Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Katedra antropologie a genetiky člověka

Bakalářská práce

Longitudinální změny obličeje nedospělých jedinců

Tereza Guttenbergerová

Školitel: RNDr. Hana Eliášová, Ph.D.

Praha 2009

Na tomto místě bych moc ráda poděkovala své školitelce RNDr. Haně Eliášové, PhD. za čas a užitečné rady, které mi věnovala při psaní mé bakalářské práce. Dále děkuji své rodině a příteli za trpělivost a podporu během studia.

Prohlášení :

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

V Praze dne 7. 8. 2009

Gutenbergerová Tereza

Tereza Guttenbergerová

ABSTRAKT

Studium longitudinálních změn obličeje nedospělých jedinců přináší v dnešním světě důležité poznatky využívané v mnoha oborech. Můžeme díky němu sledovat vývojové trendy růstu dětí z dlouhodobého hlediska nebo vývoj jedince a jeho fáze z hlediska krátkodobějšího. Longitudinální studie se tedy může využívat v pediatrii jako pomůcka ke sledování správného vývoje, ale také v kriminalistice při identifikaci dlouhodobě pohřešovaných dětí nebo při určování věku neznámých mrtvol. Tato práce se snaží o shrnutí růstových změn ontogenetického vývoje, které se morfologicky a metricky podílejí na změnách obličeje jedinců od prenatálního období do 18 let. Popisuje růst lebky, vývoj dentice a změny vnějších částí obličeje charakteristické pro určité životní etapy. Práce je ukončena popisem základních metod geometrické morfometrie, které se dají využít k popisu změn tvaru obličeje na fotografiích určitých jedinců.

Klíčová slova : vývoj dítěte, růst obličeje, aging, geometrická morfometrie

ABSTRACT

Many spheres of science can benefit from the study of longitudinal changes on the face of juveniles. We can thus analyse the long – term development trends of child´s growth or the short – term development of individuals and it´s phases. The longitudinal study then can be applied in pediatrics to monitor the correct growth. In criminalistics it can by used to identify long-time missing children or to determine the age of unknown dead bodies. The goal of this work is to map morphological and metric changes on the face during the ontogenetic development from the prenatal period to the age of 18; it describes the growth of the skull, a dental development and changes on the face, which are characteristic for each period of life. The work concludes with the describtion of some basic methods of geometric morfometrics, which could be used for the description of facial forms of photographic images of individuals.

Keywords : child´s development, facial growth, aging, geometric morphometrics

OBSAH

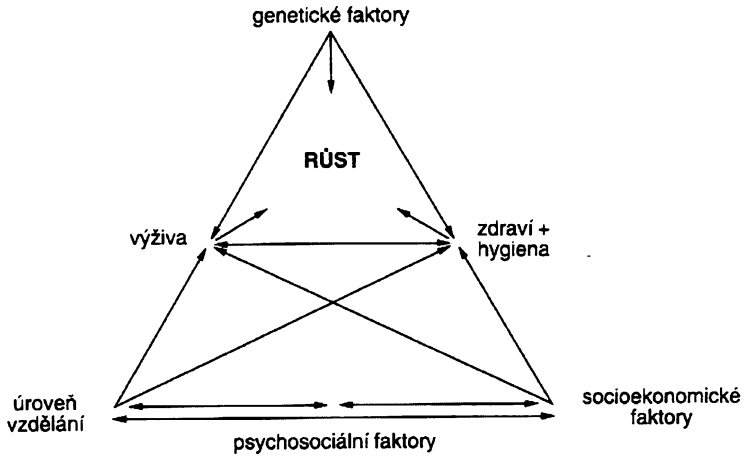
ABSTRAKT III
OBSAH IV
1 ÚVOD 1
2 CÍL PRÁCE 2
3 ONTOGENETICKÝ VÝVOJ 3
4 KOSTRA A SVALY OBLIČEJE 4
5 VÝVOJ OBLIČEJE V PRENATÁLNÍM OBDOBÍ 5
5.1 OBDOBÍ EMBRYONÁLNÍ 5
5.2 OBDOBÍ FETÁLNÍ 7
6 VÝVOJ OBLIČEJE V POSTNATÁLNÍM OBDOBÍ 8
6.1 KRANIOFACIÁLNÍ VÝVOJ 8
6.2 VÝVOJ DENTICE 11
6.3 MORFOLOGICKÉ ZMĚNY OBLIČEJE 14
6.3.1 Novorozenecké období (28 dní po porodu) 14
6.3.2 Kojenecké období (2. - 12. měsíc) 15
6.3.3 Batolivé období (1.- 3.rok) 15
6.3.4 Období předškolního věku (3. - 6. rok) 16
6.3.5 Období mladšího školního věku (6. – 11. rok) 16
6.3.6 Období staršího školního věku – puberta (11. – 15. rok) 17
6.3.7 Období dorostenecké – adolescenti (15. – 18. rok) 18
6.4 METRICKