

**Univerzita Karlova v Praze**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**Katedra antropologie a genetiky člověka**

Studijní program:  
Molekulární biologie a biochemie organismů  
Studijní obor:  
Speciální chemicko-biologické obory



**Miroslava Moštková**

Od rekonstrukce obličeje podle lebky k identifikaci jedince: požadavky, principy, problémy

From the facial reconstruction based on the skull to the identification of the individual:  
demands, principles, problems

Bakalářská práce

Školitel:  
doc. RNDr. Jaroslav Brůžek, CSc.

Praha, 2015

### **Poděkování:**

Ráda bych poděkovala svému školiteli doc. RNDr. Jaroslavu Brůžkovi, CSc., za jeho ochotu, cenné rady a možnost psát tuto práci pod jeho dohledem. Dále bych chtěla poděkovat svým blízkým za podporu.

### **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, 11. 8. 2015

Podpis

## **Abstrakt**

Rekonstrukce obličeje podle lebky je technika, kterou lze reprodukovat původní vzhled jedince, avšak vytvoření naprosto přesné podoby je v současné době nemožné. Rekonstrukce je využívána při archeologickém výzkumu nebo při vyšetřování forenzních případů. Metody rekonstrukce obličeje můžeme dělit na morfoskopické, morfometrické, kombinované a lze je využít při manuálním a počítačovém způsobu rekonstrukce při tvorbě dvojrozměrných a trojrozměrných modelů. U každé z těchto metod lze hodnotit přesnost a spolehlivost pomocí kvantitativních a kvalitativních metod. Spolehlivost a přesnost rekonstrukce by měla být zvažena i z pohledu percepce obličeje. Lidský obličej je vnímán holisticko-analytickým způsobem, jehož základem je vypočítávání distančních rozdílů mezi znaky. Rekonstrukce obličeje je založená na rozpoznávání známých obličejů, ty jsou vnímány na základě vnitřních znaků, jejich vnímání není ovlivněno změnou úhlu pohledu nebo výrazu. Neznámé obličeje jsou vnímány pomocí vnějších znaků. Obličeje s výrazným obličejovým znakem jsou rozpoznávány rychleji. Obličejové znaky lze seřadit podle velikosti jejich vlivu na rozpoznání obličeje, čím je znak větší, tím větší má vliv. Od největšího a nejdůležitějšího je lze seřadit: obrys obličeje, horní část obličeje, oči s obočím, ústa, nos. Tato práce shrnuje hodnocení Manchesterskou metodou s využitím počítačového modelovacího programu a haptickou technologií a hodnotí přesnost obličejových znaků v závislosti na jejich percepci.

**Klíčová slova:** identifikace obličeje, rekonstrukce obličeje, Manchesterská metoda, přesnost, percepce obličeje

## **Abstract**

Facial reconstruction based on the skull is a technique allowing recreation of the original facial features of an individual. However, recreation of the exact look is nearly impossible at this time. Facial reconstruction is used during archaeological research or during investigation of forensic cases. The facial reconstruction methods used are morphoscopic, morphometric, or a combination of the two. They are used during a manual and computerized process to create two dimensional or three-dimensional reconstruction of the individual. Accuracy and reliability can be determined with each one of these methods by quantitative and qualitative measurements. Reliability and accuracy of the facial reconstruction should also be considered from a view of the facial perception. The human face is perceived in a holistic-analytical way which is based on a calculation of the distances between different features. Facial reconstruction is based on the recognition of familiar faces that are perceived on the basis of internal features that are not influenced by differences in the view angle or expression. Unfamiliar faces are perceived on the basis of from external features. Faces with significant facial features are identified faster. Facial features can be organized by the significance of their influence for recognition of the face. Bigger features will have more significant influence. From the most influential to the least influential they can be categorized as follows: the outline of the face, upper part of the face, eyes and eyebrows, mouth, nose. This paper summarizes the evaluation of the Manchester method with use of a computer modelling program and haptic technology, and assesses the accuracy of facial features based on perception.

**Key words:** facial identification, facial reconstruction, Manchester method, accuracy, face perception

## **Seznam zkratk**

BMI	Index tělesné hmotnosti
CBCT	Cone beam počítačová tomografie
CT	Počítačová tomografie

## Obsah

1. Úvod .....	- 1 -
2. Přehled současných metod rekonstrukce obličeje podle lebky .....	- 2 -
2.1. Stručný přehled vývinu metod rekonstrukce obličeje .....	- 4 -
2.2. Dvourozměrné metody .....	- 7 -
2.3. Trojrozměrné metody .....	- 8 -
2.3.1. Automatické počítačové systémy .....	- 8 -
2.3.2. Modelovací počítačové systémy .....	- 8 -
3. Hodnocení přesnosti rekonstrukce .....	- 10 -
3.1. Faktory ovlivňující přesnost rekonstrukce .....	- 10 -
3.1.1. Individuální schopnosti a zkušenosti .....	- 10 -
3.1.2. Tloušťka měkkých tkání .....	- 10 -
3.2. Kvalitativní metody hodnocení přesnosti rekonstrukce .....	- 11 -
3.2.1. One-to-one porovnávání .....	- 11 -
3.2.2. Hodnocení sady fotografií tváří – face pool metoda .....	- 12 -
3.3. Kvantitativní metody hodnocení přesnosti rekonstrukce .....	- 14 -
3.3.1. Hodnocení podobnosti – resemblance ratings .....	- 14 -
3.3.2. Metoda porovnávání povrchů .....	- 15 -
3.4. Hodnocení přesnosti Manchesterové metody .....	- 18 -
4. Percepce obličeje .....	- 20 -
4.1. Percepce obličeje z neurologického pohledu .....	- 20 -
4.1.1. Oblasti mozku důležité pro percepci obličeje .....	- 20 -
4.1.2. Model zpracovávání obličejových informací .....	- 21 -
4.1.3. Model spolupráce mozkových oblastí při percepci obličeje .....	- 21 -
4.2. Percepce obličeje z pohledu kognitivní psychologie .....	- 22 -
4.2.1. Vnímání obličeje vs. vnímání jiných objektů .....	- 22 -
4.2.2. Konfigurační model vnímání .....	- 22 -
4.2.3. Holistický model vnímání .....	- 23 -
4.2.4. Holisticko-analytický model vnímání .....	- 23 -

4.2.5.	Důkazy holistického vnímání obličeje .....	- 24 -
4.2.5.1.	Inverzní efekt.....	- 24 -
4.2.5.2.	Part-whole efekt - vnímání části v kontextu celku .....	- 24 -
4.2.5.3.	Kompozitní efekt.....	- 25 -
4.2.6.	Faktory ovlivňující rozpoznání obličeje .....	- 26 -
4.2.6.1.	Výraz a změna úhlu pohledu .....	- 26 -
4.2.6.2.	Osvětlení a negativní zobrazení.....	- 27 -
4.2.6.3.	Jednotlivé znaky obličeje a osobitost .....	- 27 -
4.2.7.	Rozlišení pohlaví.....	- 29 -
4.3.	Shrnutí kapitoly o percepci obličeje .....	- 30 -
5.	Závěr.....	- 32 -
6.	Použitá literatura.....	- 34 -

# 1. Úvod

Rekonstrukce obličeje je technika, díky které lze reprodukovat vzhled lidského obličeje podle lebky. V současné době je rekonstrukce obličeje využívána při archeologickém výzkumu a jako nepřímá metoda identifikace během forenzních vyšetřování (Prag & Neave, 1997). Existuje několik metod obličejové rekonstrukce, nejčastěji jsou rozdělovány na morfoskopické, morfometrické a kombinované. Všechny tyto přístupy lze aplikovat manuálně nebo na počítači při dvojrozměrné a trojrozměrné tvorbě modelů (Wilkinson, 2004).

Zvláště při forenzních vyšetřováních je důležité vzít v úvahu přesnost a spolehlivost dané metody (Wilkinson, 2010). K hodnocení přesnosti jsou používány kvalitativní metody a kvantitativní metody (Wilkinson, 2004). V této práci je zhodnocena přesnost a spolehlivost Manchesterské metody. Vytvoření přesné podoby jedince je v současnosti nemožné (Wilkinson, 2008), hlavním cílem rekonstrukce obličeje však není naprostá přesnost, důležitější je rozpoznatelnost modelu, proto je nutné vzít v úvahu znalosti kognitivní psychologie o vnímání a zpracovávání lidských tváří (Wilkinson, 2010).

Lidské obličeje jsou si velice podobné a percepce obličeje je složitý proces, při kterém je zpracováváno velké množství rozdílných informací, díky kterým dokážeme určit identitu, pohlaví, náladu jedince a další vlastnosti (Blažek & Trnka, 2009). Lidská tvář je vnímána holisticko-analytickým způsobem, při kterém dochází k vypočítávání distančních rozdílů mezi znaky, a tak k rozpoznání jednotlivých jedinců (McKone & Yovel, 2009; Rossion, 2008). Známé obličeje jsou rozpoznávány díky vnitřním obličejovým znakům a při rozpoznávání neznámých obličejů je větší důraz kladen na vnější obličejové znaky (Bonner et al., 2003; Young et al., 1985). V bakalářské práci jsou dále zhodnoceny obličejové znaky z hlediska důležitosti při rozpoznání obličeje a pohlaví.

**Cílem práce** je podat přehled o míře spolehlivosti metod rekonstrukce obličeje podle lebky a zjistit jaké prvky obličeje jsou zásadní pro identifikaci jedince z hlediska jeho věku a pohlaví. Bakalářská práce zhodnotí, zda existuje hierarchizace znaků z hlediska percepce a identifikace obličeje a je-li shoda výběru znaků konzistentní v procesu rekonstrukce obličeje podle lebky a rozpoznávání identity podle obličeje.



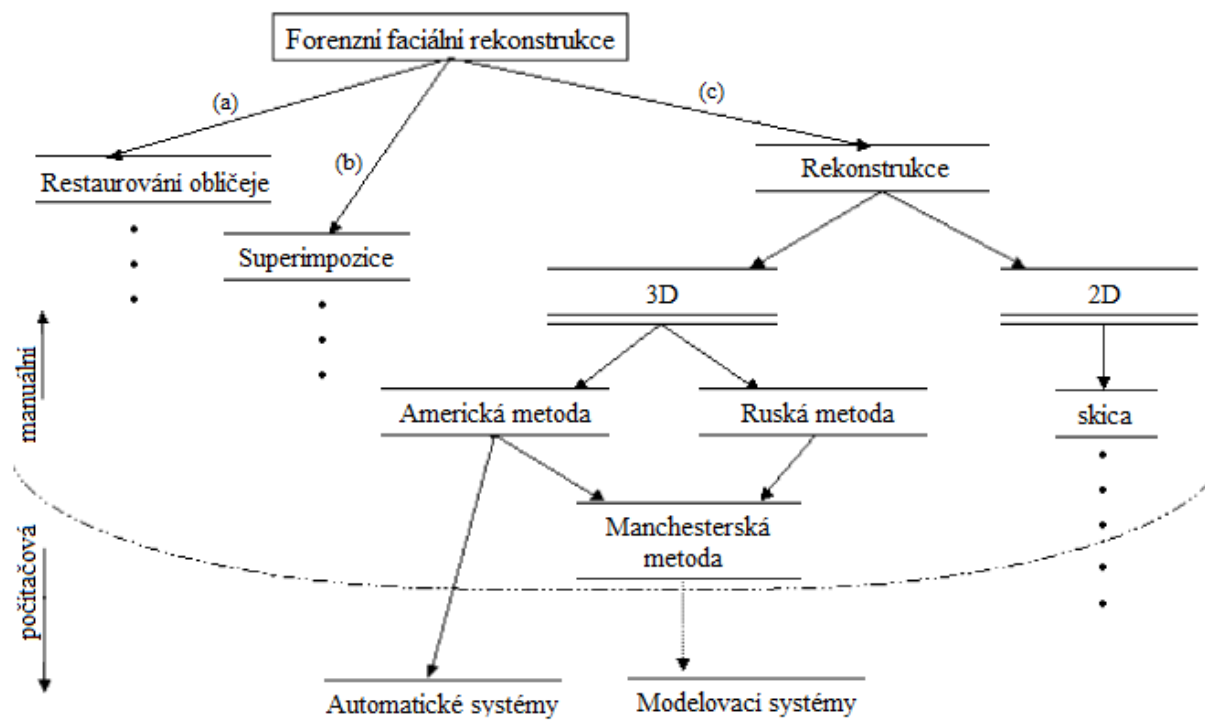
## 2. Přehled současných metod rekonstrukce obličeje podle lebky

Podstatou rekonstrukce obličeje je reprodukce vzhledu obličeje jedince z kosterních pozůstatků. Základem pro vzhled a proporce obličeje jsou kosti lebky tvořící podklad měkkých tkání. Celkový vzhled obličeje vzniká spojením všech těchto struktur – kosti, svaly, žlázy, kůže a tuk. Lidské tváře si jsou ve svých elementárních prvcích velice podobné, ale každá má svá vlastní specifika, podle nichž se dá každá osoba identifikovat a stává se jedinečnou (Prag & Neave, 1997).

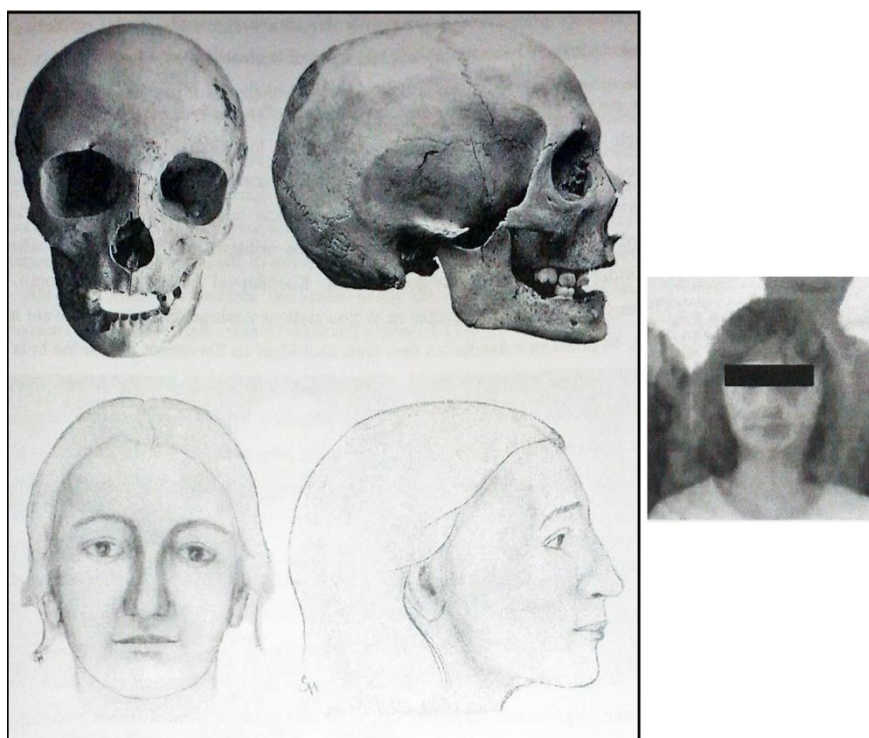
V nynější době je rekonstrukce obličeje nejčastěji využívána při archeologickém výzkumu a ve forenzních vědách. Pro účely archeologického výzkumu jsou tvořeny trojrozměrné modely, které ukazují podobu osob z dávných civilizací a přibližují nám tak jejich způsob života (Cesarani et al., 2004; Klepáček & Malá, 2012; Prag & Neave, 1997). V těchto případech rekonstrukcí obličeje je větší prostor pro zapojení představivosti a využití uměleckých schopností, protože zde není primárním cílem rozpoznání jedince a jeho identifikace společností. Při vytváření autentického vzhledu osoby nepracuje archeolog pouze s kostěnými pozůstatky, ale může využít i zachovalé kresby či texty z téhož období, nebo pracuje přímo s materiálem, který se nacházel na nalezišti. Na základě získaných informací pak volí styl účesu, barvu vlasů, kůže a očí (Wilkinson, 2010).

U forenzních případů je možné práci s neznámými obličejemi nebo lebkami rozdělit na tři druhy, a to podle množství známých informací o měkkých tkáních dané lebky (Obr. 1). U prvního druhu případů (Obr. 1 - A) se na lebce vyskytuje dostatečné množství měkké tkáně a tvář jedince je tak rozpoznatelná, existující měkká tkáň je dále jen restaurována pro zobrazení při identifikaci a rekonstrukce není zapotřebí (Taylor, 2001). Další varianta forenzních případů (Obr. 1 - B) trpí nedostatkem měkkých tkání k obnovení vzhledu jedince, ale díky dalším informacím týkajících se případu byla identita neznámého omezena jen na několik kandidátů. V těchto případech je k identifikaci jedince využita superimpozice (Grüner, 1993). U posledního druhu případů (Obr. 1 - C) se na lebce nevyskytuje dostatečné množství měkké tkáně k identifikaci a superimpozice je nemožná nebo nevýhodná. Za takových okolností se přistupuje k forenzní rekonstrukci obličeje (Prag & Neave, 1997). Detailní rozbor schématu (Obr. 1) bude proveden v následujících podkapitolách (str. 4 – 9).

