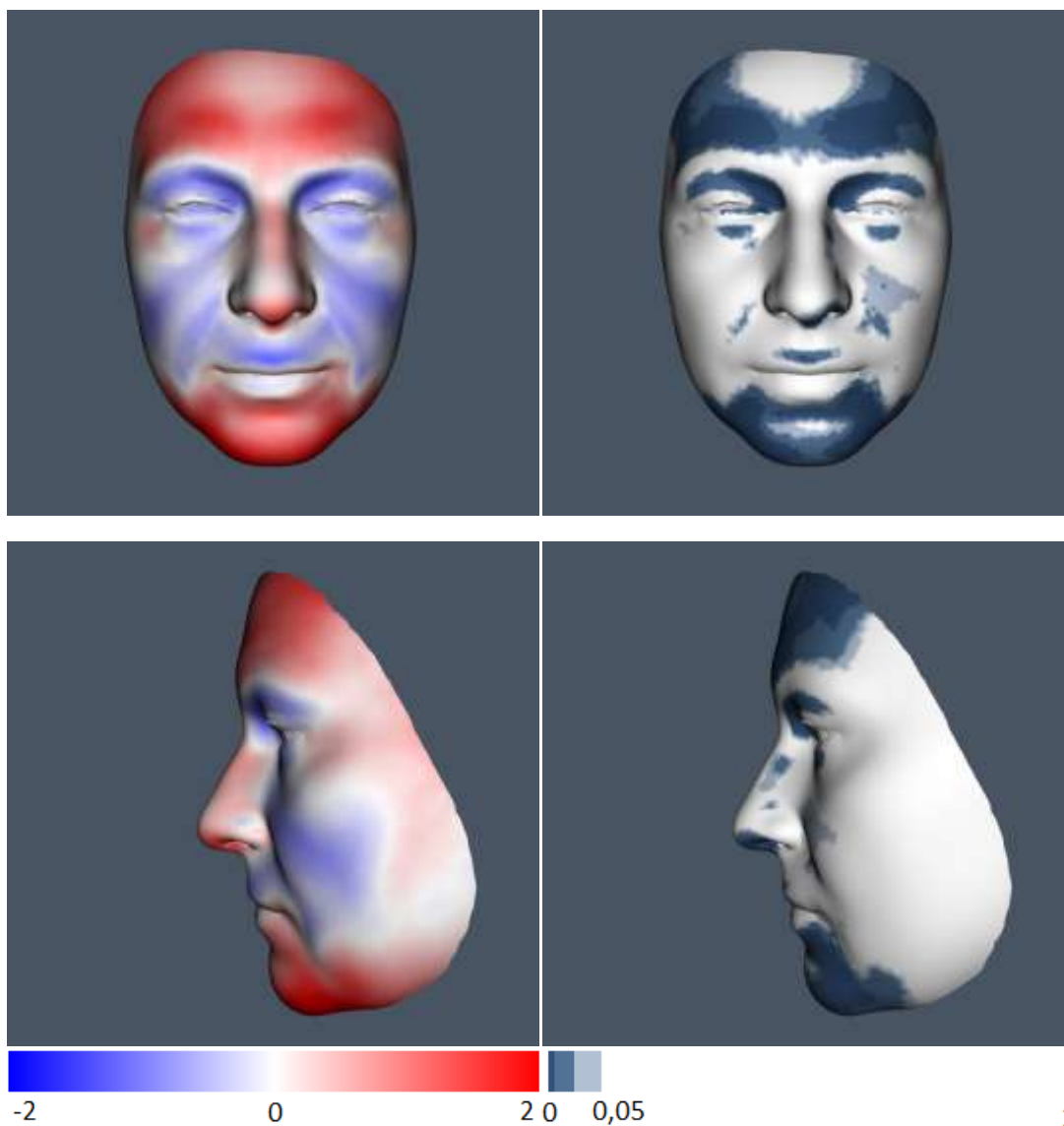


Obrázek 9.21: Superprojekce průměrné formy obličeje mužů 5. a 6. věkové kategorie (61–70 let a 71+ let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

Ženy

Na obrázku 9.22 jsou pomocí superprojekce znázorněny předozadní rozdíly průměrné formy obličeje žen věkové kategorie 61-70 let a věkové kategorie 71+ let. U starších žen se více vpředu nachází celá oblast čela, nos, dolní ret, celá brada a její laterální okolí. Signifikance se nachází v horní a dolní třetině obličeje. Rozdíl v oblasti čela je statisticky významný v celém rozsahu vyjma horní části v medianní rovině. Kromě bradové rýhy se signifikance objevuje v celém rozsahu brady čteně jejích postranních částí.

Naopak u nejstarších žen se více vzadu nachází obličej pod horním okrajem očníce, horní a dolní víčka, přední část měkkého i tvrdého podkladu tváří, horní ret a okolí ústních koutků. Statisticky významný rozdíl však vzniká pouze pod horním okrajem očníce a v malém rozsahu na dolním víčku.



Obrázek 9.22: Superprojekce průměrné formy obličeje žen 5. a 6. věkové kategorie (61–70 let a 71+ let) – (vlevo); mapa významnosti rozdílů superprojektovaných modelů (vpravo); frontální pohled (nahore) a laterální pohled (dole).

9.4. Porovnání věkových změn průměrných tvarů obličeje mužů a žen

Věkové rozdíly průměrných modelů tvaru obličeje mužů a žen mezi jednotlivými šesti věkovými kategoriemi – 20–30 a 31–40 (1–2), 31–40 a 41–50 (2–3), 41–50 a 51–60 (3–4), 51–60 a 61–70 (4–5), 61–70 a 71+ (5–6) let – jsou souhrnně znázorněny spolu s jejich mapami významnosti na obrázcích 9.23 (muži) a 9.25 (ženy). Pro srovnání hodnocení věkových rozdílů v obličeji byli probandi rozděleni ještě do tří kategorií – 20–40 a 41–60 (a–b), 41–60 a 61+ (b–c) let, jak je možné vidět na obrázcích 9.24 (muži) a 9.26 (ženy).

Při interpretování věkových změn jednotlivých částí obličeje a jejich případné určení do konkrétní dekády života byl brán na zřetel transversální typ dat, jenž se může projevit při menším množství jedinců v úzkých věkových intervalech. Kromě rozdělení probandů do šesti věkových kategorií (po deseti letech) jsou proto věkové rozdíly sledovány také v kategoriích širších a četnějších (tři po dvaceti letech). Po rozdělení probandů do tří věkových kategorií bylo možné některé rozdíly vzniklé vlivem transversálních dat vysledovat a určit ty rozdíly, které transversálním typem dat nemusí být ovlivněny.

Muži

Porovnání věkových změn mužů lze vidět na obrázcích 9.23 a 9.24. Čelo během celého života ustupuje, jak je možné vidět na obrázku 9.23. Mezi věkovými kategoriemi 41–60 a 61+ (b–c) je ústup čela výraznější než mezi kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b). Po rozdělení do šesti věkových kategorií je možné blíže určit tento ústup do dekády. Signifikantní rozdíl mezi starší a mladší věkovou kategorií se objevuje mezi šestou a sedmou dekádou života (4–5), tedy k ústupu čela dochází u mužů po celý život, ale v sedmé dekádě pravděpodobně nejvíce. Po sedmé dekádě se jeví, že k ústupu čela již nedochází, vzhledem k malé sytosti barev znázorňující věkový rozdíl (obr. 9.23).

Během celého života u mužů ustupuje oblast **glabely**, jak je možné vidět po rozdělení do tří věkových kategorií na obrázku 9.24. Ovšem po rozdělení do šesti věkových kategorií není možné tento ústup pozorovat se signifikancí v žádné věkové kategorii, dokonce ve čtvrté dekádě života, tedy mezi věkovými kategoriemi 20–30 a 31–40 (1–2) jak je možné vidět po rozdělení do šesti věkových kategorií na obrázku 9.23, dochází ke zvýraznění glabely namísto jejího ústupu. Vzniklý rozdíl není signifikantní a zřejmě se bude jednat o vliv transversálních dat, ačkoliv v souvislosti s navazující prominencí nadočnicových oblouků ve čtvrté dekádě života, by bylo možné uvažovat, že nejde o vliv transversálních dat. U mužů tedy dochází k ústupu glabely kontinuálně po celý život, je však možné že tento ústup glabely začíná až po čtvrté dekádě života.

Na ustupující glabelu navazuje ústup **nadočnicových oblouků a horního okraje očnice**, jak je možné pozorovat na obrázku 9.24. Mezi věkovými kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b) ustupuje především mediální polovina nadočnicové oblouku. Z obrázku 9.23 je vidět, že v žádné věkové kategorii není možné pozorovat výraznější ústup nadočnicových oblouků. Ty tedy pravděpodobně ustupují kontinuálně během celého

života, avšak stejně jako v případě glabely, po rozdělení do šesti věkových kategorií je patrná naopak zvyšující se prominence nadočnicových oblouků spolu s horním okrajem očníce ve čtvrté dekádě života, tedy rozdíl vzniklý mezi třetí a čtvrtou dekádu (1–2), jak je vidět na obrázku 9.23. Vzhledem k významnosti prominence horního okraje očníce mezi 30–40 rokem života, pravděpodobně dochází k jeho ústupu až po čtvrté dekádě života. V případě nadočnicových oblouků není možné určit, zda se jedná o vliv transversálních dat či nikoli, avšak v souvislosti s přílehlými strukturami by bylo možné soudit, že k jejich ústupu dochází až po čtvrté dekádě života. Výrazný ústup horního okraje očníce je zřejmý po sedmé dekádě života, jak je možné vidět na obrázku 9.23 z rozdílu mezi věkovou kategorií 60–70 a 71+ (5–6), avšak není jasné, zda se jedná o vliv transversálních dat či nikoli.

Během života dochází k sestupu **horních i dolních očních víček**, jak je možné vidět na obrázku 9.24 po rozdělení probandů do tří věkových kategorií. Po rozdělení do šesti věkových kategorií není možné vysledovat bližší časové určení vzniku prominence horních a dolních víček. Oční víčka se během života tedy sesouvají dolů pravděpodobně kontinualně.

Kořen nosu se během života postupně zužuje, jak je možné vidět na obr. 9.24. K výraznému zúžení a snížení dochází mezi věkovými kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b), tedy v páté a šesté dekádě života. Po rozdělení do šesti věkových kategorií (obr. 9.23) je možné toto zúžení vzhledem k přítomnosti signifikance rozdílu mezi věkovou kategorií 31–40 a 41–50 (2–3) blíže určit do páté dekády, zatímco v dekádě čtvrté, jak je možné vidět na obrázku 9.23 mezi věkovými kategoriemi 1–2 (20–30 a 31–40), je kořen nosu nemněnný. Do čtvrté dekády života nejsou zjevné změny v oblasti kořene nosu, v páté dekádě dojde pravděpodobně k jeho výraznějšímu zúžení a během dalšího života se v menší míře dále kontinualně zužuje.

Kontinualně během života dochází ke snižování hřbetu nosu, tedy k celkovému snížení prominence nosu, což je vidět na obrázcích 9.23 a 9.24. Mezi věkovými kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b), tedy v páté a šesté dekádě dochází k výraznějšímu snížení v dolní oblasti hřbetu nosu než v dekádách následujících. Po rozdělení do šesti věkových kategorií není zřejmé, že by k výraznému snížení hřbetu nosu došlo během jedné dekády. Během života dochází k velmi nepatrnému rozšíření **nosních křídel**, avšak bez signifikance.

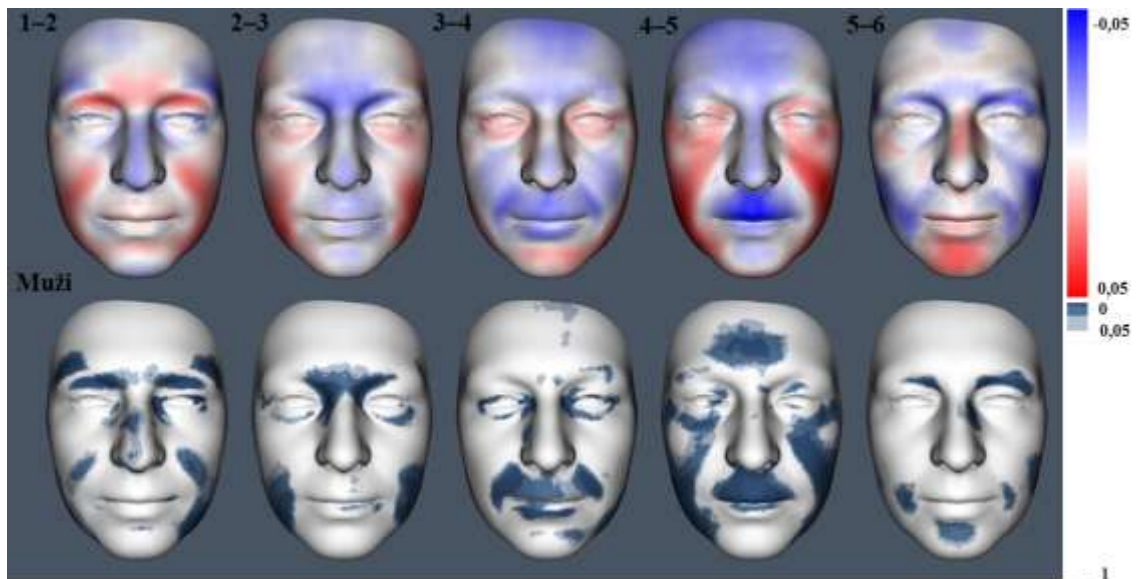
Během celého života dochází k rozšiřování obličejové oblasti **tváří**, jak je možné vidět po rozdělení do tří věkových kategorií na obrázku 9.24, kde je dobře viditelná

zvýšující se prominence s věkem v rozsahu celých tváří. Mezi věkovými kategoriemi 41–50 a 51–60 se zdá přední oblast tváří ustupovat. S ohledem na jinak dobře viditelný trend zvětšování tváří se jedná pravděpodobně o vliv transversálních dat. Po rozdělení do šesti věkových kategorií se jeví výrazné rozšiřování obličeje v dolních částech tváří v každé věkové kategorii. Ke zvratu této tendence, jak je možné vidět z rozdílu mezi věkovými kategoriemi 61–70 a 71+ (5–6) na obrázku 9.23, dochází po sedmé dekádě života, přičemž tváře ustupují a jeví se propadlé. Statistická významnost tohoto jevu je však v malém rozsahu a jev není zaznamenatelný po rozdělení do tří věkových kategorií, je tady možné, že se jedná o vliv transversálních dat. Během celého života dochází ke kontinuálnímu rozšiřování obličeje vlivem zvětšujících se tváří, přičemž k největšímu rozšiřování dochází v dolní třetině obličeje. Je možné, že po sedmé dekádě života dochází k propadnutí tváří a ztrátě jejich plnosti.

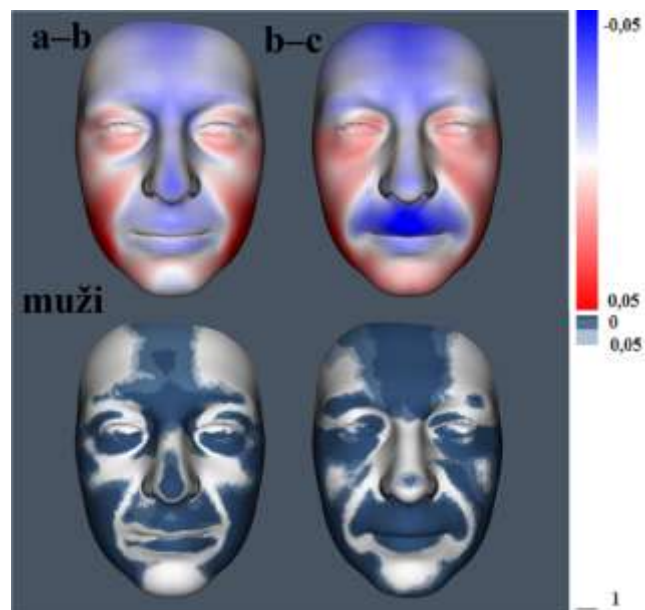
Jak je možné vidět na obrázku 9.24, oblast **horního rtu** ustupuje s věkem po celý život, avšak mezi kategoriemi 41–60 a 61+ (b–c) je tento ústup velmi výrazný. Po rozdělení do šesti věkových kategorií je možné vysledovat výraznější ústup horního rtu do konkrétních dekád. V případě rozdílu mezi věkovými kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b), tedy ústupu horního rtu v páté a šesté dekádě života, je pravděpodobně možné časově přiblížit tento ústup do šesté dekády života, jak je možné vidět z rozdílu mezi věkovou kategorií 41–50 a 51–60 (3–4) na obrázku 9.23. V případě rozdílu mezi kategoriemi 41–60 a 61+ (b–c) je pravděpodobně možné určit výraznější ústup do sedmé dekády, jak je vidět z rozdílu mezi věkovou kategorií 51–60 a 61–70 na obrázku 9.23. Během celého života dochází k ústupu horního rtu, přičemž v šesté a sedmé dekádě je tento ústup velmi výrazný.

Dolní ret, stejně jako horní, ustupuje po celý život, jak je možné pozorovat na obrázku 9.23 i 9.24. Po rozdělení do šesti věkových kategorií není možné určit změnu dolního rtu do konkrétní dekády.

Přední oblast **brady** se zdá během celého života neměnná, což se jeví po rozdělení do tří i šesti věkových kategorií (obr. 9.23 a 9.24). Její dolní část klesá po šesté dekádě života, jak je možné vidět z rozdílu mezi věkovou kategorií 41–60 a 61+ (b–c), přičemž není možné pokles brady blíže časově určit za pomoci rozdělení do šesti věkových kategorií. Brada je během života neměnná a po šesté dekádě života dochází k jejímu sestupu.



Obrázek 9.23: Věkové rozdíly průměrných modelů tvaru obličeje mužů mezi věkovými kategoriemi 20–30 a 31–40 (1–2), 31–40 a 41–50 (2–3), 41–50 a 51–60 (3–4), 51–60 a 61–70 (4–5), 61–70 a 71+ (5–6), (nahore) a místa, kde vzniká signifikantní rozdíl (dole).



Obrázek 9.24: Věkové rozdíly průměrných modelů tvaru obličeje mužů mezi věkovými kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b), 41–60 a 61+ (b–c); (nahore) a místa, kde vzniká signifikantní rozdíl (dole).

Ženy

Porovnání věkových změn žen lze vidět na obrázcích 9.25 a 9.26. U žen dochází během života k ústupu čela a to především v jeho přední horní části, jak je vidět po rozdělení do tří věkových kategorií na obrázku 9.26, takže se s věkem čelo žen zešikmuje a oplošťuje. Po rozdělení do šesti věkových kategorií je možné mezi věkovými kategoriemi 61–70 a 71+ (5–6) vidět zvrát, kdy po sedmé dekádě života namísto ústupu čela dochází k jeho posunu vpřed, přičemž nejvýrazněji kolem čelních hrbolů (obr. 9.25). Je možné, že se v tomto případě jedná o vliv transversálních dat.

