Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Katedra antropologie a genetiky člověka

Bakalářská práce

Ontogenetický vývoj obličeje ve vztahu k forenzní antropologii

Jana Špačková

Školitel: RNDr. Jana Velemínská, Ph.D.

Praha 2010

Prohlášení:

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

V Praze dne:

Poděkování:

Za odborné konzultace, cenné rady a připomínky bych chtěla poděkovat především mé školitelce RNDr. Janě Velemínské, PhD.

Abstrakt

Rozpoznávání obličeje je přirozenou vlastností každého jedince a má uplatnění při ověřování identity či identifikacích obecně. Jednou z možností je identifikace z fotografií či videozáznamů, jež je založená na rozpoznávání vnějších znaků jedince. Pro objektivní analýzu je nutná znalost vývoje lidského obličeje a jeho změn souvisejících s růstem a stárnutím. Charakter obličeje je ovlivněn mimo jiné kostěných podkladem. Je tedy nutná znalost kraniofaciálního vývoje a vývoje dentice. Tato práce poskytuje přehled a základní charakteristiky fotokomparačních metod a zároveň shrnuje postnatální vývoj lidského obličeje.

Face recognition is a natural human ability and a widely accepted identification and authentication method. Identification from photographs and videotapes is one of many possibilities of identification, based on facial characteristics. The knowledge about facial developement and age-related chnages is necessary for objective analysis. Craniofacial developement as well as the growth of teeth influences the facial morphology. The purpose of this bachelor thesis is to summarize the methods of facial identification from photos or videotapes together with postnatal developement of human face.

Klíčová slova:

Kraniofaciální vývoj, identifikace obličeje, fotokomparace, 3D (craniofacial developement, facial identification, photocomparison, 3D

Obsah:

1 ÚVOD 6

2 TEORETICKÁ ČÁST 8

2.1 Identifikace 8

2.2 Morfologie obličeje ve vztahu k identifikaci 8
2.2.1 Morfoskopické znaky 9
2.2.2 Mofrometrické znaky 9
2.2.3 Specifické znaky 10
2.2.4 S věkem proměnlivé znaky 11

2.3 Metodologie identifikace podle obličeje 12
2.3.1 Morfoskopické metody 12
2.3.2 Morfometrické metody 13
2.3.3 Superprojekce 14
2.3.3.1 2D -2D 14
2.3.3.2 3D-3D 15

2.4 Ontogenetický vývoj 17

2.5 Obecné zákonitosti růstu 18
2.5.1 Faktory ovlivňující růst 18
2.5.2 Mechanismy růstu kostí 18
2.5.2.1 Kartilaginózní 18
2.5.2.2 Apoziční 19
2.5.2.3 Suturální 19
2.5.3 Teorie funkční matrix 20

2.6 Kraniofaciální růst 20
2.6.1 Neurokranium 21
2.6.2 Splanchokranium 21

2.7 Vývoj dentice 24

2.8 Morfologický vývoj obličeje 25
2.8.1 Oblast očí 26
2.8.2 Oblast nosu 26
2.8.3 Oblast úst 26
2.8.4 Základní proporční charakteristiky 27

3 DISKUSE A ZÁVĚR 29

POUŽITÁ LITERATURA 30

PŘÍLOHY 38

1 Úvod

Vnímání a rozpoznávání druhých na základě obličeje je základní biologickou a sociální vlastností každého člověka. Rozpoznávání obličeje je založeno na dvou základních charakteristikách, trojrozměrném tvaru a dvojrozměrném povrchu (Caharel et al., 2009). Trojrozměrný tvar lidského obličeje je dán tvarem lebky. Lebka je vůbec nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím výsledný tvar obličeje. Tento složitý komplex 22 kostí poskytuje základní podklad, na který se upínají veškeré měkké a tvrdé tkáně, představované především chrupavkami nosu, svaly a tukem (Wilkinson, 2004).

Povrch je tvořen kůží, její texturou a pigmentací. Rozdílnost ve tvaru a množství těchto tkání společně s dalšími rysy poskytují základní informace o lidském obličeji. Jemné rozdíly v těchto ukazatelích jsou výsledkem jedinečnosti lidského obličeje (Bruce a Young, 1998).

Jednotlivé rysy obličeje mají při individuálním rozpoznávání různý význam. Většinou se největší důležitost přikládá očím, dále ústům a nosu (Blažek a Trnka, 2008).

Lidský obličej prochází od narození do smrti značnými změnami, počínaje výraznými proporčními změnami, především v prvních letech života, změnami elasticity kůže, jež indikují tvorbu vrásek, ztrátu napětí ve rtech, ztrátu zubů či změny barvy vlasů. I přes tyto všechny změny zůstávají základní rysy, jež identifikují jedince, stejné (Wilkinson, 2004).

Identifikace osob na základě vnějších charakteristik obličeje je jednou z disciplín forenzní antropologie. Ta je v posledních letech vůbec nejvíce se rozvíjejícím oborem forenzních věd (Cattaneo, 2007). Identifikace osob, pachatele či oběti, může být provedena několika specifickými postupy. Mohou to být daktyloskopické metody, identifikace podle písma či rekonstrukce obličeje na základě lebky. V posledních letech stále stoupá význam fotografických komparací (Vanesis, 1996). Fotokomparační metody se zabývají porovnáváním dvou fotografií (videozáznamů) nebo fotografie a aktuální podoby za účelem potvrzení či vyvrácení identity dané osoby (Roelofse, 2008). Jejich rozvoj bezpochyby souvisí se stále se zvyšujícím počtem bezpečnostních kamer, jež zachycují pachatele přímo při činu (Vanesis, 1996), stejně tak se zdokonalujícími fotografiemi veškerých osobních dokladů a cestovních pasů (Verhoff et al., 2008).

Další možností, kde lze identifikaci obličeje uplatnit, je potírání dětské pornografie. V posledních letech dochází ke značnému zvyšování této trestné činnosti, především v souvislosti s rozvojem počítačových technologií a s tím souvisejícím zneužíváním internetových zdrojů (Kleinhans, 2004). V souvislosti s tím je třeba určit věk zneužívaných

obětí. Je proto důležité znát změny obličeje, které souvisejí s růstem a vývojem dětí a mladistvých. Největším problémem, jež toto znesnadňují, je nízká kvalita fotografií či videozáznamů a také různé úpravy, jako jsou například depilace nebo make-up (Cunha et al., 2009).

Bez ohledu na použitou metodu, základem identifikace pozitivní či negativní je znalost a klasifikace vnějších znaků obličeje (Ritz-Timme, 2009).

Cílem této práce je shrnout metody identifikace obličeje se zaměřením na fotokomparační analýzu vnějších znaků a popsat postnatální vývoj lidského obličeje, jehož znalost je nutná pro identifikace v rámci dětské populace.

2 Teoretická část

2.1 Identifikace

Identifikace souvisí s vývojem filozofického myšlení, logiky a matematiky a je odvozena z pojmu identita (Porada, 2001). Identita (lat. *identitas*, odvozené od slova *idem* – stejný), neboli totožnost, se používá tehdy, když porovnávané pojmy, objekty apod., jsou záměnné takovým způsobem, že mezi ně můžeme klást znaménko rovnosti. Chápeme ji tedy jako totožnost něčeho s něčím anebo se sebou samým (Rak et al., 2008). Pojem identifikace (z latiny: *identidem facare* - ztotožňovat) je zjištění nebo stanovení totožnosti, shodnosti, identifikování, ztotožnění (Malina, 2007).

Rozpoznávání obličeje je přirozenou vlastností člověka, jež mu umožňuje identifikovat nebo verifikovat identitu osoby druhé. Verifikace, autentizace nebo též "one-to-one match", je termín pro potvrzení identity jedné a téže osoby (Smeets et al., 2010). Jedná se o proces přiřazování podstatných a charakteristických znaků, vlastností a projevů známých u jednoho objektu objektu druhému za účelem vyhodnotit, zda je první objekt s druhým totožný či nikoliv (Porada, 2001).

Naproti tomu identifikace, neboli "one- to- many match", umožňuje zjistit neznámou identitu osoby porovnáváním s definovanou databází. Tato klasifikace má vztah k tzv. individuální identifikaci objektu, která je charakteristická právě pro kriminalistiku.
Identifikace a rozpoznání jedince má tedy kromě forenzní praxe uplatnění i v jiných oblastech, jimiž jsou především bezpečnostně-komerční a lékařská sféra. Využití tak nalézá například v bezpečnostním kamerovém systému, ověřování vstupů, identifikaci policejních fotografií, verifikaci zločinec vs. pachatel, rekonstrukcích obličeje, identifikaci pohřešovaných osob, lékařské diagnostice, plánování léčby (Smeets et al., 2010).

2.2 Morfologie obličeje ve vztahu k identifikaci

Znalost kvantitativních a kvalitativních změn lidského obličeje poskytuje užitečné informace z hlediska chirurgie, ortodoncie, léčby dentofaciálních deformit. Mimo jiné má obrovský význam ve forenzní praxi při rekonstrukcích a identifikacích lidského obličeje (Sforza, 2010). Znalost kompletního spektra jednotlivých znaků a rysů lidské populace má zásadní význam ve všech metodách identifikace osob. Rozdíly, které mezi těmito charakteristikami nalézáme, činí každého jedinečným. Nazývají se „interindividuální rozdíly" (Aeria et al., 2010). Tyto rozdíly se vyskytují v každé populaci a tím se od sebe navzájem

odlišují. Na druhou stranu, díky obrovské lidské variabilitě existují značné rozdíly mezi jednotlivci v každé populaci (Katsikitis, 2002).