Ve forenzních případech je hlavním cílem, při rekonstrukci obličeje podle lebky neidentifikovaného jedince, vytvoření dostatečně podobného modelu obličeje zesnulého. Tento model by měl usnadnit rozpoznání jedince a může vést až k jeho pozitivní identifikaci. Obličejová rekonstrukce bohužel neslouží jako metoda přesného určení identity jedince, ale je díky ní vytvořen seznam osob, u kterých jsou pro potvrzení identity zesnulého provedeny další testy - test DNA, porovnání dentálních záznamů a další (Wilkinson, 2006). Většina publikovaných úspěšných forenzních případů vděčí za svou identifikaci zveřejnění v médiích (například případy neznámého slovenského děvčete (Obr. 2) či neznámého slovenského muže (Masnicová et al., 2011)).



Obr. 1 – Taxonomie forenzní obličejové rekonstrukce (převzato a upraveno z Turner et al., 2005).



Obr. 2 – Příklad úspěšné identifikace neznámého slovenského děvčete: vlevo nahoře - lebka děvčete; vlevo dole - rekonstrukce obličeje; vpravo - portrét děvčete ze skupinové fotografie (převzato z Masnicová et al., 2011).

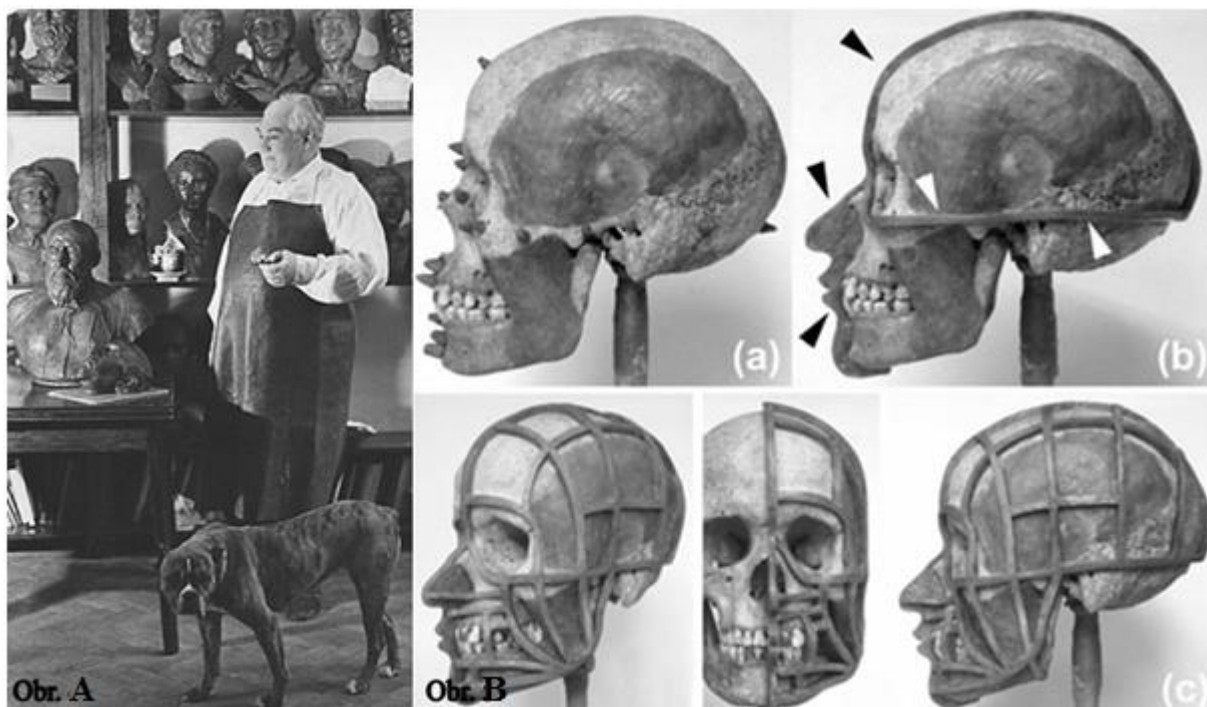
Navzdory některým úspěšným forezním případům publikovaným v literatuře (většina neúspěšných je nezveřejněných), je velmi těžké posoudit reálnou úspěšnost metod rekonstrukce. U forezních případů bývá zveřejněno mnohem více informací například získaných na místě činu

(oblečení, doplňky a další) nebo zjištěných z pozůstatků měkkých tkání (odstín pleti, délka a odstín vlasů nebo vousů, účes), které mohou měnit kvalitu modelu rekonstrukce a jeho podobnost s cílovou osobou (Haglund & Reay, 1991; Quatrehomme et al., 2007). Posoudit, která z informací o rekonstrukci nebo o případu samotném je u úspěšných forenzních případů zodpovědná za rozpoznání modelu a později za identifikaci, je velice obtížné. Doplňující informace tohoto typu dokáží usnadnit rozpoznání jedince. Při absenci doplňkových informací o vzhledu z místa činu je možné model rekonstrukce prezentovat ve více variantách, včetně té bez doplňků. Zde je vhodné najít určitou hranici, aby nedošlo ke zmatení a odrazení osoby, která by neznámého jedince mohla rozpoznat (Quatrehomme et al., 2007; Wilkinson, 2004).

## 2.1. Stručný přehled vývinu metod rekonstrukce obličeje

Na počátku dvacátých let 20. století se výzkumem techniky rekonstrukce obličeje začal zabývat ruský archeolog a antropolog Michail Michajlovič Gerasimov (Obr. 3 - A). Začal vyvíjet své vlastní techniky rekonstrukce (Obr. 1 – C), jež se později spojily v dnes nazývanou **Ruskou metodu** (Prag & Neave, 1997). Vyvinul anatomický postup, který rozdělil do dvou základních kroků. Prvním bylo vytvoření hlavy, na níž vymodeloval žvýkáci a krční svaly. Usuzoval, že tyto svaly mohou být odvozeny z tvaru lebky a reprodukovány s dobrou přesností, lišit se budou pouze velikostí a tvarem v závislosti na jedinci. Při tvorbě svalové vrstvy Gerasimov velice dbal na anatomickou přesnost. Ve druhém kroku následně překryl celou svalovou strukturu tenkou vrstvou hlíny a dotvořil konečnou podobu obličeje. Upozorňoval však na potíž druhého kroku, v němž je potřeba bohatých zkušeností a odborné přípravy (Wilkinson, 2004). Při modelování využíval také hodnoty tloušťky měkkých tkání získané měřením na 71 zesnulých jedincích, které poté aplikoval na lebku v podobě malých pyramid z hlíny. V jeho pozdějších pracích se tyto značky spojily v „profilové linie“ (Obr. 3 - B). (Ullrich & Stephan, 2011). Gerasimov také navrhl odvození tvaru a velikosti nosu, obočí, úst a dalších částí obličeje na základě tvaru lebky. Byl přesvědčen, že jeho anatomickou metodou mohou vznikat modely s dobrou podobností jedince (Wilkinson, 2004). Během svého života (\*1907 – †1970) provedl více než 200 rekonstrukcí obličeje, mezi nejznámější patří například model ruského cara Ivana Hrozného. V roce 1950 Gerasimov založil Laboratoř plastické rekonstrukce v Etnografickém Ústavu Akademie věd SSSR v Moskvě (Prag & Neave, 1997).

Trochu jiná je **Americká metoda** (Obr. 1 – C), která je založena na pečlivém měření tloušťky měkkých tkání. V roce 1946 začal antropolog Wilton Krogman zkoumat přesnost techniky rekonstrukce (Wilkinson, 2004). Ve svém pokusu nejdříve vyfotografoval obličej zesnulého čtyřicetiletého muže negroidního původu (Prag & Neave, 1997), poté byla z hlavy odstraněna tkáň a lebka byla předána sochařce Mary Jane McCueové. Během rekonstrukce použila data tloušťky měkkých tkání specifická pro pohlaví, věk a rasový původ jedince. Výsledky byly pozitivní. Při porovnání modelu s fotografií se ukázalo, že metoda dává vzniku dobré podobnosti a mohla by být



**Obr. 3 - A:** Michail Michajlovič Gerasimov (převzato z <http://www.arastiralim.net/ilk/timurunmezarinin-acilmasi.html>); **B:** Tloušťka měkkých tkání znázorněna Gerasimovou technikou: a) pyramidy z hlíny; b) černé šipky znázorňují profilovou linii, bílé šipky Frankfurtskou horizontálu (spojuje dolní okraj očníce s horním okrajem zevního zvukovodu, přirozená pozice hlavy); c) síť vzniklá z „profilových linií“, ze které se dá odvodit tloušťka měkkých tkání i v jiných oblastech než obvyklý bodech měření (například: *zygion, glabella a pogonion*) (převzato z Ullrich & Stephan, 2011).

používána při identifikaci ve forezních případech (Wilkinson, 2004). Na Krogmanovu práci navázali v roce 1970 antropolog Clyde Snow a forezní umělkyně Betty Pat Gatliffová, začali tak vyvíjet Americkou metodu. Ve svém výzkumu provedli čtyři rekonstrukce, při kterých Gatliffová měla k dispozici data tloušťky měkkých tkání specifických pro věk, rasový původ a pohlaví jedinců. U prvních dvou (rekonstrukce obličeje šajenského indiána (Obr. 4 - a) a bílé ženy) Gatliffová vytvořila pouze jednu polovinu obličeje a celek doplnila pomocí zrcadlového obrazu. Následně si však uvědomila, že pro rozpoznání obličeje bude důležitá i jeho asymetrie, a proto při dalších dvou rekonstrukcích (bílá žena (Obr. 4 - b) a bílého muže) vytvořila již obličej celý (Snow & Gatliff, 1970).



**Obr. 4 –** Rekonstrukce obličeje a portréty vytvořené Americkou metodou: a) rekonstrukce poloviny obličeje šajenského indiána (zrcadlový obraz); b) rekonstrukce celého obličeje bílé ženy (Snow & Gatliff, 1970).

Fotografie modelů spolu s fotografiemi zesnulých byly posouzeny jejich rodinou, známými i širokou veřejností. Na základě výsledků usoudili, že 3D obličejová rekonstrukce by mohla být užitečná pro forenzní vyšetřování, ovšem pozitivní identifikace jedince by neměla být založena pouze na základě samotné rekonstrukce obličeje, ale měla by být doplněna dalšími důkazy (Snow & Gatliff, 1970).

V druhé polovině 20. Století můžeme za hlavní představitele zabývající se rekonstrukcí obličeje na území Evropy považovat německého antropologa Richarda Helmera, využívajícího ve svém výzkumu Americkou metodu, a britského antropologa Richarda Neavea (Obr. 5 - A) z Manchesterské Univerzity, kde spojením Americké a Ruské techniky vyvinul novou metodu pojmenovanou po jeho působišti jako **Manchesterská metoda** (Obr. 1 - C). Ta je dnes široce využívána (Wilkinson, 2004). Neave obličej modeloval z hlíny na sádrovou repliku lebky, nejdříve vymodeloval hlavní obličejové svaly a pak s využitím dat tloušťky měkkých tkání dotvořil poslední vrstvu obličeje obsahující tuk, žlázy a kůži (Prag & Neave, 1997).



**Obr. 5 – A: Autor Manchesterské metody Richard Neave (převzato z: [http://www.bbc.co.uk/northyorkshire/content/image\\_galleries/womanwhoneverwas\\_gallery.shtml?10](http://www.bbc.co.uk/northyorkshire/content/image_galleries/womanwhoneverwas_gallery.shtml?10)); B – Některé metody rekonstrukce obličeje: a) dvourozměrná manuální; b) trojrozměrná manuální; c) trojrozměrná počítačová (převzato z: Wilkinson, 2008).**

Rekonstrukce obličeje se začala více zdokonalovat a měnit s příchodem počítačových modelačních programů a zdokonalením lékařských zobrazovacích metod (Wilkinson, 2004). Kombinací funkcí skenovacího laseru a počítačové tomografie byl v roce 1987 profesorem Mossem a jeho týmem na University College v Londýně poprvé vytvořen počítačový trojrozměrný model lebky a obličeje. Tato metoda byla prvně využita pro chirurgické účely při léčbě vrozených deformit obličeje (Moss et al., 1987). Do vývoje počítačových programů se začaly prolínat i metody manuální rekonstrukce obličeje. Díky tomuto pokroku se zvýšila flexibilita, rychlost a hlavně přesnost (Kähler et al., 2003).



Jak bylo již řečeno, vytrvalý zájem o studium vztahů mezi lebkou a měkkými tkáněmi dal vzniku hned několika metodám obličejové rekonstrukce, nejčastěji jsou rozdělovány na morfoskopické a morfometrické. Podstatou morfoskopických metod obličejové rekonstrukce je modelace obličejových svalů, přes které se později aplikuje vrstva kůže. Morfometrický přístup využívá dat tloušťky měkkých tkání. Tyto dva přístupy lze spojit v metodu kombinovanou. Současné metody rekonstrukce obličeje můžeme dále rozdělit do dvou základních skupin: dvourozměrné metody a trojrozměrné metody (Obr. 5 - B). Každou z těchto skupin můžeme dále dělit na manuální a počítačovou (Wilkinson, 2004).

## **2.2. Dvourozměrné metody**

Technika dvourozměrné rekonstrukce je velice efektivní, rychlá a flexibilní. Její hlavní výhodou je jednoduchá kontrola a v případě potřeby i snadná oprava. Tímto způsobem se nejčastěji tvoří profilové či čelní portréty (Obr. 2) a kresby se dále využívají i při tvorbě trojrozměrných modelů (George, 1993).

Existuje několik přístupů manuální metody dvourozměrné rekonstrukce obličeje, jedním z nich je metoda, kdy je obličej kreslen přímo přes fotografii lebky za využití dat tloušťky měkkých tkání (George, 1993). Další možností je využití Manchesterské metody (Obr. 5 – B, a). Její první fáze – fotografie lebky, je stejná jako u prvního přístupu. Na lebku se vyznačí tloušťka měkkých tkání a poté je lebka, orientovaná ve Frankfurtské horizontále, z profilu a čelně vyfotografována. Pomocí pauzovacího papíru badatel kreslí nejprve vrstvu svalovou, kterou odvodí ze stavby lebky. Z tvaru svaloviny a dat tloušťky měkkých tkání vytvoří kreslíř vrstvu měkkých tkání a tak dotvoří celkový vzhled obličeje. Mezi hlavní výhody této metody patří ladnost výsledného portrétu, kombinací dat tloušťky měkkých tkání a tvaru svalů se kontury obličeje tvoří snadněji a jsou přirozenější než při pouhém spojování bodů tloušťky měkkých tkání. Kresbě to, například v oblasti očí a úst, dodává hloubku, zmiňované partie se také přesněji umísťují a vytvořený obličej je lépe rozpoznatelný (Needham et al., 2003).

S využitím počítačových programů se tvorba portrétu ještě více zjednodušila a ubyl také tlak na schopnosti a zkušenosti kreslíře. Tyto programy pracují se skicami nebo fotografickým materiálem obličejů, které se překládají přes fotografii lebky. Nejdříve je z databáze vybrán tvar a velikost obličeje sedící na fotografii lebky s vyznačením anatomických bodů. Poté jsou na základní tvar přidávány části obličeje jako oči, obočí, nos, ústa a vlasy. Tyto vzorky byly pořízeny vyřezáváním z fotek dobrovolníků daného věku a pohlaví. Celkový obraz obličeje je pak doopraven sladěním barvy kůže a stínováním. Zásadním přínosem této metody je možnost snadné tvorby více verzí obličeje (Miyasaka et al., 1995). Jedna z nevýhod této metody se může projevit při rozpoznávání modelu rekonstrukce, metoda je přece jen založena na vkládání cizích vnitřních obličejových znaků do vnějších, a to při

rozpoznávání způsobuje problémy (Young et al., 1987), tento efekt je snížen úpravou daných znaků a jejich umístění podle tvaru lebky.

### **2.3. Trojrozměrné metody**

Trojrozměrná rekonstrukce obličeje je v dnešní době jednou z nejžádanějších a nejatraktivnějších metod (Obr. 1 – C). Vzniklý model lze zobrazit z jakéhokoliv úhlu, neexistuje zde omezení pouze na profilové a čelní zobrazení. Možnost zobrazení modelu z více úhlů zvyšuje pravděpodobnost rozpoznání známé tváře. Při manuální rekonstrukci je bysta modelována z jílovité hmoty na repliku lebky (Wilkinson, 2004). Někteří badatelé využívají k rekonstrukci morfoskopický přístup - Ruskou metodu (Prag & Neave, 1997). Nejdříve modelují svaly obličeje a přes ně teprve aplikují vrstvu kůže pro dotvoření obličeje. Jiní badatelé upřednostňují morfometrický přístup v podobě Americké metody, kdy využívají dat tloušťky měkkých tkání. Trendem dnešní doby je však prolínání oborů a sdílení zjištěných poznatků, proto jsou při tvorbě modelů anatomickým přístupem využívána také data tloušťky měkkých tkání. Příkladem tohoto spojení nám může být Manchesterská metoda, při které se tato data využívají jako pomůcka (Wilkinson, 2004). Touto metodou byla rekonstruována například tvář básníka Dante Alighieriho (Benazzi et al., 2009).

Využitím počítačových metod lze dosáhnout vyšší flexibility, efektivity a rychlosti. Nynější počítačové systémy je možné rozdělit na automatické a trojrozměrné modelovací (Jones, 2001; Quatrehomme et al., 1997).

#### **2.3.1. Automatické počítačové systémy**

Automatické systémy využívají antropometrická data a trojrozměrné modely lebek a obličejů, které jsou dále používány jako referenční. Vědci zde vycházejí z předpokladu, že některé skupiny lebek jsou si podobné tvarem, formou, proporcemi, a tudíž musí mít společné i základní charakteristiky obličeje. K neznámé lebce je tedy na základě pohlaví, věku a rasové příslušnosti přiřazena referenční lebka a obličej. Referenční obličej je, na základě určité matematické a geometrické podobnosti lebky neznámé a referenční (např. podle crest lines – spojením vrcholů výběžků na lebce jsou uměle vytvořeny linie, u kterých je sledováno zakřivení (Turner et al., 2005)), transformován tak, aby vyhovoval lebce neznámé. Automaticky vytvořený tvar obličeje může být dodatečně manuálně upraven pro lepší rozpoznání jedince. Tímto systémem lze vytvořit několik variant obličeje pro každou lebku. Mezi výhody této technologie určitě patří její umění rychlé a přímé tvorby trojrozměrného obrazu obličeje (Jones, 2001; Quatrehomme et al., 1997).

#### **2.3.2. Modelovací počítačové systémy**

Napodobováním manuálních metod vznikly trojrozměrné modelovací systémy. Touto technikou je možné na naskenovanou lebku, za využití statistických dat a vztahů mezi lebkou a měkkou tkání, vytvořit virtuální model hlavy obsahující vrstvu kůže a svalů (Obr. 5 – B, c). Model

rekonstrukce je vytvořen během několika hodin. Výhodou je snadná měnitelnost proporcí obličeje od štíhlého k obéznímu a díky vytvoření svalů je také možné využít animaci k znázornění některé emoce (Kähler et al., 2003). Zapojením počítačových technologií při rekonstrukci přišel bohužel uživatel o hmat, který je důležitý pro vnímání struktury lebky. Pro tyto účely se začala ve virtuálních sochařských systémech využívat haptická – hmatová technologie, která umožňuje cítit povrch trojrozměrného virtuálního objektu (Buck et al., 2008). V budoucnosti lze doufat v program, ve kterém bude možnost uchopit svaly obličeje a následně je sochařskou schopností aplikovat na lebku. Takový program by mohl dosahovat nejvyšší přesnosti při rekonstrukci obličeje (Wilkinson, 2004).



### **3. Hodnocení přesnosti rekonstrukce**

Rekonstrukce obličeje podle lebky je běžně využívanou technikou pro rozpoznání a následnou pozitivní identifikaci zesnulého. Při nálezů neznámých lidských kostěných ostatků je nejdříve provedena jejich analýza a jsou prověřeny důkazy z místa činu, dále může být prověřen seznam pohřešovaných osob. Jestliže při analýze ostatků nedojde k identifikaci jedince, přichází na řadu jedna z posledních možností identifikace jedince - rekonstrukce obličeje (Wilkinson et al., 2006). Pokud případ dospěje do stavu, kdy je povolán forenzní umělec, je potřeba se zamyslet nad vybráním konkrétní techniky rekonstrukce obličeje a vzít v potaz její přesnost a spolehlivost (Wilkinson, 2010). Existuje mnoho způsobů hodnocení přesnosti rekonstrukce obličeje podle lebky, lze je rozdělit na kvalitativní a kvantitativní (Wilkinson, 2004).

#### **3.1. Faktory ovlivňující přesnost rekonstrukce**

Při porovnávání přesnosti a spolehlivosti rekonstrukce je užitečné si také uvědomit faktory, které mohou tyto žádané vlastnosti ovlivňovat (volba dat tloušťky měkkých tkání, stárnutí, zkušenosti a umělecká zdatnost realizátora...).

##### **3.1.1. Individuální schopnosti a zkušenosti**

I když by interpretace lidského obličeje podle lebky měla být standardizovaný proces, jež postupuje podle vědeckých kritérií, na základě kterých by každý mohl vymodelovat obličej, vytvoření obličeje, který vypadá jako živý, vyžaduje talent a manuální zručnost (Stephan & Henneberg, 2001). Díky tomu, že je výsledek rekonstrukce závislý na individuálních zkušenostech a schopnostech, mohou být některé přístupy a techniky rekonstrukce obličeje velice subjektivní (Wilkinson, 2010).

Sochařské schopnosti jsou užitečné při modelování svalových struktur. V této části rekonstrukce je důležitá anatomická přesnost, tudíž zde není prostor pro zapojení umělecké interpretace. Morfologie obličeje by měla být odvozena a vytvořena podle vědeckých postupů, až oblasti jako jsou uši a ústa vyžadují větší část uměleckých schopností (Wilkinson, 2010).

Přesnost tvorby vrstvy kůže se velice liší v závislosti na věku a životním způsobu jedince. U dětí a mladých lidí je vrstva kůže odvozována relativně spolehlivě, avšak se zvyšujícím věkem jedince je v kroku interpretace povrchových struktur vyžadována vyšší umělecká schopnost (Wilkinson, 2010). Povrchové změny kůže ovlivněné stárnutím jsou dobře předvídatelné, ovšem jejich načasování ne, u některých jedinců se objevují dříve než u jiných stejně starých. Tento proces je ovlivněn způsobem života a k jeho urychlení může dojít například při užívání návykových látek (Taister et al., 2000). Pokud jsou umělecké schopnosti nedostatečné, práce je nepřesná (Wilkinson, 2010).

##### **3.1.2. Tloušťka měkkých tkání**

Bez ohledu na to, jaká technika rekonstrukce je vybrána, je důležité začít precizní analýzou lebky. Na základě výsledků této analýzy mohou být zvolena hodící se data tloušťky měkkých tkání,

kteřá hrají velice důležitou roli pro konečný vzhled rekonstrukce. Kostěný podklad nám nicméně nemůže poskytnout všechny informace důležité pro tvorbu tvaru měkkých tkání. Jejich skutečná tloušťka je pro každého jedince specifická, v tomto ohledu existuje spousta možností ovlivnění (pohlaví, věk, rasová příslušnost, nemoci, traumata, výživa) (De Greef et al., 2009; Quatrehomme et al., 2007). Sady vytvořené na základě dat získaných z malé skupiny jedinců mohou být nepřesné a v porovnání se sadou pro stejnou skupinu, mohou být rozdílné. Využitím těchto dvou sad by při rekonstrukci vznikly dva rozdílné obličej. Tento problém se týká v zásadě starších sad dat tloušťky měkkých tkání. V současnosti jsou tvořené nové, ve kterých jsou data získávána z větších skupin jedinců. Například při studii z roku 2006 byla ultrazvukem získána data ze skupiny 967 jedinců, ta byla dále rozdělena do skupin podle pohlaví, věku, BMI (De Greef et al., 2006). Rekonstrukce měkkých tkání obličej nebude nikdy úplně přesná a spolehlivá, tato vrstva je velice variabilní a vždy se najde osoba, na které nebudou odpovídat průměrná data tloušťky měkkých tkání.

Gérald Quatrehomme a jeho tým v roce 2007 provedli studii, ve které vytvořili 3D manuální anatomickou metodou dvacet pět rekonstrukcí. Lebky byly rozděleny do tří skupin podle osoby, která rekonstrukci prováděla a informací o lebce: (A) - vědec bez zkušeností s rekonstrukcí obličej; (B) - vědec se zkušenostmi, k dispozici měl výsledky antropologické analýzy lebky a tloušťku měkkých tkání; (C) – stejný realizátor jako u skupiny (B), stejné informace, navíc mohl využít profilové snímky z kefalometrie. Každý model byl porovnán s post-mortem fotografií a na třibodové stupnici (vysoká až nízká podobnost) byla hodnocena podobnost (viz metoda *resemblance ratings* v podkapitole 3.3.1. Hodnocení podobnosti – *resemblance ratings*). Výsledky byly následující: (A) - 0%, (B) - 27%, (C) - 75%. Zvýšení hodnoty podobnosti ve směru (A) k (B) naznačuje, že lepších výsledků je dosaženo s většími zkušenostmi a schopnostmi. Výsledky skupiny (B) a (C) nám potvrzují, že rekonstrukci obličej podle lebky nelze provést bez řádné antropologické analýzy (Quatrehomme et al., 2007).

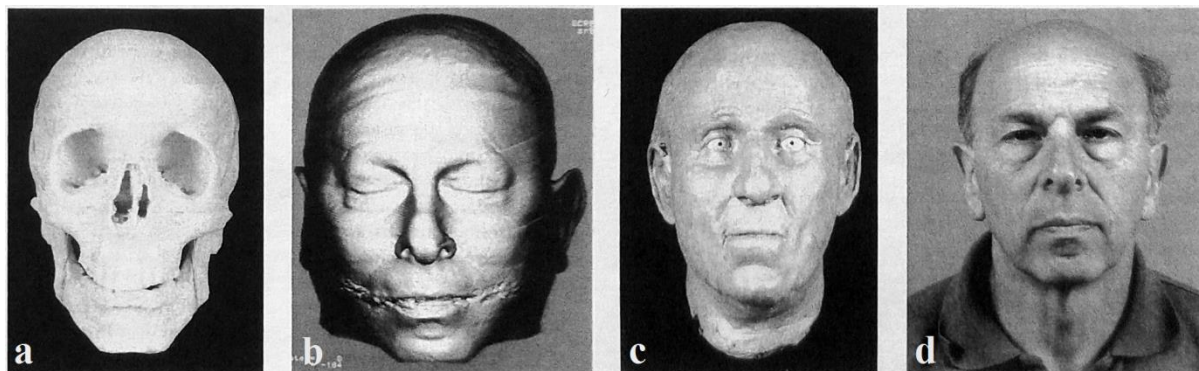
## **3.2. Kvalitativní metody hodnocení přesnosti rekonstrukce**

Při využití kvalitativních metod jsou dobrovolníci požádáni, aby podle modelu rekonstrukce identifikovali cílového jedince. Mezi tyto metody patří *face pool hodnocení* a *one-to-one porovnávání* (Wilkinson, 2004).

### **3.2.1. One-to-one porovnávání**

Při *one-to-one porovnávání* úspěšnosti techniky se vedle sebe zobrazují fotografie rekonstrukce a obličej cílového jedince. Tento způsob prezentace byl využíván Gerasimovem nebo například v případě sériových vražd v Green River (Haglund & Reay, 1991; Wilkinson, 2004). Stejně zobrazení využil i Neave při rekonstrukci obličej Manchesterskou metodou pro svou prezentaci na konferenci Holandské Národní Asociace Orální a Maxilofaciální Chirurgie (Obr. 6). Rekonstrukci

provedl na základě stereolitografického modelu lebky, který byl vytvořen podle CT snímků hlavy profesora Petera Egyediho, jehož měl poznat až na konferenci. K lebce byl dodán ještě popis jedince jako „starší dánský muž s málo vlasy“. Výsledek rekonstrukce byl dostatečně podobný, aby Neave rozpoznal Egyediho v místnosti plné lidí (Prag & Neave, 1997). Tvář profesora Egyediho by mohla být pro Neava z pohledu kognitivní psychologie hodnocena jako spíše neznámá (viz 4.2.6. Faktory ovlivňující rozpoznání obličeje). Při rozpoznávání neznámého obličeje jsou využívány odlišné informace než u známých obličejů. Kvalita informací o neznámém obličejí je ovlivněna například úhlem pohledu nebo osvětlením, tudíž je spíše nižší než při rozpoznávání známého obličeje (známý obličej je, díky častějšímu setkávání, rozpoznáván s využitím většího množství informací nezávislých na úhlu pohledu a dalších faktorech), ke kterému by došlo při identifikaci rekonstrukce podle kostěných zbytků zesnulého v reálném případě. Rozpoznání neznámé tváře profesora Egyediho v místnosti plné lidí jen na základě rekonstrukce (ztižené podmínky oproti reálné situaci) potvrzuje, že tento způsob rekonstrukce lze podle mého názoru hodnotit jako spolehlivý.



Obr. 6 – Rekonstrukce obličeje „starší dánský muž s málo vlasy“: a) model lebky; b) sken obličeje; c) rekonstrukce obličeje; d) Profesor Peter Egyedi (převzato z Prag & Neave, 1997).

### 3.2.2. Hodnocení sady fotografií tváří – face pool metoda

K hodnocení sady fotografií tváří, jinak také nazývaná *face pool metoda*, je vytvořena sada snímků tváří podobných osob (stejně pohlaví, věk, rasová příslušnost, tvar obličeje, typ obličeje), a to ve stejném úhlu a kompozici jako fotografie cílového obličeje (Obr. 7). Sada snímků včetně fotografie cílového obličeje je pak porovnávána s fotografií rekonstrukce, respondent zde určuje, která z tváří je cílová. Výsledkem takové studie je procentuální hodnota správných identifikací, kterou lze porovnat s procentuální hodnotou pravděpodobnosti náhodného výběru. (Snow & Gatliff, 1970; Wilkinson et al., 2006).

Tato metoda byla využita při hodnocení šestnácti rekonstrukcí obličejů ve studii Carla Stephana a Macieje Henneberga (Stephan & Henneberg, 2001). Rekonstrukce byly tvořeny na základě čtyř lebek, každou zpracovali čtyřmi různými způsoby (3D manuální - Americkou a Manchesterskou metodou, 2D - manuální a počítačovou metodou). K hodnocení sestavili sadu deseti snímků tváří podobných konkrétním modelům rekonstrukce, většina sad obsahovala snímek cílového jedince,

a 37 respondentů následně určilo, která z tváří je podle nich cílová. Průměrná hodnota správných identifikací byla jen 8% (možnost náhodného výběru byla 5%).



**Obr. 7 – Face pool metoda hodnocení: (1-10) snímky cílové osoby a devíti osob stejného pohlaví, věku a etnické skupiny; (FR) snímek rekonstrukce obličeje. Pravděpodobnost náhodného výběru je v tomto případě 10% (převzato z Wilkinson, 2008).**

Poněvadž pouze rekonstrukce „Kate“, vytvořená Americkou metodou, byla identifikována nad hranicí náhodného výběru, rekonstrukce obličeje se zdá být nespolehlivou a nepřesnou metodou pro pozitivní identifikaci. Její užitečnost ve forenzních případech je tedy sporná a při uvážení dalších faktorů (nízká efektivnost, cena, časová náročnost) se zdá být nevýhodná. Nicméně pokud si uvědomíme, že pro rozpoznání rekonstruovaného obličeje u reálných forenzních případů stačí pouze jedna osoba k tomu, aby příslušné orgány provedly další testování a mohlo dojít k pozitivní identifikaci, rekonstrukce obličeje se tak může pokládat za užitečnou identifikační techniku. V této studii došlo k identifikaci minimálně jednou osobou u třinácti rekonstrukcí z celkových šestnácti. Pokud by se tedy jednalo o reálné forenzní případy, došlo by k úspěšné identifikaci v 81% (Stephan & Henneberg, 2001).

Dále se z výsledků dá vyčíst, že stejné techniky rekonstrukce v této studii vykazují rozdílné hodnoty úspěšnosti identifikace u rozdílných lebek, je tedy těžké posoudit, která z technik je nejlepší. Nelze vyloučit, že se různé techniky hodí pro různé lebky. Pouze 3D manuální Americká metoda rekonstrukce v této studii vykazovala hodnoty pozitivní identifikace vyšší než náhodné, je tedy přesnější než jiné testované metody. Také 3D manuální Manchesterská metoda byla jedinou z testovaných, která dosáhla identifikace ve všech čtyřech případech (i když hodnota úspěšné identifikace cílové obličeje nepřesáhla hodnotu náhodnou), proto může být považována také za užitečnou (Stephan & Henneberg, 2001).

