

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Katedra antropologie

Bakalářská práce

**Vývoj metody rekonstrukce podoby podle lebky od
pravěku po současnost**

Bachelor thesis

**Development of method of facial reconstruction
according to the skull from prehistory to the present**

Eva Riečičiarová

Praha 2012

Školitelka:

RNDr. Jana Velemínská, Ph.D

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím zdrojů uvedených níže v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

Eva Riečičiarová

Poděkování:

Touto cestou bych ráda poděkovala své školitelce, RNDr. Janě Velemínské, Ph.D., za její trpělivost, vstřícné jednání, poskytnutí cenných rad a také za vypůjčení velmi přínosných knih. Dále bych ráda poděkovala Mgr. Pavle Malé za připomínky a komentáře a samozřejmě i jiným, kteří mi jakkoliv pomohli s realizací bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt	5
Klíčová slova	5
1. ÚVOD	6
2. TEORETICKÁ ČÁST	7
2.1. HISTORIE REKONSTRUKCE OBLIČEJE PODLE LEBKY	7
2.1.1. Období neolitu	7
2.1.2. Období starověku	10
2.1.3. Období středověku	11
2.1.4. Období renesance	12
2.1.5. Období 18. století	13
2.1.6. Období 19. století	13
2.2. SOCHAŘSKÉ TECHNIKY 3D REKONSTRUKCE	15
2.2.1 Příprava lebky před procesem modelování	16
2.2.2 Gerasimovova metoda	17
2.2.3 Americká metoda	20
2.2.4 Kombinovaná metoda.....	22
2.3. POČÍTAČOVÁ TECHNIKA 3D REKONSTRUKCE	25
2.3.1 Techniky počítačového modelování.....	26
2.3.1.1 <i>Metody založené na morfometrii</i>	26
2.3.1.2 <i>Metody založené na morfologii</i>	27
2.3.1.3 <i>Metody založené na „registraci“ lebky</i>	28
3. ZÁVĚR.....	29
4. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	30

Abstrakt

Termín rekonstrukce obličeje podle lebky udává proces vytváření obličeje na základě tvaru a velikosti lebky s cílem vytvořit reálnou podobu jedince. Cílem bakalářské práce bylo podat přehled o vývoji technik rekonstrukce podoby obličeje podle lebky od pravěku po současnost s důrazem na podrobnější popis 3D rekonstrukcí.

Historie třídimenziální rekonstrukce obličeje sahá až do dávné minulosti, do mladší doby kamenné. Ačkoli první rekonstrukce zdaleka nepřipomínají skutečnou fyzickou podobu zesnulých osob, jsou přesto považovány za první pokusy o odhad tvaru a velikosti lidského obličeje na základě lebky. Vytvořené rekonstrukce měly spíše symbolický charakter. V současné době se metoda rekonstrukce podoby využívá ve forenzní antropologii a kriminalistice. Kromě forenzních účelů našla své uplatnění také v paleoantropologii, archeologii, umění a rekonstrukční chirurgii. V rámci metody rekonstrukce obličeje můžeme rozlišit dva základní třídimenziální přístupy: tradiční sochařskou techniku a počítačovou techniku.

Klíčová slova: 3D rekonstrukční techniky, forenzní antropologie, rekonstrukce obličeje

Abstract

The term facial reconstruction of the skull shows the process of creating a face based on skull shape and size to create a real appearance of the individual. The aim of bachelor thesis was to provide an overview of the development of the facial reconstruction techniques according to the skull from prehistory to the present with emphasis on detailed description of the 3D reconstruction. Three-dimensional facial reconstruction history dates back to ancient times, to the Stone Age. Although the first reconstruction far from resembles the actual physical appearance of deceased persons, are still considered as the first attempts to estimate the shape and size of a human face on the skull. Created reconstructions had rather symbolic character. At present, the facial reconstruction method is used in forensic anthropology and criminology. Apart from forensic purposes has found its place also in paleoanthropology, archeology, art and reconstructive surgery. We can distinguish two basic three-dimensional approaches of the method of facial reconstruction: traditional sculptural techniques and computer technology.

Keywords: 3D reconstruction techniques, forensic anthropology, facial reconstruction

1. ÚVOD

Forenzní antropologie je aplikované odvětví biologické antropologie a je aktivní součástí soudního lékařství. Fyzičtí antropologové byli dlouho vyzýváni k uplatnění svých znalostí lidské kosterní antropologie při řešení praktických soudně lékařských otázek (Iscan, 1988a). K důležitým aspektům forenzní antropologie patří určení pohlaví a odhad tělesných proporcí. Zabývá se hodnocením lidské variability a hlavně identifikací jedince (Iscan, 2005).

Každá mrtvola musí být pozitivně identifikována (Quatrehomme, Subsol, 2005). Rekonstrukce obličeje se používá v případě, kdy všechny ostatní možnosti kriminalistiky vedoucí k identifikaci selžou. Může být nápomocná také při vyšetřování genocidy a masového úmrtí následkem válek, nehod, teroristických útoků apod. (Starbuck, Ward, 2007).

Termín rekonstrukce obličeje podle lebky („facial reconstruction / facial approximation“) odkazuje na proces vytváření obličeje na základě tvaru a velikosti lebky s cílem vytvořit obraz jedince tak, jak vypadal během svého života (Stephan, Henneberg, 2001).

Existují obecně tři hlavní techniky rekonstrukce obličeje: (1) dvojdimenzionální umělecká reprezentace obličeje, většinou kreslená přes fotografii lebky; (2) třídímní rekonstrukce obličeje využívající sochařskou techniku a (3) třídímní rekonstrukce obličeje využívající počítačem generované obrazy (Wilkinson, 2004). Metody rekonstrukce reprezentují obličejové rysy použitím lebky jako základu, ale až po metrické a nemetrické analýze zaměřené na určení věku, pohlaví a etnické příslušnosti (Phillips et al., 1996).

Rekonstrukce podoby podle lebky má dlouhou a barvitou historii (Wilkinson, Neave, 2003). V historii lidstva prošla mnoha fázemi a byla různě motivovaná, od náboženství a uctívání předků, přes fascinaci anatomii lidského těla a antropologické hodnocení kosterních ostatků známých historických osobností až po snahu o identifikaci mrtvol neznámé totožnosti v rámci forenzní antropologie (Verzé, 2009).

Hlavním cílem teoretické části je zpracování problematiky metody trojrozměrné rekonstrukce obličeje podle lebky včetně průřezu historií této metodologie. Nejrozsáhlejší část je věnována historii a vývoji 3D rekonstrukce, která je využívána nejen ve forenzních disciplínách, ale i jiných oborech jako např. bioarcheologie, orální a maxilofaciální chirurgie apod.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. HISTORIE REKONSTRUKCE OBLIČEJE PODLE LEBKY

Snaha rekonstruovat lidský obličej trvá tisíce let a odráží zájem člověka o morfologii obličeje a jeho variabilitu. Obličeje lidí žijících v dávných dobách jsou obzvlášť středem pozornosti antropologů. Lebky se mohou uchovat po staletí, dokonce miliony let a poskytují nenahraditelná data umožňující ztvárnění původní podoby obličeje (Verzé, 2009). Historie modelování obličeje podle lebky je velmi dlouhá a existuje celá řada časných symbolických případů rekonstrukce podoby.

Hlavním cílem rekonstrukce obličeje podle lebky je znovuvytvoření podoby jedince za jeho života, která je dostatečně identická. Během soudního vyšetřování může přispět k rozpoznání jedince a vést k pozitivní identifikaci prostřednictvím dalších důkazů (Wilkinson, 2004).

Účel rekonstrukce se během vývoje lidstva měnil. V období neolitu sloužila úprava a modifikace lebky spíše k symbolickým účelům, ve starověku a středověku získaly vysoký stupeň důležitosti posmrtné masky již připomínající zesnulého, a v období renesance až do 18. století se rekonstrukce obličeje využívala výhradně při výuce anatomie. V současnosti je obličej modelován zejména za účelem identifikace oběti.

Struktura této kapitoly vychází z členění článku Verzé (2009): History of facial reconstruction. Navržená struktura je dále rozšířena o řadu jiných literárních zdrojů.

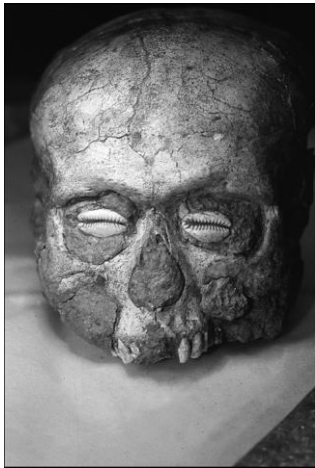
2.1.1. Období neolitu

Kosti a mumie zesnulých byly některými kulturami pokládány za objekty hodné úcty, jiné kultury naopak cítily k lidským ostatkům odpor a fobii. Někteří zástupci těchto kultur své mrtvé zpopelňovali, jiní, např. staří Egyptané se snažili nalézt způsob věčného uchování těla zemřelého. Mezi těmito postoji existovala celá řada různých tradic a postupů, jak s lidskými ostatky nakládat (Verzé, 2009).

Podle současných poznatků o pohřebních praktikách řemeslníci již v mladší době kamenné malovali, modelovali a jinak modifikovali lidské lebky v oblastech Blízkého východu (Goren et al., 2001). Například obyvatelé Jericha, města na západním břehu řeky Jordán, pohřbívali své mrtvé pod podlahy svých domů. Po primárním pohřbu oddělili lebku od těla a pohřbili ji zvlášť (tzv. sekundární pohřeb; Verzé, 2009). Dolní čelist byla zachována jen příležitostně, často se patrně oddělila od lebky při přenášení ostatků v důsledku dekompozice měkkých tkání (Goren et al., 2001). Díky své odlišnosti je tato tradice

mnohokrát prezentována jako rituál spojený s uctíváním mrtvých či jako forma uctívání předků (Goren et al., 2001; Garfinkel, 1994). Její studium je podstatnou součástí prehistorické archeologie a existence důkazů poukazuje na praktikování této tradice v několika časně neolitických lokalitách z období Levantu a Anatólie (Verhoeven, 2002). Vykopávky v Jerichu proběhly v roce 1953. Pod podlahou archeologové našli dva depozity kosterních pozůstatků z období 7500 – 5500 př. Kr. (Verzé, 2009). Obličejové masky byly vymodelovány ze směsi připomínající vápennou omítku (obr. č. 1). Přesněji se jednalo o směs opuky a páleného vápna, která se používala pro umělecké i architektonické účely. Nakonec bylo prokázáno, že pálené vápno hraje v použitém materiálu jen okrajovou roli (Hauptmann, Yalcin, 2000). Na některých dodnes dochovaných objektech jsou patrné ještě zbytky hlíny a minerálů železa, kterým se lebka barvila. Typickým rozpoznávacím detailem lebek z Jericha byly lastury mlžů vsazené do očních jamek, které měly nahradit chybějící oči. Pouze jedna ze zmíněných lebek zahrnovala i dolní čelist. U ostatních objektů byla chybějící *mandibula* nahrazena uměle vymodelovanou spodní částí obličejové masky, pouze v návaznosti na čelist horní (Goren et al., 2001). Přesná funkce modelované masky na lebce ve společenských a náboženských tradicích této a blízkých skupin Blízkého východu zůstává spíše hypotetická (Kuijt, 1996).