Vnější znaky jedince lze rozdělit do několika kategorií. Podle metody, použité k identifikaci, lze znaky rozdělit na morfoskopické a morfometrické. Z hlediska výpovědní hodnoty se mohou dělit na obecné, jež se běžně vyskytují v populaci, a na znaky specifické - individuální. Specifické znaky mají vůbec nejvyšší identifikační hodnotu (Musil, 2004).

2.2.1 Morfoskopické znaky

Morfoskopické znaky jsou takové, které nelze vyjádřit měřením. Často poskytují lepší představu o vztahu znaku k jeho okolí než absolutní metrický údaj. K jejich charakterizaci se využívá slovního hodnocení výrazy, jež jsou předem dohodnuté a přesně vymezené (Fetter et al., 1967). Zkoumání a popisování morfoskopických znaků člověka, které mají za účel zjistit totožnost neznámých osob či mrtvol, má v kriminalistice nezastupitelné místo (Musil, 2004). To platí i přesto, že toto vyšetřování je velkou měrou zatíženo subjektivním pohledem kriminalisty (Vanesis, 1996). Z tohoto důvodu je vhodné sestavovat databáze obsahující přesné popisy morfoskopických znaků obličeje, jež slouží jako prvotní screeningová metoda umožňující vyloučit či potvrdit míru shody. Popis vnějších znaků tedy slouží jako předběžná metoda identifikace. K vyslovení definitivního závěru je třeba použití i jiných metod (Ritz-Timme, 2010).

2.2.2 Mofrometrické znaky

Základním pojmem z hlediska metrických analýz je landmark. Je to přesně definovaný anatomický bod, který je shodně identifikován na všech objektech daného souboru (Zeldich et al., 2004). Takové body musí být rozpoznány nezávisle na sobě několika pozorovateli s naprostou přesností (Fetter et al., 1967).

Tradiční morfometrie zabývající se měřením vzdáleností a úhlů charakterizovanými těmito body na těle člověka se nazývá antropometrie a umožňuje kvantitativní popis dané části těla. Farkas (1994) vytvořil komplexní přehled antropometrie obličeje. Definoval antropometrii jako měření 57 landmarků pečlivě vybraných na lidském obličeji a hlavě.

Znalost landmarků má široké uplatnění ve forenzní antropologii, například při identifikaci osob na základě fotografií či videozáznamu (Iscan a Helmer, 1993) nebo při superprojekcích, kdy je aplikace landmarků zcela zásadní. Díky nim lze přes sebe jednotlivé snímky přesně promítat (Yoshino et al., 2005).

Příklad přehledu morfoskopických a morfometrických znaků udává Tab. č. 1.

Tab. č. 1: Morfoskopické a morfometrické znaky obličeje (zpracováno podle Ritz-Timme, 2010)

Název znaku	
1. Celkový tvar hlavy	23.Šířka hřbetu nosu
2. Výška hlavy (frontální pohled)	24. Délka nosních křidélek
3. Šířka hlavy	25. Výška nosních křidélek
4. Linie vlasů	26. Tvar nosních otvorů
5. Sklon čela	27. Hloubka philtra
6. Výška obočí	28. Šířka philtra
7. Hustota obočí	29. Tvar philtra
8. Tvar obočí	30. Tvar horního rtu
9. Vzdálenost obočí	31. Šířka rtů
10. Vzdálenost očního víčka a obočí	32. Orientace koutků úst
11. Výška horního víčka	33. Tvar brady
12. Tvar oční štěrbiny	34. Bradová rýha
13. Výška dolního víčka	35. Profil brady
14. Tvar kořene nosu	36. Důlek ne bradě
15. Délka kořene nosu	37. Výška ušního boltce
16. Šířka kořene nosu	38. Šířka ušního boltce
17. Výška kořene nosu	39. Přilehlost boltce
18. Přechod čela ve hřbet nosu	40. Velikost ušního lalůčku
19. Profil nosu	41. Klenutí boltce
20.Tvar hrotu nosu	42. Přechod hlavy a krku
21. Velikost hrotu nosu	43. Prominence lícních kostí
22. Směr hrotu nosu	

2.2.3 Specifické znaky

Specifické (individuální) znaky jsou takové znaky, jež jsou v populaci málo frekventované nebo jsou pro jedince zcela unikátní. Tyto znaky mají vůbec nevyšší identifikační hodnotu (Musil et al., 2004). Lze je rozdělit na znaky vrozené a znaky získané během života. Mezi znaky vyskytující se již od narození řadíme mateřská znaménka, pihy nebo různé anomálie obličeje. Znaky nabyté v průběhu života jsou jizvy, piercing, tetování, znaky vzniklé v souvislosti s lékařskými zákroky či chorobami (Taylor, 2001). Pokud se v obličeji vyskytují takové znaky, jako např. mateřská znaménka, lze je též v rámci snažší fotokomparace označit pomocí landmarků (Yoshino et al., 2000).

Při posuzování specifických znaků je vždy nutné brát v potaz to, že v mnohých případech se snaží pachatel maskovat vzhled různými kosmetickými úpravami - umělými znaménky, barvením vlasů, apod. (Porter a Doran, 2000).

2.2.4 S věkem proměnlivé znaky

Člověk prochází procesem růstu, vývoje a stárnutí. Tyto procesy se společně s dalšími faktory podepisují na vzhledu obličeje. Znalost těchto změn usnadňuje identifikaci především z hlediska predikce vzhledu u pohřešovaných osob (Taylor, 2001).

Faktory ovlivňující stárnutí obličeje dospělého člověka lze rozdělit na vnější a vnitřní. Z vnějších faktorů se nejvýrazněji uplatňuje sluneční záření. Mezi další vlivy patří vítr a suchý vzduch (Taister et al., 2000). Dalším exogenním vlivem je kouření, jehož vliv na stárnutí obličeje je diskutabilní. Podle O´Hare (1999) má kouření jen malý účinek na tvorbu vrásek. Jiné studie uvádějí, že kouření vede k dehydrataci pokožky, což se může projevit cirkumorálními striemi (Taiser et al. 2000). Dalšími vnějšími faktory jsou užívání drog, nedostatek spánku či stres. S tím souvisí následné projevy stárnutí obličeje, kterými je změna barvy pleti a tkání, pihy či nažloutlá barva kůže. Tyto změny jsou více patrné u lidí se světlejší pletí (Taiser et al., 2000; Taylor, 2001).

Vnitřní faktory vycházející ze změn ve skeletální struktuře obličeje a následné změny ve svalstvu mají za následek ztrátu elasticity, která společně s gravitací způsobuje tvorbu vrásek (Coleman a Grover, 2006). Ačkoliv je predikce stárnutí obličeje velmi obtížná, existuje určité pořadí změn, které se projevují s rostoucím věkem. Tyto změny shrnuje Tab. č. 2: Pořadí změn dle rostoucího věku (zpracováno podle Alberta et al., 2007)

Tab. č. 2: Pořadí změn dle rostoucího věku (zpracováno podle Alberta et al., 2007)

Věk	Změny měkkých tkání
20 - 30	- horizontální vrásky na čele - vertikální vrásky mezi obočím - jemné vrásky kolem vnějších koutků očí
30 - 40	- formování cirkumorálních strií - tvorba laterálních vrásek kolem nosu a úst
40 - 50	- vznik vrásek v linii horního okraje lícních kostí - vznik horizontální vrásky mezi dolním rtem a bradou
50 – 60	- pokles horních víček

	- ztenčování rtů
>60	- prodloužení nosu a uší - ztenčování dolní čelisti v důsledku ztráty dentice

Morfologické změny dětí a dospívajících budou probrány v pozdější kapitole.

2.3 Metodologie identifikace podle obličeje

Identifikace člověka na základě fotografií či videosnímků může být provedena několika specifickými postupy. Jedná se především o analýzy morfologické, morfometrické, 2D/2D nebo 2D/3D superprojekce (Yoshino et al., 2000; Porter et al., 2000; Fraser et al., 2003). Platí, že každá z těchto metod poskytuje poněkud odlišné informace o lidském obličeji. Proto se může hodnocení výsledných parametrů lišit. Všechny metody však v zásadě poskytují informace vedoucí k potvrzení či vyvrácení identity pachatele, obětí trestných činů či pohřešovaných osob (Clement a Marks, 2005).

2.3.1 Morfoskopické metody

Tyto metody jsou založené na přímém rozpoznávání vnějších znaků obličeje charakteristických pro každého jednotlivce. Tyto znaky lze klasifikovat a třídit podle určitých zón obličeje (Ventura et al,. 2004). Mohou být využity při pátrání po osobách či zjišťování totožnosti neznámých osob či mrtvol. Zkoumáním a popisováním těchto znaků člověka se zabývá speciální obor kriminalistické techniky – portrétní identifikace (Musil et al., 2004). Ta se provádí sestavováním portrétu – identiktu, a to na základě popisu očitého svědka či oběti (Roeflose et al., 2008). Pravděpodobnost shody, která je definována svědkem při sestavování identiktu s fotografií identifikované osoby (pachatele), se pohybuje jen okolo 70%. Z tohoto pohledu je tedy využívání portrétní identifikace značně sporné (Hinner, 2008). Jednou z výhod identiktu je sestavení přibližné podoby pachatele, kdy oběť či očitý svědek má identifikovat podezřelého výběrem ze série policejních fotografií. Čím více fotografií má svědek na výběr, tím menší jsou jeho rozpoznávací schopnosti u snímků, které hodnotí později. Proto je nutné udělat jakýsi předvýběr, aby mohl očitý svědek vybírat z co nejmenšího počtu fotografií (Bruce a Young, 1998).