Další studie využívající hodnocení metodou face pool byla vedena Caroline Wilkinsonovou a jejími kolegy (Wilkinson et al., 2006). Podle CT snímků lebek byly v počítačovém modelovacím programu Manchesterskou metodou za využití haptické technologie rekonstruovány obličeje bílé ženy a muže. Bylo požádáno 52 respondentů, aby vybrali ze sady pěti povrchových snímků tváří tu, která se

nejvíce podobá rekonstruovanému obličejí. Průměrná hodnota správných identifikací u těchto případů byla 70%, to je o 50% větší úspěšnost než možnost náhodného výběru. Spolu s porovnáním povrchů rekonstrukce a skenovaného obličeje (zmíněno níže v 3.3.2. Metoda porovnávání povrchů) došli k závěru, že rekonstrukce provedené Manchesterskou metodou vykazují dostatečnou přesnost a podobnost k rozpoznání cílového jedince osobou z jeho blízkého okolí, jako je rodina a přátelé (Wilkinson et al., 2006).

Metoda face pool napodobuje v některých ohledech postup identifikace u forenzních vyšetřování, avšak zásadním rozdílem je známost cílového obličeje pro respondenta. Většina úspěšných případů, ve kterých došlo k identifikaci zesnulého díky rekonstrukci obličeje, je příkladem rozpoznání jedince osobou z jeho blízkého okolí nebo rodinným příslušníkem (Hancock et al., 2000; Wilkinson, 2010). Osoby blízké zesnulému znají jeho obličej, tudíž je pro ně spojení si rekonstruovaného obličeje se zesnulým snazší. Jedním z omezení současných studií a face pool metody je tedy určitě to, že jsou z praktických a etických důvodů založeny na rozpoznávání neznámých obličejů.

### **3.3. Kvantitativní metody hodnocení přesnosti rekonstrukce**

Při kvantitativních metodách hodnocení se využívají číselné klasifikační systémy nebo specifické počítačové programy, které měří přesnost rekonstrukce obličeje (Wilkinson, 2004).

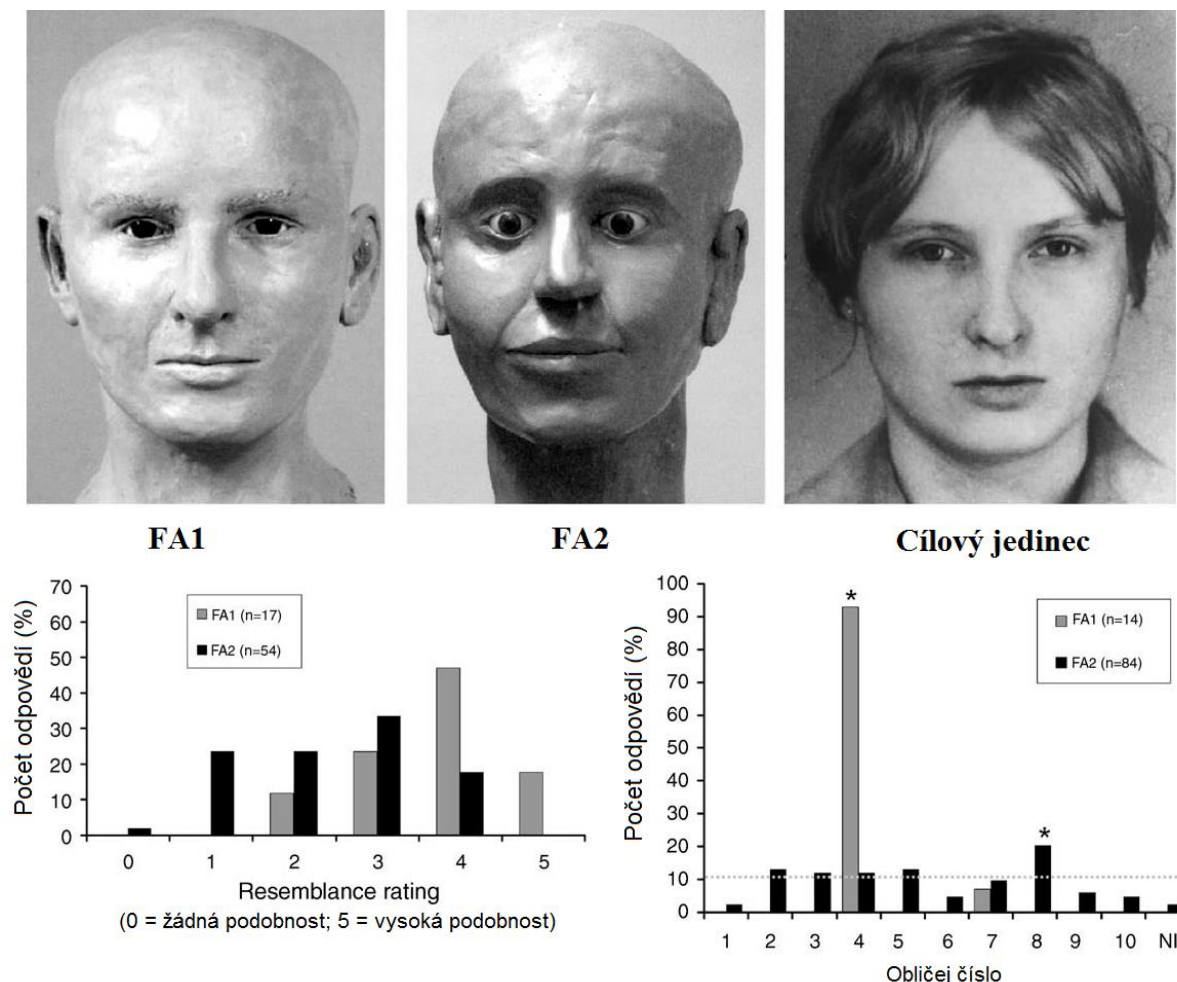
#### **3.3.1. Hodnocení podobnosti – resemblance ratings**

Příkladem klasifikační metody je *resemblance ratings* – hodnocení podobnosti, při kterém dobrovolníci porovnávají stupeň podobnosti rekonstruovaného a cílového obličeje a stupeň úspěchu bývá vyjádřen číselnou hodnotou nebo slovním spojením (Helmer, 1993; Prag & Neave, 1997; Quatrehomme et al., 2007; Wilkinson, 2004). Vysoký stupeň podobnosti zvolený respondenty ještě však neznamená úspěšné rozpoznání modelu rekonstrukce (Stephan & Arthur, 2006).

Ve studii Stephana a Arthura byly vytvořeny dva modely rekonstrukce na základě jedné lebky (Stephan & Arthur, 2006). První rekonstrukce FA1 se ujal zkušený odborník, který měl přístup k ante-mortem fotografii jedince, druhou rekonstrukci FA2 vytvořil méně zkušený odborník bez znalosti podoby cílového jedince. Obě rekonstrukce byly klasifikovány vysokým skóre při hodnocení podobnosti, ale při hodnocení face pool metodou byla identifikovaná lépe rekonstrukce FA1 (Obr. 8). Výsledky hodnocení podobnosti mohou být tedy zavádějící a je vhodné je doplnit využitím dalších metod.

Při využití metody hodnocení podobnosti je dobré brát také na vědomí, že při ní dochází k hodnocení třetí osobou a tedy k ovlivnění výsledků subjektivním posuzováním, jiný pozorovatel může reagovat zcela odlišně na stejnou rekonstrukci. Pozorovatel má také tendenci vyhledávat a soustředit se spíše na chybné oblasti rekonstrukce než na její podobnost s cílovým jedincem. Za

účelem soustředit pozornost respondenta na podobnost rekonstruovaného a cílového obličeje je ve výzkumu využíváno hodnocení podobnosti společně s face pool hodnocením (Wilkinson, 2004).



**Obr. 8 – Hodnocení přesnosti rekonstrukce ze studie Stephana a Arthura (2006): FA1 – rekonstrukce vytvořená vědcem se zkušenostmi a s přístupem k ante-mortem fotografii jedince; FA2 – rekonstrukce vytvořená méně zkušeným odborníkem bez přístupu k ante-mortem fotografii; Graf č. 1 – výsledky metody hodnocení podobnosti; Graf č. 2 – výsledky metody face pool (cílový jedinec je označen číslem 4); NI – bez identifikace; přerušovaná linie vyznačuje pravděpodobnost náhodného výběru) (převzato z Stephan & Arthur, 2006).**

### 3.3.2. Metoda porovnávání povrchů

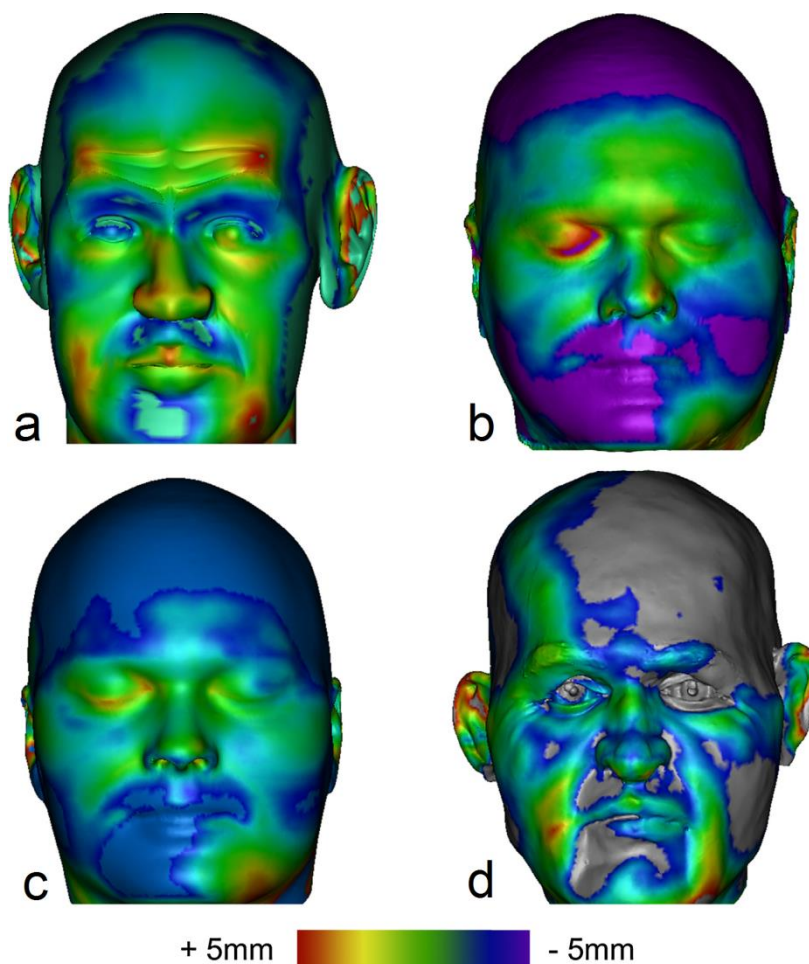
K hodnocení přesnosti se dá využít i superimpoziční metoda, při které se za použití počítačového softwaru překrývají model rekonstruovaného a cílového obličeje, jsou jí porovnávány morfologie a proporce obličejů. Vyšší verzi je metoda porovnávání povrchu rekonstruovaného obličeje a CT vyobrazení nebo laserskenu cílového obličeje. Počítač tak může porovnávat morfologii obličejů v trojrozměrném prostoru a velice přesně identifikuje rozdílnost povrchů (Decker et al., 2013; Wilkinson et al., 2006; Wilkinson, 2004).

Decker a jeho tým hodnotili metodou porovnávání povrchů různé metody rekonstrukce (Decker et al., 2013). Základním materiálem pro tuto studii se staly CT skeny měkké tkáně obličeje a lebky žijícího jedince, podle nichž byl vytvořen 3D počítačový model zvláště povrchu obličeje



a lebky. Model lebky byl poskytnut pro manuální tvorbu rekonstrukce, kterou provedl Wesley Neville z FBI. Využil Americkou techniku bez modelace svalů a pro převod busty do počítačového prostředí použil laserový skener. Další dvě rekonstrukce byly vytvořeny v počítačových programech FaceIT (trojrozměrný modelovací systém s využitím modelace svalů) a ReFace (automatický modelovací systém založený na deformaci referenčních obličejů), který využívá FBI. Programem ReFace byla vytvořena i varianta obličeje v šedesáti letech. Všechny modely byly podrobeny morfometrickému porovnání s cílovým trojrozměrným modelem povrchu obličeje žijícího jedince.

Výsledky měření a porovnávání povrchů lze zobrazit díky barevné mapě zobrazující prolínání povrchů obličeje a rekonstrukcí (Obr. 9). Procentuální hodnota přesnosti, která byla určena odchylkou do  $\pm 5$  mm a hodnocena v oblasti přední části obličeje končící u uší, byla nejvyšší u rekonstrukce vytvořené programem FaceIT – 76%, dále následoval model šedesátileté verze z ReFace – 67%, model ReFace – 62%, Nevillova busta – 61%.



**Obr. 9** – Mapě zobrazující prolínání povrchů obličeje a rekonstrukcí. a) FaceIT (modelovací systém s využitím modelace svalů) – 76% přesně rekonstruovaného povrchu; b) ReFace (automatický modelovací systém; model věk 60 let) – 67%; c) ReFace – 62%; d) Nevillova busta – 61%. Odchylka pro porovnávání přesnosti byla stanovena na  $\pm 5$  mm. Zelené oblasti jsou přesně rekonstruované, tmavě modré jsou minimálně 5 mm pod hranicí obličeje cílového jedince a červené nejméně o 5 mm nad hranicí (převzato z Decker et al., 2013).

Ikdyž rekonstrukce dosáhly vysokých hodnot přesnosti, každá z nich obsahovala oblast, která byla vytvořena nepřesně. Nepřesnosti se nejčastěji objevovaly v oblasti nosu, kdy se jeho tvar lišil délkou nebo úhlem, šířka byla však odhadovaná u všech rekonstrukcí dobře. V oblasti brady a uší byla největší neshoda opět v tvaru a orientaci. Brada byla navíc méně prominující než u živého jedince, stejný problém byl i v glabelární oblasti. Ústa byla u všech rekonstrukcí vytvořená užší než vzorová (šířka měřená mezi *cheliony*), zde může být chyba zdůvodněna nadprůměrnou šířkou úst jedince nebo zvolená pravidla pro tvorbu úst byla nepřesná. Na rekonstrukcích se také projevil rozdílný výběr sbírek dat tloušťky měkkých tkání, oblast *gonionu* byla v programu ReFace vytvořená mohutnější naproti tomu u Nevillova a FaceIT modelu tato oblast promínovala méně než u živého jedince. Vedoucí jednotlivých rekonstrukcí ocenili možnost vyzkoušet si rekonstrukci obličeje živého jedince. Výsledným shrnutím této studie je porovnání různých metod rekonstrukcí (Decker et al., 2013). Nepřesnosti se nejčastěji vyskytovaly v oblasti tváří, nosu, uší a úst, a proto by bylo vhodné soustředit výzkum na úpravu postupů tvorby těchto oblastí. Dále lze výzkum směřovat k prohlubování znalostí vztahů mezi měkkými tkáněmi a kostěným podkladem, protože pro tvorbu přesných modelů je v současných sbírkách dat tloušťky měkkých tkání velké množství odchylek (Starbuck & Ward, 2007).

Metoda porovnání povrchů byla využita i v dalších studiích, například v roce 2006 Caroline Wilkinsonovou a jejím týmem (Wilkinson et al., 2006). V počítačovém modelovacím programu a haptickou technologií rekonstruovali Manchesterskou metodou obličej žijícího muže a ženy (využití CT skenů měkkých tkání a lebky, skenováno v ležící poloze). Při kvantitativním porovnání povrchů byly jejich výsledky následující: většina povrchu rekonstrukce mužského obličeje – 60% a ženského obličeje – 51,8% byla rekonstruována s odchylkou menší než  $\pm 2,5$  mm. Chybovost nižší než  $\pm 5$  mm se vyskytovala u rekonstrukce mužského obličeje na 90% a u ženského na 75% povrchu (u ženského obličeje byla nižší úspěšnost způsobena nejspíše vyšší tukovou vrstvou jedince).

Pro shrnutí, největší odchylky (přesahující  $\pm 5$  mm) u rekonstrukce mužského obličeje byly v oblasti uší a špičky nosu, u rekonstrukce ženského obličeje to byly nosní křídla a uši. Rekonstrukce těchto oblastí je velice obtížná, jejich nosnou část tvoří chrupavka, jejíž tvar zatím nelze přesně odhadnout. Další nepřesné oblasti rekonstrukce přesahující hranici  $\pm 5$  mm byly u muže oblasti spánků a u ženy oblast tváří. Nejpřesněji rekonstruovaná místa u mužského obličeje se nacházela v okolí očí, úst, nosu a levé části čela. U ženského obličeje se tato místa nacházela v oblastech nosu, brady, horního rtu, tváří v okolí jařmového oblouku, okolí očí a čela. Společným vyhodnocením těchto výsledků a výsledků z face pool hodnocení (zmněno výše v 3.2.2. Face pool hodnocení) došli k závěru, že rekonstrukce provedené Manchesterskou metodou vykazují dostatečnou přesnost a podobnost k rozpoznání cílového jedince osobou z jeho blízkého okolí (Wilkinson et al., 2006).