K největšímu ústupu čela dochází v šesté a sedmé dekádě života, jak lze vidět na obrázku 9.25 z rozdílu mezi 3. a 4. (41–50 a 51–60) věkovou kategorií a 4. a 5. (51–60 a 61–70) věkovou kategorií, což se jeví vzhledem k přítomné signifikanci a stejnému trendu po rozdělení do tří věkových kategorií jako skutečná přítomnost výrazného rozdílu, nikoliv jako vliv transversálních dat. Čelo žen do sedmé dekádě během života ustupuje, přičemž k nejvýraznějšímu ústupu dochází v šesté a sedmé dekádě života.

Oblast **glabely** ustupuje v páté a šesté dekádě života, jak je možné vidět z rozdílu mezi věkovými kategoriemi a–b (20–40 a 41–60) na obrázku 9.26 po rozdělení do tří věkových kategorií. Následně se ústup glabely nejeví. Po rozdělení do šesti věkových kategorií je možné výrazný ústup glabely určit do šesté dekády života. Vzhledem k tomu, že tento výrazný ústup koresponduje s ústupem pozorovatelným po rozdělení do tří věkových kategorií, nejedná se pravděpodobně o vliv transversálních dat.

Nadočnicové oblouky ani **horní okraj očnice** se s věkem nemění, jak je možné vidět po rozdělení do tří věkových kategorií na obrázku 9.26. Po rozdělení do šesti věkových kategorií (obr. 9.25) je možné pozorovat střídání ústupu těchto oblastí s jejich prominencí. Vzhledem k nepřítomnosti statistického rozdílu a s přihlédnutím na stálost těchto struktur po rozdělení do tří věkových kategorií, je možné soudit, že se pravděpodobně jedná o vliv transversálních dat. Nadočnicové oblouky a horní okraj očnice se u žen jeví jako neměnné struktury.

Dolní víčka se během života posouvají dolů. Jak je možné vidět na obrázku 9.26 z rozdílu mezi věkovou kategorií a a b (20–40 a 41–60), k výraznému sestupu dochází v páté a šesté dekádě života. Následně již nedochází k jejich statisticky významnému poklesu. Po rozdělení do šesti věkových kategorií lze sestup dolních víček blíže určit do šesté dekády života, jak je možné vidět na obrázku 9.25 z rozdílu mezi věkovou kategorií 3 a 4 (41–50 a 51–60).

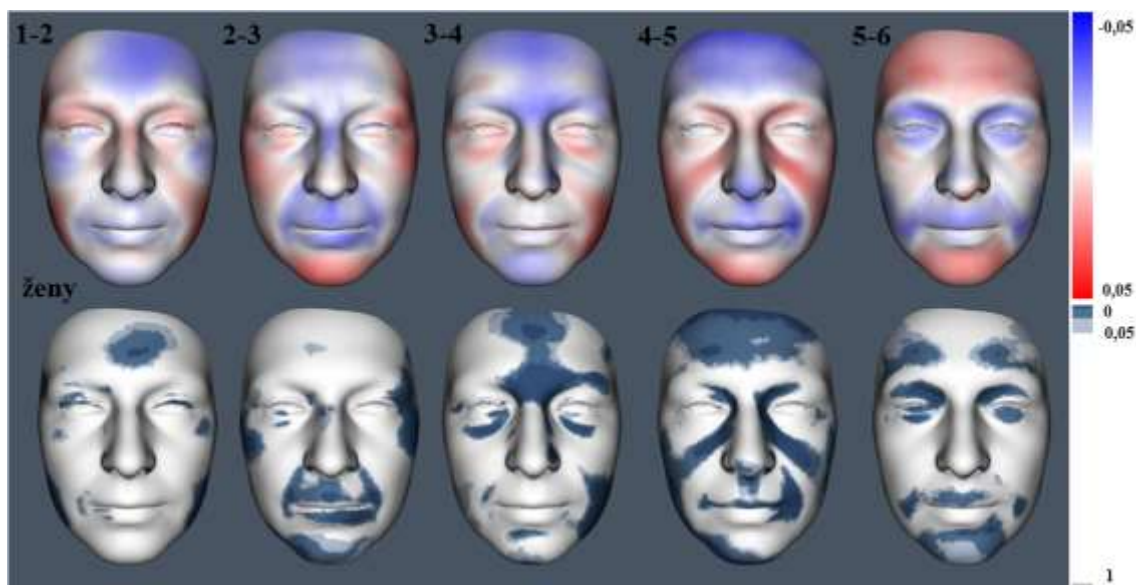
Po rozdělení do tří věkových kategorií (obr. 9.26) je možné sledovat věkové změny **kořene nosu**. Mezi věkovými kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b) dochází ke zužování kořene nosu. Avšak mezi věkovými kategoriemi 41–60 a 60+ je možné pozorovat jeho rozšíření, tedy se jeví, že do šesté dekády se kořen nosu žen zužuje a následně dochází k jeho rozšíření. Po rozdělení do šesti věkových kategorií (obr. 9.25) lze též pozorovat zužování kořene nosu do šesté dekády, v sedmé dekádě dochází pravděpodobně k rozšíření kořene nosu, jak je možné vidět z rozdílu mezi věkovými kategoriemi 51–60 a 61–70 (4–5). Následně se kořen nosu jeví neměnný.

Stejně tak v oblasti **nosu** není po rozdělení do tří ani šesti věkových kategorií (obr. 9.25 a 9.26) patrná změna s věkem a neexistuje zde větší statistická významnost. Pouze mezi kategoriemi 41–60 a 60+ (b–c) lze pozorovat v malém rozsahu signifikanci v oblasti špičky nosu, která se pravděpodobně vlivem jejího poklesu posouvá dozadu. Zdá se tedy, že barevná mapa v oblasti nosu nevypovídá o jeho změnách a případné zbarvení plyne z kombinace vlivu transversálních dat a stálosti nosu během života.

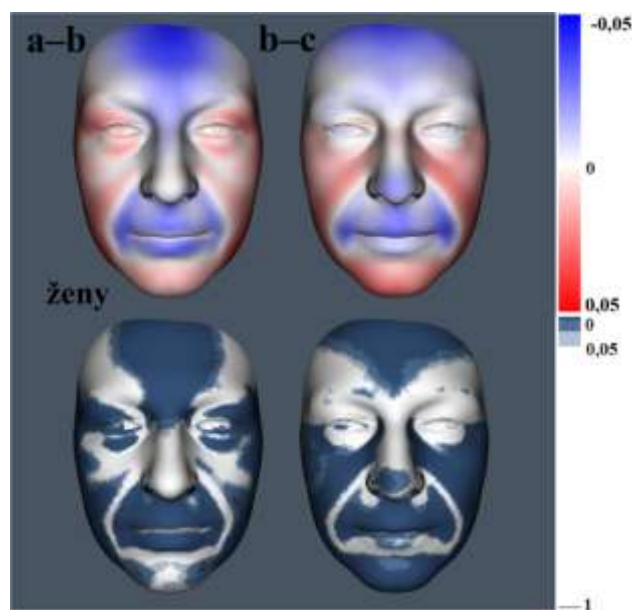
S věkem dochází k rozšiřování **tváří**, jak je možné pozorovat po rozdělení do tří věkových skupin na obrázku 9.26, po celý život. Mezi věkovou kategorií 41–60 a 61+ (b–c) je vidět kromě výrazného rozšiřování tváří i prominence vznikající s věkem v přední části tváří. Po rozdělení do šesti věkových kategorií není možné blíže určit dekádu, ve které dochází k výrazným změnám tvaří. Jak je vidět na obrázku 9.25 dochází k výraznému rozšiřování tváří v jejich dolní části v každé dekádě. Vyjimku představuje rozdíl mezi věkovou kategorií 51–60 a 60+ (5–6), jelikož rozdíl zde je nevýrazný s nejasným barevným odlišením. Po sedmé dekádě se jeví, že k prominenci a rozšiřování tváří již nedochází. Po celý život se tedy obličej v rozsahu tváří rozšiřuje, v dolních částech nejvíce, přičemž po sedmé dekádě se rozšiřování obličeje pravděpodobně zastaví.

Během celého života dochází k ústupu **horního a dolního rtu**, což je možné pozorovat po rozdělení do tří i šesti věkových kategorií na obrázku 9.25 a 9.26. Zatímco po rozdělení do tří věkových kategorií je možné pozorovat signifikanci tohoto ústupu, po rozdělení do šesti věkových kategorií nevzniká signifikantní rozdíl ve větším rozsahu. Horní a dolní ret žen se jeví pravděpodobně ustupovat po celý život kontinuálně.

Na rozdíl od mužů u žen s věkem vytupuje **brada** vpřed, jak je možné pozorovat po rozdělení jedinců do tří věkových kategorií na obrázku 9.26. Signifikantní rozdíl v celém rozsahu se objevuje mezi kategoriemi 41–60 a 61+ (b–c) a pouze v laterálních částech brady mezi kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b). Po rozdělení do šesti věkových kategorií (obr. 9.25) se brada jeví střídavě v prominovat a ustupovat, avšak bez signifikance. Nelze tedy přiblížit vznik tohoto rozdílu přesněji do dekád. Vyjimku opět představuje poslední věková kategorie 71+ u níž především v laterálních částech brady dochází k výraznému poklesu. Brada žen se s věkem vysouvá dopředu a současně klesá dolů, přičemž k výraznému poklesu v jejích laterálních částech dochází po sedmé dekádě života.



Obrázek 9.25: Věkové rozdíly mezi průměrnými modely tvaru obličeje žen mezi věkovými kategoriemi 20–30 a 31–40 (1–2), 31–40 a 41–50 (2–3), 41–50 a 51–60 (3–4), 51–60 a 61–70 (4–5), 60–71 (5–6), (nahore) a místa, kde vzniká signifikantní rozdíl (dole).



Obrázek 9.26: Věkové rozdíly průměrných modelů tvaru obličeje žen mezi věkovými kategoriemi 20-40 a 41–60 (a–b), 41–60 a 61+ (b–c); (nahore) a místa, kde vzniká signifikantní rozdíl (dole).

9.5. Porovnání věkových změn průměrné formy obličeje mužů a žen

Muži

Na obrázcích 9.27 a 9.28 jsou znázorněny věkové rozdíly mužů rozdělených do šesti a tří věkových kategorií. Jak je možné vidět po rozdělení do tří věkových kategorií, čelo po celý život ustupuje. Výrazný ústup čela se jeví mezi věkovými kategoriemi

41–60 a 60+ (b–c). Po rozdělení do šesti věkových kategorií je tento ústup čela blíže určitelný do šesté dekády života, jak je možné sledovat na obrázku 9.27 z rozdílu věkových kategorií 4–5 (51–60 a 61–70). Dále se jeví, že k ústupu čela dochází až po čtvrté dekádě života, což je pozorovatelné mezi nejmladšími kategoriemi 20–30 a 31–40 (a–b) na obrázku 9.28, u nichž dochází naopak ke zvětšení v celé čelní oblasti. Tento rozdíl je bez signifikace, avšak vzhledem k výraznému zvětšení převážných částí obličeje, je možné, že se nejedná o vliv transversálních dat a ve čtvrté dekádě dochází ještě k celkovému zvětšování obličeje.

V oblasti **glabely** dochází ke zmenšení obličeje, což je vidět z rozdílu mezi jednotlivými věkovými kategoriemi na obrázku 9.28. Avšak po rozdělení probandů do šesti věkových kategorií se u mužů mezi třetí a čtvrtou dekádou života (1–2) objevuje naopak zvětšení této oblasti. Následně je možné pozorovat již ústup oblasti glabely, který se po rozdělení do tří věkových kategorií jeví přítomný po celý život. Jelikož tento rozdíl mezi věkovými kategoriemi 20–30 a 31–40 je signifikantní, mohlo by to poukazovat, že odlišné rozdíly ve změnách v obličeji oproti kategoriím dalším, ač často bez signifikance, nemusí být zapříčiněny transversálními daty. Oblast glabely tedy začíná ustupovat pravděpodobně po čtvrté dekádě.

Po rozdělení mužů do tří věkových kategorií se jeví oblast **nadočnicových oblouků** ustupovat po celý život (obr. 9.28). Výraznější snižování nadočnicových oblouků probíhá v jejich mediální části mezi věkovými kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b), tedy v páté a šesté dekádě. Po rozdělení do šesti věkových kategorií se mezi věkovou kategorií 20–30 a 31–40 (1–2) objevuje nejprve zvětšování mediální části nadočnicových oblouků a zbylé části zůstávají neměnné. K ústupu pak začíná docházet po čtvrté dekádě života a není možné vysledovat výraznější ústup v konkrétní dekádě života. Stejně jako nadočnicový oblouk, i **horní okraj očnice** se zdá po celý život ustupovat, jak je možné vidět na obrázku 9.28 po rozdělení do tří věkových kategorií. Avšak rozdělí-li se muži do kategorií šesti, již je možné pozorovat zmenšení oční krajiny vlivem zvětšení horního okraje očnice směrem dolů ve čtvrté dekádě života, jak je možné pozorovat na obrázku 9.27 z rozdílu mezi věkovou kategorií 20–30 a 31–40 (1–2). Toto zmenšení je statisticky významné, a přestože nekoresponduje s trendem zvětšování očnice pozorovatelné po rozdělení do tří věkových kategorií po celý život, vzhledem k celkové odlišnosti stárnutí formy obličeje ve třetí a čtvrté dekádě života, je možné uvažovat, že se nejedná o vliv transversálních dat, nýbrž je tak patrné, že se

struktury obličeje nemusí během stárnutí měnit pouze kontinuálně. Nadočnicový oblouk i horní okraj očnice tedy ustupují během života pravděpodobně až po čtvrté dekádě života, ve které dochází ještě k jejich zvýraznění a zvětšení.

Výrazný posun **dolního očního víčka** s věkem směrem dolů je možné vidět na obrázku 9.28 po rozdělení do tří věkových kategorií. Jak je možné vidět na obrázku 9.27 po rozdělení do šesti věkových kategorií, k sestupu víčka dochází až od páté dekády života, jelikož mezi kategoriemi nejmladšími, tedy 20-30 a 31-40 (1-2), jsou víčka ještě neměnná a stálá. Pro zhodnocení vlivu transversálních dat se zdá vhodné zhodnotit dolní víčka spolu s **kořenem nosu**. Ten se po celý život postupně zužuje, ovšem mezi věkovými kategoriemi 20-40 a 41-60 (a-b) je zúžení výrazné. Po rozdělení do šesti věkových kategorií je dále možné určit, že k tomuto zúžení kořene nosu dochází především mezi věkovými kategoriemi 31-40 a 41-50 (2-3). Je tedy možné soudit, že téměř nepřítomný rozdíl mezi věkovými kategoriemi 20-30 a 31-40 (1-2) značí neproměnlivost této struktury mezi třetí a čtvrtou dekádou života. Stejně tak i dolní víčko nejeví žádnou změnu, a jelikož svými projevy rozdílů koresponduje s projevy rozdílů v oblasti kořene nosu, lze soudit, že mezi třetí a čtvrtou dekádou opravdu nedochází ke změnám kořene nosu ani dolního očního víčka. K velmi výraznému poklesu dolních očních víček dochází v sedmé dekádě života, což je vidět jako statisticky významný rozdíl mezi věkovými kategoriemi 51-60 a 61-70 (4-5). Kořen nosu i dolní očního víčka se do čtvrté dekády života jeví jako stálé a neměnné struktury, následně dochází k postupnému zužování kořene nosu a poklesu dolních očních víček, které výrazně poklesnou v sedmé dekádě života.

Oblast **nosu** ustupuje po celý život, což je patrné po rozdělení do tří i šesti věkových kategorií (obr. 9.27 a 9.28). Mezi 5-6 (61-70 a 71+) věkovou kategorií je sice možné vidět anteriorní postavení v případě starších jedinců, avšak to se jeví jako vliv transversálních dat.

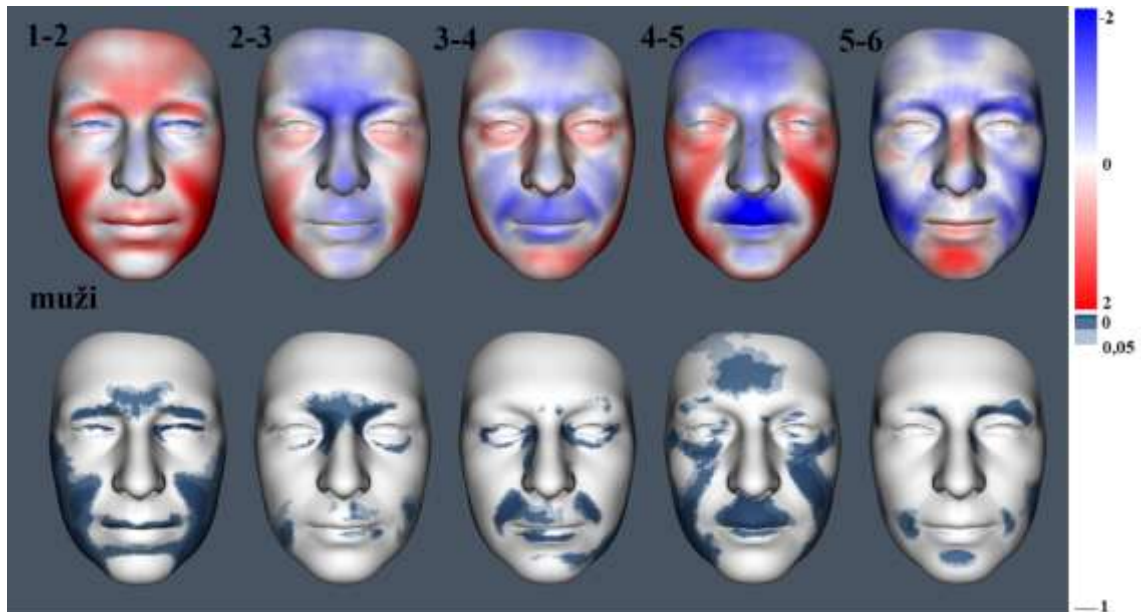
Po rozdělení do tří věkových kategorií se **tváře** ukazují jako stále se zvětšující obličejová struktura (obr. 9.28). Po rozdělení do šesti věkových kategorií je možné pozorovat, že zatímco v laterálních oblastech tváří je významný rozdíl přítomný mezi všemi věkovými kategoriemi vyjma mezi věkovými kategoriemi 61-70 a 71+ (5-6), v předních oblastech tváří dochází k výraznějšímu zvětšení mezi věkovou kategorií 20-30 a 31-40 (1-2) a 51-60 a 61-70 (4-5), tedy ve čtvrté a sedmé dekádě života. Naopak v oblasti předních tváří, dle rozdílu mezi věkovou kategorií 41-50 a 51-60

(3–4), se zdají tváře ustupovat (obr. 9.27). Tento ústup není podpořen signifikancí ani celkovým trendem změn této struktury a tudíž se tato změna jeví jako vliv trasversálních dat. Naopak je pravděpodobné, že k výraznému zvětšení přední části tváří opravdu ve čtvrté a sedmé dekádě života dochází vzhledem k dodržení trendu zvětšování této oblasti během života a přítomné signifikanci. Odlišný průběh stárnutí a změnu trendu však vykazují tváře mužů po sedmé dekádě života, kdy zvláště v dolních laterálních částech tváří dochází ke ztrátě jejich plnosti. Jelikož po sedmé dekádě života se stárnutí obličeje jeví celkově odlišné a ztráta plnosti dolní části tváří je signifikantní, je možné, že se nejedná o vliv trasversálních dat. Tváře mužů se tedy během života výrazně rozšiřují a především ve čtvrté a sedmé dekádě života dochází k jejich zvětšení v jejich přední částí. Zároveň po sedmé dekádě života tváře ztrácejí svou plnost.