Z hlediska morfoskopických metod je nejvhodnější vybírat takové znaky, jež odlišují jednu osobu od druhé a zároveň se výrazně nemění s časem. Jedná se například o nos, čelo či různé individuální znaky (Ventura et al., 2004).

2.3.2 Morfometrické metody

Morfomerické metody využívají k analýze přesně definované antropometrické body. Lze je rozdělit na přímé a nepřímé.

Přímá antropometrie umožňuje kvantitativní popis obličeje především na základě měření vzdáleností a úhlů antropometrických bodů. Je prováděna různými posuvnými měřidly či kefalometry přímo na obličeji (Farkas, 1994). Hlavním nedostatkem této metody je její časová náročnost, nutnost spolupráce osoby, jež je měřena, a především dostatečné zkušenosti a znalosti anatomie obličeje (Aeria et al., 2010).

Řešení těchto nedostatků poskytuje nepřímá antropometrie, kterou lze charakterizovat jako analýzu rozměrů, úhlů a proporcí obličeje získaných z fotografie (Iscan a Helmer, 1993). Metoda je rychlá a nevyžaduje fyzický kontakt. Snímky je možné archivovat a tím snadno vypočítat inter-individuální chyby vyšetřovatele (Aeria et al., 2010).

Pro potřeby metrických analýz je v první řadě nutná úprava fotografií. Snímky musí být dostatečně zvětšeny, aby bylo možné snadno a přesně umístit všechny potřebné landmarky. Je nutné též sjednotit velikosti obou porovnávaných obličejů (Davis et al., 2010). Adekvátní velikost je důležitým momentem z hlediska spolehlivosti celé analýzy. Halberstein (2001) využívá ke sjednocení velikosti rozměrů hlavy (délky a šířky) společně s některými antropometrickými body. Přesnější se ukázala adjustace velikosti založená na vzdálenosti zornic. Pokud je větší než 6 cm, zvyšuje se přesnost měření (Porter a Doran, 2000).

Existují 3 typy faciálního měření - projektivní měření (nejkratší vzdálenost mezi dvěma landmarky), tangenciální měření (vzdálenost mezi dvěma landmarky je měřena podél povrchu obličeje, tedy měření délky oblouku) a angulární (úhlové) měření (Ramanathan et al., 2009).

Podmínkou spolehlivé metrické analýzy je kvalita snímku. Snímky jsou často velmi nízké kvality s nezřetelnými hranicemi jednotlivých rysů, jsou zastíněné či různě pokřivené vlivem použitých čoček, rozdílného rozlišení a zaostření, povahou a kvalitou světla. Problémem je též poloha hlavy a různé výrazy tváře. (Davis et al., 2010). I přes vysokou kvalitu některých fotografií, je umístění a následné hodnocení znaků značně individuální.

Z toho důvodu je využití analýz založených na metrickém hodnocení vnějších znaků obličeje značně diskutabilní a má řadu omezení (Kleinberg et al., 2007).

2.3.3 Superprojekce

Superprojekce jsou založené na překrývání dvou fotografií či videosnímků přes sebe za účelem potvrzení či vyvrácení identity vyšetřovaného. Lze též porovnávat pouze určité části obličeje (Iscan a Helmer, 1993).

Metody identifikace lze rozdělit do dvou kategorií: 2D-2D metody, založené na porovnávání fotografií osoby, jež má být identifikována (zločinec) s fotografií osoby podrobené vyšetřování (podezřelý) a 3D-2D komparace, kdy porovnáváme fotografii pachatele s trojrozměrným modelem podezřelého (De Angelis et al., 2009).

2.3.3.1 2D -2D

Jedná se o méně přesnou metodu identifikace, jelikož vyžaduje, aby byly oba obličeje na snímku ve stejné poloze. Často se tak k projekci využívá jen určitá část obličeje (Iscan a Helmer, 1993). Někdy je vhodnější využít i méně kvalitních snímků, které však zachycují obličeje ve stejné poloze. V tomto případě se však hodnotí spíše morfoskopické charakteristiky, jako jsou proporce jednotlivých partií, spíše než měření vzdáleností a úhlů na základě landmarků. Landmarků se využívá v případech, kdy jsou obličeje zobrazeny čelně a dosahují takové kvality, že je možné jejich přesné umístění (Vanesis a Brierley, 1996).

Jednou z metod superprojekce je hodnocení symetrie obličeje. Na obou fotografiích vyznačíme shodné landmarky, podle nichž software vybere určité segmenty obličeje. Ty jsou poté přes sebe překrývány a vyhodnocuje se míra jejich shody (Sinha, 1996).

Spolehlivost superprojecí je tedy závislá především na kvalitě snímků a poloze hlavy. Vliv má též příslušnost vyšetřované osoby k různým etnickým skupinám (Yoshino et al. 2005). Bylo potvrzeno, že pokud má hodnotit vyšetřovatel (např. běloch) snímky jiného etnika (např. Japonce), nedosahuje tak spolehlivých výsledků jako je tomu při hodnocení v rámci jedné populace (Fraser et al., 2002).

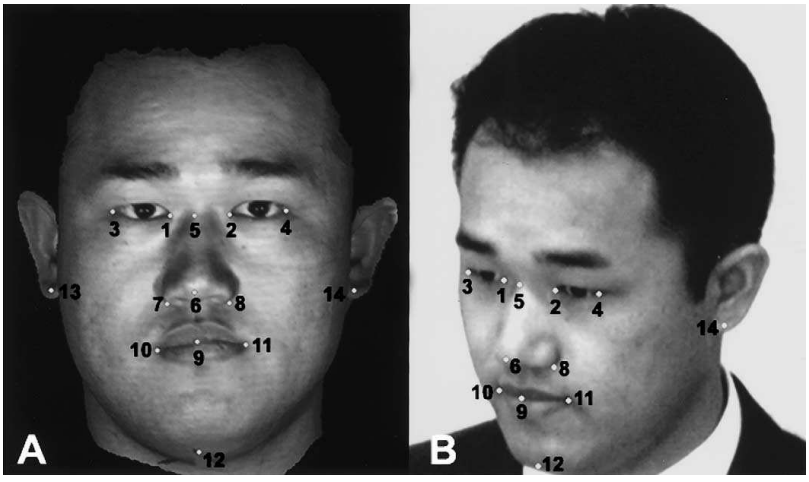
Významnou roli hraje rekonstrukce zločinu. Podezřelý při ní musí být umístěn ve stejném prostředí, pozici a se stejným držením těla jako při trestném činu. Musí být též použito stejného osvětlení a snímacího vybavení (Ventrura et al., 2004, Introna et al., 2007).

2.3.3.2 3D-3D

Principem je promítnutí trojrozměrného modelu podezřelého do dvojrozměrné fotografie či snímku pořízeného kamerou (Clement a Marks, 2005). Trojrozměrné modely obličeje jsou získávány pomocí faciálních skenerů, které plně zachovávají rysy obličeje, jeho tvar a texturu (Lynnerup et al., 2009). Pro objektivní analýzu se musí nejprve 3D model upravit na velikost originálního snímku, posunout a přeorientovat. K tomuto účelu byl vyvinut software, který automaticky provede adjustaci 3D modelu do fotografie (Yoshino et al., 2003). Identifikaci poté provádí odborník na základě výběru vhodných rysů obličeje (De Angelis et al., 2009).

Nejčastěji se ke srovnání využívá landmarků, na jejichž základě se do sebe oba modely promítají. Výběr vhodných landmarků má zásadní dopad na výsledek celé analýzy (Yoshino et al., 2000; Yoshino et al., 2002). Problémem při porovnávání snímku a modelu dvou osob je i to, že vzdálenost zvolených landmarků obličeje se mění v závislosti na pozici a orientaci kamery či fotoaparátu, jež zachytí 2D snímek (Goos et al., 2006).

Yoshino (2000) ke komparaci využívá 14 anatomických landmarků, které jsou vidět na Obr. č. 1. Při projekci obou modelů se vypočítá vzdálenost jednotlivých korespondujících landmarků. Výsledný součet vzdáleností všech těchto 14 bodů je rozhodující pro celou analýzu. Pokud je vzdálenost menší než 2,5 mm, lze s vysokou pravděpodobností tvrdit, že se jedná o tutéž osobu.