U rekonstrukcí porovnávaných se snímky obličeje získanými na klasickém CT (snímání probíhá v horizontální poloze) byla zaznamenána odchylka v přesnosti v oblasti tváří. Při snímání v horizontální poloze jsou tyto oblasti díky gravitaci zaznamenány jako více propadlé a při porovnání



s rekonstrukcí, která je tvořená na základě dat tloušťky měkkých tkání získaných ve vzpřímené poloze, se jeví jako chybové (De Greef et al., 2005; Wilkinson et al., 2006). Tento faktor nepřesnosti se ztrácí při použití Cone Beam CT (CBCT), díky kterému je možné jedince snímat ve vzpřímené poloze. Další výhodou tohoto systému je snížení dávky radiace, které je vystaven jedinec při skenování (Fourie et al., 2010; Lee et al., 2012).

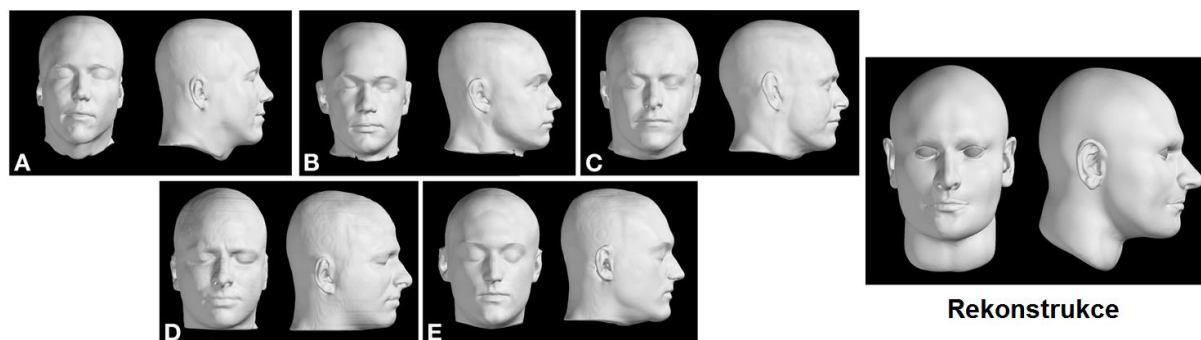
Stejný modelovací systém a metodu jako Wilkinsonová (2006) využil při rekonstrukci obličejů tři jedinců i Lee (Lee et al., 2012). K vytvoření 3D modelů lebek a obličejů pro porovnání však využil CBCT. Chybovost nižší než  $\pm 2,5$  mm se vyskytovala u rekonstrukcí obličeje na 54%, 65% a 77% povrchu. Povrch s odchylkou do  $\pm 5$  mm zaujímal 88,27%, 97,18% a 95,32%. Mezi nejpřesněji rekonstruované oblasti s odchylkou do  $\pm 1$  mm patřily: oblast čela (spodní část), oblast očí, nos, philtrum, některé části úst (koutky) a krajní strany brady. Největší odchylky, přesahující  $\pm 4$  mm, se nacházely v oblasti tváře, nosu, spánků a vnitřních koutků očí.

Další současná studie věnující se této problematice byla provedena týmem Laury Shortové (Short et al., 2014). Pro svou práci využili stejný modelovací systém a skenování jako Lee (2012). Rekonstruovali obličej pět žen a pět mužů. Při porovnávání povrchů deseti rekonstrukcí s původními obličejí se odchylka do  $\pm 2,5$  mm vyskytovala na 56 - 90% povrchu. Při hodnocení rozdílů mezi měkkými tkáněmi původního a rekonstruovaného obličeje se v horní části obličeje rozdíl pohyboval v rozmezí od 2,6 mm do 6,2 mm, v oblasti nosu rozdíl dosahoval až 7 mm, v oblasti úst bylo rozmezí od 3,7 mm do 5,5 mm a v dolní části obličeje rozdíl mezi body dosahoval rozmezí 2,7 mm až 3,4 mm (Short et al., 2014). Největší rozdíl povrchů se tedy vyskytoval v oblasti nosu a dosahoval 7 mm, tato hodnota se podobá výsledkům předchozích studií a potvrzuje že rekonstrukce určitých částí nosu je nepřesná. Výsledky této studie jsou provnatelné s výsledky studií týmu Wilkinsonové (2006) a týmu Leeho (2012).

### **3.4. Hodnocení přesnosti Manchesterské metody**

Výsledky kvalitativní části studie z roku 2006 Caroline Wilkinsonové můžeme porovnat s výsledky dalších studií, které také využili face pool hodnocení. Jejich hodnoty správných identifikací se pohybují v rozmezí od 8% (hodnota možnosti náhodného výběru byla 5%; Stephan & Henneberg, 2001) do 46,5% (hodnota možnosti náhodného výběru byla 14,3%; Snow & Gatliff, 1970). Hodnota správných identifikací ve studii Wilkinsonové byla 70%, to je o 50% větší úspěšnost než možnost náhodného výběru. Tato hodnota je výrazně vyšší než v předchozích studiích. Jedním z důvodů vyšší úspěšnosti může být způsob zobrazení modelů rekonstrukce a skenů obličejů (Obr. 10). Povrchy v této studii měly podobný vzhled, na rozdíl od výše zmíněných studií, kde byly modely porovnávány s fotografiemi. Dobrovolníci tak nebyli rozptylováni jinými detaily obličeje (odstín pleti, textura pleti) a mohli se soustředit na morfologii obličeje. Podle výsledků můžeme usoudit, že modely rekonstrukcí

vytvořené v počítačovém modelovacím systému mají větší podobnost danému jedinci než modely z předešlých studií (Snow & Gatliff, 1970; Stephan & Henneberg, 2001; Wilkinson et al., 2006).



**Obr. 10 - Face pool plakáty vytvořené pro hodnocení přesnosti ve studii Caroline Wilkinsonové: rekonstrukce obličeje bílého muže (převzato z Wilkinson et al., 2006).**

Výsledky kvantitativního hodnocení se u zmíněných studií pohybovaly v následujících rozmezech. Metodou porovnávání povrchů byla zjištěna odchylka menší než  $\pm 5$  mm na 75% - 95% povrchu rekonstrukcí vytvořených Manchesterskou metodou (při porovnávání výsledků i s dalšími metodami bylo rozmezí výsledků 61% - 95% povrchu; 61% - Nevillova busta). Odchylka menší než  $\pm 2,5$  mm se vyskytovala na 51% - 90% povrchu rekonstrukcí vytvořených Manchesterskou metodou. Nejpresněji rekonstruovaná místa se nacházela v okolí očí a úst, na některých částech nosu (například kořen), dále bylo přesně tvořeno *philtrum*, čelo a krajní strany brady. Nepřesnosti se nejčastěji vyskytovaly v oblastech uší, spánků, tváří, v některých oblastech nosu (špička) a úst (Decker et al., 2013; Lee et al., 2012; Short et al., 2014; Wilkinson et al., 2006), proto by bylo vhodné soustředit výzkum na úpravu postupů tvorby těchto oblastí.

Existuje mnoho vědeckých studií zabývajících se z různých úhlů přesností a spolehlivostí rekonstrukce obličeje podle lebky. Při uvážení množství metod, dat, přístupů a využívaných programů je velice těžké posoudit celkovou přesnost a spolehlivost. To je jeden z důvodů, proč jsem se uchýlila k hodnocení jen Manchesterské metody.

Výsledky kvalitativních a kvantitativních metod většiny studií naznačují, že Manchesterskou metodou rekonstrukce obličeje a využitím počítačového modelovacího programu s haptickou technologií lze produkovat modely dostatečně podobné k rozpoznání blízkým známým nebo členem rodiny. Není však možné vytvořit přesnou podobu jedince. Obličej je tvořen spoustou detailů, které nelze odvodit z tvaru lebky (Wilkinson, 2008). Je důležité si však uvědomit, že rekonstrukce obličeje neslouží jako pozitivní identifikace, a proto není jejím hlavním cílem bezchybná přesnost. Mnohem důležitější je model obličeje vytvořit tak, aby byl co nejlépe rozpoznatelný. A otázka, jaké metody jsou nejvhodnější pro rekonstrukci obličeje podle lebky, by měla být zvažena na základě znalostí kognitivní psychologie o vnímání a zpracování lidských tváří (Wilkinson, 2010).

## 4. Percepce obličeje

Tvář je velice výjimečný zdroj informací, jen z letmého pohledu dokážeme určit identitu, odhadnout věk, pohlaví, rasu, zdravotní stav, dokonce dokážeme posoudit momentální náladu, osobnostní vlastnosti a záměry nositele. Lidské tváře jsou si navzájem velmi podobné (více než ostatní objekty), a přesto jsme schopni rozpoznávat a pamatovat si velké množství tváří. Jsme schopni i přes velkou podobnost rozlišit i nám známá identická dvojčata (McKone et al., 2007). Tyto schopnosti jsou závislé na vnímání neměnných strukturálních informací z obličeje, který je sám o sobě nestálým objektem, ve dvou různých situacích není obraz žádné tváře promítán stejně (změna výrazu, emocí, aktuálního pozorovacího úhlu a vzdálenosti, účes, stárnutí) (Blažek & Trnka, 2009).

### 4.1. Percepce obličeje z neurologického pohledu

Vnímání obličeje je u lidí jedna z nejrozvinutějších vizuálních schopností. Identita jedince je rozpoznávána na základě strukturních znaků obličeje, které jsou nezávislé na změně výrazu nebo pohybu očí a úst. Vnímání obličeje zahrnuje nejen zpracovávání nezávislých – **neměnných znaků** (vnímání identity), ale i **proměnlivých znaků** (změna výrazu nebo pohybu očí a úst), které jsou důležité při sociálních interakcích. Kdyby identita jedince nebyla zpracovávána nezávisle na vnímání proměnlivých znaků, i nepatrná změna ve výrazu obličeje by způsobovala problém při identifikaci (Haxby et al., 2000).

#### 4.1.1. Oblasti mozku důležité pro percepci obličeje

Nejdůležitější centra pro vnímání obličeje jsou lokalizovány v bilaterální oblasti okcipitotemporální zrakové extrastriální kůry, konkrétně v oblastech *gyri occipitales inferiores*, *gyrus lateralis fusiformis* a *sulcus superior temporalis*. V těchto oblastech probíhá vizuální analýza obličeje (George et al., 1999; Hoffman & Haxby, 2000). Jednotlivé oblasti jsou specializované ve zpracovávání odlišných informací a každá z nich je zapojena v různých krocích procesu vnímání obličeje.

V oblastech percepce obličeje *gyri occipitales inferiores* dochází k prvotnímu zpracování obličejových znaků. Oblast percepce obličeje s lokací v *sulcus superior temporalis* je využívána při analýze změn obličeje, aktivita v této oblasti je sledována například při pohybu úst a očí (Hoffman & Haxby, 2000; Puce et al., 1998).

Oblast zodpovědná za vnímání obličeje s lokací v *gyrus lateralis fusiformis* se zapojuje při určování identity (Hoffman & Haxby, 2000). Při percepci obličeje se zde zvyšuje aktivita a díky tomu můžeme sledovat funkční asymetrii mozku, v pravé hemisféře je aktivita totiž vyšší. Tato oblast zvýšené aktivity se nazývá **fuziformní obličejová oblast** (Clark et al., 1996; Hoffman & Haxby, 2000). Při zobrazení určité tváře ve formě negativu je percepce obličeje částečně narušena, a to i přesto, že obraz obsahuje všechny nutné informace k identifikaci (tvar, prostorové uspořádání).

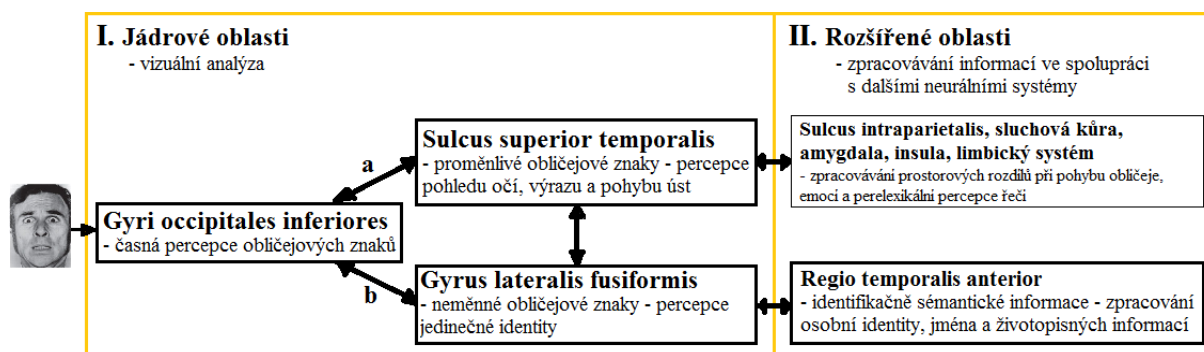
Aktivita v oblasti *gyrus lateralis fusiformis* je vyšší při prezentaci pozitivu obrazu tváře než při prezentaci negativu (George et al., 1999). Pokud pozorovatel při sledování tváře zjistí, že danou osobu zná, zvýší se aktivita ve fuziformní obličejové oblasti na pravé hemisféře (Gauthier et al., 2000).

#### **4.1.2. Model zpracování obličejových informací**

Unikátní identita je přiřazena každé nové tváři, která je vnímána, a to i pokud nemáme žádné další informace o dané osobě (Haxby et al., 2000). Vnímání identity nového obličeje je spojeno s aktivitou v oblastech *gyri occipitales inferiores* a *gyrus lateralis fusiformis* (George et al., 1999; Hoffman & Haxby, 2000), dále se tyto oblasti zapojují při rozlišování již známých nebo neznámých obličejů (Rossion et al., 2003). Rozpoznání známé tváře je zahájeno shodou strukturálních informací získaných ze sledovaného obličeje (popis prezentovaného obličeje) a informací uložených v asociativní paměti. Při shodě se dále zpřístupní identifikačně sémantické informace o jedinci, které popisují vlastnosti jedince a jeho úlohu v našem životě (například kde osobu vidáme, jací jsou její přátelé atd.). Posledním stupněm identifikace známé osoby je spojení tváře s uloženým jménem, jež je zpřístupněno pouze na základě identifikačně sémantických informací (Bruce & Young, 1986). Rozpoznávání nám osobně známých obličejů je asociováno také s aktivitou v přední spánkové oblasti (Leveroni et al., 2000).

#### **4.1.3. Model spolupráce mozkových oblastí při percepci obličeje**

Na základě zkoumání aktivit v částech mozku, které se účastní percepcie obličeje a spojením se znalostmi předchozího modelu percepcie obličeje (Bruce & Young, 1986), byl vytvořen model neurálního systému, který zprostředkovává vnímání tváří (Obr. 11). Tento model percepcie obličeje představuje hierarchickou spolupráci několika mozkových oblastí (Haxby et al., 2000). Tyto oblasti můžeme rozdělit na jádrové oblasti (Obr. 11 - I.), ve kterých probíhá vizuální analýza, a na rozšířené oblasti (Obr. 11 - II.), kde probíhá další zpracovávání ve spolupráci s dalšími neurálními systémy. Jádrové oblasti na sebe při spolupráci navazují ve dvou hlavních směrech. První (Obr. 11 - b) z nich vede z *gyri occipitales inferiores* do *gyrus lateralis fusiformis* a dochází zde ke zpracovávání neměnných znaků tváří, v tomto směru je dále vyhodnocována identita jedince. Proměnlivé znaky (výraz, pohyb úst atd.) jsou zpracovávány ve směru (Obr. 11 - a) z *gyri occipitales inferiores* do *sulcus superior temporalis* (Haxby et al., 2000).



Obr. 11 - Model spolupráce mozkových oblastí při percepci obličeje: a – směr komunikace mezi gyri occipitales inferiores a sulcus superior temporalis; b - směr komunikace mezi gyri occipitales inferiores a gyrus lateralis fusiformis; silné černé orámování naznačuje oblasti, které nelze postrádat při identifikaci jedince (převzato z Haxby et al., 2000).

## 4.2. Percepcie obličeje z pohledu kognitivní psychologie

### 4.2.1. Vnímání obličeje vs. vnímání jiných objektů

Většina objektů je zpracovávána analytickým způsobem podle jejich jednotlivých částí. Při percepci objektů dochází k rozdělení obrazu na jednoduché geometrické prvky - geony (válec, trojúhelník, kužel). K rozpoznání objektu dochází porovnáním vnímané kompozice geonů a uloženého strukturního popisu (Biederman, 1987). Obličeje jsou však zpracovávány odlišným způsobem než ostatní objekty, jsou zpracovávány více **holisticky**. Holistické zpracovávání je založeno na vnímání obličeje jako celku, není tedy rozkládán na menší části, které by byly vnímány izolovaně. Holisticky jsou vnímány vzpřímené obličeje (Tanaka & Farah, 1993). Dále je holistické zpracovávání závislé na vnímání **emergentních znaků**, které se stávají zřejmé až díky vzájemným vztahům mezi charakteristickými znaky obličeje (oči, ústa, nos) (Bartlett et al., 2003; Diamond & Carey, 1986).