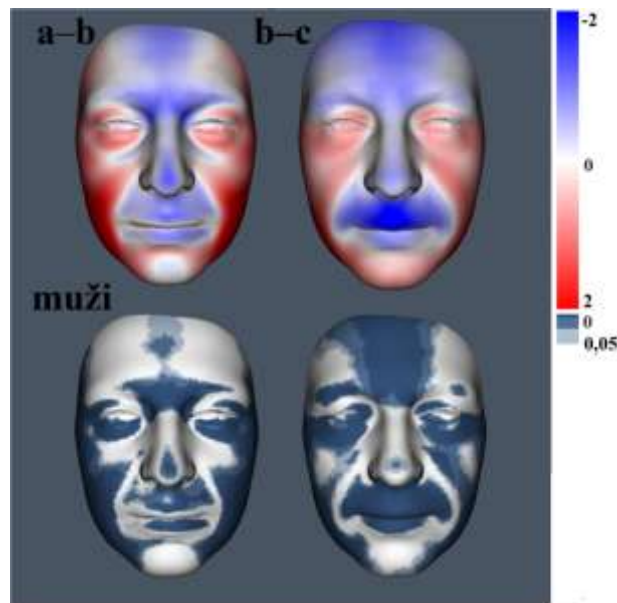
Horní i dolní ret se během celého života posouvá vzad, jak je možné vidět po rozdělení do tří věkových kategorií (obr. 9.28). Mezi věkovými kategoriemi 41–60 a 60+ (b–c) je tento posun vzad výrazný, což by bylo možné blíže určit do sedmé dekády života z rozdílu viditelného mezi věkovou kategorií 51–60 a 61–70 (4–5). Vzhledem k přítomné signifikanci a dodržení trendu změny horního rtu, se pravděpodobně nejedná o vliv trasversálních dat. Po sedmé dekádě života se jeví, že ústup horního i dolního rtu se zastaví, jak je možné vidět na obrázku 9.28 z rozdílu mezi věkovou kategorií 5–6 (61–70 a 71+). Oblast dolního rtu se zdá naopak nabývat plnosti, avšak pravděpodobně se jedná o vliv trasversálních dat a současné nepřítomnosti rozdílu mezi těmito věkovými kategoriemi. Mezi věkovou kategorií 20–30 a 31–40 (1–2) se objevuje opačný trend než po zbylý život (obr. 9.27). Rty totiž ve čtvrté dekádě života neustupují, ale nabývají plnosti a to především horní ret v oblasti jejich červeně. Dolní ret se zdá neměnný. Tento rozdíl však není signifikantní a nedodrжуje ani trend patrný po další život, avšak je třeba vzít v úvahu odlišnost stárnutí formy ve čtvrté dekádě života. Proto nelze s jistotou říci, zda se jedná o vliv trasversálních dat či ve čtvrté dekádě života nabývá horní ret plnosti. Je tedy možné, že v životě dochází k ústupu rtů a ztrátě jejich plnosti po čtvrté dekádě života, přičemž po sedmé dekádě se tento ústup zastaví.

Na červeno/modré mapě věkových rozdílů tří věkových skupin (obr. 9.28) se brada jeví v případě mladších kategorií nepodléhat věkovým změnám a ve starších jako postupně prominující část obličeje. Rozdíl však není statisticky významný, tedy zdá se, že se jedná spíše o během života neměnou strukturu. Střídání předozadní prominence

brady po rozdělení do šesti věkových kategorií je možné určit jako vliv transversálních dat. Brada mužů se s věkem tedy pravděpodobně nemění.



Obrázek 9.27: Věkové rozdíly mezi průměrnými modely formy obličeje mužů mezi věkovými kategoriemi 20–30 a 31–40 (1–2), 31–40 a 41–50 (2–3), 41–50 a 51–60 (3–4), 51–60 a 61–70 (4–5), 60–70 a 71+ (5–6), (nahore) a místa, kde vniká signifikantní rozdíl (dole).



Obrázek 9.28: Věkové rozdíly průměrných modelů forma obličeje mužů mezi věkovými kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b), 41–60 a 61+ (b–c); (nahore) a místa, kde vniká signifikantní rozdíl (dole).

Ženy

Věkové rozdíly žen mezi šesti a třemi věkovými kategoriemi jsou znázorněny na obrázku 9.29 a 9.30. U žen, jak je vidět po rozdělení do tří věkových kategorií, dochází během života k ústupu celé přední části **čela**, zatímco jeho laterální části zasahující oblast spánků se nepatrně rozšiřují. Po rozdělení do šesti věkových kategorií (obr. 9.29) je tento trend pozorovatelný mezi všemi věkovými kategoriemi vyjma poslední, kdy po

sedmé dekádě života dochází naopak k zvýraznění čela a to především v oblasti čelních hrbolů. Je zde zřejmá i statistická významnost v rozsáhlé oblasti, může se tedy jednat o skutečné změny během stárnutí po sedmé dekádě života, přesto však nelze vyloučit možnost, že se jedná o vliv transversálních dat. Po rozdělení do tří věkových kategorií by bylo možné rozšíření v oblasti laterálního čela určit do páté a šesté dekády, tedy jako rozdíl mezi věkovou kategorií 20–40 a 41–60. V dalších dekádách k rozšiřování již nedochází. Co se týče bližšího časového určení, budou vniklé rozdíly pravděpodobně ovlivněny transversálními daty, jelikož se zdá, že k výraznému rozšíření dochází již ve čtvrté dekádě života, což není podpořeno výsledky po rozdělení do tří věkových kategorií. Čelo žen ustupuje a rozšiřuje se v laterálních částech do sedmé dekády života pravděpodobně kontinuálně. Nelze však přesně určit, jaké změny probíhají po sedmé dekádě.

Oblast **glabely** se jeví ustupovat pouze mezi věkovými kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b), tedy v páté a šesté dekádě života, jak je možné vidět na obrázku 9.30. Následně se glabela stává neměnnou strukturou. Výrazný ústup oblasti glabely po rozdělení do šesti věkových kategorií je možné pozorovat na obrázku 9.29 z rozdílu mezi 3. a 4. (41–50 a 51–60) věkovou kategorií, tedy v šesté dekádě života. To je možné uvažovat jako bližší určení změny v oblasti glabely, která se jeví během života jako stálá struktura. Případné odlišné předozadní rozdíly pozorovatelné po rozdělení do šesti věkových kategorií, jsou pravděpodobně pouze důsledek rozdělení probandů do šesti věkových kategorií.

Nadočnicové oblouky se v mediální části jeví jako po celý život neměnná struktura, jak je možné vidět po rozdělení žen do tří věkových kategorií (obr. 9.30). Mezi věkovými kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b) dochází v laterální části v oblasti obočí k výraznému rozšíření obličeje. V dalších dekádách se toto rozšíření již neobjevuje a celá oblast obočí se zdá být neměnná s věkem. Po rozdělení do šesti věkových kategorií se nejeví možné blíže určit rozšíření obličeje v laterální části obočí do konkrétní dekády, přestože se vyskytují mezi věkovými kategoriemi 20–30 a 31–40 (1–2) a 31–40 a 41–50 (2–3) signifikantní prominence daných oblastí (obr. 9.29). Tyto rozdíly jsou však neucelené a často pouze na jedné polovině obličeje. Pravděpodobně se tedy jedná o vliv transversálních dat.

Horní víčka očí mezi věkovými kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b), tedy v páté a šesté dekádě života, nabývají plnosti a posouvají se dolů a to především ve své laterální části. **Dolní víčka** očí se též v páté a šesté dekádě posouvají dolů (obr. 9.30).

V dalších dekádách se po rozdělení do tří věkových kategorií horní i dolní oční víčka jeví jako již zcela neměnné a stálé struktury obličeje. Po rozdělení do šesti věkových kategorií se však objevuje výrazná ztráta plnosti horního i dolního víčka po sedmé dekádě života, jak je možné vidět na obrázku 9.29 z rozdílů mezi 5. a 6. (61–70 a 71+) věkovou kategorií. Vzhledem k opačnému trendu, který v oblasti horních a dolních očních víček vzniká v sedmé dekádě, se může zdát pravděpodobný vliv transversálních dat. Je však třeba vzít v úvahu přítomnou signifikanci tohoto rozdílu a celkovou odlišnost stárnutí obličeje po sedmé dekádě. Nelze tedy jednoznačně říci, zda se jedná o vliv transversálních dat či nikoli.

Jak je možné vidět po rozdělení do tří věkových kategorií (obr. 9.30), **tváře** žen se během celého života rozšiřují ve všech směrech a to především po šesté dekádě, jak je vidět z rozdílu mezi věkovou kategorií 41–60 a 60+ (b–c). Po rozdělení do šesti věkových kategorií je možné rozšíření předních částí tváří určit do sedmé dekády, tedy jako rozdíl vzniklý mezi věkovou kategorií 51–60 a 61–70 (4–5). Pravděpodobně se nejedná o vliv transversálních dat, jelikož je zde přítomna signifikance ve velkém rozsahu a zároveň je dodržen trend patrný po rozdělení do tří věkových kategorií. Naopak zúžení tváří a ztráta plnosti, což je pozorovatelné z rozdílu mezi věkovými kategoriemi 5–6 (61–70 a 71+) na obrázku 9.29, nelze s jistotou určit jako projev stárnutí či naopak jako vliv transversálních dat. Na obrázku 9.29 je možné mezi věkovými kategoriemi 3–4 (41–50 a 51–60) pozorovat nejasné předozadní rozdíly vyskytující se v malých oblastech po celé přední ploše tváří, což bude pravděpodobně podmíněno vlivem transversálních dat. Během života se tváře žen výrazně rozšiřují ve všech směrech, nejvýrazněji v sedmé dekádě. Po sedmé dekádě života se jeví možná ztráta plnosti tváří

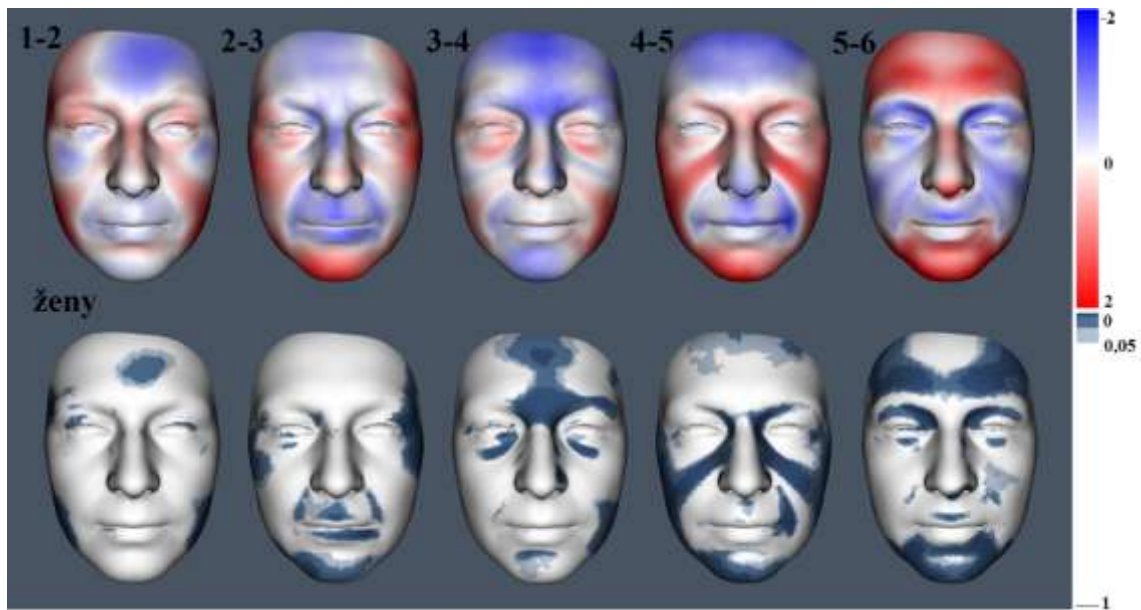
Po rozdělení do tří věkových kategorií, jak je možné vidět na obrázku 9.30, se oblast **kořene nosu** nejprve jeví do šesté dekády života nepatrně zužovat a následně dochází k jeho výraznému rozšíření, nikoliv však snížení. Po rozdělení do šesti věkových kategorií (obr. 9.29) je možné tento trend částečně pozorovat. V případě rozdílu mezi věkovými kategoriemi 20–30 a 31–40 (1–2) se totiž jeví kořen nosu rozšiřovat namísto jinak patrného zužování. Pravděpodobně se však bude jednat o vliv transversálních dat nebo to poukazuje na možnost interpretace, že se do čtvrté dekády kořen nosu zužuje méně, takže vzniklý rozdíl není výrazný a tudíž je více ovlivnitelný transversálními daty. K výraznému rozšíření nosu pak dochází v sedmé dekádě života, což koresponduje s výsledky po rozdělení žen do tří věkových kategorií. Po sedmé

dekádě života se zdá kořen nosu nadále rozšiřovat, ačkoliv méně výrazně. Pravděpodobně tedy dochází do šesté dekády života k postupnému zužování kořene nosu a následně v sedmé dekádě k výraznému rozšíření, které v menší míře pokračuje i poté.

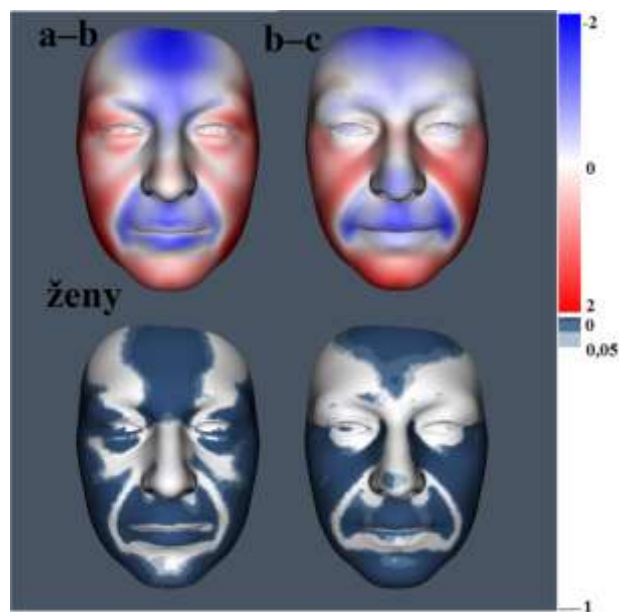
Nos se jeví jako téměř neměnná struktura obličeje, jak je možné pozorovat na obrázcích 9.29 a 9.30. Pouze po rozdělení do tří věkových kategorií se objevu signifikance v oblasti špičky nosu, která se po šesté dekádě života sníží vůči rovině obličeje, jak je možné vidět na obrázku 9.30 z rozdílu mezi věkovými kategoriemi b–c (41–60 a 61+). Po rozdělení do šesti věkových kategorií je rozdíl mezi jednotlivými kategoriemi pokaždé odlišný a nevýrazný (obr. 9.29). Pravděpodobně se jedná o důsledek neměnnosti nosu během života spolu s vlivem transversálních dat.

Horní a dolní ret s věkem ustupuje dozadu, jak je možné vidět na obrázku 9.30. Mezi věkovými kategoriemi 41–60 a 61+ (b–c) je možné vidět zastavení ústupu dolního rtu, který se již dále nemění. To lze pozorovat i po rozdělení do šesti věkových kategorií, kdy horní ret ustupuje po celý život, ačkoliv se neobjevuje signifikance ve větším rozsahu, a dolní ret se od šesté dekády života zdá být neměnný. Během života dochází k ústupu horního rtu kontinuálně, zatímco dolní ret přestává ustupovat od šesté dekády života.

Brada se během života vysouvá a rozšiřuje, jak je možné vidět z rozdílů po rozdělení do tří věkových kategorií. Mezi věkovou kategorií 41–50 a 51–60 (3–4) se brada posouvá vzad (obr. 9.29), avšak vzhledem k trendu posunu brady dopředu patrného jak po rozdělení do tří, tak šesti věkových kategorií, se jedná pravděpodobně o vliv transversálních dat. Naopak, výraznější posun brady vpřed po šesté dekádě života, je možné pozorovat po rozdělení probandů do tří i šesti věkových kategoriích.



Obrázek 9.29: Věkové rozdíly mezi průměrnými modely formy obličeje žen mezi věkovými kategoriemi 20–30 a 31–40 (1–2), 31–40 a 41–50 (2–3), 41–50 a 51–60 (3–4), 51–60 a 61–70 (4–5), 60–71+ (5–6), (nahore) a místa, kde vzniká signifikantní rozdíl (dole).



Obrázek 9.30: Věkové rozdíly průměrných modelů forma obličeje žen mezi věkovými kategoriemi 20–40 a 41–60 (a–b), 41–60 a 61+ (b–c); (nahore) a místa, kde vzniká signifikantní rozdíl (dole).

9.6. Modelování stárnutí tvaru obličeje mužů a žen

V programu Morphome3cs (CGG MFF UK 2015) bylo na základě souhrnných analýz všech dat modelováno stárnutí mužů a žen. Na obrázcích 9.31 a 9.32 je znázorněno stárnutí obličeje mužů a žen pomocí modelování tvaru obličeje ve věku 20, 40, 60 a 80 let. Na tomto lineárním modelu stárnutí je patrný výrazný ústup čela žen v úrovni čelních hrbolů. Tím se stávají nadočnicové oblouky žen spolu s glabelou

s věkem výraznější. Naopak u mužů dochází k celkovému ústupu čela čtne nadočnicových oblouků a glabely.

Horní víčko s věkem sestupuje níž. S věkem se také posouvá vpřed, přičemž tento posun horního víčka u žen nastává v menší míře než u mužů. Dolní víčko se s věkem výrazně posouvá dopředu u žen i mužů. Oči se tak ve stáří jeví hlouběji uložené, avšak jejich poloha se s věkem nemění.

Výška horní části nosu v návaznosti na glabelu se u mužů snižuje, zatímco u žen se nemění. U mužů i u žen se kořen nosu s věkem zužuje. V dolní části nosu u mužů i u žen dochází ke snížení výšky špičky nosu. Špička nosu se během stárnutí ve všech směrech zakulacuje u žen i mužů. U mužů dochází k jejímu velmi výraznému zakulacení se současným jejím rozšířením v laterálním směru viditelném z frontálního pohledu. Zakulacení a značné snížení výšky špičky nosu způsobuje zvyšování konvexity hřbetu nosu. Též dochází k sestupu špičky nosu směrem dolů, ten se však z frontálního a laterálního pohledu jeví výraznějším než ve skutečnosti je, což je způsobeno pravděpodobně ústupem obličejce v oblasti spina anterior. Sestup špičky nosu je patrný více u mužů než u žen. Dále dochází k oddalování nosních křídel, takže se dolní část nosu rozšiřuje a to jak u mužů, tak u žen, a také k nepatrnému poklesu nosních křídel.

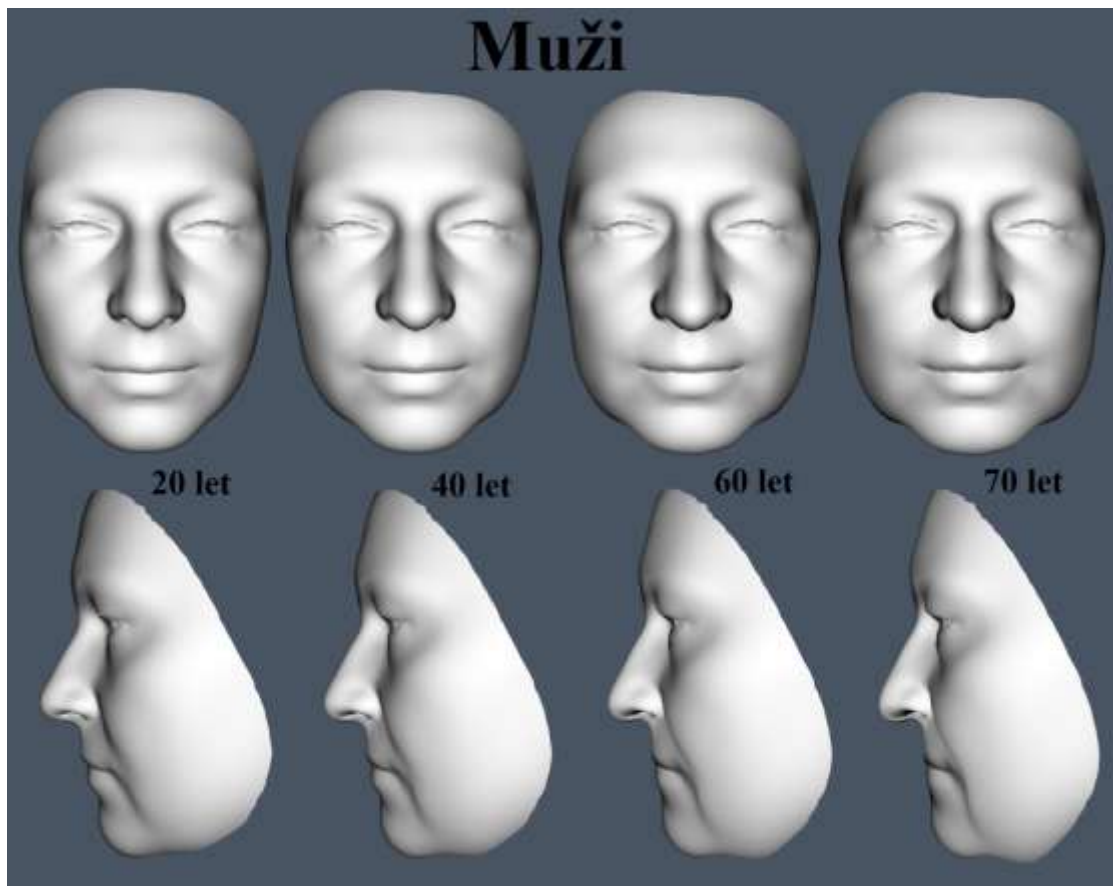
V oblasti jařmové kosti dochází k nejvýraznějšímu rozšiřování obličejce. Přední část tváří se posouvá směrem dolů nikoliv však dopředu. Jejich zdánlivá prominence pravděpodobně souvisí s ústupem přední oblasti horní čelisti, což má zřejmě vliv i na prohlubování nosortové rýhy. Tváře dolní třetiny se výrazně posouvají směrem dolů přes okraj dolní čelisti a současně dochází k jejich rozšiřování laterálním směrem.

Celá oblast horního a dolního rtu s věkem ustupuje výrazně dozadu a zároveň dochází ke ztrátě plnosti červeně horního i dolního rtu. Ústní štěrbina se v mediální rovině nepatrně posouvá nahoru, přičemž ústní koutky zůstávají na svém místě.

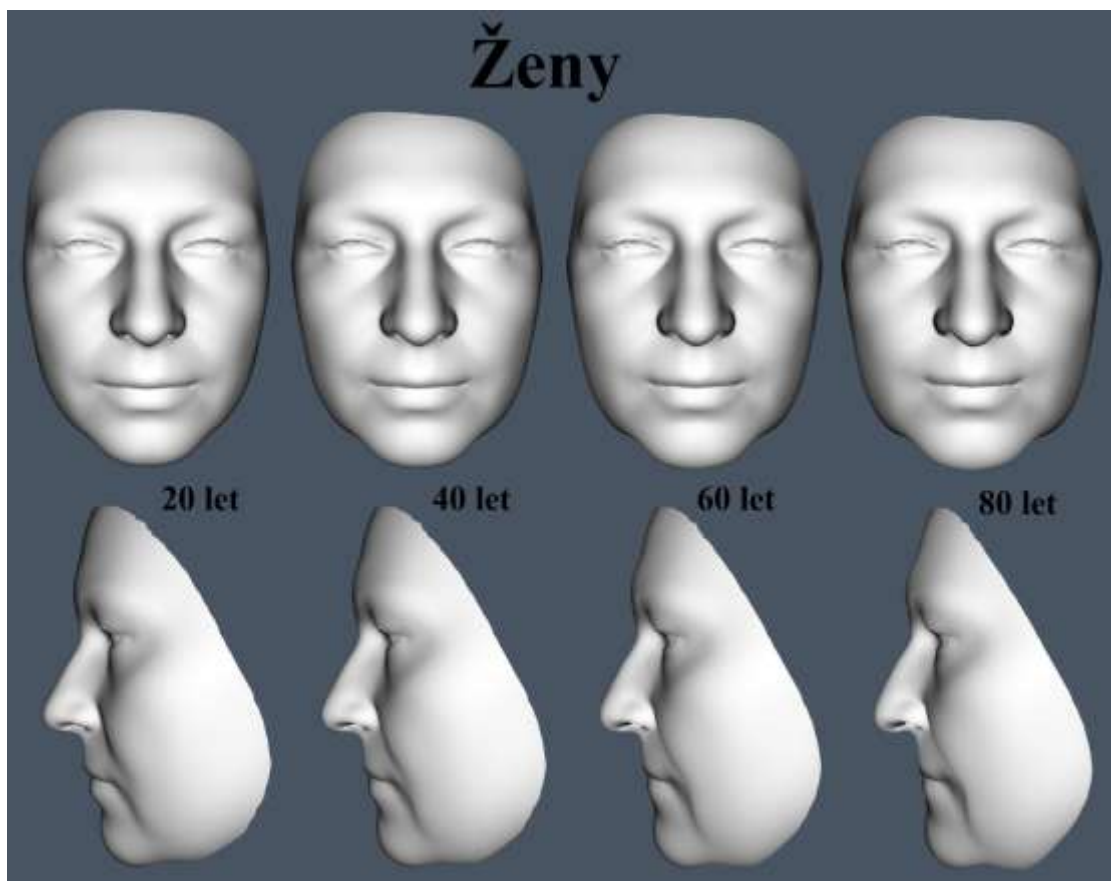
Brada se u mužů s věkem nikam neposouvá a postupně plynule navazuje v prodloužení na dolní ret. U žen se brada vysouvá vpřed a posouvá se zároveň i dolů. Na rozdíl od mužů je u žen výraznější ve vyšším věku bradová rýha.

Profil tvaru obličejce mužů ustupuje během stárnutí v celém rozsahu horní a střední třetiny. Dolní třetina obličejce se během života nikam neposouvá, vyjma dolního rtu, který též ustupuje, pravděpodobně vlivem ztráty jeho plnosti. Profil tvaru obličejce žen ustupuje v horní části čela, které se tedy zešikmuje, v oblasti horního rtu

a v celém rozsahu dolní třetiny obličeje. U žen se tedy s věkem nikam výrazně neposouvá oblast glabely a nos.



Obrázek 9.31: Modelování stárnutí tvaru obličeje mužů ve věku 20,40,60 a 80 let; frontální pohled (nahore) a laterální (dole).



Obrázek 9.32: Modelování stárnutí tvaru obličeje žen ve věku 20, 40, 60 a 80 let; frontální pohled (nahore) a laterální (dole).

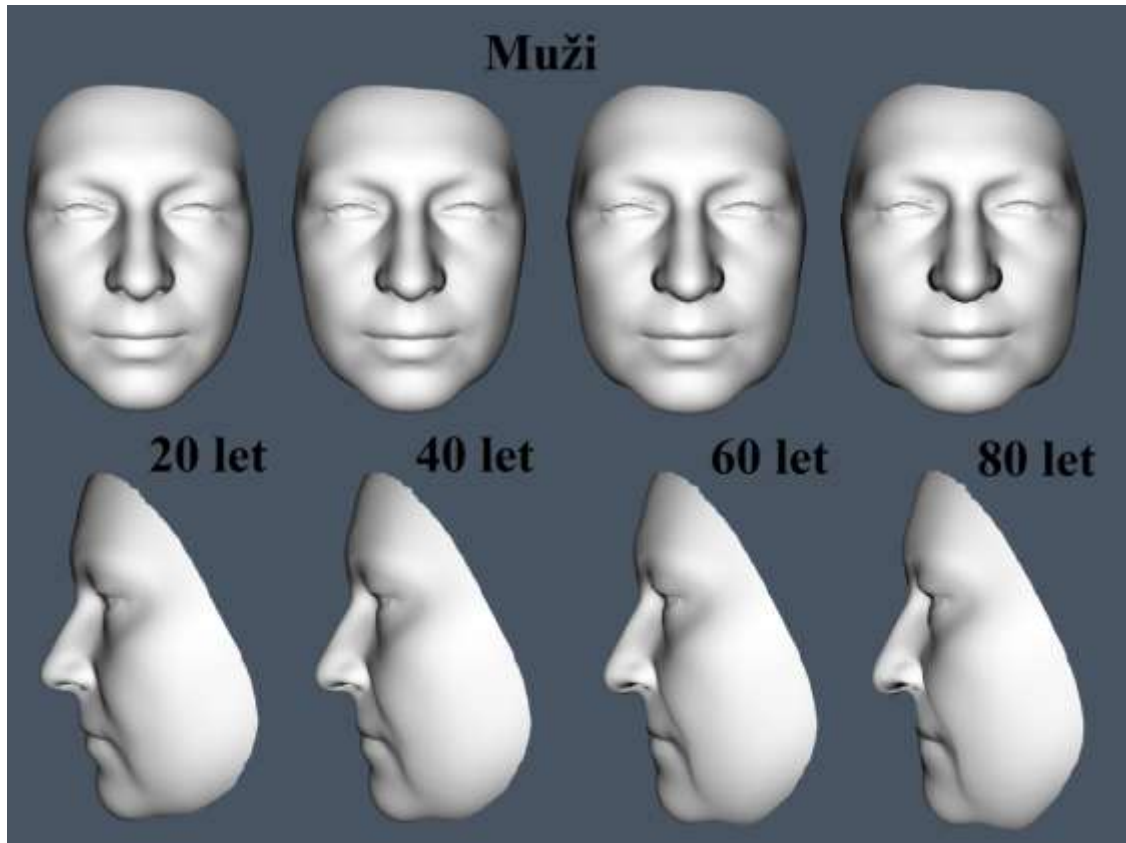
9.7. Modelování stárnutí formy obličeje mužů a žen

Kromě modelování stárnutí tvaru obličeje bylo modelováno v programu Morhome3cs (CGG MFF UK 2015) i stárnutí formy obličeje mužů a žen (obr. 9.33 a 9.34) ve 20, 40, 60 a 80 letech. Výsledky pro formu obličeje jsou popsány jako velikostních změny obličeje.

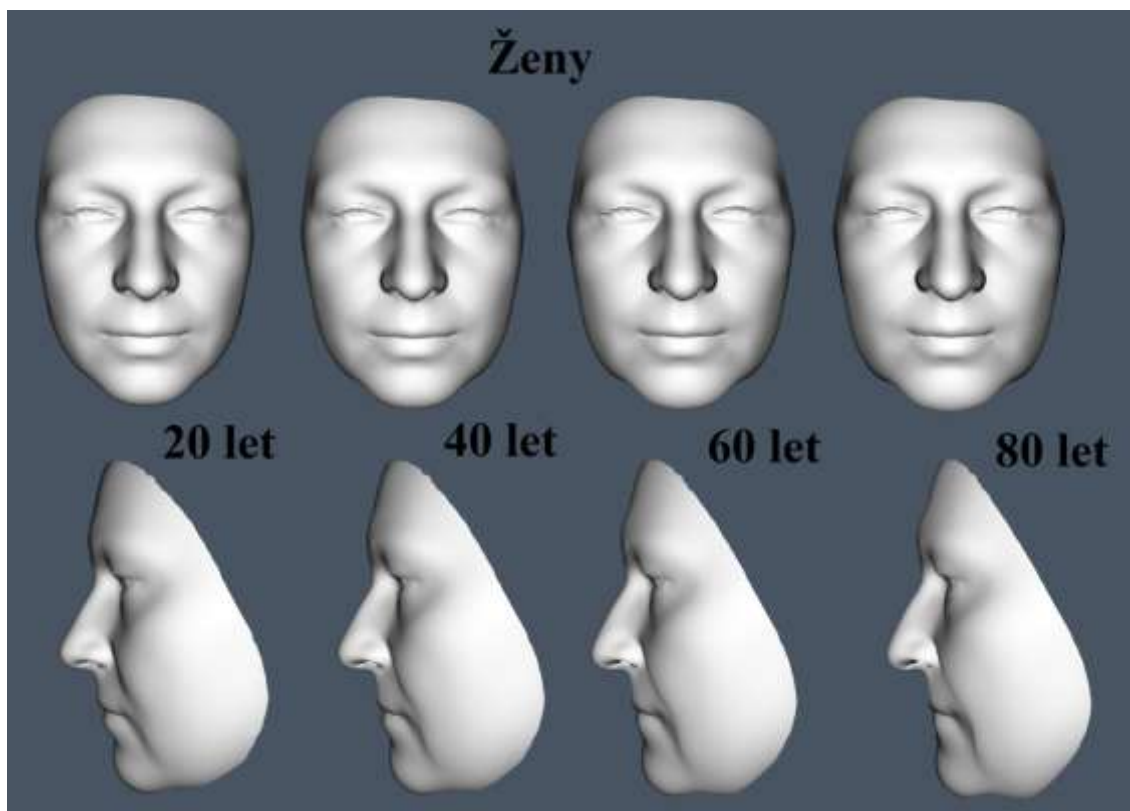
U obou pohlaví dochází k rozšiřování obličeje, které je nejvýraznější v oblasti tváří dolní třetiny obličeje a značně výraznější u mužů. V oblasti jařmové kosti dochází k rozšíření obličeje u obou pohlaví přibližně ve stejné míře, ovšem zvětšení není tak výrazné jako v oblasti tváří. Šířka nosních křídel se nemění, ovšem dochází k jejich zakulacení a mírnému sestupu. Zakulacuje se i špička nosu a spolu s tím se dostává během stárnutí o něco níž. Obě pohlaví ztrácí plnost červeně rtu. Dolní ret se pod oblastí jeho červeně zakulacuje, což v souvislosti se ztrátou plnosti červeně vyvolává zdání, že se tato část rtu zvětšuje.

U mužů se kromě přední části brady, jejíž velikost se během života z profilu nemění, celý profil posouvá dozadu. Brada však nabývá robusticity směrem dolů, jak je tomu i u žen. Velikost posunu čela a nosu dozadu je u mužů v celém rozsahu přibližně

stejná, horní ret ustupuje však mnohem výrazněji než předchozí struktury. U žen zůstává velikostně nemněná kromě přední části brady i výška nosu. U žen je také možné pozorovat výrazný ústup horního rtu směrem vzad. Čelo ustupuje v celém rozsahu, avšak v rovině čelních hrbolů mnohem více než v oblasti glabely, a výrazněji než u mužů. Čelo žen se s věkem tedy zešikmuje.



Obrázek 9.33: Modelování stárnutí formy obličeje mužů ve věku 20, 40, 60 a 80 let; frontální pohled (nahore) a laterální (dole).



Obrázek 9.34: Modelování stárnutí formy obličeje žen ve věku 20, 40, 60 a 80 let; frontální pohled (nahore) a laterální (dole).

9.8. Pohlavní dvojtvárnost tvaru a formy obličeje

Pohlavní dimorfismus byl sledován pomocí superprojekce průměrných modelů tvaru a formy obličeje mužů a žen v jednotlivých šesti věkových kategoriích (21–30, 31–40, 41–50, 51–60, 61–70 a 71+ let). Při hodnocení pohlavního dimorfismu v šesti věkových kategoriích byl brán na zřetel transversální typ dat, který se může projevit při menším množství jedinců v úzkých věkových intervalech. Pohlavní dimorfismus je proto sledován i na probandech rozdělených do tří věkových kategorií, tedy 20–40, 41–60 a 61+ let, aby bylo možné případný vliv těchto transversálních dat vysledovat. Na základě neparametrické multivariační analýzy rozptylu bylo ověřeno, že pohlavní má významný vliv na tvaru i formu průměrných modelů obličejů.

9.8.1. Pohlavní dvojtvárnost tvaru obličeje

Na obrázcích 9.35 a 9.36 jsou výsledky superprojekcí obličejů žen a mužů dané věkové kategorie. Modrá barva značí místa obličeje vystupující v dané věkové kategorii více vpřed u mužů, červená barva místa, kde se více vpředu nachází obličej ženský a šedá barva značí části obličeje bez pohlavního dimorfismu. Snížení sytosti barev

s věkem značí snížení pohlavního dimorfismu dané oblasti. Na menším obličejí (vždy vpravo od modro-červeného obličejí) je znázorněno modrou barvou, kde je vzniklý rozdíl mezi muži a ženami signifikantní, tedy se jedná o pohlavně dimorfní oblast.

Přední horní část **čela** je po celý život více vpředu u žen, zatímco oblast **nadočnicových oblouků** a **glabely** prominuje u mužů. Zatímco čelo žen je tedy kolmé, čelo mužů ubíhá šikmo dozadu. To lze pozorovat v rámci tří i šesti věkových kategorií. V oblasti čela je s věkem patrné výrazné snížení pohlavního dimorfismu, především v horní části čela, jak je možné vidět na obrázku 9.36. V oblasti nadočnicových oblouků a glabely se pohlavní dimorfismus snižuje také, avšak je stále výrazně přítomen, jak je možné soudit vzhledem k přítomnosti signifikance po celý život. Po rozdělení do šesti věkových kategorií po sedmé dekádě mizí pohlavní dimorfismus v oblasti nadočnicových oblouků a glabely, avšak zdá se znova vznikat v přední horní části čela (obr. 9.35). Pravděpodobně se jedná o vliv transversálních dat, avšak vzhledem k pozorovanému odlišnému stárnutí věkové kategorie 71+ nelze tuto změnu pohlavního dimorfismu během stárnutí této oblasti zcela vyloučit.

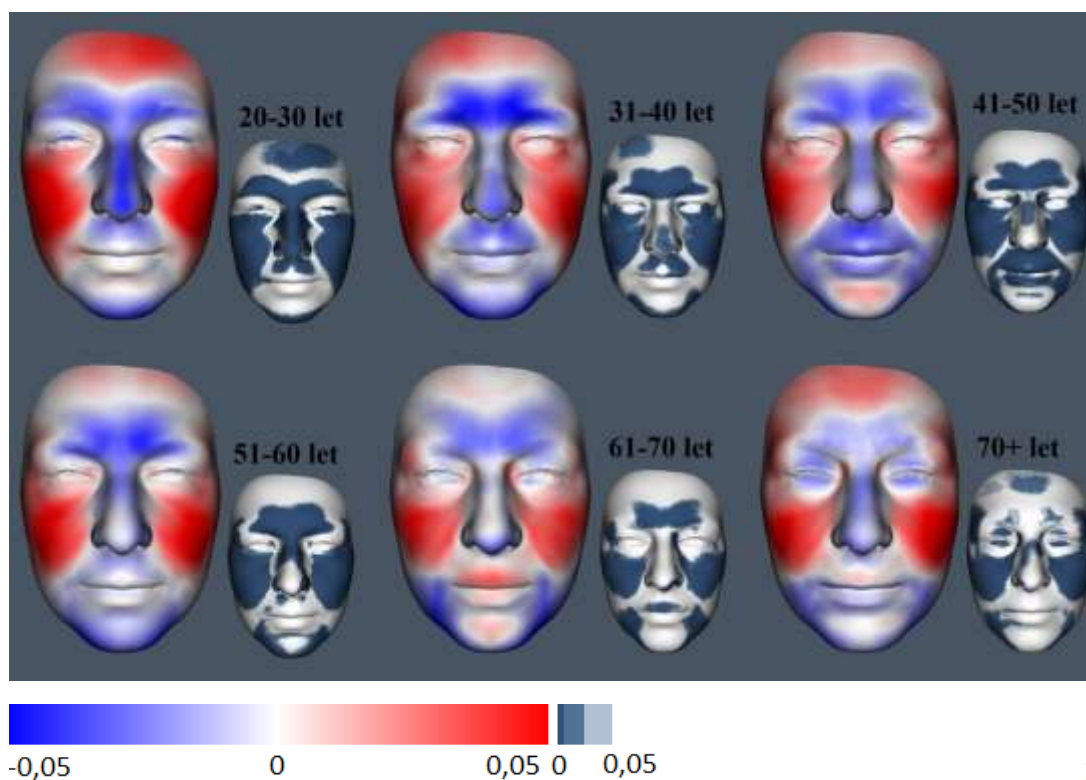
Horní oční víčka nevykazují výrazný pohlavní dimorfismus. Ten je však přítomen na dolních víčkách, které výrazně prominují u žen. Ke snížení pohlavního dimorfismu dochází po šesté dekádě života, jak je možné pozorovat na obrázku 9.36 z rozdílu mezi muži a ženami poslední věkové kategorie a na obrázku 9.35 z rozdílu mužů a žen věkových kategorií 61–70 a 71+.

Nos je prominentní u mužů a jak je možné vidět na obrázku 9.36, během života dochází kontinuálně ke snižování pohlavního dimorfismu, který je ve věkové kategorii 20–40 výrazný. Po rozdělení do šesti věkových kategorií (obr. 9.35), je možné pozorovat kontinuální snižování pohlavního dimorfismu, jenž je velmi výrazný ve třetí dekádě života, zatímco v následných se jeví již výrazně nižší. K jeho vymizení dochází po šesté dekádě života.

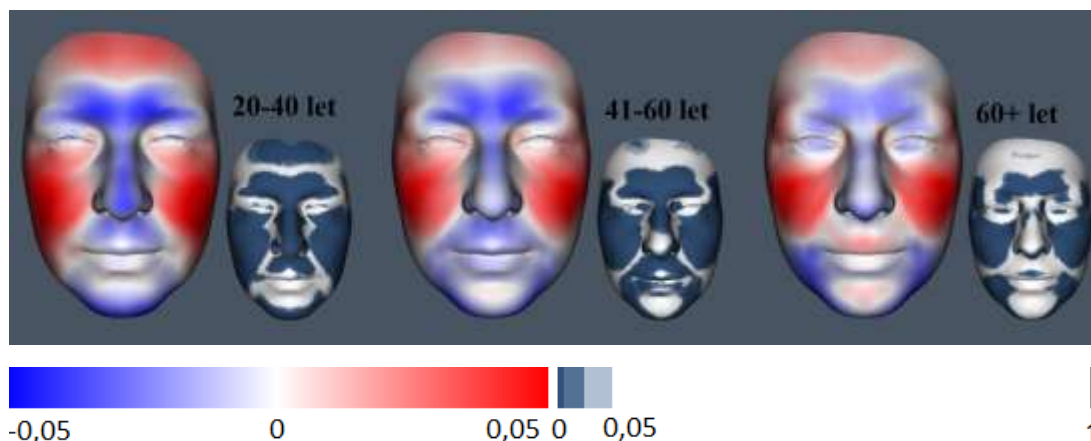
Tváře prominují u žen a jeví se tak plnější než tváře mužů. Výrazný pohlavní dimorfismus je přítomen po celý život, avšak zmenšuje se oblast, ve které je přítomen. Konkrétně dolní menší části tváří laterálně od brady se stávají prominentnější u mužů, což se jeví jako výraznější sestup a ochabnutí tváří u mužů, přičemž po šedesátém roku života se tento sestup stává pohlavně dimorfní. Tváře žen jsou tedy po celý život v oblasti střední třetiny obličejí výrazně plnější a v dolní třetině obličejí se navíc tváře mužů stávají po šesté dekádě více povislými než u žen, jak je možné vidět na obr. 9.35 a 9.36.

Oblast **horního rtu** promínuje u mužů až do šesté dekády života, jak je vidět na obr. 9.35 a 9.36, následně se horní ret stává více prominentní u žen než u mužů a jeví se plnější a to především v oblasti jejich červeně. Po rozdělení do tří věkových kategorií lze pozorovat přítomný pohlavní dimorfismu horního rtu po celý život, avšak po šesté dekádě života se jeví opačný než v mladších věkových kategoriích (obr. 9.36). Po rozdělení do šesti věkových kategorií se zdá, že ke změně prominence horního rtu mezi muži a ženami dochází v šesté dekádě života, kdy pohlavní dimorfismus není zřejmý (obr. 9.35).

Brada a její bezprostředně přilehlé části promínují po celý život u mužů, avšak výjimkou je přední centrální oblast brady, která se jeví bez pohlavního dimorfismu. Brada se tak u mužů jeví delší a širší než u žen. To je možné zřetelně pozorovat po rozdělení do tří věkových kategorií (obr. 9.36). Po rozdělení do šesti věkových kategorií (obr. 9.35) je možné sledovat vliv transversálních dat a to především v přední oblasti brady, kdy se zdá střídát prominence této oblasti v jednotlivých kategoriích mezi muži a ženami.



Obrázek 9.35: Červenomodré mapy – znázornění pohlavní dimorfismu v jednotlivých šesti věkových kategoriích (20–30, 31–40, 41–50, 51–60, 61–70, 71+ let) – prominence mužů (modře) a žen (červeně); menší modrá mapa – znázornění míst se signifikantním rozdílem.

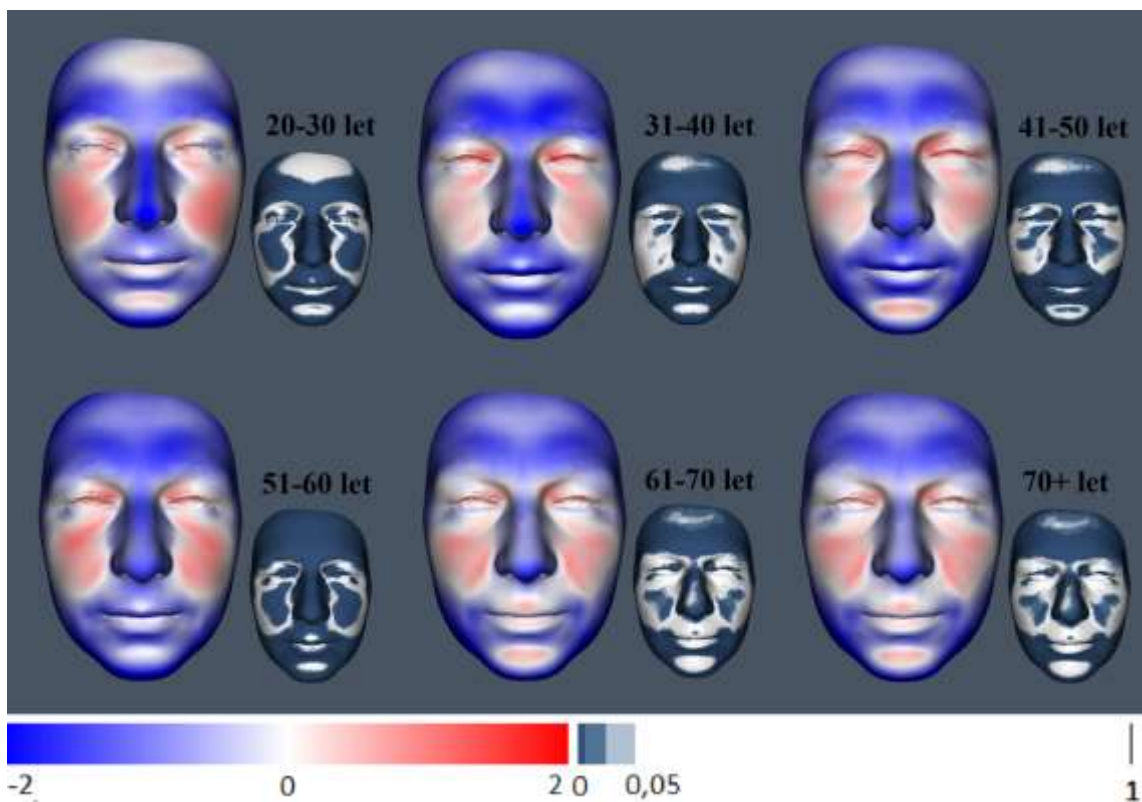


Obrázek 9.36: Červenomodré mapy – znázornění pohlavní dimorfismu v jednotlivých třech věkových kategoriích (20-40, 41-60 a 60+ let) – prominence mužů (modře) a žen (červeně); menší modrá mapa – znázornění míst se signifikantním rozdílem.

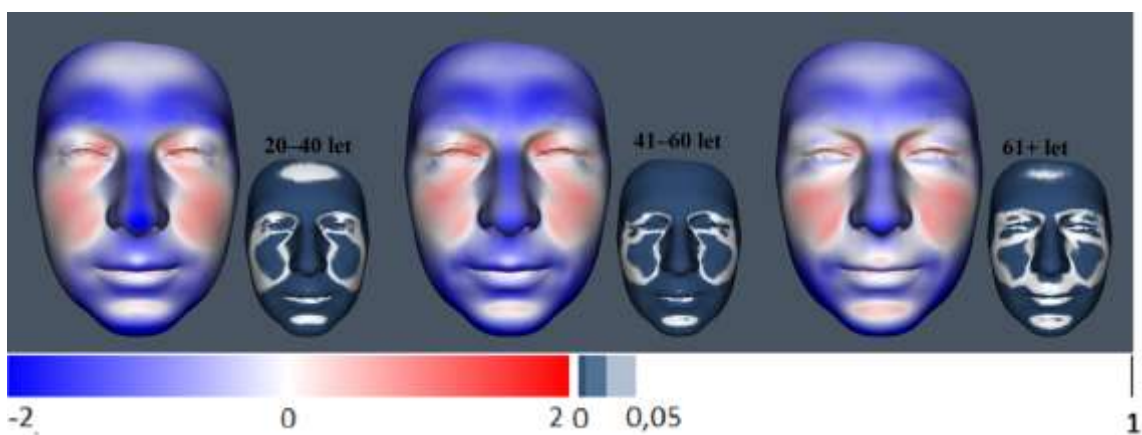
9.8.2. Pohlavní dvojtvárnost formy obličeje

Na obrázcích 9.37 a 9.38 je znázorněn pomocí superprojekce rozdíl mezi průměrnými modely formy obličeje mužů a žen v jednotlivých šesti (20–30, 31–40, 41–50, 51–60, 61–70 a 71+ let) a tří (20–40, 41–60 a 60+ let) věkových kategoriích, přičemž je možné sledovat vliv velikostních změn obličeje na pohlavní dimorfismus.

Po rozdělení do tří věkových kategorií (obr. 9.38) je vidět, že horní a dolní třetina je výrazně větší u mužů, zatímco přední část tváří ve střední třetině obličeje je větší u žen. Pouze přední část brady se zdá stejně velká u mužů i u žen. V žádné věkové kategorii není pozorovatelné výrazné snížení pohlavního dimorfismu způsobené změnou velikosti, pouze v oblasti **horního rtu** dochází po šesté dekádě života k vymizení pohlavního dimorfismu vlivem velikostních změn. Po rozdělení do šesti věkových kategorií (obr. 9.37) je vidět výrazný pohlavní dimorfismu v horní a dolní třetině, což je podpořeno signifikancí vzniklého rozdílu, zatímco ve střední třetině se pohlavní dimorfismu v jednotlivých dekádách projevuje méně a podle mapy významnosti se jeví nepřítomný.



Obrázek 9.37: Červenomodré mapy – znázornění pohlavní dimorfismu v jednotlivých šesti věkových kategoriích (20-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71+ let) – prominence mužů (modře) a žen (červeně); menší modrá mapa – znázornění míst se signifikantním rozdílem.



Obrázek 9.38: Červenomodré mapy – znázornění pohlavní dimorfismu v jednotlivých třech věkových kategoriích (20-40, 41-60 a 60+ let) – prominence mužů (modře) a žen (červeně); menší modrá mapa – znázornění míst se signifikantním rozdílem.

9.9. Souhrn výsledků

V této kapitole jsou společně zhodnoceny dílčí závěry, a jsou tak pozorovány změny během stárnutí jednotlivých částí obličeje a snižování pohlavního dimorfismu s věkem.

Čelo mužů je větší než čelo žen, ubíhá šikmo dozadu a s věkem ustupuje společně s **nadočnicovými oblouky**, a **glabelou** celé dozadu, oproti kolmému čelu žen, které se s věkem zešikmuje a oplošťuje vlivem jeho ústupu v horní části a naopak

s věkem se neměnicími nadočnicovými oblouky. Ty zůstávají po celý život u mužů větší a výraznější. V oblasti čela tedy dochází ke snižování pohlavního dimorfismu především kvůli tvarovým změnám čela žen. U mužů i u žen tyto tvarové změny probíhají kontinuálně během celého života, u mužů k výraznějšímu ústupu dochází v sedmé dekádě. Velikost čela se u žen celkově zmenšuje po celý život u mužů až po čtvrté dekádě života. Do té doby čelo mužů nabývá na robusticitě.

Horní víčka se u mužů i žen pravděpodobně vlivem sesunu tukových polštářů stávají prominentními. **Dolní víčka**, která jsou prominentnější po celý život u žen, se ze stejného důvodu posouvají po čtvrté dekádě dolů, o něco více však u mužů, což může být příčina snížení pohlavního dimorfismu po šesté dekádě života v oblasti dolních víček.

Kořen nosu je širší a vyšší u mužů než u žen. U mužů se na něm do čtvrté dekády neprojevují výrazné změny vlivem stárnutí, v páté dekádě dojde k jeho výraznému zúžení, což v menší míře pokračuje i v šesté dekádě. Naopak u žen se kořen nosu zužuje kontinuálně do šesté dekády, v sedmé však dojde k jeho rozšíření, což spolu se zúžením kořene nosu mužů má pravděpodobně za následek snížení pohlavního dimorfismu po šesté dekádě v této oblasti. Přesto však u mužů kořen nosu zůstává po celý život celkově větší.

Nos je celkově větší u mužů a ke snižování pohlavního dimorfismu s věkem dochází vlivem snižování profilu nosu mužů kontinuálně během života, zatímco nos žen se s věkem nemění. U obou pohlaví dochází k poklesu špičky nosu, což je výraznější u mužů do šesté dekády života a u žen k výraznějšímu poklesu dochází po šesté dekádě, a má za následek zvýšení konvexity nosu. Po celý život je výrazný velikostní dimorfismus, avšak po čtvrté dekádě života se snižuje pohlavní rozdíl tvaru nosu.

Tváře žen jsou plnější a větší než u mužů. Po celý život dochází k jejich rozšiřování jak u žen, tak u mužů. To má za následek rozšiřování obličeje především v oblasti jařmových oblouků a dolních částech brady, pravděpodobně z důvodu poklesu a ochabnutí tváří. Po sedmé dekádě se u mužů i žen zdá, že dochází ke ztrátě plnosti tváří, které se stávají propadnutými.

Oblast **horního rtu**, jež je do šesté dekády větší u mužů, s věkem u obou pohlaví ustupuje výrazně dozadu. Po šesté dekádě, kdy dojde u mužů k výraznému ústupu horního rtu spolu se ztrátou plnosti jeho červeně, se oblast horního rtu stává prominentnější u žen. Zatímco se během života jeví výrazný pohlavní dimorfismus v horní části rtu, po šesté dekádě se stává výrazně dimorfni oblast červeně horního rtu

Brada mužů je širší než brada žen, avšak v její přední části se mezi muži a ženami nejvíce velikostní ani tvarový rozdíl. Na rozdíl od žen se během života brada mužů nikam neposouvá. Brada žen se s věkem rozšiřuje a vysouvá vpřed a to především po šesté dekádě života. Ke snížení pohlavního dimorfismu však během života v oblasti brady nedochází.