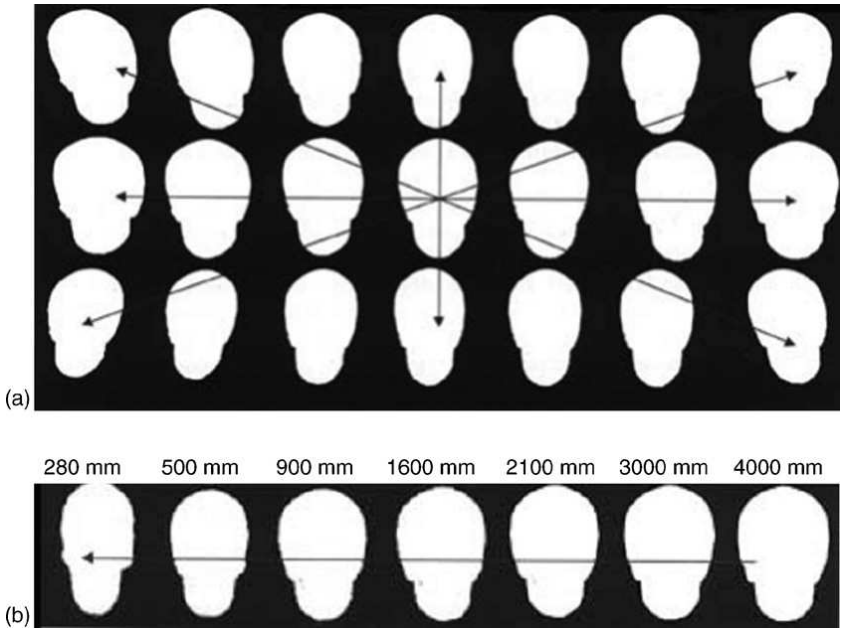
Obr. č. 1: Na snímku (A) je 3D model podezřelého, snímek (B) představuje 2D fotografii pachatele. Na prvním snímku je zobrazeno 14 anatomických landmarků. Jsou to tyto: (1) pravý entokanthion; (2) levý entokanthion; (3) pravý ektokanthion; (4) levý ektokanthion; (5) střed obou entokanthionů; (6) pronasale; (7) pravý alare; (8) levý alare; (9) stomion; (10) pravý cheilion; (11) levý cheilion; (12) gnathion; (13) pravý subaurale; (14) levý subaurale. Na druhém snímku je viditelných pouze 12 z předchozím landmarků (převzato podle Yoshina et al., 2000).

Pachatel se často snaží obličej maskovat pomocí různých pokrývek či brýlí, čímž dochází k zakrytí některých landmarků, podle nichž lze snímky srovnávat. Řešením je zařazení dalšího faktoru, který společně s viditelnými landmarky usnadňuje analýzu. Takovým faktorem je obrys tváře (Obr. č. 2) (Yoshino et al., 2002).

Obr. č. 2: Obrys tváře (převzato podle Yoshina et al., 2002).

Důležitým kritériem je poloha hlavy na originálním snímku. Výsledky srovnání jsou daleko přesnější, pokud je obličej zachycen čelně. Horší výsledky dávají snímky, na nichž je obličej orientován na stranu (Yoshino et al. 2005).

Další hledisko, jež je nutné při projekcích zohlednit, je optická vzdálenost čočky a úhel pod kterým je obličej snímán. Čím větší je úhel mezi osou čočky a přímkou, která prochází těžištěm snímaného objektu a je zároveň kolmá k čelní rovině, tím větší je deformace obrazu. Se změnou ohniskové vzdálenosti se mění velikost objektu, jak ilustruje Obr. č. 3.



Obr. č. 3: Schéma znázorňující změnu velikosti objektu v závislosti na (a) úhlu pohledu a na (b) optické vzdálenosti (převzato podle Eliášové a Krska, 2007).

2.4 Ontogenetický vývoj

Ontogenezi (z řečtiny: *ontogenesis* - „vznik a vývoj skutečnosti“) lze charakterizovat jako individuální vývoj jedince od oplození po smrt. Zahrnuje sled časově a prostorově programovaných morfologických a funkčních procesů, jimiž z výchozí jediné buňky (oplozeného vajíčka) vzniká dospělý organismus (Malina et al., 2007).

Ontogenetický vývoj se člení na řadu období, která mají své charakteristické anatomické a fyziologické zvláštnosti. V každém z nich lze pozorovat řadu změn. Ty jsou dvojího typu – růstové a vývojové (Machová, 1989).

Růst je především kvantitativní děj charakterizovaný převahou anabolických reakcí. Projevuje se zvětšováním tělesných rozměrů celého organismu a jeho částí. Děje se hyperplazií, tj. zmnožením počtu buněk, nebo hypertrofií, tj. zvětšením objemu buněk. Největší je v prenatálním období, postnatálně dosahuje největších hodnot v prvním roce života, v období puberty dojde k dočasnému zrychlení a postupně se růst zastavuje. Vývoj je především kvalitativní děj. Projevuje se strukturální diferenciací buněk a tkání, která vyúsťuje v jejich funkční změny způsobující změny v činnostech orgánů a tkání (Havlíčková, 1998).

2.5 Obecné zákonitosti růstu

Základními zákonitostmi růstu jsou podle Fettera (1967) tyto skutečnosti: tempo růstu s věkem klesá; růst váhy a výšky těla probíhá nerovnoměrně, značně stoupá v období pohlavního dozrávání a rychle klesá po jeho dosažení; růst a vývoj celého organismu a jeho jednotlivých orgánů probíhá nestejnoměrně, mění se nejen velikost těla a jednotlivých orgánů, nýbrž i jejich vzájemný poměr; orgán se vyvíjí svou činností, která je doprovázena procesy asimilace a disimilace; stupeň rozvoje orgánů a organismu určují ve značné míře faktory vnějšího prostředí.

2.5.1 Faktory ovlivňující růst

Růst je výsledkem interakce genetických a environmentálních faktorů (Lébl a Krasničanová, 1996).

Genetickými faktory je míněna endogenně zakódovaná schopnost buněk růstové zóny se ve vymezeném období opakovaně dělit (Šmahel, 2001).

Mezi environmentální faktory řadíme: klima, nadmořskou výšku, stupeň urbanizace, socioekonomický statut, zdravotní stav, psychosociální faktory a především výživu (Šmahel, 2001). Adekvátní výživa je nositelem energie a bílkovin potřebných pro růst. Podvýživa je rizikem v každé fázi růstu, nejvíce však v časném postnatálním, zejména pak v prvních měsících života (Lebl a Krasničanová, 1996). Podle Dixona (1997) je například výsledkem adekvátní výživy normální růst lebky, zatímco nedostatečná nutrice způsobuje, že tvar lebky je užší. Při déle trvající malnutrici je výsledkem disproporce mezi hlavou a zbytkem těla.

Na pomezí genetických a environmentálních faktorů leží vlivy endokrinní. Z hlediska růstové zóny je endokrinní působení, zprostředkované hormony, vlivem exogenním. Hormony jako všechny proteiny jsou však strukturou kódovanou bezprostředně z DNA. Jejich hladiny jsou kontrolovány řadou zpětných vazeb a ovlivňovány vnějšími faktory. Lze proto endokrinní vlivy považovat za vlivy epigenetické (Šmahel, 2001).

2.5.2 Mechanismy růstu kostí

2.5.2.1 Kartilaginózní

Jedná se o růst kostí z chrupavek, které podléhají kontinuálnímu procesu přeměny zahrnujícího dělení chondrocytů, kalcifikaci a jejich odbourávání, tvorbu vláknité kosti a její náhradu kostí lamelární. Takto rostou například hlavice kloubů, nosní septum a synchrondrosy lebeční báze. Pouze kartilaginózní růst je primární aktivní růst přímo řízený

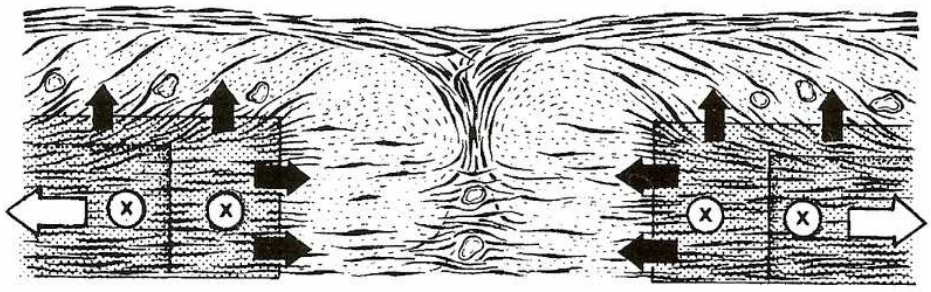
hormony kontrolovanými centrálně z hypofýzy a hypothalamu CNS (Šmahel, 2001). Nadprodukce hormonů (např. růstového, jež ovlivňuje aktivitu synchrondros) má za následek prodloužení lebeční báze. Na druhou stranu nedostatek se projeví jejím zkrácením (Dixon et al., 1997).

2.5.2.2 Apoziční

Jedná se o růst z periostu či endostu. Je to aktivní děj, ale též může vznikat jako sekundární odpověď na podněty z okolí (Šmahel, 2001). Periostální růst závisí na činnosti osteoblastů nacházejících se na vnitřní straně kosti a na protilehlé straně ležících osteoklastů. Tvorba konvexního tvaru, například lebky, vyplývá z resorpce osteoklastů na straně konkávní (Dixon et al., 1997). Předpokladem remodelace kostí je rovnováha mezi apozicí a resorpcí (Schumacher, 1989). Je-li apozice větší, útvar se zvětšuje. Apoziční růst umožňuje též rotace kostních struktur. Tento mechanismus růstu je málo závislý na hormonálním působení (Šmahel, 2001).

2.5.2.3 Suturální

Růst vychází z osteoblastů vazivové tkáně a je ve své podstatě podobný růstu z periostu s tím rozdílem, že se jedná o růst pasivní, kdy dochází ke kompenzační (sekundární) odpovědi na růst jiných struktur (např. mozku) a probíhá posunem kostí (Šmahel, 2001). Růstové centrum sutury, která je zobrazena na Obr. č. 4, může být histologicky rozděleno do několika vrstev: dvě vrstvy osteoblastů, jež obklopují kost, dvě fibrózní vrstvy a střední vrstva, která obsahuje množství cév a spojuje obě vrstvy fibrózní (Dixon et al., 1997).



Obr. č. 4: Růstové centrum sutury (převzato podle Dixona et al., 1997).