### 4.2.2. Konfigurační model vnímání

Při pozorování obličeje můžeme vnímat dva typy konfiguračních informací, dělíme je na znaky prvního a druhého řádu. Znaky prvního řádu udávají informace o základním rozložení znaků (nos mezi očima, ústa pod nosem) a jsou důležité pro detekci obličeje. Znaky druhého řádu, které informují o distančních rozdílech mezi znaky a o umístění znaků samotných, jsou důležité pro rozlišení jednotlivých obličejů. Mezi znaky druhého řádu můžeme zařadit i emergentní znaky (Diamond & Carey, 1986).

Podstatou konfiguračního modelu vnímání je posuzování všech nebo jen několika obličejových znaků druhého řádu (Bartlett et al., 2003). Tyto znaky, díky kterým rozlišujeme rozdílné obličeje, můžeme rozdělit na intervalu od izolovaných po vztahové. Za poměrně izolované mohou být považovány ty, které lze posuzovat bez informací z jiných částí obličeje (barva vlasů, tvar knírku, bradka). Vztahové znaky hodnotíme pomocí informací z dvou a více částí obličeje (například vzdálenost mezi očima) (Diamond & Carey, 1986). Posouzením několika vztahových nebo

vztahových a izolovaných znaků vznikají znaky vyššího řádu (informace o věku a váze, pohlaví, rasa) (Rhodes, 1988).

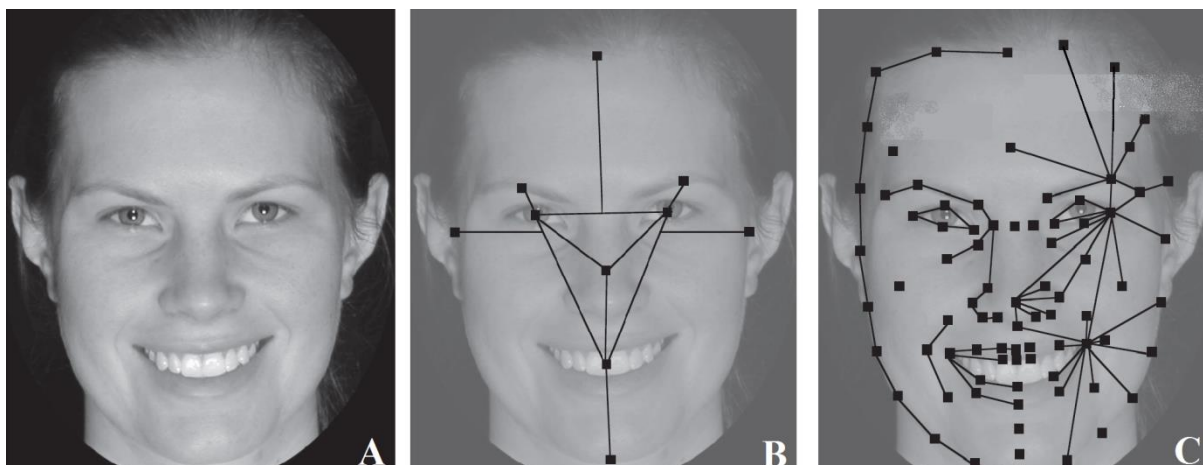
### 4.2.3. Holistický model vnímání

Pokud bychom měli vnímání obličeje chápat jako čistě holistické, byl by obličej vnímán jako nediferencovaný celek. Jeden obličej by byl zpracováván a ukládán v podobě velkého množství šablon, ale žádná z nich by nebyla rozdělena na specifické části obličeje a nebyly by vnímány vzájemné vztahy znaků (Farah, 1996; Tanaka & Farah, 1993). Vnímání obličeje je v tomto případě zcela oddělené od analytického vnímání jiných objektů. Komplikací tohoto konceptu je velké množství informací, které by muselo být někde ukládáno. Vznikalo by nesčetné množství šablon pro každou situaci, a to na základě jiné vzdálenosti a úhlu pohledu, výrazu obličeje nebo při každé změně, například účesu. Ukládání tak velkého množství informací by mělo určitě negativní vliv na další kognitivní procesy (Hoffman & Richards, 1984).

### 4.2.4. Holisticko-analytický model vnímání

Pojem holistické vnímání je častěji používán pro označení specializované formy zpracovávání – jinak také **holisticko-analytický model**. Ta zahrnuje vnímání a spojení všech informací získaných z obličeje (holistické pojetí) a k tomu přijímá i informace o strukturách obličeje získané analytickým vnímáním (vnímání objektů – tedy vnímání obličeje po částech, ne jako celku) (McKone & Yovel, 2009). V holisticko-analytickém modelu vnímání probíhá analytické zpracovávání paralelně s holistickým, lze je od sebe separovat, ale obě jsou stejně důležitá pro vnímání obličeje (McKone, 2004). V tomto modelu je holistické a konfigurační zpracovávání v některých případech považováno za tu samou záležitost, a to například pokud jsou při konfiguračním zpracovávání porovnávány všechny (ne jen některé) distanční informace mezi znaky (McKone & Yovel, 2009). Při holisticko-analytickém zpracovávání jsou zaznamenávány distanční rozdíly mezi znaky a odděleně jsou analyticky zpracovávány informace o tvaru a vlastnostech znaků (Rossion, 2008). Ovšem objevují se i názory, kdy je tvar obličejových znaků zaznamenáván spolu s distančními rozdíly během holistického zpracování (Yovel, 2009).

Distanční rozdíly znaků jsou zpracovávány díky orientačním bodům (Obr. 12), které označují některé části znaků obličeje (vnější koutek levého oka, krajní bod pravé nosní dírky atd.). Každý znak je označen více body, jejichž spojením vznikají shluky, jež nazýváme vícenásobné orientační body, díky kterým je znak vnímán. Dále dochází díky holistickému vnímání k současnému vypočítávání a zpracovávání distančních rozdílů (například vzdálenosti mezi vnějším a vnitřním koutkem levého oka, mezi vnějším koutkem levého oka a špičkou brady atd.), které jsou vypočítávány na základě vícenásobných orientačních bodů (McKone & Yovel, 2009).



Obr. 12 Holisticko-analytický model vnímání: A - fotografie jedince; B - holistické vnímání založené na zpracovávání pouze distančních rozdílů mezi základními znaky; C - holistické vnímání založené na zpracovávání distančních rozdílů mezi vícenásobnými orientačními body (převzato z McKone & Yovel, 2009).

#### 4.2.5. Důkazy holistického vnímání obličeje

##### 4.2.5.1. Inverzní efekt

Jak již bylo zmíněno výše, holistické vnímání je funkční pouze při zpracovávání vzpřímených tváří a ne u obrácených, kdy je narušeno vnímání distančních rozdílů. Při inverzi obličeje nebo jiného objektu je pro pozorovatele jeho rozpoznání obtížnější. Inverzní efekt je výrazně větší při sledování obrácených obličejů než většiny jiných objektů (Yin 1969 cit. podle Michel et al., 2006). Není zde naznačen kvalitativní rozdíl mezi vnímáním obličejů a jiných objektů (efekt se vyskytuje u obou, jen v jiné míře), proto je tento efekt přijímán jen jako nepřímý důkaz holistického zpracování (Michel et al., 2006).

##### 4.2.5.2. Part-whole efekt - vnímání části v kontextu celku

*Part-whole efekt* - vnímání části v kontextu celku - se projevuje při rozpoznávání určité části obličeje známého jedince. Účastníkům jsou prezentovány dvě kopie jednoho známého obličeje (Karel), ale na jedné z nich má nahrazen obličejový znak cizím (Karel s neznámým nosem). Cílem pozorovatele je určit, který ze dvou obličejů má změněný znak. Dalším úkolem pozorovatele je určit, který ze dvou prezentovaných obličejových znaků patří určité osobě. Tentokrát jsou znaky prezentovány izolovaně (Karlův nos versus neznámý nos) (Tanaka & Farah, 1993).

Identifikace je přesnější, pokud je znak při prezentaci vložen do obličeje, než když je prezentován izolovaně, nebo pokud je změněna konfigurace znaků v obličeji. Tento efekt je způsoben holistickým zpracováním. Cizí znak v původním obličeji vytvoří zcela nový obličej a je tedy jednodušší určit, zda se od sebe tváře liší. (Pellicano et al., 2006; Tanaka & Farah, 1993). Znaky, které jsou prezentovány samostatně, jsou posuzovány analyticky (Donnelly & Davidoff, 1999). Identifikace izolovaných znaků byla podobně úspěšná jako identifikace obrácených obličejů (inverzní efekt), u kterých je narušeno holistické vnímání (Tanaka & Farah, 1993). Identifikace je méně přesná i při

změně konfigurace znaků v obličejí, kterou je nepříznivě ovlivněno vnímání ostatních znaků (důležitá role konfiguračních informací během holistického vnímání) (Tanaka & Sengco, 1997).

#### 4.2.5.3. Kompozitní efekt

Kompozitní efekt se objevuje při pokusech, ve kterých jsou spojovány horní a dolní poloviny odlišných obličejů (Obr. 13). Na základě známosti tváří lze tyto pokusy rozdělit na dvě varianty (známé, neznámé). U varianty využívající známé tváře mají pozorovatelé za úkol určit identitu jedné z polovin složeného obličeje, druhou polovinu mají ignorovat. Při spojení dvou polovin odlišných tváří je nově vzniklý obličej vnímán jako celek a je tak vytvořena iluze nové identity. Díky kompozitnímu efektu je pak těžší soustředit se na jednu polovinu obličeje a určit její původní identitu. Tento efekt mizí, pokud jsou poloviny vychýlené (svislé posunutí) (Young et al., 1987).



**Obr. 13 - Vzor čtyř koláží pro zkoumání kompozitního efektu. První řada představuje vychýlené tváře, druhá řada spojené. První dvojice koláží má stejnou horní polovinu, u druhé dvojice jsou horní poloviny odlišné. Dolní poloviny jsou u všech čtyř koláží odlišné. Díky holistickému zpracování se zdá, že horní poloviny obličeje u první dvojice jsou odlišné (převzrato z Le Grand et al., 2004).**

Velikost kompozitního efektu je hodnocena přesností identifikací obličejů a porovnáním reakčních časů při identifikaci obličejů spojených a vychýlených. Vlivem kompozitního efektu jsou reakční časy pomalejší u identifikace spojených obličejů než u identifikace vychýlených obličejů (Le Grand et al., 2004). Při celkovém obrácení obličejů se reakční čas identifikace spojených obličejů snižuje a vyrovnává se s reakčním časem identifikace vychýlených obličejů, a to díky změně konfiguračních informací (Young et al., 1987).

Při využití neznámých tváří jsou pozorovatelům předloženy dva složené obličejy, jejich úkolem je určit zda horní polovina složených obličejů patří stejné osobě. V tomto případě se také objevuje očekávaný kompozitní efekt, pozorovatelé mají problém s určením stejné horní poloviny



obličej, pokud dolní část obličej patřila odlišným jedincům. Kompozitní efekt mizí při vychýlení polovin tváří (Le Grand et al., 2004).

Kompozitní efekt je také možné sledovat při určování pohlaví (Baudouin & Humphreys, 2006) a věku (Hole & George, 2011). Účastníci byli pomalejší při určování pohlaví horní nebo dolní části obličej jako ženské nebo mužské, pokud druhá polovina obličej byla opačného pohlaví. Toto pozorování naznačuje, že konfigurační informace jsou důležité i pro určování pohlaví, které je také rozlišováno pomocí holistického zpracovávání obličej (Baudouin & Humphreys, 2006).

Dále můžeme kompozitní efekt sledovat i u vnímání věku. Koláže byly vytvořeny z dvou polovin obličejů s odlišným věkem. Odhad věku horní poloviny obličej byl zkeslen věkem dolní poloviny, a to i přesto, že účastníci měli dolní polovinu obličej ignorovat. Dále bylo zjištěno, že kompozitní efekt při odhadu věku není ovlivněn texturou kůže (textura koláží byla rozmazána). Z toho plyne, že odhad věku je spíše založen na vnímání konfiguračních informací (Hole & George, 2011).

#### **4.2.6. Faktory ovlivňující rozpoznání obličej**

Rozpoznávání obličej je ovlivňováno velkým množstvím faktorů, některé z nich mají dokonce větší vliv na rozpoznávání známých nebo neznámých obličejů. Některé z těchto faktorů, které zvýhodňují rozpoznání známých obličejů, by bylo možné využít při rekonstrukci obličej. Do skupiny známých obličejů můžeme zařadit tváře osobně známých jedinců (rodina, přátelé atd.) a dále tváře populárních osob, jako jsou umělci, vědci, sportovci atd. (Bruce, 1986). Se zvyšující se četností setkání se z neznámého obličej postupně stává známý (Bonner et al., 2003). Jako neznámé obličej, při zkoumání této problematiky, označujeme tváře, které nebyly pozorovateli známé před pokusem a při prezentaci dvou odlišných snímků dané tváře pozorovatel rozpozná, že se jedná o stejnou osobu. Znamé a neznámé obličej jsou zpracovávány odlišnými procesy a pracuje se v každém z nich s jinými informacemi o obličej (Bruce & Young, 1986; Hancock et al., 2000).

##### **4.2.6.1. Výraz a změna úhlu pohledu**

Při změně úhlu pohledu jsou neznámé obličej rozpoznávány pomaleji a méně přesně než známé obličej (Bruce, 1982). Informace o neznámém obličej jsou ukládány v závislosti na úhlu pohledu, při dalším setkání s tváří je dobře rozpoznatelná pouze v původní pozici. Při rozpoznávání známého obličej jsou využívány uložené informace, které jsou nezávislé na úhlu pohledu (Hill et al., 1997).

Při prezentaci rekonstruovaného obličej je model zobrazován z více úhlů (Obr. 2), při identifikaci jedince je toto důležité, některé znaky jsou méně zřetelné z určitých úhlů, například nos z čelního pohledu (Haig, 1984). Toto by se dalo využít při prezentaci problematických částí rekonstrukce, jako je nos. Pokud je na modelu vytvořen výraznější nebo méně prominující, protože chrupavčitá část nosu je špatně odvoditelná (Wilkinson et al., 2006), při čelním zobrazení se tato

nepřesnost v tvaru nosu může částečně ztratit, protože šířka nosu je rekonstruována poměrně přesně (Decker et al., 2013).

Výraz obličeje je pro rozpoznávání také důležitý, negativně ovlivňuje rozpoznávání neznámých tváří a pozitivně známých (Bruce, 1982). Při seznamování se s určitou osobou se seznamujeme i s jejími výrazy a typickými pohyby, které pak usnadňují a zrychlují identifikaci. Toto by se dalo pro rychlejší identifikaci využít při prezentaci modelu rekonstrukce, některé programy umožňují simulovat určité pohyby nebo výraz (Kähler et al., 2003). Avšak pravděpodobnost, že počítačový program vystihne charakteristický výraz nebo pohyby typické pro daného jedince, je velice nízká. Pozorovatele, který by mohl jedince identifikovat, by tato animace mohla jen zmást a odradit, proto by měl být model podle mého názoru prezentován v neutrálním výrazu a ve statické podobě.

#### **4.2.6.2. Osvětlení a negativní zobrazení**

Rozpoznávání známých a neznámých obličejů je silně ovlivněno i osvětlením. Pokud rozdílne osvítíme dva 3D modely obličeje (zdroj světla z vrchu a ze spodu), při určování, zda jsou zobrazené obličeje shodné, je úspěšnost nižší než při shodném osvětlení (Hill & Bruce, 1996). Promítnutí snímku obličeje ve formě negativu má také vliv na rozpoznání jedince. Při rozpoznávání známých obličejů zobrazených ve formě negativů je úspěšnost nižší, a to i přesto že snímek obličeje poskytuje stejné množství informací (o tvaru, stínech, pigmentaci atd.) jako pozitivní promítnutí (Bruce & Langton, 1994). Negativní zobrazení a změny v nasvícení nejspíše narušují vnímání tvaru a stínování obličejových znaků.

Při rozpoznávání známých a neznámých obličejů bylo zjištěno, že větší nepříznivý vliv se projevuje při negativním zobrazení stínování obličeje než negativním zobrazení pigmentace. Zatímco při rozpoznávání neznámých obličejů měla nepříznivý vliv i změna pigmentace. Z toho můžeme usuzovat, že při rozpoznávání známých obličejů nehraje pigmentace tak důležitou roli jako stínování (Kemp, 1996). Tudíž nepřesná volba odstínu barvy pleti (existují různé odstíny například světlé pleti, odstín nelze z kostěných ostatků odvodit) při rekonstrukci obličeje by neměla radikálním způsobem ovlivnit úspěšnost identifikace.

#### **4.2.6.3. Jednotlivé znaky obličeje a osobitost**

Osobitost obličeje má také vliv při rozpoznávání, výrazné obličeje jsou mnohem lépe rozpoznatelné. Při určování, zda je pro nás tvář známá, jsme mnohem rychlejší v rozpoznávání výrazných tváří než průměrných (Valentine & Bruce, 1986), i neznámé výrazné obličeje jsou lépe rozpoznávané (Bartlett et al., 1984). Osobité obličeje jsou pro nás lépe zapamatovatelné a rychleji se je učíme. Při prezentaci průměrného obličeje po dvakrát delší dobu než výrazného obličeje, jsou při dalším rozpoznávání výrazné obličeje identifikovány stále rychleji (Valentine, 1991).

Existuje několik návrhů, jak by mohl být zpracováván obličej (konfiguračně, holisticky, holisticko-analyticky), je ovšem zřejmé, že pro rozpoznávání a seznámení se s obličejem jsou důležité

jak obličejové znaky, tak i jejich konfigurace s distančními rozdíly (Tanaka & Farah, 1993; Young et al., 1987). Neznámé obličeje jsou rozpoznávány s větším důrazem na vnější obličejové znaky (Obr. 14 – B), vnímány jsou i vnitřní obličejové znaky (Obr. 14 – C), zatímco známé obličeje jsou lépe rozpoznávány díky vnitřním obličejovým znakům (Ellis et al., 1979). Ukládání informací o vnitřních znacích je důležité pro rozpoznávání známých obličejů například při změně úhlu pohledu (Young et al., 1985). Pokud se setkáme s novým obličejem, z počátku ho rozpoznáváme na základě vnějších znaků, až s postupným seznamováním dochází ke zvětšení důrazu na vnitřní znaky a k postupnému vyrovnání s důležitostí vnějších znaků. Vnitřní znaky jsou stálejší pro rozpoznávání jedince v budoucnosti, největší důraz je kladen na oči (Bonner et al., 2003; O'Donnell & Bruce, 2001). Jedním z důvodů, proč je při rozpoznávání známých obličejů kladen větší důraz na vnitřní znaky, může být jejich využití při komunikaci.



**Obr. 14 - Zobrazení vnějších (B) a vnitřních znaků (C) (převzato z Bonner et al, 2003).**

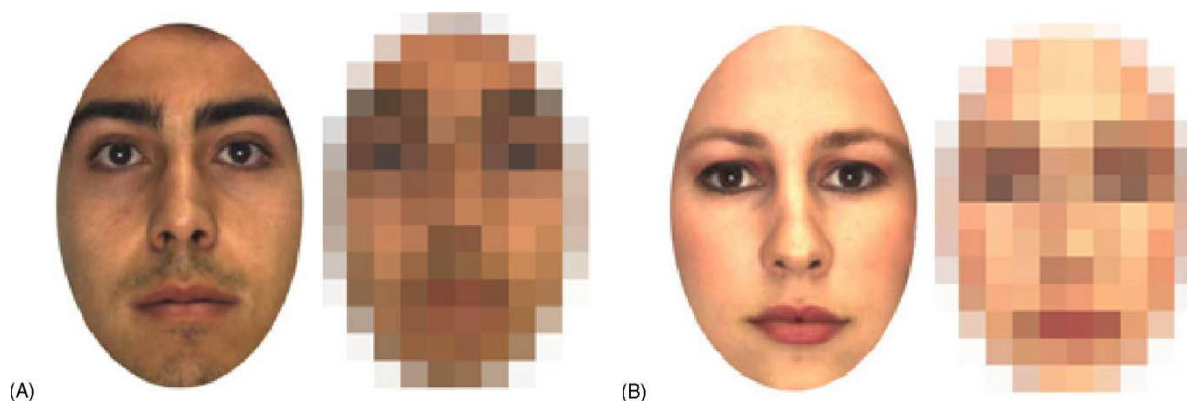
Vliv znaků při rozpoznávání obličeje je řazen podle jejich velikosti, nejlepší výsledky jsou sledovány při rozpoznání na základě obrysu obličeje. Dále je velká pozornost soustředěna na horní část obličeje, kde dominují oči s obočím (Haig, 1984). Absence obočí vede dokonce k horšímu rozpoznání jedince než absence očí (Sadr et al., 2003). Následuje rozpoznání podle úst a nakonec podle nosu, který je při čelním pohledu na obličej těžce rozpoznatelný, větší roli hraje při pohledu z profilu (Haig, 1984).

Rozpoznání jedince je možné i jen podle některých osamostatněných charakteristických znaků (obočí), ovšem pozorovatel má problém s rozpoznáním jedince, pokud je tento znak umístěn v cizím obličejí (Davies et al., 1977). K problémům s rozpoznáním dochází i v případech, kdy jsou vnitřní obličejové partie vloženy do odlišných vnějších obličejových partií (změna tvaru obličeje, vlasů) (Young et al., 1987). Pozorovatel je při rozeznávání ovlivněn kontextem celého obličeje. Tento efekt může podle mého názoru působit problémy při rekonstrukci obličeje za pomoci počítačového programu, kdy je 2D vzhled obličeje tvořen skládáním znaků (oči, ústa, tvar obličeje) získaných z databáze cizích obličejů (viz 2.2. Dvourozměrné metody).

#### 4.2.7. Rozlišení pohlaví

Rozlišení pohlaví je velice přesný kognitivní proces. Klasifikace pohlaví je správná téměř ve 100% případech, a to i v případě, že je fotografie tváře upravena a zbavena všech kulturních znaků pohlaví, jako je účes, specifický make-up nebo vousy (Bruce & Young, 1998). Mužské a ženské obličej se liší tvarem i texturou a oba tyto rozdíly jsou využívány při rozlišení pohlaví. Pokud porovnáme vnímání rasy a pohlaví, tak při určování jedince dané rasy si pozorovatel všimá spíše tvaru obličejových znaků, zatímco při klasifikaci pohlaví je větší důraz kladen na celkový barevný odstín obličej (Hill et al., 1995).

Pohlaví je možné určit i podle izolovaných částí obličej. Podle obočí v kombinaci s očima probíhá klasifikace nejsnadněji, dále následuje samotné obočí, samotné oči, dolní čelist, brada, nos spolu s ústy a ústa samotná (Brown & Perrett, 1993). Tvar obočí můžeme rychle posoudit a lehce podle něj určit pohlaví jedince, například úzké obočí je přisuzováno dětem a ženám (Sadr et al., 2003). Dále můžeme důležitost znaků pro určení pohlaví zkoumat vložení obličejového znaku do obličej rozděleného pohlaví. K největším komplikacím při klasifikaci dochází, pokud nahradíme dolní čelist, následuje obočí spolu s očima, brada a samotné obočí (Brown & Perrett, 1993).



**Obr. 15 - Snížení kvality obrazu na 112 pixelů: A – muž; B – žena (převzato z Cellerino et al., 2004).**

I když je možné určit pohlaví na základě izolovaných znaků, v reálných podmínkách jsou k určení pohlaví potřeba i konfigurační informace mezi znaky (O'Toole et al., 1998). Muž je schopen rozeznat mužský obličej na fotografii, jejíž kvalita byla redukována na pouhých 112 pixelů (Obr. 15), tvář ženy je rozpoznatelná při redukcí kvality obrazu na 1792 pixelů. Pro rozpoznání mužského obličej je tedy potřeba menší množství informací. Pozorovatelé jsou úspěšnější v klasifikaci tváří stejného pohlaví, v němž jsou dokonce ženy úspěšnější. Rozpoznávání mužských a ženských obličejů je tedy rozděleno do rozdílných procesů (Cellerino et al., 2004). Tohoto efektu by se dalo využít při publikaci modelu rekonstrukce obličej podle neznámé lebky pro rychlejší identifikaci. Pokud je dané pohlaví rozpoznáváno snadněji jedincem totožného pohlaví, mohlo by dojít i k rychlejší identifikaci jedince. Proto by modely jedinců daných skupin mohly být publikovány i v médiích, které dané skupiny upřednostňují (pořady a časopisy pro ženy, muže).

### 4.3. Shrnutí kapitoly o percepci obličeje

Při rozpoznání tváře je důležité, aby došlo ke shodě strukturálních informací sledovaného obličeje s informacemi z asociativní paměti, tak jsou zpřístupněny identifikačně sémantické informace o jedinci a tvář je vyhodnocena jako známá. Díky identifikačně sémantickým informacím lze tváři přiřadit uložené jméno (Bruce & Young, 1986).

Nejpopulárnější z modelů zpracování obličeje je holisticko-analytický (obecně nazývaný holistický), při kterém dochází ke spojení analytických informací o struktuře obličejových znaků a holistických informací o obličejí jako celku (McKone & Yovel, 2009; Rossion, 2008), následně dochází k vypočítání distančních rozdílů mezi znaky (Rossion, 2008).

Nemalý vliv na percepci obličeje má naše znalost sledovaného jedince. Pokud jedince známe, rozpoznáváme jeho tvář na základě vnitřních znaků obličeje, naopak při rozlišování neznámých obličejů je větší důraz kladen na vnímání vnějších znaků (Bonner et al., 2003; Young et al., 1985). Učením nových obličejů dochází k postupnému zvětšení důrazu na vnitřní znaky (největší důraz je kladen na oči), obličej se tak stává známým (O'Donnell & Bruce, 2001).

Na rozpoznávání známých obličejů nemá vliv změna úhlu pohledu a výrazu, avšak při rozpoznávání neznámých obličejů mají tyto faktory nepříznivý vliv (Bruce, 1982). Toto podporuje myšlenku, že neznámé obličeje jsou rozpoznávány díky dříve uloženým informacím, které jsou omezené specifickými podmínkami, při kterých vznikaly (původní úhel pohledu, výraz obličeje). Rozpoznávání známých obličejů se omezení vůbec netýká, díky častému kontaktu v různých situacích jsou známé obličeje rozpoznávány na základě informací nezávislých na úhlu pohledu a výrazu.

Rozpoznávání známých i neznámých obličejů dále narušují různé faktory jako je nevhodné osvětlení, negativní zobrazení snímku nebo inverze obličeje (Bruce & Langton, 1994; Hill & Bruce, 1996; Yin 1969 cit. podle Michel et al., 2006). Změny jako jsou negativní promítnutí snímku nebo inverze obličeje jsou velice dramatické a v reálných podmínkách se s nimi pozorovatel často nesetká. Nebylo by užitečné, kdybychom měli schopnost rozpoznávat takové obličeje, avšak využití těchto efektů nám umožnilo potvrdit některé hypotézy o vnímání obličeje (holistické vnímání).

Při rozpoznávání neznámých tváří je zaznamenáván pozitivní vliv v případech, kdy má daný obličej charakteristický znak, například výrazný nos (Bartlett et al., 1984). Důležitost znaků při rozpoznávání obličeje je přímo úměrná jejich velikosti, nejsnadněji je obličej rozpoznáván podle obrysu obličeje, dále podle očí s obočím, úst a nakonec nosu (Haig, 1984; Sadr, 2003).

Existenci kompozitního efektu bylo potvrzeno využití holistického vnímání při percepci věku (Hole & George, 2011) a pohlaví (Baudouin & Humphreys, 2006). Pro klasifikaci pohlaví je využíván rozdílný tvar a textura obličeje a jeho částí, je to velice přesný kognitivní proces a při rozpoznávání jsme velice přesní (Bruce & Young, 1998; Hill et al., 1995). Pro rozpoznání mužského obličeje je dokonce potřeba menší množství informací (Cellerino et al., 2004). Klasifikace dále probíhá na základě tvaru obličejových znaků, nejsnadněji jsou rozpoznávány oči v kombinaci s obočím, dále

obočí samotné, oči, čelist, brada, nos spolu s ústy a samotná ústa (Brown & Perrett, 1993; Sadr et al., 2003). Při nahrazení obličejového znaku jednoho pohlaví za druhé dochází k problémům s identifikací nejčastěji, pokud je zaměněna čelist, následuje obočí spolu s očima, brada a samotné obočí (Brown & Perrett, 1993). Pozorovatelé jsou úspěšnější v klasifikaci tváří stejného pohlaví, v němž jsou ženy úspěšnější (Cellerino et al., 2004).

## 5. Závěr

Při prezentaci modelu rekonstrukce obličeje neidentifikovaného jedince je model rozpoznán osobou, pro kterou je tvář modelu hodnocena jako známá, tudíž je důležitá přesnost nejen vnějších znaků ale hlavně vnitřních, které jsou stálejší a zajišťují rozpoznání známé tváře v budoucnosti. Rozpoznávání známých tváří je založeno na vnímání informací, které nepodléhají změnám úhlu pohledu a výrazu. Naopak problémy při rozpoznávání u známých i neznámých tváří způsobují faktory jako je nevhodné osvětlení, negativní zobrazení snímku nebo inverze obličeje. Pozitivní vliv na rozpoznávání neznámých tváří má přítomnost charakteristických znaků (výrazný nos atd.). Známé obličeje jsou nejlépe rozpoznávány na základě vnitřního uspořádání znaků, avšak je možné je rozpoznat i podle izolovaných obličejových znaků. Důležitost znaků při rozpoznávání obličeje je dána jejich velikostí, čím větší znak je, tím větší vliv má. Od největšího a nejdůležitějšího je lze seřadit: obrys obličeje, horní část obličeje, oči s obočím, ústa, nos. Vliv jednotlivých znaků na určování pohlaví lze seřadit následovně: obočí v kombinaci s očima, samotné obočí, samotné oči, dolní čelist, brada, nos spolu s ústy a ústa samotná.

Jeden z největších a nejdůležitějších znaků při rozpoznávání obličeje je jeho obrys, tento znak lze hodnotit jako vnější, jsou díky němu rozpoznávány jak známé tak neznámé obličeje. Celkový tvar obličeje je složen z okrajových oblastí některých obličejových znaků, jako jsou čelo, tváře, uši a brada. Čelo je rekonstruované s vysokou přesností, avšak někdy se mohou nepřesnosti vyskytnout v oblasti spánků. Další část tvořící obrys obličeje jsou tváře, jejich rekonstrukce je obtížná a nepřesná, protože je jejich tvar ovlivněn variabilními faktory, jako je stárnutí a síla tukové vrstvy. Tvar a orientaci uší je obtížné rekonstruovat, chrupavčitý podklad uší nelze v současné době z kostěných pozůstatků odhadnout. Nedostatek v nepřesnosti uší lze zamaskovat vlasy, pokud jsou pro daný model vhodné. Brada a dolní čelist s tvářemi tvoří dolní hranici obrysu obličeje. Tvar střední části brady a tváře dolní čelisti jsou také ovlivněny stárnutím a silou tukové vrstvy, proto se zde mohou při rekonstrukci vyskytnout nepřesnosti, krajní strany brady jsou však rekonstruovány přesně. Celková přesnost rekonstrukce obrysu obličeje je závislá na tvorbě zmíněných oblastí, pokud je dobře odhadnut vliv stárnutí na měkké tkáně a síla tukové vrstvy, přesnost by měla být vyšší.

V důležitosti při rozpoznávání dále následuje horní část obličeje, kde dominují oči s obočím, které jsou hodnoceny jako vnitřní obličejové znaky důležité pro rozpoznání známých osob. Tato kombinace patří mezi nejlépe hodnocený znak při rozpoznávání pohlaví, obočí má na rozpoznání obličeje (bez závislosti na pohlaví) dokonce vyšší vliv než oči. Okolí očí a oči samotné patří mezi přesně rekonstruované oblasti.

Následuje rozpoznání úst a nakonec nosu. Ústa jsou rekonstruována s dobrou přesností, s vysokou úspěšností je také rekonstruováno *philtrum*. Nejčastější nepřesnosti v tvaru, délce a úhlu jsou vytvářeny při rekonstrukci nosu, důvodem nepřesností je jeho chrupavčitý podklad, jehož tvar zatím neumíme přesně odvodit. Model rekonstrukce je vždy zobrazován z několika úhlů pohledu,

většinou čelně a z profilu. Při čelním pohledu je nos hůře rozpoznatelný, tím by bylo možné částečně zamaskovat případné nepřesnosti v úhlu a délce nosu modelu rekonstrukce, naopak by se vyzdvihly části rekonstruované přesně, jako je šířka a kořen nosu.

Mezi nejpřesněji rekonstruované oblasti patřilo okolí očí a úst, některé části nosu (například šířka nosu a kořen), dále bylo úspěšně rekonstruováno *philtrum*, čelo a krajní strany brady. Nepřesně byly nejčastěji rekonstruovány oblasti uší, spánků, tváří, úst a chrupavčitá část nosu. Je třeba pokračovat ve výzkumu tvorby nepřesně tvořených oblastí. Zjistit, jak na tyto oblasti působí faktory, které ovlivňují vrstvu tloušťky měkkých tkání (stárnutí, BMI) a jaké zanechávají stopy na kostěném podkladu. A v neposlední řadě by měla být při výzkumu věnována pozornost i chrupavčitému oblíbenosti.

I přes uvedené nepřesné oblasti rekonstrukce, je většina povrchu rekonstrukce modelována s nepřesností nižší než 5 mm, do budoucna některé studie naznačují snížení nepřesností na většině povrchu rekonstrukce až k 2,5 mm. Při face pool hodnocení jsou výsledky vyšší než hodnota náhodného výběru modelu, což pro reálné případy naznačuje možnost identifikace jedince blízkou osobou. Na základě výsledků kvantitativních a kvalitativních metod hodnocení vykazuje rekonstrukce obličeje, provedená Manchesterskou metodou s využitím počítačového modelovacího programu a haptickou technologií, dobrý stupeň podobnosti s cílovým jedincem k tomu, aby byla zapojena ve forenzních vyšetřováních jako nepřímá metoda identifikace.



## 6. Použitá literatura

- Bartlett, J. C., Hury, S., & Thorley, W. (1984). Typicality and familiarity of faces. *Memory & Cognition*, 12(3), 219–228.
- Bartlett, J. C., Searcy, J. H., & Abdi, H. (2003). What are the routes to face recognition? *Perception*, 21–52.
- Baudouin, J. Y., & Humphreys, G. W. (2006). Configural information in gender categorisation. *Perception*, 35(4), 531–540.
- Benazzi, S., Fantini, M., Crescenzo, F. De, Mallegni, G., Mallegni, F., Persiani, F., & Gruppioni, G. (2009). The face of the poet Dante Alighieri reconstructed by virtual modelling and forensic anthropology techniques. *Journal of Archaeological Science*, 36(2), 278–283.
- Biederman, I. (1987). Recognition by components: A theory of human image understanding. *Psychological Review*, 94(2), 115–117.
- Blažek, V., & Trnka, R. (2009). *Lidský obličej. Vnímání tváře z pohledu kognitivních, behaviorálních a sociálních věd*. Praha : Karolinum.
- Bonner, L., Burton, a. M., & Bruce, V. (2003). Getting to know you: How we learn new faces. *Visual Cognition*, 10(5), 527–536.
- Brown, E., & Perrett, D. I. (1993). What gives a face its gender? *Perception*, 22(7), 829–840.
- Bruce, V. (1982). Changing faces: visual and non-visual coding processes in face recognition. *British Journal of Psychology*, 73, 105-116.
- Bruce, V. (1986). Influences of familiarity on the processing of faces. *Perception*, 15(4), 387–397.
- Bruce, V., & Langton, S. (1994). The use of pigmentation and shading information in recognizing the sex and identity of faces. *Perception*, 23(7), 803–822.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77(3), 305–327.
- Bruce, V., & Young, A. (1998). *In the eye of the beholder : the science of face perception*. Oxford University Press.
- Buck, U., Naether, S., Braun, M., & Thali, M. (2008). Haptics in forensics: The possibilities and advantages in using the haptic device. *Forensic Science International*, 180(2-3), 86–92.
- Cellerino, A., Borghetti, D., & Sartucci, F. (2004). Sex differences in face gender recognition in humans. *Brain Research Bulletin*, 63(6), 443–449.
- Cesarani, F., Martina, M. C., Grilletto, R., Boano, R., Maria, A., Roveri, D., ... Gandini, G. (2004). Egyptian Mummy Using MDCT, (September), 755–758.
- Clark, V. P., Keil, K., Maisog, J. M., Courtney, S., Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (1996). Functional Magnetic Resonance Imaging of Human Visual Cortex during Face Matching: A Comparison with Positron Emission Tomography. *NeuroImage*, 4(1), 1–15.

- Davies, G., Elis, H., & Shepherd, J. (1977). Cue saliency in faces as assessed by the “Photofit” technique. *Perception*, 6(3), 263–269.
- De Greef, S., Claes, P., Mollemans, W., Loubele, M., Vandermeulen, D., Suetens, P., & Willems, G. (2005). Semi-automated ultrasound facial soft tissue depth registration: method and validation. *Journal of Forensic Sciences*, 50(6), 1282–1288.
- De Greef, S., Claes, P., Vandermeulen, D., Mollemans, W., Suetens, P., & Willems, G. (2006). Large-scale in-vivo Caucasian facial soft tissue thickness database for craniofacial reconstruction. *Forensic Science International*, 159, S126–S146.
- De Greef, S., Vandermeulen, D., Claes, P., Suetens, P., & Willems, G. (2009). The influence of sex, age and body mass index on facial soft tissue depths. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 5(2), 60–65.
- Decker, S., Ford, J., Davy-Jow, S., Faraut, P., Neville, W., & Hilbelink, D. (2013). Who is this person? A comparison study of current three-dimensional facial approximation methods. *Forensic Science International*, 229(1-3), 161.e1–8.
- Diamond, R., & Carey, S. (1986). Why faces are and are not special: an effect of expertise. *Journal of Experimental Psychology. General*, 115(2), 107–117.
- Donnelly, N., & Davidoff, J. (1999). The mental representations of faces and houses: Issues concerning parts and wholes. *Visual Cognition*, 6(3/4), 319–343.
- Ellis, H. D., Shepherd, J. W., & Davies, G. M. (1979). Identification of familiar and unfamiliar faces from internal and external features: Some implications for theories of face recognition. *Perception*, 8(4), 431–439.
- Farah, M. J. (1996). Is face recognition “special”? Evidence from neuropsychology. *Behavioural Brain Research*, 76(1-2), 181–189.
- Fourie, Z., Damstra, J., Gerrits, P. O., & Ren, Y. (2010). Accuracy and reliability of facial soft tissue depth measurements using cone beam computer tomography. *Forensic Science International*, 199(1-3), 9–14.
- Gauthier, I., Tarr, M. J., Moylan, J., Skudlarski, P., Gore, J. C., & Anderson, A. W. (2000). The Fusiform “Face Area” is Part of a Network that Processes Faces at the Individual Level. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(3), 495-504.
- George, N., Dolan, R. J., Fink, G. R., Baylis, G. C., Russell, C., & Driver, J. (1999). Contrast polarity and face recognition in the human fusiform gyrus. *Nature Neuroscience*, 2(6), 574–580.
- George, R. M. (1993). Anatomical and Artistic Guidelines for Forensic Facial Reconstruction. In *Iscan M. Y. – Helmer R. P., Forensic analysis of the skull* (pp. 215 – 227). Wiley-Liss, Inc.
- Grüner, O. (1993). Identification of Skulls: A Historical Review and Practical Applications. In *Iscan M. Y. – Helmer R. P., Forensic analysis of the skull* (pp. 29–45). Wiley-Liss, Inc.
- Haglund, W. D., & Reay, D. T. (1991). Use of facial approximation techniques in identification of Green River serial murder victims. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology : Official Publication of the National Association of Medical Examiners*, 12(2), 132–142.

- Haig, N. D. (1984). The effect of feature displacement on face recognition. *Perception*, 13, 505–512.
- Hancock, P. J. B., Bruce, V., & Mike Burton, A. (2000). Recognition of unfamiliar faces. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(9), 330–337.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223–233.
- Helmer, R. P. (1993). Assessment of the Reliability of Facial Reconstruction. In *Isca M. Y. – Helmer R. P., Forensic analysis of the skull* (pp. 229 – 246). Wiley-Liss, Inc.
- Hill, H., & Bruce, V. (1996). Effects of lighting on the perception of facial surfaces. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 22(4), 986–1004.
- Hill, H., Bruce, V., & Akamatsu, S. (1995). Perceiving the sex and race of faces: the role of shape and colour. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 261(1362), 367–373.
- Hill, H., Schyns, P. G., & Akamatsu, S. (1997). Information and viewpoint dependence in face recognition. *Cognition*, 62(2), 201–222.
- Hoffman, D. D., & Richards, W. A. (1984). Parts of recognition. *Cognition*, 18(1-3), 65–96.
- Hoffman, E. a, & Haxby, J. V. (2000). Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception. *Nature Neuroscience*, 3(1), 80–84.
- Hole, G., & George, P. (2011). Evidence for holistic processing of facial age. *Visual Cognition*, 19(5), 585–616.
- Jones, M. W. (2001). Facial Reconstruction Using Volumetric Data. In *Modeling and Visualization conference* (Vol. 1, pp. 135 – 150). Stuttgart, Germany.
- Kähler, K., Haber, J., & Seidel, H. P. (2003). Reanimating the Dead : Reconstruction of Expressive Faces from Skull Data. *ACM Transactions on Graphics*, 22(3), 554 – 561.
- Kemp, R. (1996). Perception and recognition of normal and negative faces: The role of shape from shading and pigmentation cues. *Perception*, 25(1), 37–52.
- Klepáček, I., & Malá, P. Z. (2012). “Bochdalek’s” skull: morphology report and reconstruction of face. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 8(4), 451–9.
- Le Grand, R., Mondloch, C. J., Maurer, D., & Brent, H. P. (2004). Impairment in holistic face processing following early visual deprivation. *Psychological Science*, 15(11), 762–768.
- Lee, W. J., Wilkinson, C. M., & Hwang, H. S. (2012). An Accuracy Assessment of Forensic Computerized Facial Reconstruction Employing Cone-Beam Computed Tomography from Live Subjects. *Journal of Forensic Sciences*, 57, 318–327.
- Leveroni, C. L., Seidenberg, M., Mayer, A. R., Mead, L. a, Binder, J. R., & Rao, S. M. (2000). Neural Systems Undelying the Recognition of Familiar and Newly Learned Faces. *The Journal of Neuroscience*, 20(2), 878–886.
- Masnicová, S., Beňuš, R., & Panenková, P. (2011). *Rekonštrukcia podoby tváre z lebky* (1. vydanie.). Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislave.

- McKone, E. (2004). Isolating the special component of face recognition: peripheral identification and a Mooney face. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 30(1), 181–197.
- McKone, E., Kanwisher, N., & Duchaine, B. C. (2007). Can generic expertise explain special processing for faces? *Trends in Cognitive Sciences*, 11(1), 8–15.
- McKone, E., & Yovel, G. (2009). Why does picture-plane inversion sometimes dissociate perception of features and spacing in faces, and sometimes not? Toward a new theory of holistic processing. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(5), 778–797.
- Michel, C., Rossion, B., Han, J., Chung, C. S., & Caldara, R. (2006). Holistic processing is finely tuned for faces of one's own race. *Psychological Science*, 17(7), 608–615.
- Miyasaka, S., Yoshino, M., Imaizumi, K., & Seta, S. (1995). The computer-aided facial reconstruction system. *Forensic Science International*, 74, 155–165.
- Moss, J. P., Linney, A. D., Grindrod, S. R., Arridge, S. R., & Clifton, J. S. (1987). Three-dimensional visualization of the face and skull using computerized tomography and laser scanning techniques. *European Journal of Orthodontics*, 9(4), 247–253.
- Needham, C., Wilkinson, C., & Knüsel, C. (2003). Reconstructing visual manifestations of disease from archaeological human remains. *The Journal of Audiovisual Media in Medicine*, 26(3), 103–107.
- O'Donnell, C., & Bruce, V. (2001). Familiarisation with faces selectively enhances sensitivity to changes made to the eyes. *Perception*, 30(6), 755–764.
- O'Toole, J., Deffenbacher, K., Valentin, D., McKee, K., Huff, D., & Abdi, H. (1998). The perception of face gender: the role of stimulus structure in recognition and classification. *Memory & Cognition*, 26(1), 146–160.
- Pellicano, E., Rhodes, G., & Peters, M. (2006). Are preschoolers sensitive to configural information in faces? *Developmental Science*, 9(3), 270–277.
- Prag, J., & Neave, R. (1997). *Making faces : using forensic and archaeological evidence*. London: London : British Museum Press.
- Puce, a, Allison, T., Bentin, S., Gore, J. C., & McCarthy, G. (1998). Temporal cortex activation in humans viewing eye and mouth movements. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 18(6), 2188–2199.
- Quatrehomme, G., Balaguer, T., Staccini, P., & Alunni-Perret, V. (2007). Assessment of the accuracy of three-dimensional manual craniofacial reconstruction: A series of 25 controlled cases. *International Journal of Legal Medicine*, 121(6), 469–475.
- Quatrehomme, G., Cotin, S., Subsol, G., Gelingette, H., Garidel, Y., & et al. (1997). A fully three-dimensional method for facial reconstruction based on deformable models. *Journal of Forensic Sciences*, 42(4), 649 – 652.
- Rhodes, G. (1988). Looking at faces: First-order and second-order features as determinants of facial appearance. *Perception*, 17, 43–63.

- Rossion, B. (2008). Picture-plane inversion leads to qualitative changes of face perception. *Acta Psychologica*, 128(2), 274–289.
- Rossion, B., Schiltz, C., & Crommelinck, M. (2003). The functionally defined right occipital and fusiform “face areas” discriminate novel from visually familiar faces. *NeuroImage*, 19(3), 877–883.
- Sadr, J., Jarudi, I., & Sinha, P. (2003). The role of eyebrows in face recognition. *Perception*, 32(3), 285–293.
- Short, L. J., Khambay, B., Ayoub, A., Erolin, C., Rynn, C., & Wilkinson, C. (2014). Validation of a computer modelled forensic facial reconstruction technique using CT data from live subjects: a pilot study. *Forensic Science International*, 237, 147.e1–147.e8.
- Snow, C. C., & Gatliff, B. P. (1970). Reconstruction of facial features from the skull: an evaluation of its usefulness in forensic anthropology. *American Journal of Physical Anthropology*, 33(2), 221–228.
- Starbuck, J. M., & Ward, R. E. (2007). The affect of tissue depth variation on craniofacial reconstructions. *Forensic Science International*, 172(2-3), 130–136.
- Stephan, C. N., & Arthur, R. S. (2006). Assessing facial approximation accuracy: How do resemblance ratings of disparate faces compare to recognition tests? *Forensic Science International*, 159(1), 159–163.
- Stephan, & Henneberg, M. (2001). Building faces from dry skulls: are they recognized above chance rates? *Journal of Forensic Sciences*, 46(3), 432–440.
- Taister, M. A., Holliday, S. D., & Borrman, H. I. M. (2000). Comments on Facial Aging in Law Enforcement Investigation. *Forensic Science Communication*, 2(2).
- Tanaka, J. W., & Farah, M. J. (1993). Parts and wholes in face recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human Experimental Psychology*, 46(2), 225–245.
- Tanaka, J. W., & Sengco, J. A. (1997). Features and their configuration in face recognition. *Memory & Cognition*, 25(5), 583–592.
- Taylor, K. T. (2001). *Forensic Art and Illustration*. Boca Raton, Florida : CRC Press, c2001.
- Turner, W. D., Brown, R. E. B., Kelliher, T. P., Tu, P. H., Taister, M. a., & Miller, K. W. P. (2005). A novel method of automated skull registration for forensic facial approximation. *Forensic Science International*, 154, 149–158.
- Ullrich, H., & Stephan, C. N. (2011). On Gerasimov’s plastic facial reconstruction technique: new insights to facilitate repeatability. *Journal of Forensic Sciences*, 56(2), 470–4.
- Valentine, T. (1991). A unified account of the effects of distinctiveness, inversion, and race in face recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human Experimental Psychology*, 43(2), 161–204.
- Valentine, T., & Bruce, V. (1986). The effects of distinctiveness in recognising and classifying faces. *Perception*, 15, 525–535.

- Wilkinson, C. (2004). *Forensic facial reconstruction*. Cambridge University Press.
- Wilkinson, C. (2010). Facial reconstruction--anatomical art or artistic anatomy? *Journal of Anatomy*, 216(2), 235–50.
- Wilkinson, C. (2008). Facial identification of the dead. *Journal of Anatomy*.
- Wilkinson, C., Rynn, C., Peters, H., Taister, M., & Kau, C. H. (2006). A Blind Accuracy Assessment of Computer-Modeled Forensic Facial Reconstruction Using Computed Tomography Data From Live Subjects. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 2(3), 179–187.
- Yin, R. K. (1969) cit. podle Michel, C., Rossion, B., Han, J., Chung, C. S., & Caldara, R. (2006). Holistic processing is finely tuned for faces of one's own race. *Psychological Science*, 17(7), 608–615.
- Young, a. W., Hay, D. C., McWeeny, K. H., Flude, B. M., & Ellis, a. W. (1985). Matching familiar and unfamiliar faces on internal and external features. *Perception*, 14(6), 737–746.
- Young, A. W., Hellowell, D., & Hay, D. C. (1987). Configurational information in face perception. *Perception*, 16, 747–759.
- Yovel, G. (2009). The shape of facial features and the spacing among them generate similar inversion effects: A reply to Rossion (2008). *Acta Psychologica*, 132(3), 293–299.
- Obr. 3 – Michail Michajlovič Gerasimov. [cit. 2015-01-30]. Dostupné z: <http://www.arastiralim.net/ilk/timurun-mezarinin-acilmasi.html>
- Obr. 5 – Richard Neave. . [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: [http://www.bbc.co.uk/northyorkshire/content/image\\_galleries/womanwhoneverwas\\_gallery.shtm](http://www.bbc.co.uk/northyorkshire/content/image_galleries/womanwhoneverwas_gallery.shtm)  
1?10