10. Diskuze

Diplomová práce navazuje na studii Miriami Mydlové (2013), jež se zabývala pohlavním dimorfismem a věkovými změnami obličeje dospělé české populace rozdělených do tří věkových kategorií (vypsat kategorie). Hlavním cílem bylo tedy pokračovat v daném tématu, tj. rozšířit vzorek studované populace (z původních xx na xx jedinců analyzovaných v předkládané diplomové práci), detailněji hodnotit získaná data prostřednictvím nikoli dvacetiletých, ale desetiletých věkových změn, použít nové statistické postupy (např. barevné mapy signifikance morfologických rozdílů obličeje) a především modelovat pak stárnutí či reverzně omlazení daných jedinců pro využití ve forenzní praxi.

V diplomové práci tedy byly na základě věkových rozdílů mezi průměrnými 3D virtuálními modely obličejů české populace ve věku mezi 20 až 88 let sledovány morfologické změny obličeje jak u mužů, tak u žen. Byl zhodnocen trend stárnutí pro obě pohlaví a dále bylo zjišťováno, zda pomocí rozdělení probandů do šesti věkových kategorií, je možné blíže určit morfologické změny obličeje během stárnutí do konkrétních dekád a vysledovat rozdíl stárnutí mezi muži a ženami. Kromě věkových změn byl hodnocen pohlavní dimorfismus v rámci jednotlivých šesti věkových kategorií a byl sledován důvod snižování pohlavního dimorfismu s věkem, tedy zda ke snížení pohlavního dimorfismu dochází vlivem morfologických změn žen či mužů nebo se na snižování podílí pohlaví obě.

Data 3D virtuálních modelů pořízených optickým scenrem Vectra^{m3} (2010) byla zpracována v programu Morphome3cs (CGG MFF UK 2015) umožňující analýzy na základě geometrické morfometrie. Tento metodologický přístup představuje moderní metodu hodnocení tvaru a formy umožňující vizualizaci výsledků (Fagertun 2014), které mají široké uplatnění v biomedicínských, forenzních vědách i dalších vědách. Například po vyškolení lékařů je možné na základě výsledků výzkumů založených na 3D morfometrii rozpoznávat klíčové faktory syndromů v obličeji pacientů (Hammond *et*

al. 2004). Na základě analýzy tvaru obličeje je také možné do určité míry sledovat populační příslušnost jedinců (Viðarsdóttir, O'Higgins 2002; Hennessy, Stringer 2002) Studium stárnutí obličeje dospělých jedinců umožňuje například rozvíjet technologie pro rozpoznávání obličejů inkriminované osoby po uplynutí několika let od pořízení srovnávacího snímku. Tyto technologie lze následně využít v oblasti práva či forenzních věd (Patterson 2006).

10.1. Věkové změny obličeje mužů a žen

Nejprve byly na základě superprojekce průměrných modelů porovnávány věkové změny a to s ohledem na pohlaví. Na základě všech analýz bylo možné následně vytvořit model stárnutí obličeje pro každé pohlaví. Tato data podpořena analýzou hlavních komponent umožnila zhodnotit trend stárnutí a sledovat jeho případné odlišnosti mezi muži a ženami.

V této práci bylo zjištěno, že s přibývajícím věkem dochází především k rozšiřování obličeje za současného snižování konvexity, jako důsledek retroinklinace v oblasti přední horní čelisti. Stejně tak v řadě studií bylo potvrzeno rozšiřování obličeje s věkem (Erenia 2010; Zimblet et al. 2001; Nicolau 2010) a snižování konvexity (Mydlová et al. 2015).

V diplomové práci bylo také zjištěno, že u žen dochází k ústupu čela v úrovni čelních hrbolů, zatímco u mužů ustupuje čelo celé, čteně nadočnicových oblouků a glabely. Ústup čela bez ohledu na pohlaví souvisí pravděpodobně i s ubýváním podkožního tuku této oblasti (Nicolau 2010). Avšak bylo zjištěno, že vlivem zvětšování lební dutiny se celá čelní kost posouvá dopředu (Israel 1973, Torlakovic, Færøvig 2011), což nepotvrzuje zjištění této studie ani studie Mydlové (2013), v jejíž práci byl též pozorován ústup čela. Zatímco studie Mydlové (2013) byla prováděna obdobnými metodami, jako byla vypracována předkládaná práce a též byla vypracována na základě transversálních dat, studie Torlakovic, Færøvig (2011) byla vypracována na longitudinálních datech, avšak probandi byli sledováni v mladším věku (20, 30 a 40 let). Studie Israel (1973) na longitudinálních datech hodnotila probandy ve třetí dekádě života. V této práci však bylo zjištěno, že u mužů do čtvrté dekády dochází k posunu čela vpřed a k jeho ústupu dochází až v páté dekádě. V těchto studiích nebylo však zohledněno pohlaví. Na základě rozdělení probandů do šesti věkových kategorií je pravděpodobně možné částečně vysvětlit odlišnost výsledků studií stárnutí čela, tedy že do čtvrté dekády se čelo mužů zvětšuje a k následnému ústupu dochází až v dekáдах

dalších. V této práci bylo dále zjištěno, že u mužů dochází k ústupu nadočnicových oblouků, což by bylo možné podle výsledků výzkumu pro obě pohlaví Nicolau (2010) určit jako jejich oploštění. Podle výsledků předkládané práce, dolní oční víčka mužů a žen nabývají s věkem plnosti, avšak klesají dolů. Sestup tukového polštáře potvrzuje řada studií (Coleman, Growth 2006; Wulc *et al.* 2012; Kaur *et al.* 2015; Zimpler *et al.* 2001; Pessa *et al.* 1999). K výraznému poklesu dochází u obou pohlaví v šesté dekádě, což je podpořeno tvrzením, že řada histologických a morfologických změn v obličejí se výrazně začíná projevovat po padesátém roce života (Albert *et al.* 2007; Bonta *et al.* 2013; Rehman *et al.* 1994; Recker 2003). Především u žen však podle našich dat v sedmé dekádě dochází k výrazné ztrátě plnosti dolního očního víčka, což naznačuje odlišný trend stárnutí po sedmé dekádě života.

V diplomové práci byla dále zjištěna odlišnost stárnutí oblasti kořene nosu mezi muži a ženami. Zatímco u mužů se kořen nosu do čtvrté dekády jeví nezměněn a následně dochází k jeho kontinuálnímu zužování, u žen je možné pozorovat zužování nosu do šesté dekády a v dekádě následně dojde k jeho rozšíření. V práci Mydlové (2013) byly zjištěny obdobné závěry, konkrétně že během stárnutí dochází u mužů k zužování kořene nosu po celý život a ze superprojekce modelů obličejí žen rozdělených do tří věkových kategorií je zhodnoceno, že se po šesté dekádě kořen nosu rozšiřuje. V předkládané diplomové práci bylo dále zjištěno, že se nos po čtvrté dekádě stává u obou pohlaví konvexní, vlivem poklesu špičky nosu. To potvrzují výsledky mnoha studií (Rohrich *et al.* 2005, s. 1938; Mydlová 2013; Kaur *et al.* 2015; Sforza *et al.* 2010a; Pecora *et al.* 2008; West, Namara 1999). Špička nosu a nosní křídla se s věkem zakulacují a nos se v oblasti nosních křídel rozšiřuje. To podporuje tvrzení, že se nos s přibývajícím věkem stává baňatým a že dochází k rozvolnění nosních chrupavek a tím poklesu nosních křídel (Gonzalez-Ulloa 1987; Kaur *et al.* 2015). K tomuto poklesu nosních křídel by mělo docházet ve věku 15–25 a 35–55 let (Gonzalez-Ulloa 1987), avšak v předkládané práci po rozdělení probandů do šesti dekád nebylo možné vysledovat pokles nosní křídel do konkrétní dekády. Rozšíření nosu v oblasti nosních křídel, které bylo v této práci pozorováno, potvrzuje i studie kosterního podkladu nosu, kdy bylo zjištěno, že dochází k laterálnímu ústupu kostěného vstupu nosu (Shaw, Kahn 2007). Pokles nosní špičky, který byl též v této práci pozorován, pravděpodobně souvisí s posunutím kostěného vstupu nosu dozadu, jak bylo dááno do souvislosti ve studii Shaw, Kahn (2007). Celková výška nosu se s věkem u mužů snižuje, zatímco u žen zůstává po celý život stejná. Toto zjištění je však

v rozporu s tvrzením, že s věkem dochází ke zvyšování výšky nosu (Sarnäs, Solow 1980; Formby et al. 1994), avšak bylo by v souladu se snižující se obličejovou konvexitou (Mydlová et al. 2015).

Podle výsledku diplomové práce bylo zjištěno, že během stárnutí dochází k rozšiřování obličeje, především v oblasti jařmové kosti a dolní části tváří, čímž dochází k zakulacování obličeje. Rozšiřování jařmové kosti potvrzuje řada výzkumů (Zimblet et al. 2001; Eremia 2010), dále byl popsán i pokles tváří, které s věkem začínají přesahovat dolní okraj mandibuly (Reece 2008; Gamboa et al. 2004). Podle této práce se celé tváře ve všech směrech kontinuálně u mužů i žen rozšiřují. Dále byl zjištěn pokles předních částí tváří během stárnutí, což potvrzuje dříve publikované tvrzení, že s věkem dochází k poklesu tukových polštářů tváří (Wulc et al. 2012). Tváře celkově ale podle našich výsledků s věkem mohutní, podobně přibývání měkkých tkání v oblasti tváří popisuje také Mydlová et al. (2015). V řadě studií se uvažuje o postupné ztrátě plnosti tváří a jejich propadnutí (Donofrio 2000; Lambros 2007), avšak z výsledků této práce se zdá ztráta plnosti tváří zjevná až po sedmé dekádě života. Histologické změny kůže nastávají v šesté dekádě (Bonta et al. 2013) a během života dochází k atrofii podkožního tuku (Růžicková Jarešová 2013), což by částečně podpořilo zjištění této práce o pozdější ztrátě plnosti tváří, pravděpodobně vlivem ztráty podkožního tuku tváří v sedmé dekádě. U mužů dochází k výraznému rozšiřování a nabývání plnosti tváří do čtvrté dekády života. Tváře žen se rozšiřují a zvětšují kontinuálně. Srovnávací studie, které by určily změny tváří do dekád s ohledem na pohlaví, však nejsou k dispozici.

V předkládané diplomové práci bylo zjištěno, že s věkem dochází ke ztrátě plnosti červeně rtů a celý horní ret ustupuje s věkem značně dozadu. To potvrzuje i diplomová práce Mydlové (2013), přičemž ve studii West, McNamara (1999) a Kaur et al. (2015) tento posun vzad přičítají ztenčení měkkých tkání, zvláště pak výraznému ztenčení měkkých tkání na hranici červeně rtů (Formby et al. 1994; Akgül, Toygar 2002; Sforza et al. 2010b), a odbourávání kostní hmoty těla horní čelist (Mendelson, Wong 2012). V této práci bylo zjištění ztráty plnosti rtu určeno přesněji časově. Zatímco horní ret ustupuje a ztrácí svou plnost kontinuálně, změny dolního rtů probíhají rychleji, tj. do šesté dekády.

V této práci bylo zjištěno, že brada mužů i žen se s věkem rozšiřuje a nabývá robustnosti, což potvrzuje i studie Mydlové et al. (2015). Dolní část brady se u mužů i žen posouvá dolů a je v souladu se zjištěním dřívějších studií West, McNamara (1999), Torlakovic, Færøvig (2011) a Gonzalez-Ulloa (1987). Podle výsledků této diplomové

práce pak především v laterálních částech brady klesají měkké tkáně dolů, což podporuje tvrzení, že vlivem gravitace a ztráty elasticity tkáně může kůže v oblasti brady poklesnout pod dolní okraj dolní čelisti (Coleman, Grover 2006; Kaur et al. 2015).

10.2. Pohlavní dvojtvárnost a jeho změny během stárnutí

Pomocí superprojekce průměrných modelů tvaru a formy obličejů byly zjištěny rozdíly mezi muži a ženami v jednotlivých šesti věkových kategoriích a celkově lze konstatovat, že se pohlavní dimorfismus (především tvaru) s věkem snižuje. Na základě těchto informací, zároveň spolu se zjištěním věkových změn s ohledem na pohlaví, byly určeny oblasti obličeje mužů a žen, které konkrétně a jak za snižování pohlavního dimorfismu zodpovídají.

Zjištění této práce, že mužský obličej je celkově větší, tedy celkově mohutnější, širší a vyšší, bylo potvrzeno i např. studií Ferrario et al.(1973), Samal et al. (2007), Hennessy et al. (2002). Dále bylo v této práci zjištěno, že čelo i s nadočnicovými oblouky a glabelou, nos a celá dolní třetina obličeje je výrazně větší u mužů než u žen, což potvrzují studie Samal et al. (2007), Hennessy et al. (2002) Ferrario et al. (1993) a naopak tváře jsou po celý život o něco větší u žen než u mužů, s čímž je ve shodě tvrzení studie Mydlové et al. (2015). Ke snižování pohlavního dimorfismu podle našich výsledků nedochází vlivem velikostních změn, které jsou u mužů i u žen obdobné, ale příčinou jsou tvarové změny.

K nejvýraznějšímu snížení pohlavního dimorfismu dochází v oblasti čela a nosu. Jak bylo v této práci zjištěno, čelo žen je kolmé a nadočnicové oblouky méně výrazné, naopak čelo mužů ubíhá šikmo dozadu a jejich nadočnicové oblouky jsou výrazné. Toto tvrzení je ve shodě s řadou dalších studií. (Mydlová et al. 2015; Mendelson et al. 2007; Blažek, Trnka 2009; Petrovický, Doskočil 2001; Patel 2013) V této práci bylo zjištěno, že ke snížení pohlavního dimorfismu ze strany ženy dochází vlivem zeshikmení jejich čela s věkem a ze strany mužů k tomu dochází vlivem oploštění nadočnicových oblouků, které bylo sledováno i ve studii Nicolau (2010).

V této práci bylo dále zjištěno, že u mužů dochází k výraznějšímu poklesu špičky nosu do šesté dekády života, zatímco u žen až poté, což koresponduje se studií Kaur et al. (2015), ve které byl výraznější pokles špičky nosu u mužů než u žen sledován ve věku 30–40 let, po šedesátém roce života byl tento pokles o něco výraznější u žen než u mužů. Dále bylo v této práci zjištěno, že zatímco hřbet nosu žen je během

života neměnný, hřbet nosu mužů se s věkem posouvá dozadu, což pravděpodobně postupně vede k vymizení pohlavního dimorfismu v sedmé dekádě života v oblasti nosu. Toto tvrzení není však možné podložit jinou studií. Naopak v rozporu je zjištění o posunu profilu nosu vpřed jak mužů, tak žen (Sarnäs, Solow 1980; Formby et al. 1994). Prominence hřbetu nosu může být však pouze zdánlivá vůči poklesu špičky nosu (Rohrich et al. 2005).

Tváře žen jsou plnější a větší po celý život než u mužů a nedochází u nich podle našich výsledků ke snižování pohlavního dimorfismu. Tváře mužů se tak zdají více propadlé, což potvrzuje i studie Tanikawa et al. (2016),

Horní ret je podle výsledků této studie pohlavně dimorfní ve velikosti do šesté dekády života. Následně dochází k vymizení velikostního pohlavního dimorfismu a to i včetně červeně horního rtu. Podle studie Sforza et al. (2010b) je však objem červeně rtů po celý život větší u mužů. Dolní ret se ale podle výsledků této studie nejeví pohlavně dimorfní v žádné dekádě studia. To potvrzuje zjištění studie Mydlová (2013), ale je v rozporu s jinými studiemi, které dolní ret určují za pohlavně rozdílný (Hennessy et al. 2002).

V diplomové práci bylo zjištěno, že je brada po celý život větší a robustnější u mužů až na její přední část, která se nejeví pohlavně dimorfní. Robustní bradu mužů potvrzují studie Mydlové (2013), Petrovického a, Doskočila (2001), Tanikawa et al. (2016). Dále však v této práci bylo odhaleno, že přední oblast brady se u mužů s věkem nemění velikostně ani tvarově a s věkem postupně plynule navazuje na ustupující dolní ret, až se bradová rýha stává nevýraznou. Přední část brady žen se však s věkem zvětšuje, čímž se zvýrazňuje i bradová rýha. Ve studii Torlakovic, Færøvig (2011) bylo zjištěno, že brada ve třetí dekádě nejprve ustoupí, v následné dekádě se však posouvá zpět dopředu. Zda dochází k posunu brady i v dalších dekádách ve studii Torlakovic, Færøvig (2011) již nebylo hodnoceno, jelikož studie hodnotí probandy ve věku do 40 let. V rozporu se zjištěním změn během stárnutí přední části brady je diplomová práce Mydlové (2013), ve které bylo zjištěno, že k posunu brady dopředu dochází u mužů nikoliv však výrazně u žen. Příčinou může být rozdílná interpretace výsledků, jelikož v této práci byl kromě superprojekce modelů brán zřetel na mapu významnosti vzniklých rozdílů.

11. Závěr

- I. Stárnutí obličeje žen a mužů se liší jak z hlediska časového období, ve kterém ke změnám jednotlivých obličejových struktur dochází, tak z hlediska odlišnosti morfologických změn některých částí obličeje. Trend stárnutí obou pohlaví je však stejný:
 - rozšiřování obličeje v oblasti tváří
 - snižování konvexity obličeje vlivem ústupu přední střední třetiny obličeje
 - ústup čela (u mužů v celém rozsahu, u žen jeho horní část)
- II. Ke snižování pohlavního dimorfismu obličeje dochází vlivem tvarových změn jak mužů, tak žen. Změny velikostní se na snižování pohlavního dimorfismu nepodílejí:
 - Zešikmení čela žen
 - Oploštění nadočnicových oblouků mužů
 - Snižování porfilu nosu mužů
 - Výraznější ústup přední střední třetiny obličeje mužů
 - Nabývání plnosti přední části tváří žen
 - Zastavení zvětšování objemu dolních očních víček žen po šesté dekádě života, zatímco u mužů dochází k jejich zvětšování po celý život
- III. Rozdělení vzorku do věkových kategorií po dekádách neumožňuje zřetelně sledovat trend stárnutí, jenž je dobře sledovatelný po rozdělení do věkových kategorií tří. Avšak po zvážení vlivu transversálních dat, který se projevuje po rozdělení do úzkých věkových skupin, je možné zařadit některé věkové změny do konkrétních dekád. Též toto rozdělení odhalilo odlišné stárnutí po sedmé dekádě života jak mužů, tak žen, které po rozdělení do tří věkových kategorií není patrné.

12. Literatura

- Aaron, J.E., Makins, N.B., & Sagreiya, K. (1987). The microanatomy of trabecular bone loss in normal aging men and women. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 215, 260–271.
- Adams, D.C., Rohlf, J.F., & Slice, D.E. (2004). Geometric morphometrics: ten years of progress following the ‘revolution’. *Italian Journal of Zoology*, 71, 5–16.
- Adler, T. (2003). Aging research: the future face of environmental health. *Environmental Health Perspectives*, 111(14), A760–A765.
- Agin, B., & Perkins, S. (2008). What happens to aging muscles. In *Healthy aging for dummies* (s. 366). Canada: Wiley Publishing, Inc
- Akgül, A.A., & Toygar, T.U. (2002). Natural craniofacial changes in the third decade of life: a longitudinal study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 122(5), 512–522.
- Albert, M.A., Říčánek, K., & Patterson, E.K. (2007). A review of the literature on the aging adult skull and face: Implications for forensic science research and applications. *Forensic Science International*, 172(1), 1-9.
- Almeida, M., Han, L., Martin-Millan, M., Plotkin, L.I., Stewart, S.A., Roberson, P.K., & ... (2007). Skeletal involution by age-associated oxidative stress and its acceleration by loss of sex steroids. *The Journal of Biological Chemistry*, 282(37), 27285–97.
- Alnaqeeb, M.A., & Goldspink, G. (1987). Changes in fibre type, number and diameter in developing and ageing skeletal muscle. *Journal of Anatomy*, 153, 31–45.
- Alnaqeeb, M.A., Zaid, N.S. A., & Goldspink, G. (1984). Connective tissue changes and physical properties of developing and ageing skeletal muscle. *Journal of*

Anatomy, 139(4), 677–689.

Ambrose, C. (2015). Muscle weakness during aging: a deficiency state involving declining angiogenesis. *Ageing Research Reviews*, 23, 139–153.

Amirlak, B. (2015). Skin anatomy - dermis. *Medscape*.

Dostupné z:

<http://emedicine.medscape.com/article/1294744-overview#a3>

Anderson, K.J., Henneberg, M., & Norris, R.M. (2008). Anatomy of the nasal profile. *Journal of Anatomy*, 213(2), 210–216.

Anderson, M.J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26, 32–46.

Auqat, P., & Schorlemmer, S. (2006). The role of cortical bone and its microstructure in bone strength. *Age and Ageing*, 35, ii27–ii31.

Babler, W.J. (1991). Embryologic development of epidermal ridges and their configurations. *Birth Defects Original Article Series*, 27(2), 95–112.

Barker, D.E. (1977). Dye injection studies of intraorbital fat compartments. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 59(1), 82–85.

Barros, E.M., Rodriques, C.J., Rodriques, N.R., Oliveira, R.P., Barros, T.E., & Rodriques, A.J. (2002). Aging of the elastic and collagen fibers in the human cervical interspinous ligaments. *The Spine Journal*, 2(1), 57–62.

Barry, C., Johnston, R.A., & Scanlan, L.C. (2010). Are faces „special" objects? Associative and semantic priming of face and object recognition and naming. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51(4), 853–882.

- Besl, P.J., & McKay, N.D. (1992). A method for registration of 3-D shapes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *14*(2), 239–256.
- Bigoni, L., Velemínská, J., & Brůžek J. (2010). Three-dimensional geometric morphometric analysis of cranio-facial sexual dimorphism in a Central European sample of known sex. *Homo*, *61*, 16–32.
- Binte, R., Tanaka, M., Kohno, S., Ikegame, M., Watanabe, N., Nowazesh, A.M., & Ejiri, S. (2007). Relationship between porotic changes in alveolar bone and spinal osteoporosis. *Journal of Dental Research*, *86*(1), 52–57.
- Bishara, S.E., Jakobsen, J.R., Hession, T.J., & Treder, J.J. (1998). Soft tissue profile changes from 5 to 45 years of age. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *114*(6), 698–706
- Blažek, V., & Trnka, R. (2009). *Lidský obličej. Vnímání tváře z pohledu kognitivních, behaviorálních a sociálních věd*. Praha: Karolinum.
- Bodic, F., Luc, H., Lerouxel, E., Baslé, M.F., & Chappard, D. (2005). Bone loss and teeth. *Joint Bone Spine*, *72*, 215–221.
- Bondevik, O. (1996). Growth changes in the cranial base and the face: A longitudinal cephalometric study of linear and angular changes in adult norwegians. *The European Journal of Orthodontics*, *17*(6), 525–532.
- Bonta, M., Daina, L., & Mutiu, G. (2013). The process of ageing reflected by histological changes in the skin. *Romanian Journal of Morphology and Embryology*, *54*(3), 797–804.
- Bouzek, J. (2009). *Umění a myšlení* (1. vyd.). Praha/Kroměříž: Triton.
- Branchet, M.C., Boisnic, S., Frances, C., & Robert, A.M. (1990). Skin thickness changes in normal aging skin. *Gerontology*, *36*(1), 28–35.

- Braverman, I M., & Fonferko, E. (1982). Studies in cutaneous aging: I. The elastic fiber network. *Journal of Investigative Dermatology*, 78(5), 434–443.
- Brett, A.D., & Taylor, C.J. (1998). A method of automated landmark generation for automated 3D PDM Construction. In *mage and Vision Computing* (Roč. 18, s. 739–748).
- Cagaňová, V., Borský, J., Šmahel, Z., & Velemínská, J. (2014). Facial growth and development in unilateral cleft lip and palate: comparison between secondary alveolar bone grafting and primary periosteoplasty. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 51(1), 15–22.
- Callewaert, F., Venken, K., Kopchick, J.J., Torcasio, A., van Lenthe, G.H., Boonen, S., & Vanderschueren, D. (2010). Sexual dimorphism in cortical bone size and strength but not density is determined by independent and time-specific actions of sex steroids and IGF-1: evidence from pubertal mouse models. *Journal of Bone and Mineral Research*, 25(3), 617–626.
- Campbell, M.J., McComas, A.J., & Petito, F. (1973). Physiological changes in ageing muscles. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 36(2), 174–182.
- Campisi, J. (2013). Aging, cellular senescence, and cancer. *Annual Review of Physiology*, 75, 685–705
- Castelo-Branco, C., Pons, F., Gratacos, E., Fortuny, A., Vanrell, J.A., & Gonzalez-Merlo, J. (1994). Relationship between skin collagen and bone changes during aging. *Maturitas*, 18(3), 199–206.
- CGG MFF UK (2015). Morphome3cs II, Charles University in Prague, Czech Republic, dostupné z <http://www.morphome3cs.com/>

- Cinti, S. (2007). The adipose organ. In *Nutrition and health: adipose tissue and adipokines in health and disease* (s. 3–19). New Jersey: Humana Pres Inc.
- Coleman, S.R., & Grover, R. (2006). The anatomy of the aging face: volume loss and changes in 3-dimensional topography. *Aesthetic Surgery Journal*, 26, 4–9.
- Cremonesi, M.A., & Thompson, R.L. (1998). *Forbidden archeology: the hidden history of the human race*. United States of America: Govardhan hill.
- Crowder, C. (2013). Estimation of age at death using cortical bone histomorphometry. National Criminal Justice Reference Service. Dostupné z <http://www.forensicmag.com/news/2013/02/>
- Čech, S., & Horký, D. (2011). *Přehled obecné histologie*. Brno: Masarykova univerzita.
- Čech, S., Horký, D., & Sedláčková, M. (2009). *Přehled embryologie člověka. Učební text a atlas* (1. vyd.). Brno: Multimediální text podpořený FRVŠ.
- Čihák, R. (2001). *Anatomie 1* (2. vyd.). Praha: Grada Publishing a.s.
- Čihák, R., Druga, R., & Grim, M. (2004). *Anatomie 3* (2. vyd.). Praha: Grada Publishing a.s.
- Čihák, R., & Grim, M. (2002). *Anatomie 2* (2. vyd.). Praha: Grada Publishing a.s.
- De Greef, S., & Willems, G. (2005). Three-dimensional cranio-facial reconstruction in forensic identification: latest progress and new tendencies in the 21st century. *Journal of Forensic Sciences*, 50(1), 12–17.
- Deschenes, M.R. (2004). Effects of aging on muscle fibre type and size. *British Journal of Sports Medicine*, 34(12), 809–24.

- Dong, Y., Huang, L., Feng, Z., Bai, S., Wu, G., & Zhao, Y. (2012). Influence of sex and body mass index on facial soft tissue thickness measurements of the northern Chinese adult population. *Forensic Science International*, 222(1–3), 396.e1-7.
- Donofrio, L.M. (2000). Fat distribution: a morphologic study of the aging face. *Dermatologic Surgery*, 26(12), 1107–1112.
- Doshi, D.N., Hanneman, K.K., & Cooper, K.D. (2007). Smoking and skin aging in identical twins. *Archives of Dermatology*, 143(12), 1543–1546.
- Drgáčová, A., Dupej, J., & Velemínská, J. (2016). Facial soft tissue thicknesses in the present Czech population. *Forensic Science International*, 260(106), e1-7.
- Dupej, J., Krajíček, V., Velemínská, J., & Pelikán, J. (2014). Statistical mesh shape analysis with nonlandmark nonrigid registration (Roč. 12). Cardiff: Symposium on Geometry Processing.
- Eckert, R.L., & Rorke, E.A. (1989). Molecular biology of keratinocyte differentiation. *Environ Health Perspect*, 80, 109–116.
- El-Domyati, M., Attia, S., Saleh, F., Brown, D., Birk, D., & Gasparro, F. (2002). Intrinsic aging vs. photoaging: a comparative histopathological, immunohistochemical, and ultrastructural study of skin. *Experimental Dermatology*, 11(5), 398–405.
- Enlow, D.H., & Hans, M.G. (1996). *Essentials of facial growth*. W.B. Saunders Company.
- Eremia, S. (2010). *Office-based cosmetic procedures and techniques*. New York: Cambridge university press.
- Escoffier, C., Rigal, J., Rochefort, A., Vasselet, R., Leveque, J.L., & Agache P.G.

- (1989). Age-related mechanical properties of human skin: an in vivo study. *Journal of Investigative Dermatology*, 93(3), 353–357.
- Evans, D.J.R., & Francis-West, P.H. (2005). Craniofacial development: making faces. *Journal of Anatomy*, 207(5), 435–436.
- Fagertun, J., Harder, S., Rosengren, A., Moeller, C., Werge, T., Paulsen, R.R., & Hensen, T. F. (2014). 3D facial landmarks: Inter-operator variability of manual annotation. *BMC Medical Imaging*, 14(35), 9.
- Faulkner, J.A., Davis, C.S., Mendias, C.L., & Brooks, S.V. (2008). The aging of elite male athletes: age-related changes in performance and skeletal muscle structure and function. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(6), 1–7.
- Federal Bureau of Investigation. (2005). Facial recognition. California: Government Public. Dostupné 14. únor 2016, z:
https://www.fbi.gov/about-us/cjis/fingerprints_biometrics/biometric-center-of-excellence/modalities/facial-recognition
- Fenske, N.A., & Lober, C.W. (1986). Structural and functional changes of normal aging skin. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 15(4), 571–585.
- Ferrario, V.F., Sforza, C., Claudia, D., & Johanes, H.S. (2000). Harmonic analysis of facial profiles: A 10-year evaluation. *The International Journal of Adult Orthodontics & Orthognathic Surgery*, 16(1).
- Ferrario, V.F., Sforza, C., Pizzini, G., Vogel, G., & Miani, A. (1993). Sexual dimorphism in the human face assessed by euclidean distance matrix analysis. *Journal of Anatomy*, 183(3), 593–600.
- Ferrario, V.F., Sforza, C., Serrao, G., Ciusa, V., & Dellavia, C. (2003). Growth and aging of facial soft tissues: a computerized three-dimensional mesh diagram

analysis. *Clinical Anatomy*, 16(5), 420–433.

Ferrario, V.F., Sforza, C., Schmitz, J.H., Miani, A., & Taroni, G. (1995). Fourier analysis of human soft tissue facial shape: sex differences in normal adults. *Journal of Anatomy*, 187, 593–602.

Fisher, G.J., Kang, S., Varani, J., Bata-Csorgo, Z., Wan, Y., & Datta, S. (2002). Mechanisms of photoaging and chronological skin aging. *JAMA Dermatology*, 138(11), 1462–1470.

Flegr, J. (2005). *Evoluční biologie* (1. vyd.). Praha: Academia.

Formby, W.A., Nanda, R.S., & Currier, G.F. (1994). Longitudinal changes in the adult facial profile. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial ortopedics*, 105(5), 464–476.

Freund, R.M., & Nolan, W.B. (1996). Correlation between brow lift outcomes and aesthetic ideals for eyebrow height and shape in females. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 97(7), 1343–1348.

Fritsch, A., & Hellmich, C. (2006). Universal' microstructural patterns in cortical and trabecular, extracellular and extravascular bone materials: micromechanics-based prediction of anisotropic elasticity. *Journal of Theoretical Biology*, 244(4), 597–620.

Galdames, I.S., & Zavando, D. (2012). Age effect in the morphological traits performance for sex determination in human skulls and mandibles. *International Journal of Morphology*, 30(1), 296–301.

Gamboa, G.M., La Torre, J.I., & Vasconez, L.O. (2004). Surgical anatomy of the midface as applied to facial rejuvenation. *Annals of Plastic Surgery*, 52(3), 240–245.

- Gems, D. (2014). Evolution of sexually dimorphic longevity in humans. *Aging*, 6(2), 84–91
- Gierloff, M., Stöhring, C., Buder, T., Gassling, V., Acil, Y., & Wiltfang, J. (2012). Aging changes of the midfacial fat compartments: a computed tomographic study. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 129(1), 263–273.
- Gilchrest, B.A., Blog, F.B., & Szabo, G. (1979). Effects of aging and chronic sun exposure on melanocytes in human skin. *Journal of Investigative Dermatology*, 73(2), 141–143.
- Gonzalez-Ulloa, M. (1987). *The Aging Face*. Piccin.
- Guiglia, R., Musciotto, A., Compilato, D., Procaccini, M., Russo, L.L., Ciavarella, D., ... Campisi, G. (2010). Aging and Oral Health: Effects in Hard and Soft Tissues. *Current Pharmaceutical Design*, 16, 619–630.
- Guyuron, B., Rowe, D.J., Eshraghi, Y., Fathi, A., & Iamphongsai, S. (2009). Factors contributing to the facial aging of identical Twins. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 123(4), 1321–1331.
- Haddad, M. M., Xu, W., & Medrano, E. E. (1998). Aging in epidermal melanocytes: cell cycle genes and melanins. *Journal of Investigative Dermatology Symposium Proceedings*, 3(1), 36–40.
- Hammond, P., Hutton, T.J., Allanson, J.E., Campbell, L.E., Hennekam, R.C.M., Holden, S., ... Winter, R.M. (2004). 3D Analysis of facial morphology. *American Journal of Medical Genetics*, 126A(4), 339–348.
- Haruštiaková, D., Jarkovský, J., Littnerová, S., & Dušek, L. (2012). *Vícerozměrné statistické metody v biologii*. Brno: Akademické nakladatelství CERM.
- Havaladar, R., Pilli, S.C., & Putti, B.B. (2012). Effects of ageing on bone mineral composition and bone strength. *Journal of Dental and Medical Sciences*, 3(1),

12–16.

Hennessy, R.J., Kinsella, A., & Waddington, J.L. (2002). 3D laser surface scanning and geometric morphometric analysis of craniofacial shape as an index of cerebro-craniofacial morphogenesis: initial application to sexual dimorphism. *Biological Psychiatry*, *51*(6), 507–514.

Hennessy, R.J., McLearn, S., Kinsella, A., & Waddington, J.L. (2005). Facial surface analysis by 3D laser scanning and geometric morphometrics in relation to sexual dimorphism in cerebral–craniofacial morphogenesis and cognitive function. *Journal of Anatomy*, *207*(3), 283–295.

Hennessy, R.J., & Stringer, C. (2002). Geometric Morphometric study of the regional variation of modern human craniofacial form. *American Journal of Physical Anthropology*, *117*(1), 37–48.

Holibkova, A., & Laichman, S. (2004). *Přehled anatomie člověka*. Olomouc: Universita Palackého.

Horáčková, L. (2007). *Anatomie pro antropology I - Pohybový systém*. Brno: Akademické nakladatelství CERM.

Horák, J. (2002). Analýza hlavních komponent.

Dostupné z

http://gis.vsb.cz/pad/Kap_6/kap__6_5_2.htm

Hurd, R., Zieve, D., Ogilvie, I., & A.D.A.M. Editorial team. (2014). Aging changes in skin. In *Medical Encyclopedia*. A.D.A.M.

Hussain, K., Wijetunge, D.B., Grubnic, S., & Jackson, I. (1994). A comprehensive analysis of craniofacial trauma. *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care*, *36*(1).

- Hutton, T.J. (2004). *Dense surface models of the human face* (Disertační práce). University College London, Londýn.
- Ilnkovan, V. (2014). Anatomy of ageing face. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 52(3), 195–202.
- Israel, H. (1973). Recent knowledge concerning craniofacial aging. *Angle Orthodontist*, 43(2), 176–184.
- Junqueira, C., Carneiro, J., & Kelly, R. (1999). *Základy histologie* (7. vyd.). Jinočany: H&H
- Kahn, D.M., & Shaw, R.B. (2008). Aging of the bony orbit: a three-dimensional computed tomographic study. *Aesthetic surgery journal / the American Society for Aesthetic Plastic surgery*, 28(3), 258–264.
- Kau, C., Richmond, S., Zhurov, A.I., Knox, J., Chestnutt, I., Hartles, F., & Playle, R. (2005). Reliability of measuring facial morphology with a 3-dimensional laser scanning system. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 128(4), 424–430.
- Kaur, M., Garg, R.K., & Singla, S. (2015). Analysis of facial soft tissue changes with aging and their effects on facial morphology: A forensic perspective. *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 5, 46–56.
- Kerley, E.R. (1965). The Microscopic determination of age in human bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 23, 149–164.
- Kiebzak, G.M. (1991). Age-related bone changes. *Experimental Gerontology - Journal*, 26((2-3)), 171–187.
- Kingsmill, V.J., & Boyde, A. (1998). Variation in the apparent density of human

mandibular bone with age and dental status. *Journal of Anaşatomy*, 192(2), 233–244.

Koester, K.J. (2011). Effect of aging on the transverse toughness of human cortical bone: evaluation by r-curves. *Journal of the Mechanical behavior of biomedical materials*, 4, 1504–1513.

Konar, Y., Bennett, P.J., & Sekuler, A.B. (2013). Effects of aging on face identification and holistic face processing. *Vision Rsearch*, 88(9), 38–46.

Krajíček, V., Dupej, J., Jana Velemínská, & Pelikán, J. (2012). Morphometric analysis of mesh asymmetry. *Journal of WSCG*, 20.

Kuter, D.J. (2014). Senile purpura. *Merck Manual Professional Edition*. Dostupné z: <http://www.merckmanuals.com/professional/hematology-and-oncology/bleeding-due-to-abnormal-blood-vessels/senile-purpura>

Lambros, V. (2007). Observations on periorbital and midface aging. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 120(5), 1367–1377.

Lemke, B.N., & Stasior, O.G. (1982). The anatomy of eyebrow ptosis. *Archives of Ophthalmology*, 100(6), 981–986.

Levesque, A.Y., & Torre, J.I. (2015). Midface anatomy, aging, and aesthetic analysis. *Facial Plastic Surgery Clinics of North America Journal*, 23(2), 129–136.

Louarn, C. (2007). Botulinum toxin and the face recurve concept: decreasing resting tone and muscular regeneration. *Annales de Chirurgie Plastique Esthétique*, 52(3), 165–76.

Mahood, A.K.S., Jameel, A.J., & Hussein, S.S. (2008). Age related changes of human quadriceps femoris muscle: anatomical and histological study. *Tikrit Medical Journal*, 14(1), 12–22.

- Macholán, M. (1999). Prokrustes, deformace a nová morfometrie. *Vesmír*, 78(1), 35–39.
- Martin, B. (1993). Aging and strength of bone as a structural material. *Calcified Tissue International*, 53, 39–40.
- MCAE Systems – 3D Digitální technologie (2009). Obličejový skener Vectra M3. Dostupné na internetu: <http://www.mcae.cz/oblicejovy-skener-vectra-m3>
- McCracken, T. (2002). *Nový atlas anatomie člověka*. Praha: Columbus.
- Meloun, M., & Militký, J. (2004). *Statistická analýza experimentálních dat* (2. vyd.). Praha: ACADEMIA.
- Melsen, F., Melsen, B., Mosekilde, L., & Bergmann, S. (1978). Histomorphometric analysis of normal bone from the iliac crest. *Acta Pathologica et Microbiologica Scandinavica. Section A*, 86(1), 70–81.
- Mendelson, B., Hartley, W., Scott, M., McNab, A., & Granzow, J.W. (2007). Age-related changes of the orbit and midcheek and the implications for facial rejuvenation. *Aesthetic Plastic Surgery*, 30(1), 1–6.
- Mendelson, B., & Muzaffar, A. (2002). Surgical anatomy of the midcheek and malar mounds. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 110(3), 885–896.
- Mendelson, B., & Wong, C.-H. (2012). Changes in the facial skeleton with aging implications and clinical applications in facial rejuvenation. *Aesthetic Plastic Surgery*, 36(4), 753–760.
- Misch, C. E. (2011). The Hidden Consequences of Losing Teeth. *Dear Doctor - Dentistry and Oral Health*. Dostupné z <http://www.deardocor.com/articles/hidden-consequences-of-losing-teeth/>
- Montagna, W., & Carlisle, K. (1979). Structural changes in aging human skin. *Journal of Investigative Dermatology*, 73(1), 47–53.

- Moore, K.L., & Persaud, T.V.N. (2000). *Zrození člověka. Embryologie s klinickým zaměřením* (1. vyd.). Praha: ISV nakladatelství.
- Mosekilde, L. (2000). Age-related changes in bone mass, structure, and strength--effects of loading. *Zeitschrift für Rheumatologie*, 59, 1–9.
- Moss, C.J., Mendelson, B., & Taylor, G.I. (2000). Surgical anatomy of the ligamentous attachments in the temple and periorbital regions. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 105(4), 1475–1490
- Müller, R., & Rügsegger, P. (1997). Micro-tomographic imaging for the nondestructive evaluation of trabecular bone architecture. *Orthopedic Biomechanics Laboratory*, 40, 61–79.
- Mydlová, M. (2013). *Pohlavní dimorfismus obličeje a jeho změny při stárnutí* (diplomová práce). Univerzita Karlova v Praze, Praha.
- Mydlová, M., Dupej, J., Koudelová, J., & Velemínská, J. (2015). Sexual dimorphism of facial appearance in ageing human adults: A cross-sectional study. *Forensic Science International*, 257, 519.e1–9.
- Nanda, R. S., Meng, H., Kapila, S., & Goorhuis, J. (1990). Growth changes in the soft tissue facial profile. *Angle Orthodontist*, 60(3), 177–190
- Nedorost, L., Tomanová, V., Eberlová, L., Moztarzadeh, O., Adlerová, V., Hecová, H., ... Tonar, Z. (2009). *Atlas histologie tvrdých tkání*. Plzeň: Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova v Praze.
- Netter, F.H. (2010). *Netterův anatomický atlas člověka* (1. vyd.). Brno: Computer Press.
- Nicolau, P. (2010). Anatomy and the Aging Changes of the Face and Neck. In *Based Cosmetic Procedures and Techniques* (s. 3–6). Cambridge: Sorin Eremia.

- Noble, B. (2003). Bone microdamage and cellapoptosis. *European Cells and Materials*, 6, 46–56.
- Okada, H.C., Varghai, K., Alleyne, B., Kinder, K., & Guyuron, B. (2013). Facial changes caused by smoking: a comparison between smoking and nonsmoking identical twins. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 132(5), 1085–92.
- O’Neal, J.O., Nagaraja, S., Diab, T., Vidakovic, B., & Guldberg, R.E. (2011). Age-related changes in human trabecular bone: Relationship between microstructural stress and strain and damage morphology. *Journal of Biomechanics*, 44(12), 2279–2285.
- Oneal, R. M., & Beil, R. J. (2010). Surgical anatomy of the nose. *Clinics in Plastic Surgery*, 37, 191–211
- Páč, L., Vargová, L., & Čuta, M. (2013). *Anatomie pro antropology III - Nervový systém, Smyslové orgány*. Brno: Akademické nakladatelství CERM.
- Parfitt, A.M., Mathews, C.H., Villanueva, A.R., Kleerekoper, M., Frame, B., & Rao, D.S. (1983). Relationships between surface, volume, and thickness of iliac trabecular bone in aging and in osteoporosis. *The Journal of Clinical Investigation*, 72(4), 1396–1409.
- Patel, B. (2013). Forehead Anatomy. *Medscape*. Dostupné z <http://emedicine.medscape.com/article/834862-overview>
- Pecora, N.G., Baccetti, T., & McNamara Jr, J.A. (2008). The aging craniofacial complex: a longitudinal cephalometric study from late adolescence to late adulthood. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 134(4), 46–48.
- Pessa, J. E., & Chen, Y. (2002). Curve analysis of the aging orbital aperture. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 109, 751–755.

- Pessa, J.E., Zadoo, V.P., Ayedelotte, J.D., Cuellar, F.J., Cochran, C.S., Mutimer, K.L., & Garza, J.R. (1999). Concertina effect and facial aging: nonlinear aspects of youthfulness and skeletal remodeling, and why, perhaps, infants have jowls. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 103(2), 635–644.
- Petrovický, P., & Doskočil, M. (2001). *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi I. - Pohybové ústrojí*. Martin: Osveta.
- Phillips, V.M., & Smuts, N.A. (1996). Facial reconstruction: utilization of computerized tomography to measure facial tissue thickness in a mixed racial population. *Forensic Science International*, 83(1), 51–59.
- Picard, F., & Guarente, L. (2005). Molecular links between aging and adipose tissue. *International Journal of Obesity*, 29, S36–S39.
- Pisl, U., Anderhuber, F., & Rzany, B. (2012). Anatomy of the cheek: implications for soft tissue augmentation. *Dermatologic Surgery*, 38(7), 1254–1262.
- Pivoňková, V., Rubešová, A., Lindová, J., & Havlíček, J. (2011). Sexual dimorphism and personality attributions of male faces. *Archives of Sexual Behavior*, 40(6), 1137–1143.
- Pospíšil, M. F. (1974). *Základy dermatoglyfiky*. Universita Komenského v Bratislavě.
- Raisz, L. (1999). Physiology and Pathophysiology of Bone Remodeling. *Clinical Chemistry*, 45(8), 1353–1358.
- Recker, R.R. (2003). Transmenopausal and age-related changes in bone remodeling. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 3(4), 411–412.
- Reece, E.M., Pessa, J.E., & Rohrich, R.J. (2008). The mandibular septum: anatomical observations of the jowls in aging-implications for facial rejuvenation. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 121(4), 1414–1420.

- Rehman, M.T., Hoyland, J.A., Denton, J., & Freemont, A.J. (1994). Age related histomorphometric changes in bone in normal British men and women. *Journal of Clinical Pathology*, 47(6), 529–534.
- Rexbye, H., Petersen, I., Johansens, M., Klitkou, L., Jeune, B., & Christensen, K. (2006). Influence of environmental factors on facial ageing. *Age Ageing*, 35(2), 110–115.
- Ridgeway, H. (2014). How does muscle tone change with age? *GAIAM life*.
- Richard, M.J., Morris, C.L., Byron, D.F., Gray, L., & Woodward, J.A. (2009). Analysis of the anatomic changes of the aging facial skeleton using computer-assisted tomography. *Ophthalmic plastic and reconstructive surgery*, 25(5), 382–386.
- Rinnerthaler, M., Streubel Karolin, M., Bischof, J., & Richter, K. (2015). Skin aging, gene expression and calcium. *Experimental Gerontology*, 68, 59–65.
- Rohen, J.W., Yokochi, C., & Lütjenová-Drecollová, E. (1998). *Anatomie člověka, Barevný fotografický atlas lidského těla*. Martin: Osveta.
- Rohrich, R.J., Hollier, L.H.H., Janis, J.E., & Kim, J.Y.S. (2005). Rhinoplasty with advancing age. *Plastic and reconstructive surgery*, 114(7), 1936–44.
- Rohrich, R.J., & Pessa, J.E. (2008). The retaining system of the face: histologic evaluation of the septal boundaries of the subcutaneous fat compartments. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 121(5), 1804–1809.
- Rohrich, R.J., & Pessa, J.E. (2009). The anatomy and clinical implications of perioral submuscular fat. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 124(1), 266–271.
- Rohrich, R.J., Pessa, J.E., & Ristow, B. (2008). The youthful cheek and the deep medial fat compartment. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 121(6), 2107–2112.
- 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, 236–245.
- Ruci, D. (2014). Osteoporosis and Reduction of Bone Mass by Age and Sex. *Anglisticum Journal*, 3(6), 106–111
- Russo, C.R., Lauretani, F., Seeman, E., Bartali, B., Bandinelli, S., Di Iorio, A., ... Ferrucci, L. (2006). Structural adaptations to bone loss in aging men and women. *Bone*, 38(1), 112–118
- Růžicková Jarešová, L. (2012). Stárnutí kůže a péče o ni. *Medicína pro prax*, 9, 6–7.
- Saini, V. (2014). Significance of temporal changes on sexual dimorphism of cranial measurements of Indian population. *Forensic Science International*, 242, 300.e1-8.
- Samal, A., Subramani, V., & Marx, D.B. (2007). Analysis of sexual dimorphism in human face. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 18, 453–463
- Sarnäs, K.V., & Solow B. (1980). Early adult changes in the skeletal and soft-tissue profile. *European Journal of Orthodontics*, 2(1), 1–12.
- Sato, T., Akatsuka, H., Kito, K., Tokoro, Y., Tauchi, H., & Kato, K. (1984). Age changes in size and number of muscle fibers in human minor pectoral muscle. *Mechanisms of Ageing and Development*, 28(1), 99–109.
- Seeman, E. (2003). The structural and biomechanical basis of the gain and loss of bone strength in women and men. *Endocrinology Metabolism Clinics*, 32(1), 25–38.
- Seeman, E. (2009). Bone Modeling and Remodeling. *Eukaryotic Gene Expression*, 19(3), 219–233

- Seeman, E., & Delmans, P.D. (2006). Bone Quality — The material and structural basis of bone strength and fragility. *The new england journal of medicine*, 354(21), 2250–2261.
- Seidenberg-Kajabova, H., Pospisilova, V., Vranakova, V., & Varga, I. (2010). An original histological method for studying the volar skin of the fetal hands and feet. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 154(3), 211–218.
- Sforza, C., Grandi, G., Binelli, M., Dolci, C., Menezes, M., & Ferrario, V.F. (2010b). Age- and sex-related changes in three-dimensional lip morphology. *Forensic Science International*, 200(1-3), 182.e1–7.
- Sforza, C., Grandi, G., Catti, F., Tommasi, D.G., Ugolini, A., & Ferrario, V.F. (2009). Age and sex-related changes in the soft tissues of the orbital region. *Forensic Science International*, 185, 115.e1–115.e8.
- Sforza, C., Grandi, G., Menezes, M.D., Tartaglia, G.M., & Ferrario, V.F. (2010a). Age- and sex-related changes in the normal human external nose. *Forensic Science International*, 204, 205.e1–205.e9.
- Sforza, C., Menezes, M., & Ferrario, V.F. (2013). Soft- and hard-tissue facial anthropometry in three-dimensions: what's new. *Journal of Anthropological Sciences*, 91, 159–184.
- Sharma, P., Arora, A., & Valiathan, A. (2014). Age changes of jaws and soft tissue profile – a review. *The scientific world journal*
- Sharquie, K.E., Al-Mashhadani, S.A., & Hameed, A.T. (2015). Strategic trial to find aging face print. *Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications*, 5(3), 198–205.

- Shaw, R.B., & Kahn, D.M. (2007). Aging of the mid-face bony elements: a three dimensional CT study. *Plastic and Reconstructive Surgery*, *119*(2), 675–681.
- Shlens, J. (2014). *A tutorial on principal components analysis*. Mountain View. Dostupné z <http://arxiv.org/pdf/1404.1100.pdf>
- Schaffler, M.B., Choi, K., & Milgrom, C. (1995). Aging and matrix microdamage accumulation in human compact bone. *Bone*, *17*(6), 521–525.
- Simpson, E., & Henneberg, M. (2002). Variation in soft-tissue thicknesses on the human face and their relation to craniometric dimensions. *American Journal of Physical Anthropology*, *118*, 121–133.
- Sinelnikov, R.D. (1989). *Atlas of human anatomy - musculoskeletal*. Moskva: Mir Publishers.
- Sjerobabski-Masnec, I., & Šitum, M. (2010). Skin aging. *Acta clinica Croatica Journal*, *49*, 515–519.
- Sobotta. (2006). *Atlas of human anatomy: head, neck, upper limb* (14. vyd.). Mnichov: Urnan & Fischer
- Sousa-Victor, P., García-Prat, L., Serrano, A.L., Perdiquero, E., & Muñoz-Cánoves, P. (2015). Muscle stem cell aging: regulation and rejuvenation. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, *26*(6), 287–296.
- Stay, F. (2014). Your teeth and aging: will you be toothless? *Total Health magazine*. Dostupné z <http://www.totalhealthmagazine.com/Dental-Health>
- Sveikata, K., Balciuniene, I., & Tutkuvienė, J. (2011). Factors influencing face aging. Literature review. *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal*, *13*(4), 113–116.

- Šmahelová, D. (2010). *Hodnocení variability tvaru obličeje u současné české populace* (diplomová práce). Univerzita Karlova v Praze, Praha.
- Tan, K.S., Oh, S.-R., Priel, A., Korn, B.S., & Kikkawa, D.O. (2011). Surgical anatomy of the forehead, eyelids, and midface for the aesthetic surgeon. In *Master Techniques in Blepharoplasty and Periorbital Rejuvenation* (s. 11–24). New York: Springer Science+Business Media.
- Tanikawa, C., Zere, E., & Takada, K. (2016). Sexual dimorphism in the facial morphology of adult humans: a three-dimensional analysis. *Homo*, 67(1), 23–49.
- Tedeschi-Oliveira, S.V., Melani, R.F., de Almeida, N.H., & de Paiva, L.A. (2009). Facial soft tissue thickness of Brazilian adults. *Forensic Science International*, 193(1–3), 127.e1-7.
- Thomas, M., Reddy, V.D., & Lakshmi, H.V. (2012). Soft-tissue cephalometric norms for the Lambada population in Telangana Region of Andhra Pradesh. *Indian Journal of Dental Research*, 23(3), 353–358.
- Toriumi, D.M. (2006). New concepts in nasal tip contouring. *Archives of Facial Plastic Surgery*, 8(3), 156–185.
- Torlakovic, L., & Færøvig, E. (2011). Age-related changes of the soft tissue profile from the second to the fourth decades of life. *The Angle Orthodontist*, 81(1), 50–57.
- Ullmann, Y., Levi, Y., Ben-Izhak, O., Har-Shai, Y., & Peled, I.J. (1997). The surgical anatomy of the fat in the upper eyelid medial compartment. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 99(3), 658–661.

- Vanezi, P., Vanezis, M., McCombe, G., & Niblett, T. (2000). Facial reconstruction using 3-D computer graphics. *Forensic Science International*, 108(2), 81–95.
- Vargová, L., & Páč, L. (2008). *Anatomie pro antropology II - Splanchnologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM.
- VECTRA M3 3D Imaging System | Canfield Scientific. (2010.). Dostupné 21. únor 2016, z <http://www.canfieldsci.com/imaging-systems/vectra-m3-3d-imaging-system/>
- Velemínská, J., Bigoni, L., Borský, J., Šmahelová, D., Cagáňová, V., & Peterka, M. (2012). Surface facial modelling and allometry in relation to sexual dimorphism. *Homo*, 63(2), 81–93.
- Viðarsdóttir, U.S., O’Higgins, P., & Stringer, C. (2002). A geometric morphometric study of regional differences in the ontogeny of the modern human facial skeleton†. *Journal of Anatomy*, 201(3), 211–229.
- Vierkötter, A., & Krutmann, J. (2012). Environmental influences on skin aging and ethnic-specific manifestations. *Dermato-Endocrinology*, 4(3), 227–231.
- Vokurka, M., & Hugo, J. (2008). *Velký lékařský slovník* (8. vyd.). Praha: Maxdorf.
- West, K., & McNamara, J. (1999). Changes in the craniofacial complex from adolescence to midadulthood: A cephalometric study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 115(5), 521–532.
- Williams, G.N., Higgins, M.J., & Lewek, M.D. (2002). Aging skeletal muscle: physiologic changes and the effects of training. *Journal of the American Physical Therapy Association*, 82, 62–68.
- Williams, S.E., & Slice, D.E. (2010). Regional shape change in adult facial bone

curvature with age. *American Journal of Physical Anthropology*, 143(3), 437–447.

Wulc, A., Sharma, P., & Craig, C.N. (2012). The anatomic basis of midfacial aging. In *Midfacial Rejuvenation* (2012. vyd., s. 15–28). Springer.

Zelditch, M.L., Swiderski, D.L., Sheets, H.D., & Fink, W.L. (2012). *Geometric morphometrics for biologists: A Primer* (Vyd. 2.). USA: Elsevier Academic Press.

Zimble, M.S., Kokoska, M.S., & Thomas, J.R. (2001). Anatomy and pathophysiology of facial aging. *Facial Plastic Surgery Clinics of North America*, 9(2), 179–187.

Zioupos, P., & Currey, J.D. (1998). Changes in the stiffness, strength, and toughness of human cortical bone with age. *Bone*, 22(1), 57–66.