2.5.3 Teorie funkční matrix

Zobecnění poznatků o lokálních vlivech zevních faktorů na růst poskytuje teorie funkční matrix. Podle této teorie je růst kostní struktury řízen funkcí matrix, tj. tkáně funkčně spjaté s dotyčnou kostí. Funkce je tak zajišťována dvěma na sobě závislými složkami – funkční matrix a skeletální jednotkou. Funkční matrix zahrnující veškeré měkké tkáně, zuby a funkční prostory je nositelem funkce a řídí růst příslušné skeletální jednotky. Ta zahrnuje též chrupavku a poskytuje matrix odpovídající ochranu nebo oporu. Podle toho lze rozlišit dva typy matrix - kapsulární a periostální.

U kapsulární matrix skeletální jednotka funkční matrix chrání a ve větší či menší míře ji obklopuje. Obecně známým příkladem je mozkovna. Funkční impuls k růstu tak přichází zevnitř z dutiny a růst je pasivní, posunem.

Periostální typ je tvořen především svaly a skeletální jednotka ji poskytuje oporu. Funkční ovlivnění růstu tak přichází z vnějšího okolí. Růst se děje aktivní apozicí, umožňující remodelačními procesy změnu tvaru a velikosti. (Šmahel, 2001; Moss, 1997).

2.6 Kraniofaciální růst

Základem vývojových změn v krajině lidského obličeje v průběhu jeho ontogenetického vývoje je růst kosterního podkladu obličejové i mozkové části lebky (Blažek a Trnka, 2008).

Lebka je vysoce integrovaná struktura tvořená řadou kostí s dvojí hlavní funkcí. Poskytuje ochranu centru vyšší nervové činnosti mozku a smyslovým orgánům a zajišťuje přijímání potravy (Šmahel, 2001).

Základní jednotkou, jež organizuje změny ve vývoji a růstu kraniofaciálního komplexu, jsou geny. Růst je především polygenní záležitostí, ale uplatňuje se též pleiotropie (Buschang a Hinton, 2005). Pleiotropie je jev, kdy jeden gen vyvolává více různých fenotypových znaků (Malina et al., 2007). Kraniofaciální růst však není řízen pouze vnitřními faktory, ale jsou to právě vnější faktory, jež spouští či zastavují genovou expresi, jež ovlivňuje postnatální růst (Carlson, 2005).

Na utváření kostry hlavy se z fylogenetického hlediska podílejí dvojí typy kostí. Jsou to kosti krycí (desmogenní), které osifikují ve vazivu, a kosti náhradní (chondrogenní), jež osifikují v chrupavce a nahrazují chrupavčitý model kosti. Obojí druh kostí se účastní tvorby dvou hlavních oddílů lebky, což jsou neurocranium a splanchocranium (Čihák, 2001).

Funkční propojení kostí v jeden celek způsobuje jejich vzájemnou tvarovou závislost, kdy změny v jedné oblasti vyvolávají změny v oblastech sousedních. Základem vývojových

změn je růst, který probíhá u jednotlivých struktur v různých obdobích a směrech různě rychle. Veškeré proporční, tvarové a posiční změny jsou výsledkem velikosti růstu, směrem a dobou trvání (Šmahel, 2001).

2.6.1 Neurokranium

Neurokranium, neboli mozková část lebky, se skládá z lebeční klenby (*calva, calvaria*) a lebeční base (*basis cranii*). Lebeční klenba je příčně a podélně klenutá. Skládá se z šupiny čelní kosti, dvou kostí temenních a spánkových a šupiny týlní kosti. Jednotlivé kosti jsou vzájemně spojeny švy (Schumacher, 1984).

Klenba mozkovny roste translací, tedy pasivním posunem kostí podle rostoucího mozku. Oddalováním kostí od sebe roste tenze v suturách a vyvolává na okrajích kostí osteogenezi. Růst v transversálně probíhajících suturách (*sutura coronalis, sutura lambdoidea*) se v mediálním směru zvětšuje, neboť posun kostí je zde větší než v laterálních partiích (Šmahel, 2001).

Lebeční base je část lebky, která spojuje mozkovou část s částí obličejovou (Dixon et al., 1997). Lze ji rozdělit na tři části, jež vznikly působením tlaku frontálního, temporálního a týlního laloku mozku společně s mozečkem. Jsou to přední (anteriorní), střední (mediální) a zadní (posteriorní) jáma lební (Schwartz, 2007). Mezi jámami se nachází synchondrozy, což jsou původně chrupavky, které jsou v růstovém období místem intenzivního růstu (Čihák, 2001). Synchndrozy lebeční base zanikají do 6 let. Růst probíhá také ze sutur lebeční base v oblasti mezi přední, střední a zadní jámou lební. Růst je však možný pouze jedním směrem a neumožňuje tak zvětšování prostoru lebečních jam. Zvětšování je umožněno endokraniální apozicí a resorpcí (Šmahel, 2001). Délka mediální base zůstává po celou dobu pubertálního růstu nezměněna, zatímco délka zadní base zaznamenává signifikantní zvýšení . Definitivní velikosti base je dosaženo až v dospělosti (Arat et al., 2001).

2.6.2 Splanchokranium

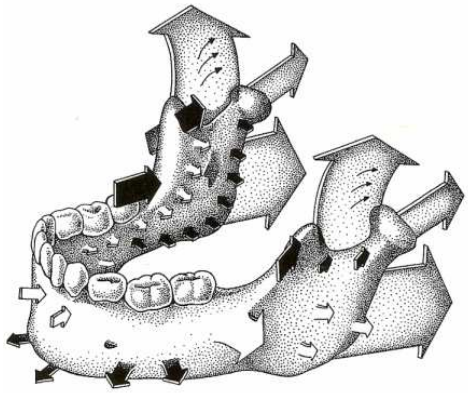
Splanchokranium, neboli obličejová část, je původně tvořeno žaberními oblouky, jež byly původně chrupavčité a až na výjimky (jazylka, středoušní kůstky, processus styloideus) byly u člověka redukovány. Později s nimi splynuly krycí kosti a desmogenní osifikace převládla. Patří sem párové horní čelisti, kosti lícní, kosti patrové a nepárová dolní čelist (Čihák, 2001).

Z hlediska kraniofaciálního vývoje je významný především růst nasozygomatikomaxilárního komplexu a mandibuly.

Růst nasozygomatikomaxilárního komplexu probíhá především z cirkummaxilárního systému sutur a je provázen výraznou apozicí, hlavně na hrbolech maxily (*tuber maxillae*), a remodelací. Tím je zajištěn posun horního obličeje vzhledem k basi ve směru anterioinferiorním. Apozicí roste do výšky též alveolární výběžek. Do šířky roste maxila apozicí na laterálních stranách provázené resorpcí v dutině nosní (Šmahel, 2001). Kolem nosní dutiny dochází též k růstu maxilárního sinu, který se zvětšuje v souvislosti s vývojem dentice (Schwartz, 2007).

Přední plocha maxily je resorpční, proto se s věkem nezvětšuje protruze horní čelisti, ale nosní kůstky, které jsou značně aposiční a prominují více v dospělosti než v dětství (Šmahel, 2001). Tvrdé patro se posunuje dolů, čímž se zvětšuje nosní dutina, a to resorpcí na nosní straně a apozicí na orální straně. Tento posun je též spojen s růstem chrupavky nosní přepážky (Dixon et al., 1997). S růstem nosní dutiny souvisí růst orbity. Nosní dutina se zvětšuje do šířky a do výšky resorpcí na laterálních stěnách a z nasální strany patra. Zároveň dochází k posunu orbity směrem dolů. Dno orbity je tak v dospělosti vzhledem ke dnu nosní dutiny výše než v dětství (Šmahel, 2001). Na růstu komplexu se též podílí vývoj paranasálních dutin (O´Higgins et al. 2006).

Růst mandibuly vychází primárně z mandibulárních kondylů (Sadowsky, 1998). Růstem kloubní chrupavky dochází k prodlužování ramene mandibuly dozadu a nahoru a její úhel se od narození zmenšuje. Tento proces podporuje současná apozice v úhlu kosti. Apozice na zadním okraji ramene se současnou resorpcí na přední hraně, za současného vytváření brady, posouvá celou čelist dopředu (Schumacher, 1989). V období puberty je toto posunutí výraznější u chlapců než u dívek (Van Diepenbeek et al., 2009). S prodlužováním ramene dochází ke zvětšování těla mandibuly a vytváří se prostor pro erupci stálých molárů (Šmahel, 2001). Směr růstu čelisti je též ovlivněn žvýkacími svaly, jež se na čelist upínají, především pak *musculus pterygoideus lateralis* (Raadsheer et al., 1995).

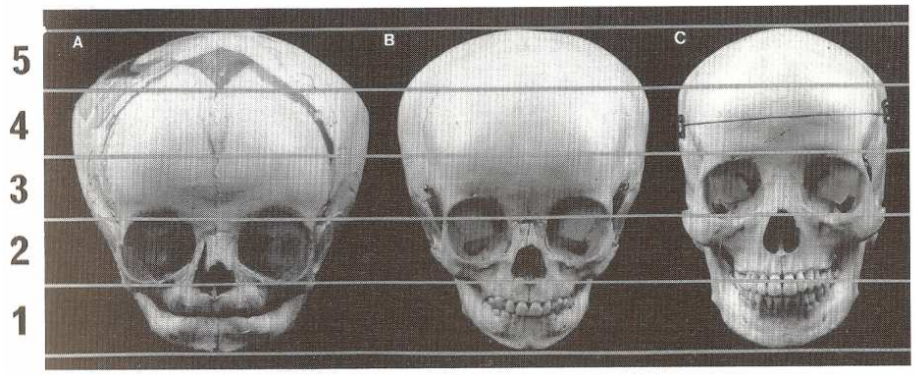


Obr. č. 5: Růst mandibuly: směr od kosti – apozice, ke kosti – resorpce (zpracováno podle Dixona et al., 1997).

Je známou skutečností, že existuje pozitivní korelace mezi kraniofaciálním růstem a celkovým růstem těla (Fishman, 1979). Obecnou vlastností lidského krania je intenzivní růst mozkovny v prvých letech života, zatímco splanchokranium v souvislosti s prořezáváním stálých zubů roste více později. Vedle odpovídajících proporčních změn prodělává lebka některé další strukturní změny. Jedná se především o posteriorotaci klenby mozkovny, zmenšovaní strmosti čela, zmenšování protruze maxily v důsledku menšího růstu do délky v porovnání s mandibulou (Šmahel, 2001).

Základem vývojových změn je růst, který probíhá u jednotlivých struktur v různých obdobích různě rychle. Z hlediska dynamiky lze rozlišit tři typy růstu - kraniální, faciální a skeletální. Kraniálním (neurálním) typem roste především mozkovna a orbita. Je charakteristický tím, že probíhá především v prvních letech života (v 6 letech je dosaženo 90% konečné velikosti daného znaku) a pubertální spurt je minimální nebo chybí. Faciální typ převažuje též v prvních letech (v 6 letech znaky dosahují 80% konečné velikosti) a pubertální spurt je mírný. Tímto typem rostou dimense horního obličeje (zygomatikomaxilární komplex) a zadní část lebeční base. Růst délky maxily a hloubky kostěného prostoru pro nasofaryng vykazuje přechodný typ mezi výše zmíněnými. Posledním typem je růst obecně skletální s výrazným pubertálním spurtem a mírnějším růstem v dětství (V 6 letech je dosaženo 70% konečné velikosti). Tímto typem roste dolní čelist (Šmahel, 2001).

První strukturou, která dosahuje velikosti dospělé lebky, je neurokranium (12 -13 let), následuje mediální lebeční base (14 – 15 let) a poslední je laterální base společně s faciálním skeletem (16 – 17 let) (Bastir et al., 2006).



Obr. č. 6: Čelní pohledy lebky. Na snímku (A) je lebka novorozence; snímek (B) představuje dětskou lebku s kompletní dočasnou denticí; snímek (C) zobrazuje dospělou lebku s kompletní trvalou denticí (převzato podle Sarnata, 1983).

2.7 Vývoj dentice

Na kraniální straně těla dolní čelisti je analogicky s horní čelistí vytvořen tzv. *processus alveolaris*, což je v podstatě funkční nástavec pro zuby (Čihák, 2001). Je tedy zřejmé, že vývoj dentice je v úzkém vztahu ke kraniofaciálnímu skeletu a tím i k vývoji a růstu obličeje. Především růst dolní čelisti je důležitým faktorem podílejícím se na výsledném vzhledu obličeje (Dixon et al. 1997).

Lidský chrup se skládá ze dvou generací zubů - dočasných (*dentes deciduii*) a trvalých (*dentes pernamentes*). Rozlišujeme 4 druhy zubů: řezáky *(dentes incisivi*), špičáky (*dentes canini*), třenové zuby (*dentes premolares*) a stoličky (*dentes molares*). Dočasný chrup se skládá celkem z 20 zubů – 8 řezáků, 4 špičáků a 8 stoliček. K vývoji třenových zubů u dočasného chrupu nedochází. Trvalý chrup obsahuje 32 zubů – 8 řezáků, 4 špičáky, 8 třenových zubů a 12 stoliček (Schumacher, 1989).

Zuby se začínají vyvíjet již od pátého embryonálního týdne a tento vývin trvá téměř do dospělosti (Schumacher, 1989). Vývoj dentice je pod přísnou genetickou kontrolou, jež ovlivňuje jak pozici, tak tvar zubů. Regulace probíhá na základě interakcí mezi epiteliálními a mezenchymálními buňkami. Právě tato interakce je nejdůležitějším mechanismem řídícím vývoj dentice (Thesleff a Nieminen, 1996).

Základem vývoje zubů je zubní lišta (*lamina dentalis*), na které se vytvářejí zubní pupeny. Ty se mění na zubní pohárky, vyplněné mezenchymovým vazivem, které diferencuje na odontoblasty. Odontoblasty produkují dentin a pulpu, tedy zubovinu a dřeň zubu. Z epitelových buněk dále vzniká sklovinný orgán, v němž vzniká sklovina. Mezenchym

obklopující základ zubu se mění na zubní váček (folikul), který je základem ozubice (*periodontium*) (Hillson, 2005).

Důsledkem remodelace horní a dolní čelisti v oblasti zubů je prořezávání zubů. Dalšími faktory působícími na erupci zubů jsou nahromadění hydrostatického tlaku v oblasti alveol či zkracování periodontálních ligament (Schwartz, 2007).

Postnatální růst a prořezávání zubů lze rozdělit do několika fází, jak ukazuje Tab. č. 3.

Tab. č. 3: Postnatální růst a prořezávání zubů (zpracováno podle Schwartze, 2007)

Stádium	**Období**	**Změny**
1.	0 -7 měsíců	Zcela bez zubů
2.	7 měs. – 2 roky	Erupce dočasného chrupu
3:	2 – 6 let	Vývoj dočasného chrupu
4.	6 – 12 let	Erupce trvalých zubů a náhrada za dočasný chrup
5.	12 a více let	Vývoj trvalých zubů

Prořezávání dentice ve všech stádiích nastává u dívek dříve než u chlapců, v průměru o 2 až 10 měsíců (Parner et al. 2001). Výjimkou je erupce třetích molárů (Hillson, 2005).
V posledních 100 letech dochází k urychlování fyzického růstu dětí, toto však neplatí pro vývoj dentice. Erupce trvalých zubů je nejvíce stabilním aspektem fyzického vývoje (Parner et al., 2001).

2.8 Morfologický vývoj obličeje

V průběhu života podléhá člověk změnám v růstu a vývoji tvaru a proporcí. Platí, že čím je člověk starší, tím více se jeho proporce fixují. Vše je výsledkem fenotypu jedince, který se vyvíjí v závislosti na kvalitativních a kvantitativních faktorech prostředí (Bogin a Rios, 2003). Růst měkkých tkání obličeje zpravidla kopíruje skeletální podklad (Šmahel, 2001). Pro pochopení morfologického vývoje obličeje je tedy nezbytná znalost kraniofaciálního vývoje (viz kapitola 2.6).

Lidský obličej se skládá ze tří základních vnitřních obličejových částí (krajin), které zároveň obsahují tři nejvýznamnější obličejové struktury – oči, nos, ústa. Rozlišujeme pak krajinu kolem očí, úst a mezi nimi se nacházející partii nosu. Tyto partie jsou důležitými charakteristickými znaky jednotlivce (Blažek a Trnka, 2009).

2.8.1 Oblast očí

Pozice a rozměry měkkých tkání oční krajiny, mezi které řadíme především vzdálenosti vnějších a vnitřních koutků a výšku a šířku orbity, podléhají podle předpokladu sexuálnímu dimorfismu a s věkem dochází k jejich zvětšování. Zvětšování rozměrů očí je rapidní v prvních letech života a postupně rychlost růstu klesá. U některých rozměrů dochází dokonce ke zmenšování velikosti. Šířka oční štěrbiny vymezená očními koutky se po 30. roku života snižuje. Kolem 10. roku je dosaženo 90% výšky orbity, plocha vymezená oběma očními koutky a horním a dolním okrajem orbity dosahuje již ve 4 letech 70% konečné velikosti (Sforza et al., 2009). Tyto výsledky se shodují s výsledky provedenými Farkasem (1994) s tím rozdílem, že Sforzova studie potvrdila mírný pokles všech landmarků se stoupajícím věkem, jež souvisí se stárnutím kůže.

Důležitým znakem souvisejícím s oční krajinou je obočí, jehož charakter a tvar též ovlivňují rozpoznání jedinců (Chen et al., 2007).

2.8.2 Oblast nosu

Nos je nejvíce prominující částí obličeje a je tedy význačným identifikačním znakem. (Bergman, 1999). Šířka nosu, ohraničená nosními křídly, dosahuje u chlapců konečné velikosti ve 14 letech, délka a výška v 15 letech. U dívek je konečných velikostí dosaženo dříve, a to šířky nosu ve 12 letech, výšky a délky ve 13 letech (Farkas, 1994). Dalším rozdílem je odlišný nasolabiální úhel. U dívek je maximální velikosti dosaženo v 10 letech, u chlapců ve 12 letech. Poté se úhel nadále snižuje (Prahl-Andersen et al., 1995).

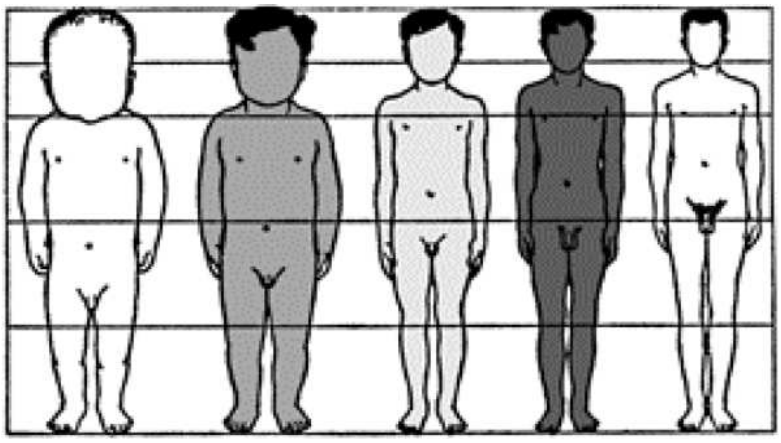
2.8.3 Oblast úst

Ústa jsou jednou z nejvíce proměnlivých částí lidského obličeje. Rozměry úst a rtů podléhají výrazným změnám během postnatálního vývoje člověka, sexuální dimorfismus je též patrný (Sforza et al., 2010). Nejvýraznější jsou změny ve výšce horního a dolního rtu a šířce rtů. Pokud se týče výšky horního rtu, největší nárůst je pozorován mezi 1. až 3. rokem u dívek, u chlapců jsou přírůstky největší mezi 1. a 2. rokem a 10. – 11. rokem. Obdobně je tomu u dolního rtu, kdy u dívek je přírůstek největší mezi 3. a 4. rokem a u chlapců ve 3 až 6 letech a 10 až 11 letech života. Šířka rtů zaznamenává spurt pouze u chlapců (3. – 4. rok), u dívek je růst kontinuální po celou dobu vývoje (Farkas, 1994). Výška horního a dolního rtu roste až do období adolescence (16 až 17 let), poté dochází k jejímu snižování a po 30. roku života je dokonce nižší než při narození. Růst objemu rtů je výraznější v dětství a pubertě než

v dospělosti. Výrazné jsou přírůstky především v obdobích mezi 8. a 9. rokem a 14. a 15. rokem u chlapců. U dívek je nárůst nejvýraznější mezi 9. až 13. rokem života (Sforza et al., 2010). Se zvyšujícím se věkem dochází k celkovému posunu úst směrem dolů, což lze vysvětlit ochabováním svalů, ubýváním podkožního tuku a ztenčováním tloušťky kůže (Penna et al., 2009).

2.8.4 Základní proporční charakteristiky

Pokud se týče celkových proporcí, lebeční klenba dosahuje asi poloviční velikosti oproti stavu v dospělosti. Výška hlavy novorozence činí přibližně 1/4 délky těla, zatímco u dospělého pouze 1/8 (viz. Obr. č. 7) (Fetter et al. 1967).



Obr. č. 7: Změny tělesných proporcí (převzato podle Bogina a Riose, 2003).

Pro vnější morfologii tváře novorozence je typická celkově malá obličejová část a vysoké klenuté čelo, které tvoří zhruba 1/2 obličejové části novorozence. Vzájemný poměr obličejové a mozkové části lidské tváře z předního pohledu se v průběhu ontogeneze výrazně mění a stabilizuje se v dospělosti na poměru přibližně 2/3 pro obličejovou část a 1/3 pro oblast čela. V období od 2,5 roku do 6 až 7 let si proporcionalita těla dítěte zachová dětský ráz. Dolní část obličeje zůstává drobná, tváře jsou zaoblené, nos je krátký a široký, rty plné, brada malá. V období pozdního dětství do puberty se celkově ztenčuje tuková podkožní vrstva, čímž více vyniká skeletální podklad, čelo je klenutější, tváře se oplošťují (Blažek a Trnka, 2008). Největší morfologické změny profilu nastávají dříve u dívek (10 – 15 let) než u chlapců (15 – 25 let). S věkem dochází ke zvyšování konvexity obličeje, což úzce souvisí se zvyšující se prominencí nosu vzhledem k okolním tkáním (Bishara et al. 1998).

Obecně platí, že šířkové rozměry obličeje rostou postnatálně nejméně a nejdříve ukončí růst, výškové parametry rostou nejvíce a růst končí jako poslední. Hloubkové charakteristiky obličeje zaujímají střední postavení (Šmahel, 2001).

3 Diskuse a závěr

Hlavním záměrem této bakalářské práce bylo shrnout základní poznatky o identifikaci z hlediska forenzní antropologie se zaměřením na fotokomparační metody a s tím souvisejícím postnatálním vývojem lidského obličeje.

V první polovině práce jsem se zaměřila na popis vnějších znaků obličeje, jež jsou pro rozpoznávání klíčové. Dále jsme zpracovala přehled fotokomparačních metod. Jsou jimi především metody morfoskopické, morfometrické a 2D -2D komparace. Tyto metody využívají k identifikaci dvojrozměrných fotografií či videosmímků. Poslední a zároveň nejnovější metoda využívá faciálních skenerů, jež umožňují zachytit obličej jako trojrozměrný model. Ten plně zachovává celkový tvar obličeje a nedochází tak ke ztrátě informací, způsobených převedením trojrozměrného obličeje na dvojrozměrný snímek.

V druhé polovině se věnuji poznatkům o postnatálním vývoji lidského obličeje. Shrnuji zde kraniofaciální vývoj, vývoj dentice a morfologické změny vyvíjejícího se jedince. V kapitole o morfologickém vývoji se zaměřuji především na změny nejvýznačnějších rysů obličeje, kterými jsou oči, nos a ústa.

Znalost změn obličeje souvisejících s růstem jedince je významná především z hlediska určení věku jedince, jež je důležitá například z hlediska potvrzení/vyvrácení trestní odpovědnosti při spáchaném trestném činu, z hlediska identifikací dlouhodobě pohřešovaných osob, určení přibližného věku mrtvol či při potírání dětské pornografie.

Pro tuto potřebu se ukazuje vhodné právě využití faciálních skenerů, jež umožňují zachytit morfologické změny obličeje. Tímto tématem bych se chtěla zabývat v diplomové práci.

Použitá literatura

Aeria G, Claes P, Vandermeulen D, Clement JG. 2010. Targeting specific facial variation for different identification tasks. Forensic Sci Int 201:118–124.

Albert AM, Ricanek Jr. K, Patterson E. 2007. A review of the literature on the aging adult skull and face: Implication for forensic science research and implications. Forensic Sci Int 172:1–9.

Arat M, Köklü A, Özdiler E, Rübendüz M, Erdoğan B. 2001. Craniofacial growth and skeletal maturation: a mixed longitudinal study. Eur J Orthod 23:355–361.

Bastir M, Rosas A, O´Higgins P. 2006. Craniofacial and morphologacal maturation of the human skull. J Anat 209:637–654.

Bergman RT. 1999. Cephalometric soft tissue facial analysis. Am J Orthod Dentofac Orthop 116:373–89.

Bishara SE, Jakobsen JR, Hession TJ, Treder JE. 1998. Soft tissue profile changes from 5 to 45 years of age. Am J Orthod Dentofacial Orthop 114:698–706.

Blažek V, Trnka R. 2009. Lidský obličej – Vnímání tváře z pohledu kognitivních behaviorálních a sociálních věd. Praha: Nakladatelství Karolinum.

Bogin B, Rios L. 2003. Rapid morphological change in living humans: implications for modern human origins. Comp Biochem Physiol 136:71–84.

Bruce V, Young A. 1998. In the eye of the beholder. New York: Oxford University Press.

Buschang PH, Hinton RJ. 2005. A gradient of potential for modifying craniofacial growth. Semin Orthod 11:219–226.

Caharel S, Jiang F, Blanz V, Rossion B. 2009. Recognizing an individual face: 3D shape contributes earlier than 2D surface reflectance information. NeuroImage 47:1809–1818.

Carlson SD. 2005. Theories of craniofacial growth in the postgenomic era. Semin Orthod 11:172–183.

Cattaneo C. 2007. Forensic anthropology: developments of a classical discipline in the new millennium. Forensic Sci Int 165:185–193.

Clement JG, Marks MK. 2005. Computer-graphic facial reconstruction. Burlington, London: Elsevier Academic Press.

Coleman SR, Grover R. 2006. The anatomy of the aging face: volume loss and changes in 3-dimensional topography. Aesth Surg J 26:4–9.

Cunha E, Baccino E, Martrille L, Ramsthaler F, Prieto J, Schuliar Y, Lynnerup N, Cattaneo C. 2009. The problem of aging human remains and living individuals: a review. Forensic Sci Int 193:1–13.

Čihák R. 2001. Anatomie 1. Praha: Grada Publishing.

Davis JP, Valentine T, Davis RE. 2010. Computer assisted photo-anthropometric analyses of full-face and profile facial images. Forensic Sci Int 200:165–176.

De Angelis D, Sala R, Cantatore A, Grandi M, Cattaneo C. 2009. A new computer–assisted technigue to aid personal identification. Int J Legal Med 123:351–356.

Dixon AD, Hoyte DAN, Rönning O. 1997. Fundamentals of craniofacial growth. New York: CRC Press.

Eliášová H, Krsek P. 2007. Superimposition and projective transformation of 3D object. Forensic Sci Int 167:146–153.

Farkas L. 1994. Antropometry of the head and face. New York: Raven Press.

Fetter V, Prokopec M, Suchý J, Titlbachová S. 1967. Antropologie. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.

Fishman LS. 1979. Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. Angle Ortho 49:181–189.

Fraser NL, Yoshino M, Imaizumi K, Blackwell SA, Thomas CDL, Clement JG. 2003. A Japanese computer-assisted facial identification systém successfully identifies non-Japanese faces. Forensic Sci Int 135:122–128.

Goos MIM, Alberink IB, Ruifrok ACC. 2005. 2D/3D image (facial) comparison camera matching. Forensic Sci Int 163:10–17.

Halberstein RA. 2001. The application of anthropometric indices in forensic photography: three case study. J Forensic Sci 6:1438–1441.

Havlíčková L. 1998. Biologie dítěte. Praha: Karolinum.

Hillson S. 2005. Teeth. Cambridge: Cambridge University Press.

Hinner J. 2003. Detekce a rozpoznávání obličejů osob a jejich identifikační význam. Kriminalistika 36:3–17.

Chen Q, Cham W, Lee K. 2007. Extracting eyebrow contour and chin contour for face recognition. Pattern Recog 40:2292–2300.

Introna F, De Donno A, Santoro V, Carbonara M. 2007. Poor reliability of facial indices for comparative metric facial identification without parametrical superimposition. Forensic Sci Medic Pathol 3:275–282.

Iscan MY. 1993. Introduction of techniques for photographic comparsion: Potential and problems. In: Iscan MY, Helmer RP, editors. Forensic analysis of the skull. New York: Wiley-Liss. p 57–70.

Katsikitis M. 2003. The human face – Measurement and meaning. Norwell: Kluwer Academic Publishers.

Kleiberg KF, Pharm B, Vanezis P, Burton M. 2007. Failure of anthropometry as a facial identification technique using high-quality photographs. J Forensic Sci 52:779–783.

Kleinhans C. 2004. Virtual child porn: the law and the semiotics of the image. J Vis Cult 3:17–34.

Lebl J, Krasničanová H. 1996. Růst dětí a jeho poruchy. Praha: Galén.

Lynnerup N, Clausen ML, Kristoffersen AM, Steglich-Arnholm H. 2009. Facial recognition and laser surface scan: a pilot study. Forensic Sci Medic Phatol 5:167–173.

Machová J. 1989. Biologie dítěte pro speciální pedagogy. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.

Malina J et al. 2007. Slovník pro studenty antropologie I. A-M. Brno: Akademické nakladatelství CERM.

Malina J et al. 2007. Slovník pro studenty antropologie II. N-Ž. Brno: Akademické nakladatelství CERM.

Moss ML. 1997. The functional matrix hypothesis revisited. 1. The role of mechanotransduction. Am J Orthod Dentofac Orthop 112:8–11.

Moss ML. 1997. The functional matrix hypothesis revisited. 2. The role of an osseous connected cellular network. Am J Orthod Dentofac Orthop 112:221–6.

Moss ML. 1997. The functional matrix hypothesis revisited. 3. The genomic thesis. Am J Orthod Dentofac Orthop 112:338–342.

Moss ML. 1997. The functional matrix hypothesisrevisited. 4. The epigenetic antithesis and the resolving synthesis. Am J Orthod Dentofac Orthop 1997; 112:410–417.

Musil J, Konrád Z, Suchánek J. 2004. Kriminalistika. 2. přepracované a doplněné vydání. Praha: C. H. Beck.

O´Hare PM, Fleischer AB, D´Agostino JR, Feldman SR, Hinds MA, Rassete SA. 1999. Tobacco smoking contribues little to facial wrinkling. J Eur Acad Dermatol Venereol 12:133–139.

O´Higgins P, Bastir M, Kupczik K. 2006. Shaping the human face. Int Congr 1296:55–73.

Parner ET, Heidmann JM, Vaeth M, Poulsen S. 2001. A longitudinal study od time trends in the eruption of permanent teeth Danish children. Archs Oral Biol 46:425–431.

Penna V, Stark GB, Eisenhardt SU, Bannasch H, Iblher N. 2009. The aging lip: a comparative histological analysis of age-related changes in the upper lip complex. Plast Reconstr Surg 124:624–8.

Porada V. 2001. Kriminalistika. Brno: CERM.

Porter G, Doran G. 2000. An anatomical and photographic technique for forensic facial identification. Forensic Sci Int 114:97–105.

Prahl-Anderson B, Ligthelm-Bakker ASWMR, Wattel E, Nanda R. 1995. Adolescent growth changes in soft tissue profile. Am J Orthod Dentofac Orthop 107:476–483.

Raadsheer MC, Kiliaridis S, Van Eijden MGJ, Van Ginkel FC, Prahl-Andersen B. 1996. Masseter muscle thickness in growing individuals and its relation to facial morphology. Archs Oral Biol 41:323–332.

Ramanathan N, Chellappa R, Biswas S. 2009. Computational methods for modeling facial aging: a survey. J Vis Lang Comput 20:131–144.

Rak R, Matyáš V, Říha Z. 2008. Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích. Praha:Grada.

Ritz-Timme S, Gabriel P, Obertová Z, Boguslawski M, Mayer F, Drabik A, Poppa P, De Angelis D, Ciaffi R, Zanotti B, Gibelli D, Cattaneo C. 2010. A new atlas of the evaluation of facial features: advantages, limits, and applicability. Int J Legal Med DOI 10.1007/s00414–010-0446-4.

Roelofse MM, Steyn M, Becker PJ. 2008. Photo identification: Facial metrical and morphological features in South African males. Forensic Sci Int 177:168–175.

Sadowsky PL. 1998. Craniofacial growth and the timing of treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop 113:19–23.

Sarnat BG. 1983. Normal and abnormal craniofacial growth. Angle Ortho 53:263–289.

Sforza Ch, Grandi G, Binelli M, Dolci C, De Menezes M, Ferrario VF. 2010. Age- and sex-related changes in three-dimensional lip morphology. Forensic Sci Int 200:182.e1–182.e7.

Sforza Ch, Grandi G, Catti F, Tommasi DG, Ugolini A, Ferrario VF. 2009. Age- and sex-related changes in the soft tissues of the orbital region. Forensic Sci Int 185:115e1–115e8.

Schumacher GH. 1992. Anatómia pre stomatológov. Martin: Vydavateľstvo Osveta.

Schwartz JH. 2007. Skeleton Keys – An introduciton to human skeletal morphology, development, and analysis. New York: Oxford University Press.

Sinha P. 1996. Symmetry sensing through computer vision and a facial image recognition system. Forensic Science International. 77:27–36.

Smeets D, Claes P, Vandermeulen D, Clement JG. 2010. Objective 3D face recognition: Evolution, approaches and challenges. Forensic Sci Int 201:125–132

Šmahel Z. 2001. Principy, teorie a metody auxologie. Praha – Nakladatelství Karolinum.

Taylor KT. 2001. Forensic art and illustration. London, New York, Washington: CRC Press.

Thesleff I, Nieminen P. 1996. Tooth morphogenesis and cell differentiation. Curr Opin Cell Biol 8:844–850.

Van Diepenbeek AF, Buschang PH, Prahl-Andersen B. 2009. Age-dependent cephalometric standarts as determined by multilevel modeling. Am J Orthod Dentofacial Orthop 135:79–87.

Vanesis P, Brierley C. 1996. Facial image comparison of crime suspects using video superimposition. Sci Justice 36:27–34.

Ventura F, Zacheo A, Ventura A, Pala A. 2004. Computerised anthropomorphometric analysis of images: case report. Forensic Sci Int 146S:S211–S213.

Verhoff MA, Witzel C, Kreutz K, Ramsthaler F. 2008. The ideal subject distance for passport pictures. Forensic Sci Int 178:153–156.

Wilkinson C. 2004. Forensic Facial Reconstuction. Cambridge:Cambrige University Press.

Yoshino M, Imaizumi K, Tanijiri T, Clement JG. 2003. Automatic adjustment of facial orientation in 3D face image database. Jpn J Sci Tech Iden 8:41–47.

Yoshino M, Matsuda H, Kubota S, Imaizumi K, Miyasaka S. 2000. Computer-assisted facial image identification system using a 3-D physiognomic range finder. Forensic Sci Int 109:225–237.

Yoshino M, Noguchi K, Atsuchi M, Kubota S, Imaizumi K, Thomas CDL, Clement JG. 2002. Individual identification of disguised faces by morphometrical matching. Forensic Sci Int 127:97–103.

Yoshino M, Taniguchi M, Imaizumi K, Miyasaka S, Tanijiri T, Yano H, David C, John T, Clement JG. 2005. A new retrieval system for database of 3D facial images. Forensic Sci Int 148:113–120.

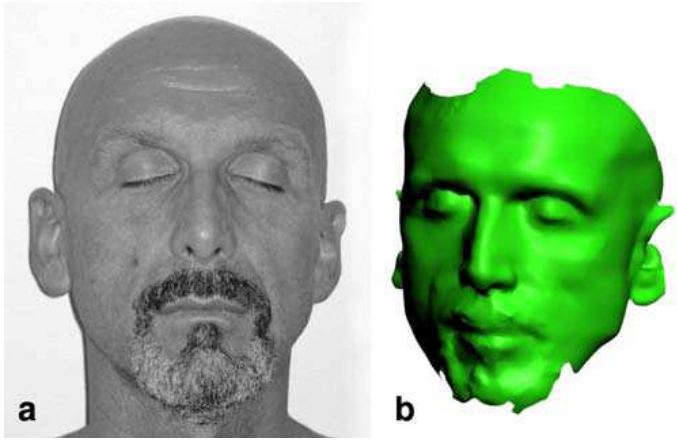
Zeldich ML, Swiderski DL, Sheets HD, Fink WL. 2004. Geometric morphometrics for biologists: a primer. New York: Elsevier Academic Press.

Internetové zdroje:

Taiser MA, Holliday SD, Borman HIM. 2000. Comments on facial aging in law enforcement investigation. Forensic Sci Commun 2:
http://www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/april2000/taister.htm#external%20artifacts

Přílohy

Příloha č. 1: 3D -2D superprojekce (převzato z De Angelis et al., 2007)



Maska (b) získaná z 3D modelu podezřelého (a)

Superprojekce 3D masky podezřelého do dvojrozměrného snímku pachatele pořízeného bezpečnostní kamerou