Jiným příkladem je Ain Ghazal, jedna z nejrozlehlejších časně neolitických vesnic Blízkého východu, kde bylo v roce 1983 objeveno značné množství lidských a zvířecích figurek včetně modifikovaných lebek. Odstranění lebky od zbytku těla u většiny pohřbů v Ain Ghazalu naznačuje skutečnost, že obyvatelé sdíleli kultovní praktiky podobné jiným oblastem Levantu v mladší době kamenné (Rollefson, 1983, 2002). Na vnějším povrchu lebek u dospělých jedinců je dobře patrné rýhování. Rýhy do tvaru V jsou výsledkem záměrného broušení pískem. Na lebce byl patrný červený pigment a substance s výskytem živice popř. asfaltu a hrubé omítky, která přilnula ke kraniiálnímu kostu a byla soustředěna podél lebečních švů. V mnoha případech *splanchnocranium* chybělo. Úprava obličejové části nebyla příliš nápadná, zřetelné byly oční důlky vyplněné směsí živice a hrubé omítky (Bonogofsky, 2001; Rollefson et al., 1998).



Obr. č. 1: Upravená lebka z Jericha (převzato podle Goren et al., 2001).



Obr. č. 2: Modelovaná lebka z Kfar HaHoresh (převzato podle Hershkovitz et al., 1995).

Obdobně modifikované lebky byly nalezeny na pohřebišti v Kfar Hahoresch v Izraeli (obr. č. 2). Směs z vápna byla aplikována na horní a střední část splanchnocrania, bázi lebeční a nuchální rovinu týlní kosti. Klenba lebeční byla ponechána bez úprav a *foramen magnum* zůstalo nevyplněné. Úpravě lebky předcházelo odstranění dolní čelisti. Povrch modelované lebky byl barven opět červeným okrem, ale na rozdíl od Jericha a Nahal Hemaru nebyl na úpravu lebek využit žádný exotický materiál jako mořské lastury a živice (Hershkovitz et al., 1995). Pohřebiště Kfar Hahoresch obsahuje primární i sekundární lidské pohřby a širokou škálu rituálních aktivit, které zahrnovaly i využití místních zvířat. Na některých nalezištích byla v jedné jámě nalezena modelovaná lidská lebka zkombinovaná se zvířecí kostrou bez lebky (Horwitz, Goring - Morris, 2004; Goring – Morris, 2000).

Z období neolitu pochází i nálezy z jeskyně Nahal Hemar ležící jižně od Mrtvého moře (obr. č. 3). K objevu několika unikátních zdobených lebek zde došlo během vykopávek v roce 1983. Lebky byly zdobeny asfaltovými pruhy uspořádanými do mřížek. V této oblasti byly nalezeny také dvě malované kamenné masky a jiné artefakty (Verzé, 2009; Twiss, 2007).



Obr. č. 3: 8000 let stará upravená lebka z jeskyně Nahal Hemar, Muzeum v Izraeli (internetový zdroj http://www.ancient-hebrew.org/21_glue.html)

2.1.2. Období starověku

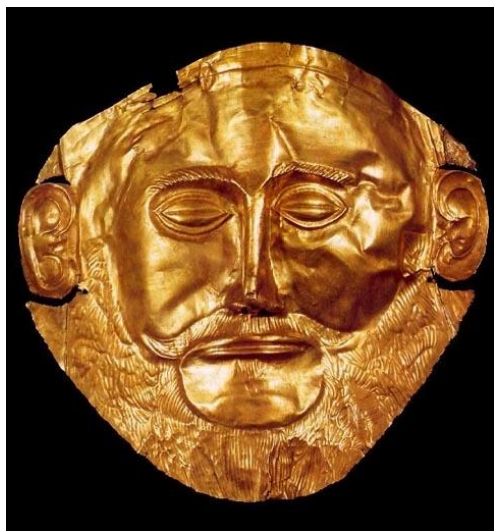
Časově lze období starověku ohraničit koncem pravěku okolo poloviny 4. tisíciletí př. n. l. na Předním východě (resp. okolo poloviny 1. tisíciletí př. n. l. v oblasti Středozemního moře) a počátkem středověku v 5. až 7. stol. n. l. (<http://articles.gourt.com/cs/starov%C4%9Bk>).

První procedurou spojenou se skutečným vzhledem zemřelých byla výroba pohřebních posmrtných masek ve starověkých civilizacích. Různé kultury vytvářely masky s pro ně charakteristickými rysy (Verzé, 2009). Tradice jejich využívání přímo či nepřímo pochází ze starověkého Egypta, kde dosáhla největšího rozmachu v období 1700 př. Kr. (Abercromby, 1896). Z egyptské archeologické lokality El Amarna pochází posmrtná maska datovaná do doby 1370 př. Kr. Původní forma obličeje byla vyrobena ze sádry a odlitek z vosku. Styl vytváření masky byl naturalistický, bez známek zkreslení obličeje, a modelování obličejových rysů bylo provedeno jemně a citlivě. Profil obličeje posmrtné masky se zdá být velmi podobný s plochým profilem muže vytvořeným z pískovce, který podle odhadů náleží samotnému egyptskému králi Achnatonovi, jenž v daném období vládl (James, 1954; Edwards, 1960; Wilkinson, 2004).

Egyptským obřadem pohřbívání faraonů se nechala inspirovat i mykénská tradice, během níž pozůstalí pokrývali tváře zesnulých urozených jedinců zlatými pohřebními maskami (obr. č. 4). V roce 1876 objevil Heinrich Schliemann na vykopávkách v Mykénách zlatou posmrtnou masku z 16. stol. př. Kr. Tento velkolepý nález vzbudil značný zájem o původ a účel masek a během první poloviny 20. století bylo nalezeno v jižní části středního Balkánu mnoho dalších zlatých masek pocházejících z poloviny 1. tisíciletí př. Kr. Posmrtné masky středního Balkánu můžeme na základě jejich lokálních charakteristických znaků rozčlenit do několika regionálních skupin. Zlaté pohřební masky používali také Římané v období římského impéria (Theodossiev, 1998).

Ze 7. stol. př. Kr. pocházely etruské bronzové a terakotové (pálená hlína) masky (obr. č. 5) ze Sieny. Modelování bylo provedeno pečlivě, oči byly šikmé, zornice a nosní dírky perforované, ústa jemně otevřená. Masky byly realističtější a v obličejí byly patrné i individuální rysy. Nosy byly samostatně připojeny k hlavní části masky a na obvodu masek byly patrné malé otvory pro jejich upevnění k hlavě zesnulého. Bronzové masky využívali v 7. stol. př. Kr. také Keltové. Pro studium pohřebních masek je velmi důležitý nález zlaté obdélníkové masky z Makedonie (3. – 2. stol. př. Kr.) spojená s pohřbem krále Dropiona (Abercromby, 1896; Theodossiev, 1998).

Zmíněna by měla být i bronzová obřadní maska z Oknitsy (1. stol. př. Kr.), bronzové a stříbrné masky z Vize, Plovdivu, Chatalky a Silistry (1. – 2. stol. n. l.) a bronzové masky z Varny a Lovechu (2. – 3. stol. n. l.). Mnoho z nich bylo nalezeno na thráckém území (Abercromby, 1896; Theodossiev, 1998). Těmito posmrtnými maskami se nechali inspirovat ve 2. a 3. století př. Kr. Římané během svých pohřebních ceremonií. Většina masek byla určena k zobrazení přesné podoby zemřelého. Z roku 139 př. Kr. pocházela posmrtná maska Scipia Hispanica (Pollini, 2007).



Obr. č. 4: Mykénská zlatá posmrtná maska Agamemnona, 1350 př. Kr (internetový zdroj <http://faculty.evansville.edu/rl29/art105/sp03/art105-1.html>).



Obr. č. 5: Terakotová hlava ze sbírky Campana, Louvre, Paříž (převzato podle Pollini, 2007).

2.1.3. Období středověku

O praktikách a původu faciální rekonstrukce ve středověku jsem bohužel nenalezla dostatečné množství publikací, abych ji mohla detailně vypracovat. Proto zde zmiňuji jen několik příkladů posmrtných masek vytvořených v tomto období.

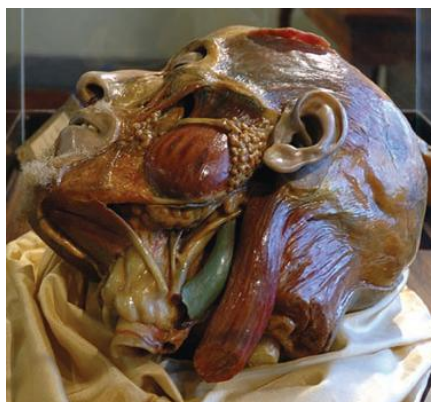
V rozmezí 500 – 700 n. l. vytvářely mexické kultury hliněné usmívající se masky, jejichž funkce je zatím nejasná. Mnoho vědců se domnívá, že byly využívány pro pohřební účely. Nefritové přívěšky zobrazující skutečné portréty mayských králů byly objeveny v Guatemale (600 – 900 n. l.). Z Číny pochází posmrtná maska Liao dynastie (916 – 1125 n. l.) vyrobená opracováním těžkého plátu stříbra (Quick, 2004). Vytváření posmrtných masek nadále pokračovalo až do období italské renesance (Wilkinson, 2004).

2.1.4. Období renesance

Během italské renesance posmrtné masky nabyly stejného stupně důležitosti jako výtvarné umění. Umělci ze severní Itálie zavedli jako první modelování voskem určené hlavně pro lékaře, především chirurgy. Jelikož lidé během renesance zvýšili svůj zájem o studium morfologie a fungování lidského těla, začaly se konat pitvy za účelem výuky jeho anatomie (Wilkinson, 2004). Výuka anatomie prošla radikální změnou, na níž měl svůj podíl i belgický anatom Andreas Vesalius. V roce 1543 publikoval své umělecké dílo *De Humani Corporis Fabrica*, anatomický atlas. Do výuky na lékařských školách vnesl použití voskových modelů v životní velikosti, které nahradily mrtvá těla (<http://vesalius.northwestern.edu/index.html>).

Již v roce 1598 malíř, sochař a architekt Ludovico Cardi, známý ve Florencii jako „il Cigoli“, připravil první anatomický model mužského těla s použitím jednobarevného červeného vosku. Byl vytvořen na základě pozorování pitev v nemocnicích a měřil šedesát jedna centimetrů. Soška je v současné době velmi dobře zachovalá a je vystavena v Národním muzeu Bargello spolu s bronzovou kopií (Orlandini, Paternostro, 2010).

Na vytváření voskových modelů za účelem vyučování lidské anatomie se podílel také sicilský opat Gaetano G. Zumbo (Zummo, 1656 – 1701). V roce 1691 byl pozván ke dvoru velkovévody Cosima III de' Medici. Smrt a nemoc ho fascinovaly. Zumbo dokázal vytvořit pro tehdejší období děsivé scény zobrazující různá stadia dekompozice lidského těla. Jako první využil polychromovaný vosk. Jeho nejznámějším dílem je vosková hlava mrtvého muže, jehož obličej byl vymodelován na skutečné lebce (obr. č. 6). Znázorněné svaly a žlázy jsou zrekonstruovány přesně a velmi reálně, proto je toto dílo pokládáno za jeden z nejlepších příkladů manuální 3D rekonstrukce (Ballestiero, 2010; Riva et al., 2010).



Obr. č. 6: Anatomická hlava od G. G. Zumba, 18. století, Museum „La Specola“, Itálie (převzato podle Ballestriero, 2010).

2.1.5. Období 18. století

Giulio Gaetano Zumbo nebyl jediný umělec, jenž se podílel na založení „anatomica plastica“ (= umění zhotovování anatomických voskových modelů) (Wilkinson, 2004). Italský anatom Ercole Lelli (1702 – 1766) získal grant a speciální povolení od kardinála Lambertiniho (později papež Benedikt XIV.) pro provedení několika pitev a následné modelování. Už jako papež na své vlastní náklady založil muzeum voskových figurín a Ercole Lelliho jmenoval jeho správcem (Cooke, 2010). Jeho práce jsou vystaveny v Anatomickém Muzeu v Bologni. Lelliho voskové figuríny jsou určeny k reprezentaci detailně propracovaných svalů a cév. Svaly, klouby, vazy i tuková tkáň byly vymodelovány voskem s naprostou přesností. Při své práci využíval speciální techniku překrytí originálních kostí voskem vymodelovanými orgány a svaly. Lelli spolu se svými studenty a kolegy považovali anatomickou přesnost za mnohem důležitější aspekt než samotnou podobnost jedince (Maraldi et al., 2000).

2.1.6. Období 19. století

V 19. století byla identifikace neznámého těla problematická. Jestliže bylo nalezeno mrtvé tělo, bylo důkladně omyto a veřejně vystaveno za účelem určení identity zemřelého. Časem se zvyšovala dekompozice těla, proto byly hlavy později umísťovány do nádoby s lihem, aby se dekompozici zabránilo (Tyrell et al., 1997).

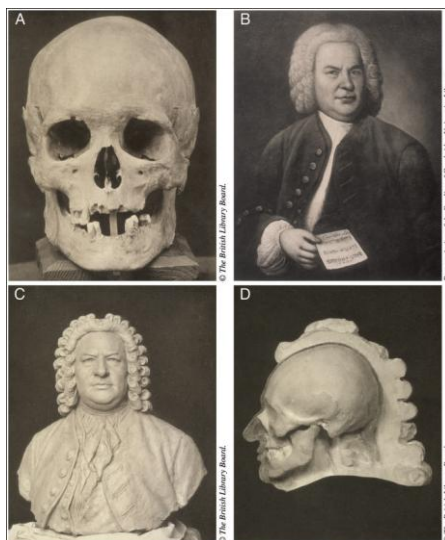
Poměrně významnou osobností konce 19. století se stal italský psychiatr Cesare Lombroso. Je považován za jednoho z prvních kriminalistů, kteří klasifikovali pachatele na základě statistických porovnaní základních dat vězňů (věk, rasa, pohlaví, vzdělání,...). Domníval se, že porovnáním dat jedince s daty jiných pachatelů bylo možné lépe pochopit jejich původ a motivaci a následně je předpovědět. Lombroso změřil a zdokumentoval obličejové detaily 383 italských vězňů. Na základě výsledků publikoval knihu *Criminal Man* (z orig. *L'uomo delinquente*), kde mezi typické znaky pachatelů řadí menší kapacitu lebky, větší tloušťku lebky, jednoduchost kraniálních sutur, výrazné a velké čelisti, obličejovou asymetrii atd. (Petherick et al., 2009). Lombrosův předpoklad, že stavba lebky souvisí s duševními schopnostmi a charakterovými rysy, byl vyvrácen ve 30. letech 20. století např. porovnávací studií Dr. Charlese Goringa a Karla Pearsona (Lombroso-Ferrero, Von Borosini, 1914).

V 19. století byla metoda rekonstrukce podoby podle lebky postavena na vědeckou bázi. Jako první se začali zabývat vědeckou rekonstrukcí obličeje anatomové. Běžnou

metodou k ověření totožnosti známých osob se stalo porovnání portrétů a soch s lebku zemřelého (Wilkinson, 2004).

Německý anatom H. Welcker porovnal Raphaelovu lebku s jeho portrétem a předpokládanou Kantovu lebku s jeho posmrtnou maskou, aby prokázal pravost lebek. Welcker používal metodu superimpozice, při níž se snažil překrýt nakreslené obrysy lebky a posmrtné masky z ortogonálního (kolmého) pohledu (Wilkinson, 2004). Tento německý vědec dále analyzoval rozměry lebky, která údajně patřila básníku Dante Alighierimu, a porovnal je s jeho posmrtnou maskou z Florencie, v Itálii (Welcker, Davis, 1867).

První vědecká rekonstrukce byla provedena v roce 1895 německým anatomem W. Hisem. Jeho cílem bylo ohledání předpokládaných ostatků hudebního skladatele Johanna Sebastiana Bacha, exhumovaných na hřbitově v Lipsku roku 1894, a jejich identifikace (obr. č. 7). His provedl měření tloušťky měkké tkáně obličeje ve vztahu k lebce u třiceti sedmi těl. Svá měření použil pro rekonstrukci podoby Bachova obličeje a výsledek porovnal s malbami skladatele. S použitím Hisových dat německý umělec Carl L. Seffner překryl zrekonstruovaný obličej Bacha s replikou lebky. Na základě faciální rekonstrukce, umístění hrobu a odhadovaného stáří těla v době smrti došel His k závěru, že exhumované ostatky velmi pravděpodobně náležely Bachovi (Stavrianos et al., 2007; Verzé, 2009; Zegers et al., 2009). Někteří současní vědci ale jeho názor nesdílí (Zegers et al., 2009).



Obr. č. 7: Wilhelm His a Carl Seffner identifikovali na základě rekonstrukce obličeje lebku jako lebku J. S. Bacha. (A) lebka; (B) olejová malba J. S. Bacha ve škole St Thomas; (C) busta od Seffnera modelovaná podle odlitku lebky; (D) busta z profilu s oddělenou levou polovinou pro zobrazení vztahu mezi měkkými a tvrdými tkáněmi (převzato podle Hopwood, 2012).

V roce 1898 anatom J. Kollman se sochařem W. Büchlym představili poprvé plastickou rekonstrukci obličeje založenou na empirických datech, metodu, která se neustále vylepšuje (Röhler-Ertl, 1983). Využili Hisova měření, připojili k nim své doplňující landmarky a provedli velmi přesná měření u žen a mužů za použití jehly pokryté sazemi, přičemž čistá část jehly představovala tkáňovou hloubku (Nelson, Michael, 1998). Kollman a Büchly zrekonstruovali tvář ženy z doby kamenné, která byla nalezena v oblasti Avenier ve Francii. Kollman využil tloušťku měkkých tkání ze stovek žen žijících ve stejné oblasti Francie a poté vypracoval technický náčrt, který byl následně zrealizován Büchlyho uměleckými dovednostmi. Provedli tak první skutečnou vědeckou rekonstrukci (Wilkinson, 2004).

V roce 1900 německý anatom F. Merkel za asistence sochaře Eichlera vymodelovali obličej na základě lebky starověkého Sasa. Lebka byla nalezena v blízkosti Göttingenu a její stáří je odhadováno na 1200 – 1400 let. Merkelova práce se od předešlých rekonstrukcí lišila častými odchylkami od předepsaného postupu. Věřil své vlastní intuici založené na vývoji svalů a jiných obličejových částí (Wilder, 1912).

V následujícím období se metoda rekonstrukce dále rozvíjela, postupně přibývaly výzkumy vzájemných vztahů mezi lebkou a obličejem a první experimentální studie ověřující validitu a přesnost metody. V polovině 20 století byly položeny základy několika různých rekonstrukčních technik, které se v mírně pozměněné podobě využívají dodnes.

2.2 SOCHAŘSKÉ TECHNIKY 3D REKONSTRUKCE

V současnosti rozlišujeme tři různé 3D manuální metody rekonstrukce obličeje, které spočívají ve fyzickém modelování obličeje na repliku lebky pomocí hlíny či plastelíny.

První metoda, ruská technika, je prováděna na základě znalostí anatomie hlavy a krku, zejména žvýkacích a mimických svalů a podkožních měkkých tkání. Pro americkou metodu je klíčová tloušťka měkkých tkání. Kombinovaná metoda využívá výhody i nevýhody obou, ruské a americké techniky.

Použitím metody rekonstrukce podoby podle lebky za současného stavu poznání není možné vytvořit 100% přesný portrét jedince. A to jednak z důvodu velmi vysoké variability lidského obličeje, a jednak z důvodu neexistence přímého vztahu mezi všemi obličejovými znaky a lebkou (Vanezis et al., 1989).

2.2.1 Příprava lebky před procesem modelování

Pracovní proces obličejové rekonstrukce počíná přípravou lebky. Vzhledem k tomu, že je lebka nenahraditelným důkazem při řešení kriminálních případů, je třeba při manipulaci s lebkou dbát zvýšené opatrnosti (Kähler et al., 2003). Některé části lebky jsou extrémně tenké a křehké, a to zejména kosti v oblasti očníce, nosní a pneumatizované kosti a jařmový oblouk (Wilkinson, 2004). Aby se zabránilo poškození původní lebky, provádí se rekonstrukce podoby na fyzické replice lebky či jejím virtuálním modelu v případě počítačové rekonstrukce podoby.

V první řadě musí vědec provést důkladnou analýzu lebky z antropologického i odontologického hlediska. Po řádném ohledání lebky musí být provedena klasická měření – horizontální, vertikální a sagitální. Vypočtené indexy a úhly udávají etnickou příslušnost a všeobecný tvar lebky a obličeje jedince (Quatrehomme, Subsol, 2005). Úhly mohou být měřeny přímo na lebce, na rentgenových snímcích, anebo je možné je vypočítat z jednoduchých měření na lebce (Paysant, Quatrehomme, 2002). Slouží jako vodítka pro určení tvaru lebky a při posuzování ortognatismu či prognatismu (Quatrehomme, Subsol, 2005). Před rekonstrukcí podoby je třeba také vyhodnotit dožitý věk a pohlaví jedince.

Významným faktorem při vytváření rekonstrukce podoby je zachovalost kosterního materiálu. Lebka může být různou měrou poškozena, buď úmyslně s cílem znemožnit identifikaci, náhodně během dekompozice či nálezů kosterních pozůstatků, anebo může být poškozena během pohřbu. V těchto případech musí být lebka nejprve zrekonstruována. Pro slepení lebečních fragmentů dohromady se používá vosk či vinyl acetát. Chybějící oblasti mohou být domodelovány voskem přímo na lebku (Wilkinson, 2004). Výzkum na univerzitě v Manchesteru prokázal, že části lebky mohou být domodelovány s relativní přesností. Výzkumníci ve slepé studii domodelovali různé chybějící části lebky na 5 různých lebkách. Chybějícími oblastmi byla dolní čelist, čelní kost, lícní kosti, horní čelist a kost týlní. Dotvořené kopie lebek byly následně metricky porovnány s úplnými lebkami před poškozením. Výzkumníci došli k závěru, že se jednotlivé vymodelované oblasti tolik neliší od těch původních, kromě dolní čelisti (Wilkinson, 2004).

Pokud jsou v lebce zuby zachovány, může antropolog před slepením mandibuly s lebkou vyhodnotit dentici (Taylor, 2001). Dentice poskytuje mnoho užitečných informací pro identifikaci, proto se dentální analýza obvykle provádí již v této fázi (Kähler et al., 2003). Vyhodnocení zubů a skusu může poskytnout nejen informace o vzhledu úst, ale také o socioekonomickém postavení jedince během života. Během života je kondylus větve dolní

čelisti (*ramus mandibulae*) pokryt chrupavkou a artikulární disk je součástí čelistního kloubu. Při lepení dolní čelisti by měl rozstup těchto struktur odpovídat stavu za života včetně zmíněných chrupavčitých tkání (Taylor, 2001).

S již umístěnou dolní čelistí je připraven sádrový odlitek originální lebky, což umožní vytvoření obličejce na přesné replice. Neexistuje zde proto žádné riziko poškození originální lebky a sádrový odlitek navíc poskytuje mnohem pevnější základ pro rekonstrukci, s nímž se dále pracuje (Vanezis et al., 1989).

2.2.2 Gerasimovova metoda

Ruský antropolog Mikhail M. Gerasimov (1907 – 1970) po mnoha letech usilovné práce získal detailní znalosti o vztahu anatomie faciálního skeletu a obličejových měkkých tkání. Prokázal, že tyto vzájemné vztahy jsou mnohem silnější, než se původně předpokládalo. K jejich zkoumání tento badatel využíval různé anatomické postupy a srovnání. Postupně rozpitvával hlavy mrtvol, prováděl průřezy v různých úrovních hlavy a obličejce, sondoval jehlou značenou sazemi a bohatě využíval radiografii. Výsledkem těchto pokusů byla podrobná měření tloušťky měkkých tkání v různých oblastech hlavy a obličejce a vyhodnocení věkových a pohlavních rozdílů v distribuci těchto parametrů. Dále zjistil, že asymetrie měkkých tkání je úzce spjata s obličejovým skeletem a do značné míry určuje jedinečnost každé lidské tváře (http://www.kunstkamera.ru/en/temporary_exhibitions/virtual/gerasimov/).

Při vypracovávání své unikátní metody, v literatuře nazývané jako „ruská technika“, Gerasimov vycházel z porovnávání tvaru obličejce a lebky. Po srovnání nespočetného množství rentgenových snímků a fotografií vyrobených ve stejné projekci a po změření stovky hlav, Gerasimov došel k několika závěrům:

- mezi tvarem obličejce a tvarem lebky existuje výrazný vztah,
- tloušťka měkkých tkání je nezávislá na etnické příslušnosti,
- tloušťka měkkých tkání je téměř nezávislá na věku.

Gerasimovovým výrazným úspěchem bylo hodnocení vztahu mezi tloušťkou měkkých tkání a vývojem kostního profilu lebky, z něhož vycházel během svých budoucích studií. Dalším krokem ve vývoji metody bylo prozkoumání standardních referenčních bodů používaných v kranioometrii a zvolení klíčových bodů, které by zajistily maximální přesnost pro rekonstrukci měkkých tkání (http://www.kunstkamera.ru/en/temporary_exhibitions/virtual/gerasimov/).

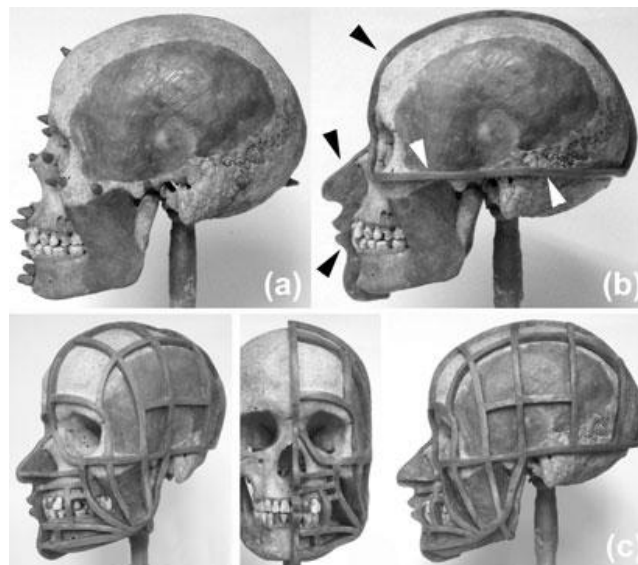
V Gerasimovově anatomické metodě jsou uměle vytvořené obličejové svaly vymezeny a pokládány jednotlivě jeden po druhém na lebku v určitém pořadí. Rekonstrukce obličeje na základě lebky probíhá podle Gerasimova ve dvou rozdílných fázích. Tyto fáze zahrnují vytvoření samotné hlavy a následné modelování obličejových rysů. Nejdůležitější částí rekonstrukce je podle zakladatele metody znázornění a zpodobnění svalů krku a hlavy (Omstead, 2002).

Lidské tváře mají s minimální variací srovnatelný počet svalů a stejná místa svalových úponů (Wilkinson, 2010). Avšak tvar, velikost a relativní pozice obličejových svalů se mezi jedinci různí v závislosti na kostní matrix. Některé svaly faciální exprese mohou chybět, být zdvojené či rozštěpené (Pessa et al., 1998). V anatomických atlasech je všeobecně uváděno, že některé svalové úpony jsou spojeny s dobře definovanými oblastmi kosterního povrchu. Výzkumy potvrdily, že velikost svalu a jeho fungování má přímý vliv na kraniofaciální morfologii (Wilkinson, 2010).

Svaly a jiné relevantní struktury jsou modelovány podle přesných anatomických pokynů. Tato první fáze procesu by neměla být ovlivněna uměleckými sklony sochaře.

Pro druhou fázi rekonstrukce je důležitý trénink a dlouhodobé zkušenosti (Omstead, 2002). Gerasimovovým záměrem bylo vypracovat metodu rekonstrukce nejdůležitějších obličejových rysů - nosu, úst, uší, očí a očních víček. Tyto části, zcela složené z měkkých tkání (chrupavky, svaly, atd.), jsou různě spojené s kostním podkladem, lebkou. Rekonstrukce tvaru nosu byl jeden z hlavních úkolů. Tento problém vyřešil umístěním průsečíku linií, který stanovil hrot nosu. Gerasimov dále uvádí, že největší šířka nosního otvoru (*apertura piriformis*) odpovídá třem pětinám šířky nosu. (Gerasimov, 1955). Úhel báze nosu, tedy úhel mezi horním rtem a kolumelou (= kožní část nosní přepážky), je určen předním nosním trnem (*spina nasalis anterior*). Metoda určení polohy hrotu dle Gerasimova je následující: hrot nosu leží v oblasti průsečíku dvou přímek. Jedna přímka je prodloužením směru distálního konce nosních kostí a druhá přímka vychází z hrotu předního nosního trnu a následuje jeho směr. Tam kde se tyto přímky protnou, se nachází hrot nosu. Tuto metodu ověřil studií naslepo u 50 hlav mrtvol. Gerasimov rovněž uvádí, že polohu horního okraje křídel nosních lze určit podle polohy *crista conchalis* a tvar profilu nosu je zrcadlovým obrazem tvaru profilu nosního otvoru (Gerasimov, 1955). Morfologie úst je oblast obličeje, která je nejvíce ovlivněna uměleckou interpretací. Podle Gerasimova, tvar úst a rtů závisí na tvaru a velikosti zubů, struktuře čelistí, okluzním typu a stupni prognacie čelistí. V případě, že horní zuby prominují více dopředu než dolní zuby, bude horní ret výraznější než spodní ret a naopak (Gerasimov, 1955). Gerasimov dále zjistil, že velikost oční bulvy závisí na tvaru očnic a tvaru okraje

očnic. Poloha oční štěrbiny je určena relativní pozicí hrbolku na vnitřní straně laterálního okraje očnice (tzv. „Whitnallova“ hrbolku) a slzného kanálku. Oční štěrbina je obvykle orientována dle linie spojující tyto dva prvky obličejového skeletu. Zbývající informace, vztahující se k morfologii očního víčka, jsou odvozeny od tvaru očnice, zejména jejího horního okraje (http://www.kunstkamera.ru/en/temporary_exhibitions/virtual/gerasimov/). Tvar ucha je také velmi obtížné určit. Gerasimov považoval vertikální osu ušního boltce za rovnoběžnou s osou větve dolní čelisti a uvádí, že v případě, kdy bradavkovitý výběžek temporální kosti (*processus mastoideus*) směřuje dolů, měl jedinec lalůček přirostlý, zatímco v případě, kdy *processus mastoideus* směřuje dopředu, má jedinec volný typ ušního lalůčku. Pokud se týče rekonstrukce oblasti tváří, tam, kde jsou lící kosti široké a masivní, úpony svalů *musculus zygomaticus major* a *minor* budou umístěny na přední straně povrchu lící kosti (*os zygomaticum*). A naopak, kde jsou lící kosti úzké a gracilní, úpony těchto dvou svalů budou umístěny více laterálně na povrchu *os zygomaticum*. Z toho vyplývá, že plasticita obličejového svalstva na různých lebkách vyprodukuje odlišné obličejové tvary s odlišnými proporcemi a konturami (Gerasimov, 1955). Část rekonstrukce je zobrazena na obr. č. 8.



Obr. č. 8: Reprezentace hloubky měkkých tkání podle Gerasimova. (a) tloušťka měkkých tkání v definovaných bodech označená markery z vosku ve tvaru pyramidy; (b) linie profilu obličeje a linie sledující Frankfurtskou horizontálu, které propojují většinu markerů tloušťky měkkých tkání změřených Gerasimovem; (c) síť vytvořená pomocí tenkých pásků plastelíny/hlíny/vosku, které propojují jednotlivé části obličeje (převzato podle Ullrich et al., 2011).

Závěrečnou fází procesu rekonstrukce obličeje je připojení vrstvy kůže (s podkožní pojivovou a tukovou tkání) ke svalové struktuře, aby vyplnila tvář do úrovně kolíčků tkáňové hloubky. Kolíčky tkáňové hloubky představují střední hodnoty tkáně na jednotlivých

anatomických bodech ve vztahu k etnické příslušnosti, pohlaví a věku jedince (Wilkinson, 2010).

Gerasimov svou techniku úspěšně využil jak při rekonstrukci podoby historických osobností i anonymních jedinců žijících v minulosti, tak i při řešení 150 forenzních případů (Wilkinson, 2004). Ale některé jeho výsledky jsou velmi špatně zdokumentované a podle některých současných vědců je jeho popis metody málo detailní (Ullrich, Stephan, 2011). Další výzkumy také prokázaly, že tloušťka měkkých tkání není zcela nezávislá na rasové příslušnosti a výběr vhodného souboru tloušťky měkkých tkání pro danou populaci (etnikum) má vliv na výslednou podobu rekonstruovaného jedince (Wilkinson 2004). Rovněž nezávislost tloušťky měkkých tkání na věku dle poznatků Gerasimova je diskutabilní.

2.2.3 Americká metoda

Americká technika se opírá o pečlivé měření tloušťky tkání kryjících kosti, žvýkací ani mimické svaly se nemodelují. Název je odvozen od místa vzniku této techniky, někdy bývá označována jako „technika tloušťky měkkých tkání“ („soft tissue depth method“).

J. H. McGregor, student paleontologie z Kolumbijské univerzity, byl první, kdo provedl rekonstrukci obličeje v USA (1915). Také se stal jedním z prvních vědců, kteří používali techniku rekonstrukce, při níž byla modelována pouze polovina obličeje, zatímco druhá polovina lebky byla ponechána bez měkkých tkání, aby měl pozorovatel lepší představu o vztahu mezi konečnou podobou a strukturou odpovídající části lebky. Tato metoda byla mnohokrát použita při rekonstrukci prehistorických lidských lebek (Wilkinson, Neave, 2003; Wilkinson, 2004).

S McGregorem spolupracoval Harris H. Wilder, průkopník ve forenzní antropologii, jenž v Severní Americe představil evropské metody rekonstrukce a nechal se jimi inspirovat. Zrekonstruoval tváře mnoha lebek původních obyvatel Ameriky. Jeho článek z roku 1912 poskytl podrobné a odborné úvahy alternativních přístupů k reprodukci obličeje a také metodám pro odhad tloušťky měkkých tkání (Wilder, 1912; Buikstra et al., 2003).

V roce 1946 testoval W. M. Krogman techniku rekonstrukce, kterou by bylo možné využít ve forenzních vědách. Ve spolupráci se sochaři (např. McCue a Frost) se Krogman pokoušel zrekonstruovat obličej mrtvoly, kterou si vyfotografoval předtím, než byla zbavena měkkých tkání. Lebku dále předal sochaři, jenž zrekonstruoval její tvář na základě dat o tloušťce tkáně odpovídajících pohlaví, věku a etnické příslušnosti jedince. Výsledná rekonstrukce, porovnaná s pořízenými fotografiemi, ukázala dostatečnou podobnost s danou

osobou a dokázala, že může být využita pro identifikaci jedince ve forenzní antropologii (Taylor, Craig, 2005). Téhož roku Krogman publikoval v FBI Law Enforcement Bulletin svou zprávu s popisem, jak by měla být rekonstrukce obličeje provedena (Iskan, 1988b).

Forenzní umělkyně Betty Pat Gatliff a soudní antropolog Clyde C. Snow dále rozvíjeli a zdokonalovali americkou metodu rekonstrukce obličeje, založenou na Krogmanových předchozích výzkumech (Taylor, 2001). Jejich společnou prací byla rekonstrukce obličeje muže indiánského původu. Betty Gatliff si během procesu rekonstrukce uvědomila, že asymetrie obličeje je velmi důležitá z hlediska jemných individuálních rozdílů ve vzhledu obličeje (Snow et al., 1970). Původně totiž nejprve rekonstruovala jednu polovinu obličeje a druhá polovina pak byla jejím zrcadlovým obrazem.

Při rekonstrukci obličeje je zapotřebí pracovat s lebkou v poloze odpovídající Frankfurtské horizontále. Tato imaginární horizontální linie prochází dolním okrajem orbity a horním okrajem vnějšího zvukovodu na obou stranách, což přibližně odpovídá přirozené pozici hlavy (Borman, Ozgur, 1998; Stephan et al., 2001).

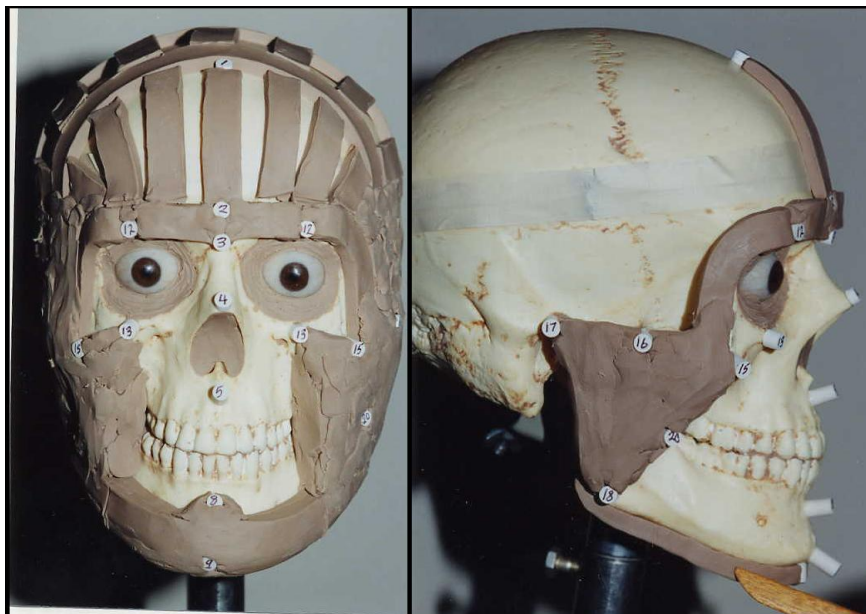
Jakmile je lebka situována do horizontální roviny, následuje příprava a umístění markerů tloušťky měkkých tkání. Délka markerů z vinylu či dřeva se upraví na základě tabulek měření, které obsahují průměrné hodnoty tloušťky měkkých tkání v definovaných bodech obličeje/lebky. V tabulkách je průměrná tloušťka měkkých tkání uspořádána podle věku, pohlaví a etnické příslušnosti. Markery jsou očíslovány podle umístění a připojeny k příslušným landmarkům na lebce pod specifickým úhlem (Brown et al., 2004; Starbuck, Ward, 2007).

Předtím, než se body spojí, je zapotřebí umístit do očnice protetické oko o průměru přibližně 25 mm. Barva očí se odhaduje na základě etnické příslušnosti. U lebek mongoloidního či negroidního původu by antropologové při rekonstrukci logicky zvolili hnědou barvu očí. Z frontálního pohledu je oční koule umístěna do středu očnice. Z laterálního pohledu je poloha oční koule určena pomocí přiložení rovné hrany libovolného předmětu k hornímu a dolnímu okraji očnice. Oční koule je v orbitě upevněna malým množstvím modelové hlíny (Taylor, 2001).

Propojením markerů tloušťky měkkých tkání (obr. č. 9) modelovací hlinou získáme obecný tvar obličeje, založený na tvaru lebky. Původně uniformní nařezané pásy hlíny jsou rozváleny do požadované tloušťky. Následně se spojuje první bod supraglabella (#1) přímo s body glabella (#2) a nasion (#3). Od nich se táhne na obě strany další pruh výplně k bodu supraorbital (#12). Z obou stran pokračuje pruh hlíny na laterální stranu orbity až za okraje očních důlků, přičemž malá část vnějšího okraje orbit zůstává viditelná, a končí u bodů

„lateral orbit“ (#15). Ne všechna spojení mezi body jsou zajištěna prostřednictvím pruhů hlíny. Na některých místech je přípustné vyplnit větší oblasti např. u tzv. zadního trojúhelníku (mezi markery: „lateral orbit“, střed arcus zygomaticus, supraglenoid, gonion a okluzní linie) a předního trojúhelníku („lateral orbit“, suborbital, poloviční vzdálenosti mezi body „mental eminence“ a gonion). Jakmile jsou vyplněny i trojúhelníkové oblasti, pokryje se dlouhými pruhy hlíny i horní část hlavy. Následuje umělecká fáze vytváření úst, očních víček, nosu, tváří, uší a krku. Po vytvarování krku je povrch opracován kvalitním brusným papírem, jenž navodí vzhled pokožky, speciálními nástroji se vyrýsuje obočí a může se aplikovat i prášková kosmetika (make-up) pro zvýraznění obočí, okraje očních víček, tváře a rtů (Taylor, 2001).

Tato metoda je upřednostňována díky své rychlosti, jednoduchosti a větší srozumitelnosti, protože nevyžaduje hluboké znalosti anatomie obličeje. Výsledné rekonstrukce podoby jsou však schematičtější.



Obr. č. 9: Modelování tváře na povrchu lebky podle Americké metody měkkých tkání rekonstrukce (převzato podle Kähler, 2003).

2.2.4 Kombinovaná metoda

Za posledních padesát let se v Evropě objevilo několik pokusů o rekonstrukci obličeje, z nichž nejpozoruhodnější byly reprodukce provedené R. P. Helmerem v Německu a Richardem Neaveem ve Velké Británii. Zatímco Helmer následoval Americkou metodu rekonstrukce, Neave vyvinul novou techniku začleňující Ruskou i Americkou metodu. Vytvořil důkladnou a úspěšnou proceduru, jež byla převzata mnoha jinými odborníky po celém světě (Wilkinson, 2004).

Neave svůj zájem o faciální rekonstrukci získal na Univerzitě v Manchesteru, kde spolupracoval se skupinou odborníků, odpovědných za výzkum mnoha egyptských mumii uložených v místním muzeu (Wilkinson, 2004). V roce 1973 byl Richard Neave požádán o faciální rekonstrukci dvou bratrů z dvacáté egyptské dynastie, při níž využil svou v té době ještě ne příliš vyvinutou techniku (Neave, 1979). Během následujících 25 let Neave svou metodu rozvíjel a zdokonaloval. Použil stejné sady průměrných hodnot tloušťky měkkých tkání jako Americká metoda, ale také následoval Gerasimovův anatomický přístup. Přes svalovou vrstvu pokládal jednotlivé vrstvy představující pokožku až do výšky markerů tloušťky měkkých tkání. Pro rekonstrukci jednotlivých obličejových rysů (očí, nosu, rtů) Neave využil pokyny podle Gatliffové, Krogmana a Iscana, a George (Wilkinson, 2004). Odtud tedy název „kombinovaná“ nebo také „Manchesterská“ či „Britská“ technika.

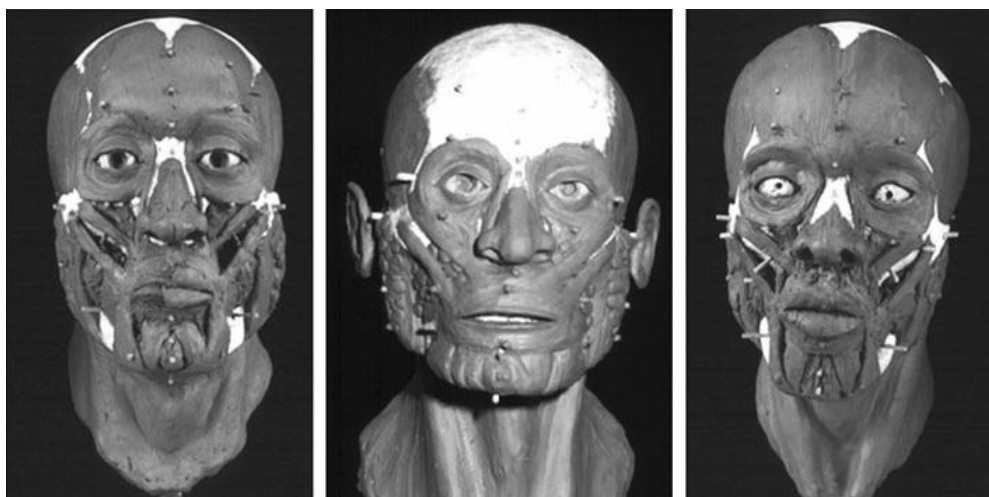
Neave se spolu se svým týmem zúčastnil přibližně dvaceti soudních vyšetřování se 75% úspěšností a mnoha archeologických výzkumů, z nichž nejznámější jsou rekonstrukce obličeje muže z doby železné, Filipa II. Makedonského (Mustgrave et al., 1984; Prag, 1990) a krále Midase (Prag, 1989). Tato kombinovaná metoda je široce využívána světově proslulými antropology a umělci, jako je např. K. T. Taylor a B. Hill. V Itálii si ji osvojil např. C. Cattaneo nebo F. Cesarani při rekonstrukci egyptské mumie (Cesarani et al., 2004).

Podle kombinované techniky je kopie nejprve orientována do Frankfurtské horizontály. Dolní čelist je připojena ke kranium prostřednictvím vosku. Výběr dat hloubky měkkých tkání je odvozen s ohledem na pohlaví, věk a etnickou příslušnost jedince. Do kopie lebky jsou následně vyvrtány otvory pomocí 3 mm vrtáku, a to kolmo ke kraniálnímu povrchu a v příslušném počtu anatomických bodů. Dřevěné kuličky se na základě dat hloubky měkkých tkání nařezou do požadované délky za pomoci skalpelu, tužky a posuvného měřidla a následně se vloží do vyvrtaných otvorů. Sádrové či umělohmotné oční bulvy o průměru 25mm jsou poté usazeny do očních důlků prostřednictvím keramické hlíny. Obvyklá protruze oční koule (= vysunutí dopředu, vyklenutí) je určena tak, aby se plochá rovina duhovky dotýkala tečny jdoucí od horního k dolnímu okraji očnice (Wilkinson, 2004).

V tomto okamžiku se proces posouvá od přípravy lebky k modelování svalů. První oblast, na níž se začínají modelovat jednotlivé svaly, je krk, ale většina krčních svalů se nevytváří. Nejdůležitější jsou svaly (dle pořadí během rekonstrukce): *musculus sternocleidomastoideus* (zdvíhač hlavy), *platysma* (kožní sval), *musculus trapezius* (trapézový sval). Svaly krku jsou vytvářeny jako hlavní blok tak, aby si byl sochař jistý, že je krk dostatečně široký pro podporu hlavy, že jsou zahrnuty struktury hrdla (chrupavky štítné žlázy, průdušnice, prominující hrtan u mužů), a že křivka krku na hřbetní straně není příliš svislá.

Svaly obličeje a temena hlavy jsou modelovány pro rekonstrukci v následujícím pořadí: *m. temporalis* (sval spánkový), *m. masseter* (velký sval žvýkací), *m. buccinator* (sval tvářový), *m. orbicularis oris* (kruhový sval ústní), *m. mentalis* (sval bradový), *m. depressor labii inferioris* (stahovač dolního rtu), *m. depressor anguli oris* (stahovač ústního koutku), *m. orbicularis oculi* (oční sval kruhový), *m. levator labii superioris alaeque nasi* (zdvíhač horního rtu a nosního křídla), *m. nasalis* (sval nosu), *m. levator anguli oris* (zdvíhač koutků rtů), *m. levator labii superioris* (zvedač horního rtu), *m. zygomaticus major* (velký sval lícní) a *minor* (malý sval lícní), *m. corrugator supercilii* (svrašťovač obočí), *m. procerus* (sval štíhlý), *m. occipitofrontalis* (sval čelní a týlní). Po zmíněných svalech následuje modelování příušních žláz. Příušní žláza je nepravidelná lalúčkovitá masa, ležící pod vnějším zvukovodem mezi mandibulou a *m. sternocleidomastoideus*. *Musculus risorius* (smíchový sval) je vytvořen až po příušní žláze. Výsledné obličejové svalstvo již znázorňuje základní faciální tvar a proporce. Teprve v této fázi je zřejmý přímý vliv lebky na vzhled obličeje (Wilkinson, 2004). Rozdíly ve tvaru a proporcích obličeje jsou zobrazeny na obr. č. 10.

Další etapou procesu je umístění vrstev modelovací hlíny přes vymodelované svaly, které představují pokožku a podkožní tuk. Nejprve se aplikuje vrstva reprezentující podkožní tuk na lících, poté pokožková vrstva. Pásky hlíny se rozválí, vytvarují a umístí přes svalovou/tukovou strukturu tak, aby vytvořily výsledný obličej. Detaily obličejových rysů jsou modelovány podle morfologického a metrického vyhodnocení částí lebky, které předchází samotné rekonstrukci podoby. Vyhlazením povrchu obličeje je dosaženo finální podoby obličeje (Wilkinson, 2004).



Obr. č. 10: Tři lebky pokryté svalovou vrstvou (převzato podle Wilkinson et al., 2010). Již v této fázi jsou patrné rozdíly ve tvaru a proporcích obličeje

Manchesterská metoda (tj. kombinovaná technika) se ve srovnání s „americkou technikou“ opírá o hluboké znalosti anatomie obličeje, jeho exprese, antropometrie, antropologie a vztahů mezi měkkými a tvrdými tkáněmi obličeje. Vyžaduje dlouhodobé studium a školení. Nevýhodou tohoto postupu je jeho časová náročnost. Na druhou stranu je tato kombinovaná technika faciální rekonstrukce považována za nejpřesnější techniku (Wilkinson, 2004).

2.3 POČÍTAČOVÁ TECHNIKA 3D REKONSTRUKCE

Do roku 1995 byla rekonstrukce obličeje prováděna především sochařskými a kreslicími technikami, s ohledem na antropologické nálezy, patřičnou tloušťku pokožky obličeje a anatomický vztah mezi lebku a obličejem (Miyasaka et al., 1995).

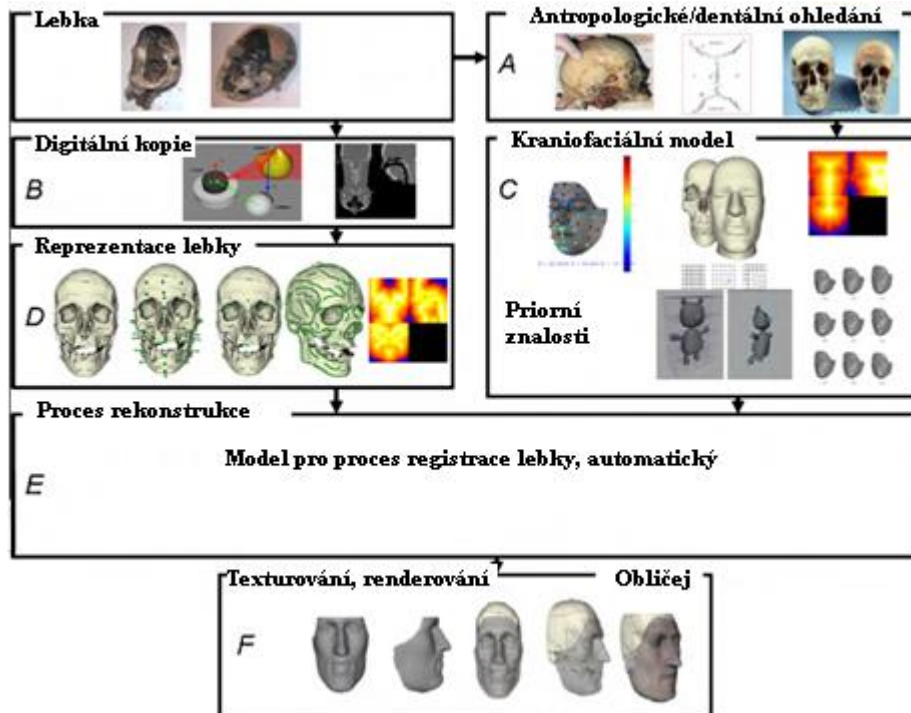
Pokrok v oblasti počítačové vědy a zdokonalení lékařských zobrazovacích technologií v posledních letech měl významný dopad na 3D kraniofaciální rekonstrukci (De Greef, Willems, 2005).

Provedení počítačové rekonstrukce podoby, i když je mnohem rychlejší a flexibilnější, závisí na patřičném počítačovém hardwaru, softwaru a na kvalitě a velikosti databáze, z níž je rekonstrukce vytvořena. Většina současných počítačových rekonstrukcí obličeje se ve své podstatě opírá o stejnou metodu: aplikaci hloubky měkkých tkání na lebku a následné formování obličeje, který lebku zakryje (Nelson, Michael, 1998).

Podle C. Wilkinsonové by měl ideální počítačový systém zahrnovat tři kroky: (1) shromáždění informací z neidentifikované lebky prostřednictvím skenovacího zařízení, (2) získání charakteristických detailů neidentifikovaného jedince jako je věk, pohlaví, etnická příslušnost a tělesné proporce a (3) vytvoření rekonstrukce obličeje jedince (Wilkinson, 2004).

Současné počítačové techniky sdílí stejný obecný pracovní postup zobrazený na obr. č. 11. Jsou v podstatě virtuálním napodobením manuálních rekonstrukčních technik a mohou být rozčleněny do šesti komponent (A-F). Prvním bodem je prozkoumání neznámé lebky antropologickými a dentálními experty (A) pro určení věku, pohlaví a etnické příslušnosti. Následně (B) se digitalizací reálné lebky získá virtuální kopie lebky. Základním bodem každé techniky je vytvoření kraniofaciálního modelu (C). Jedná se o referenční model, kdy zvolený virtuální obličej překryje lebku a následně je na lebce zarovnán podle několika anatomických landmarků. Na druhé straně landmarky na neznámé lebce (D) musí být definovány jednoznačným matematickým vzorcem (např. „crest lines, ridge lines“), aby mohli být

automaticky vypočítány a dokázaly anatomicky charakterizovat strukturu lebky. Rekonstrukce (E) je pak získána nalezením geometrického vztahu mezi kraniofaciálním modelem (C) a matematicky reprezentovanou neznámou lebkou (D). Ve finálním stadiu může být zrekonstruovaný tvar obličeje dodatečně texturován a vizualizován (F) za cílem generovat obrazy pro další distribuci a rozpoznávání (Claes et al., 2010).



Obr. č. 11: Obecný pracovní postup počítačového modelování (zpracováno podle Claes et al., 2010).

2.3.1 Techniky počítačového modelování

3D počítačové metody prezentované v posledních dvaceti letech lze rozdělit do tří kategorií: (1) metody založené na morfometrii, (2) metody založené na morfologii a (3) metody založené na „registraci“ lebky (Subsol, Quatrehomme, 2005).

2.3.1.1 Metody založené na morfometrii

U těchto typů metod si uživatel nejprve vybere některá místa na povrchu lebky, na nichž definuje tloušťku tkáně. Povrch obličeje je poté upraven (či deformován) 3D transformacemi tak, aby odpovídal jednotlivým vybraným místům. Hlavní problém spočívá ve stanovení úrovně transformací, které jsou dostatečně komplexní a pravidelné na to, aby mohly povrch obličeje deformovat přesně a důsledně (Subsol, Quatrehomme, 2005).

P. Vanezis se svými spolupracovníky provedli jeden z prvních pokusů, během něhož využili 3D metodu počítačové grafiky. Na povrch obličeje aplikovali transformaci, která vedla k nehomogenním změnám velikosti (Vanezis et al., 1989).

Další transformační metodou je bilineární interpolace (interpolace = nalezení přibližné hodnoty funkce v nějakém intervalu)(Subsol, Quatrehomme, 2005). Tento proces probíhá na vrcholech sousedících trojúhelníků, které vytváří trojúhelníkovou digitální síť povrchu obličeje a slouží k vyhlazení pixelů obrazu (Lee, Magnenat-Thalmann, 1998).

Prototypový počítačový rekonstrukční systém, který popsala K. M. Archer ve své diplomové práci z roku 1997, vytváří obecný hierarchický „B-spline“ (B-křivka) povrch přes 3D sken lebky. Řídce rozmístěné datové body reprezentující tloušťku tkáně jsou nejprve umístěny na landmarky lebky. Následně se automaticky vytvoří obecný povrch tak, aby hladce a rovnoměrně interpoloval datové body (Archer, 1997). V procesu interpolace hledaná křivka přesně prochází všemi známými (změřenými) body (<http://cs.wikipedia.org/wiki/Interpolace>).

Dalšími složitými transformacemi jsou radiální základní funkce používané P. Vanezisem pro získání finální deformace obličeje (Vanezis et al., 2000) a hierarchická volumetrická deformace (Petrick, 2000).

2.3.1.2 Metody založené na morfologii

Uživatel před tím, než dokončí rekonstrukci obličeje umístěním vrstvy kůže, zahrne do procesu rekonstrukce také modelaci svalů a tuku (Subsol, Quatrehomme, 2005).

J. Wilhelms a A. Van Gelder popsaly anatomický přístup, při němž využily grafické algoritmy. S jejich pomocí dokážou vymodelovat kosti, svaly, veškerou tkáň obecně. Tyto struktury jsou prezentovány formou trojúhelníkových sítí či elipsoidů (Wilhelms, Van Gelder, 1997).

Na morfologii je založená i metoda K. Kählera a jeho spolupracovníků. Přesný anatomický virtuální model hlavy je umístěn na neidentifikovanou naskenovanou lebku na základě odpovídajícího vztahu mezi landmarky lebky a obličeje (Kähler et al., 2003).

Obdobnou proceduru za účelem simulace či plánu chirurgického zákroku v oblasti obličeje vyvinul R. M. Koch (Koch et al., 1996).

Podle C. Wilkinsonové bude do budoucna počítačový systém interpretující svaly obličeje nejpřesnější metodou rekonstrukce obličeje (Wilkinson, 2004).

2.3.1.3 *Metody založené na „registraci“ lebky*

Tato třída metod vyžaduje prvotní návržení referenčního modelu hlavy, který zahrnuje lebku a model obličeje extrahované z 3D snímků (Subsol, Quatrehomme, 2005). Tyto snímky mohou být získány počítačovou tomografií (CT) (Shaham et al., 2000) nebo 3D laserovým skenováním (Shahrom et al., 1996). Referenční lebka je následně „registrována“ virtuálním modelem neznámé lebky s cílem provést 3D deformaci. Tato deformace může být aplikována na referenční obličej, z čehož odvodíme neznámý obličej (Subsol, Quatrehomme, 2005).

L. A. Nelson a S. D. Michael ve své studii manuálně umisťují struktury označované jako „disky“ na klíčové rysy neznámé a referenční lebky, přičemž tyto „disky“ definují 3D volumetrickou deformaci objektu (Nelson, Michael, 1998).

M. Jones navrhl algoritmus založený na korelaci mezi dvěma 3D snímky lebky, čímž automaticky extrahoval body obličejových rysů (Jones, 2001).

P. Tu se svými spolupracovníky transformoval 3D model lebky na 2.5D model, čehož dosáhl použitím cylindrického systému souřadnic. Jedná se o 2D snímek, v němž je prezentována i intenzita snímku prostřednictvím radiální tloušťky povrchu a na této intenzitě je založen registrující algoritmus, jenž je zde použit (Tu et al., 2005).

Některé třídy metod počítačové rekonstrukce mohou být i smíšené. Podle G. Subsola a G. Quatrehomma jsou metody založené na „registraci“ nejslibnější, jelikož nevyžadují žádná antropologická měření či komplexní anatomické znalosti a mohou být založeny na veškerých povrchových datech lebky a obličeje (Subsol, Quatrehomme, 2005).

Jak ale uvedl P. Vanezis, problém s vyhodnocením a vylepšením spolehlivosti rekonstrukce obličeje musí být nadále řešen a musí být prováděny další výzkumy. Zároveň však připustil, že i přes veškeré úsilí vědců je velmi pravděpodobné (alespoň v dohledné budoucnosti), že predikce skutečné morfologie obličejových rysů zůstane i nadále do značné míry spekulativní (Vanezis et al., 2000).

3. ZÁVĚR

Kraniofaciální rekonstrukce je nástroj forenzní antropologie, jenž by měl vést k přiblížení podoby jedince, v nejlepším případě k jeho rozpoznání příbuznými či známými a následné identifikaci.

Hlavním záměrem bakalářské práce bylo popsat třídimenzionální metody rekonstrukce podoby, které jsou v současnosti používané forezními antropology při identifikaci jedince nebo pro bioarcheologické či biomedicínské účely. Práce je zaměřena zejména na manuální metody 3D rekonstrukce obličeje, během nichž je modelovací hmota aplikována přímo na kopii lebky jedince. Manuální metody se ve svém postupu značně liší, mají své výhody i nevýhody. Jsou časově velmi náročné a zatíženy určitou mírou subjektivity. Rozlišujeme 3 základní techniky: Gerasimovovu, Americkou a Kombinovanou.

Samotným technikám 3D rekonstrukce podoby podle lebky předchází rozsáhlá kapitola, která se věnuje historii rekonstrukce obličeje. Jedná se o první důkazy modifikovaných a upravených lebek, jejichž význam se různí na základě doby, ze které pochází. V historii lidstva byla rekonstrukce motivována náboženstvím a uctíváním předků, až se později stala vodítkem k identifikaci jedince.

Poslední část bakalářské práce se okrajově zabývá třídimenzionálními virtuálními metodami. K jejich značnému rozvoji došlo v posledních 25 letech s příchodem nových lékařských zobrazovacích technologií a zdokonalením počítačového softwaru.

4. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Abercromby, J. (1896): Funeral masks in Europe. *Folklore* 7(4):351–366.
- Archer, K. M. (1997): Craniofacial reconstruction using hierarchical B-Spline Interpolation. Master's thesis, University of British Columbia, Department of Electrical and Computer Engineering.
- Ballestriero, R. (2010): Anatomical models and wax Venuses: art masterpieces or scientific craft works? *Journal of Anatomy* 216: 223–234.
- Bonogofsky, M. (2001): Cranial modeling and Neolithic bone modification at 'Ain Ghazal: New Interpretations. *Paléorient* 27:141–146.
- Borman, H., Ozgur, F. (1998): A simple instrument to define the Frankfurt horizontal plane for soft- tissue measurements of the face. *Plastic and Reconstructive Surgery* 102:580–581.
- Brown, R. E., Kelliher, T. P., Tu, P. H., Turner, W. D., Taister, M. A., Miller, K. W. P. (2004): A survey of tissue-depth landmarks for facial approximation. *Forensic Science Communications* 6(1).
- Buikstra, J. E., King, J. L., Nystrom, K. C. (2003): Forensic anthropology and bioarchaeology in the American Anthropologist: rare but exquisite gems. *American Anthropologist* 105:38–52.
- Cesarani, F., Martina, M. C., Grilletto, R., et al. (2004): Facial reconstruction of a wrapped Egyptian mummy using MDCT. *American Journal of Roentgenology* 183:755–758.
- Claes, P., Vandermeulen, D., De Greef, S., Willems, G., Clement, J. G., Suetens P. (2010): Computerized craniofacial reconstruction: conceptual framework and review. *Forensic Science International* 201:138–145.
- Cooke, R. (2010): A moulage museum in not a museum. *Virchows Archiv* 457: 513–520.
- De Greef, S. V., Willems, G. (2005): Three dimensional cranio-facial reconstruction in Forensic identification: latest progress and new evidencies in the 21st Century. *Journal of Forensic Sciences* 50 (1):12–17.
- Edwards, I. E. S. (1960): An Egyptian plaster cast. *The British Museum Quarterly* 22:27–29.
- Garfinkel, Y. (1994): Ritual burial of cultic objects: The earliest evidence. *Cambridge Archaeological Journal* 4:159–188.
- Gerasimov, M. M. (1955): Vosstanovlenije lica po čerepu (Sovremennyyj i iskopajemyj čelovek). Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR.

- Goren, Y., Goring-Morris, N., Segal, I. (2001): The technology of skull modeling in the Pre-Pottery Neolithic B (PPNB): Regional variability, the relation of technology and iconography, and their archaeological implications. *Journal of Archaeological Science* 28:671–90.
- Goring-Morris, N. (2000): The quick and the dead: The social context of Aceramic Neolithic mortuary practices as seen from Kfar HaHoresh. *Life in Neolithic farming communities: Social organization, identity, and differentiation*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers 103–36.
- Hauptmann, A., Yalcin, Ü. (2000): Lime plaster, cement and the first puzzolanic reaction. *Paléorient* 26:61–68.
- Hershkovitz, I., Zohar, I., Segal, I., Speirs, M. S., Meirav, O., Sherter, U., Feldman, H., Goring-Morris, N. (1995): Remedy for an 8500 year-old plastered human skull from Kfar Hahores. *Journal of Archaeological Science* 22:779–788.
- Horwitz, L. K., Goring-Morris, N. (2004): Animals and ritual during the Levantine PPNB : a case study from the site of Kfar Hahores. *Anthropozoologica* 39(1):165–178.
- Iscan, M. Y. (1988a): Rise of forensic anthropology. *American Journal of Physical Anthropology* 31:203–230.
- Iscan, M. Y. (1988b): The end of an era. *Forensic Science International* 33:1473–1476.
- Iscan, M. Y. (2005): Forensic anthropology of sex and body size. *Forensic Science International* 147:107–112.
- James, T. G. H. (1954): Two Egyptian plastic objects of the New Kingdom. *The British Museum Quarterly* 19:16–17.
- Jones, M. W. (2001): Facial reconstruction using volumetric data. T. Ertl, B. Girod, H. Niemann, H. P. Seidel (Eds.), *Proceedings of the Sixth International Vision Modelling and Visualisation Conference* 135–150.
- 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.
- Koch, R. M., Gross, M. H., Carls, F. R., von Büren, D. F., Fankhauser, G., Parish, Y. I. H. (1996): Simulating facial surgery using finite element models. *Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques* 421–428.
- Kuijt, I. (1996): Negotiating equality through ritual: A consideration of Late Natufian and Pre-Pottery Neolithic A period mortuary practices. *Journal of Anthropological Archaeology* 15:313–36.

- Lee, W.- S., Magnenat-Thalmann, N. (1998): Head Modeling from pictures and morphing in 3D with image metamorphosis based on triangulation. N. Magnenat-Thalmann, D. Thalmann, (Eds.), *Modelling and Motion Capture Techniques for Virtual Environments* 254—268.
- Lombroso-Ferrero, G., Von Borosini, V. (1914): The results on an official investigation made in England by Dr. Goring to test the Lombroso theory. *Journal of the American Institute of Criminal Law and Criminology* 5.2: 207–223.
- Maraldi, N. M., Mazzotti, G., Cocco, L., Manzoli, F. A. (2000): Anatomical waxwork modelling: the history of the Bologna anatomy museum. *The Anatomical Record* 261:5–10.
- Miyasaka, S., Yoshino, M., Imaizumi, K., Seta, S. (1995): The computer-aided facial reconstruction system. *Forensic Science International* 74:155–165.
- Musgrave, J. H., Neave, R. A. H., Prag, A. J. N. W. (1984): The skull from Tomb II at Vergina: King Philip II of Macedon. *J. Hellenic Studies* 104:60–78.
- Neave, R. A. H. (1979): Reconstruction of the heads of three Ancient Egyptian mummies. *Journal of Audiovisual Media in Medicine* 156–64.
- Nelson, L. A., Michael, S. D. (1998): The application of volume deformation to three-dimensional facial reconstruction: a comparison with previous techniques. *Forensic Science International* 94:167–181.
- Omstead, J. (2002): Facial reconstruction. *Totem: The University of Western Ontario Journal of Anthropology* 10:37–46.
- Orlandini, G. E., Paternostro, F. (2010): Anatomy and anatomists in Tuscany in the 17th century. *Italian Journal of Anatomy and Embryology* 115:167–174.
- Paysant, A., Quatrehomme, G. (2002): Nouvelle Méthode de Calcul d'Angles Crâniens en Anthropologie Médico-Légale. *Journal de Médecine Légale Droit Médical* 45 (1):43–51.
- Pessa, J. E., Zadoo, V. P., Adrian, E. K., Yuan, C. H. A. J., Garza, J. R. (1998): Variability of the midfacial muscles: Analysis of 50 hemifacial cadaver dissections. *Plastic Reconstructive Surgery* 102:1888–1893.
- Petherick, W. A., Turvey, B. E., Ferguson, C. E. (2009): *Forensic criminology*. Elsevier Academic Press.
- Petrick, M. (2000): *Volumetric Facial Reconstruction for Forensic Identification*. Seminar Computergraphik, Universität Koblenz Landau.

- Phillips, V., Rosendorff, S., Scholtz, H. (1996): Identification of a suicide victim by facial reconstruction. *Journal of Forensic Odonto-Stomatology* 14:34–8.
- Pollini, J. (2007): Ritualizing death in Republican Rome: Memory, religion, class struggle, and the wax ancestral mask tradition's origin and influence on veristic portraiture. *Performing death social analyses of funerary traditions in the ancient near east and mediterranean* 237–285.
- Quatrehomme, G., Subsol, G. (2005): Classical non-computer-assisted craniofacial reconstruction. J. G. Clement, M. K. Marks (Eds.), *Computer-graphic Facial Reconstruction*. Elsevier Academic Press 15–32.
- Quick, J. (2004): Magnificent objects from the University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology. University of Pennsylvania Museum Publications.
- Prag, A. J. N. W. (1989): Reconstructing King Midas: A First Report. *Anatolian Studies* 39:159.
- Prag, A. J. N. W. (1990): Reconstructing King Philip II: The “Nice” Version. *American Journal of Archaeology* 94:237.
- Riva, A., Conti, G., Solinas, P., Loy, F. (2010): The evolution of anatomical illustration and wax modelling in Italy from the 16th to early 19th centuries. *Journal of Anatomy* 216: 209–222.
- Röhler-Ertl, O. (1983): On a newly modified method for plastic reconstruction of the face using the skull (based on Kollmann data). *Anthropologischer Anzeiger* 41:191–208.
- Rollefson, G. O. (1983): Ritual and Ceremony at Neolithic Ain Ghazal (Jordan). *Paléorient* 9:29–38.
- Rollefson, G. O., Schmandt-Besserat, D., Rose, J. C. (1999): A decorated skull from MPPNB Ain Ghazal. *Paléorient* 24:99–104.
- Rollefson, G. O. (2002): Ritual and social structure at Neolithic 'Ain Ghazal. *Life in Neolithic farming communities: social organization, identity, and differentiation*. Kluwer Academic/Plenum Press 162–190.
- Shaham, D., Sosna, J., Makori, A., Slasky, B. S., Bar-Ziv, J., Donchin, Y. (2000): Post mortem CT-Scan: An Alternative Method In Forensic Medicine And Trauma Research. *The Internet Journal of Radiology* 1(2).
- Shahrom, A. W., Vanezis, P., Chapman, R. C., Gonzales, A., Blenkinsop, C., Rossi, M. L. (1996): Techniques in facial identification: Computer-aided facial reconstruction using a laser scanner and video superimposition. *International Journal of Legal Medicine* 108:194–200.

- Snow, C. C., Gatliff, B., McWilliams, K. (1970): Reconstruction of facial features from the skull: An evaluation of its usefulness in forensic anthropology. *American Journal of Physical Anthropology* 33:221–228.
- Starbuck, J. M., Ward, R. E. (2007): The affect of tissue depth variation on craniofacial reconstructions. *Forensic Science International* 172:130–136.
- Stavrianos, C., Stavrianou, I., Zouloumis, L., Mastagas, D. (2007): An introduction to facial reconstruction. *Balkan Journal of Stomatology* 11(2):76–83.
- Stephan, C. N., Henneberg, M. (2001): Building faces from dry skulls: are they recognized above chance rates? *Journal of Forensic Sciences* 46:432–40.
- Subsol, G., Quatrehomme, G. (2005): Automatic 3D facial reconstruction by feature-based registration of a reference head. J.G. Clement, M.K. Marks (Eds.), *Computer-graphic Facial Reconstruction*. Elsevier Academic Press 79–101.
- Taylor, K. T. (2001): *Forensic art and illustration*. Boca Raton: CRC Press.
- Taylor, R., Craig, P. (2005): The wisdom of bones: facial approximation on the skull. J. G. Clement, M. K. Marks (Eds.), *Computer-graphic facial reconstruction*. Elsevier Academic Press 33–55.
- Theodossiev, N. (1998): The dead with golden faces: Dasaretian, Pelagonian, Mygdonian and Boeotian funeral masks. *Oxford Journal Of Archaeology* 17(3):345–367.
- Tu, R., Hartley, R., Lorensen, W. E., Alyassin, A., Gupta, R., Heier, L. (2005): Face reconstruction using flesh deformation modes. J. G. Clement, M. K. Marks (Eds.), *Computer Graphic Facial Reconstruction*. Elsevier Academic Press 145–162.
- Twiss, K. C. (2007): The Neolithic of the southern Levant. *Evolutionary Anthropology* 16:24–35.
- Tyrrell, A. J., Evison, M. P., Chamberlain, A. T., Green, M. A. (1997): Forensic three-dimensional facial reconstruction: historical review and contemporary developments. *Journal of Forensic Sciences* 42:653–661.
- Ullrich, H., Stephan, C. (2011): On Gerasimov’s plastic facial reconstruction technique: new insights to facilitate repeatability. *Journal of Forensic Sciences* 56(2):470–474.
- Vanezis, P., Blowes, R. W., Linney, A.D., Tan, A. C., Richards, R., Neave R. (1989): Application of 3D computer graphics for facial reconstruction and comparison with sculpting techniques. *Forensic Science International* 42:69–84.
- Vanezis, P., Vanezis, M., Mccombe, G., And Niblett, T. (2000): Facial reconstruction using 3-D computer graphics. *Forensic Science International* 108(2):81–95.

- Verhoeven, M. (2002): Ritual and ideology in the Pre-Pottery Neolithic B of the Levant and Southeast Anatolia. *Cambridge Archaeology Journal* 12:233–58.
- Verzé, L. (2009): History of facial reconstruction. *Acta Biomedica* 80:5–12.
- Welcker, H., Davis J. B. (1867): On the Skull of Dante. *Anthropological Review* 5:56–71.
- Wilder, H. H. (1912): The physiognomy of the Indians of southern New England. *American Anthropologist* 14:415–36.
- Wilhelms, J., Van Gelder, A. (1997): Anatomically based modeling. *Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* 173–180.
- Wilkinson, C. (2004): *Forensic Facial Reconstruction*. Cambridge University Press.
- Wilkinson, C. (2010): Facial reconstruction: Anatomical art or artistic anatomy? *Journal of Anatomy* 216(2):235–250.
- Wilkinson, C. M., Neave, R. A. H. (2003): The reconstruction of faces showing healed wounds. *Journal of Archaeological Science* 30:1343–1348.
- Zegers, R. H. C., Maas, M., Koopman, A. G., Maat, G. J. R. (2009): Are the alleged remains of Johann Sebastian Bach authentic? *The Medical Journal of Australia* 190(4): 213–216.

Internetové zdroje:

- http://www.kunstkamera.ru/en/temporary_exhibitions/virtual/gerasimov/
- <http://vesalius.northwestern.edu/index.html>
- http://www.ancient-hebrew.org/21_glue.html
- <http://articles.gourt.com/cs/starov%C4%9Bk>
- <http://cs.wikipedia.org/wiki/Interpolace>
- <http://faculty.evansville.edu/rl29/art105/sp03/art105-1.html>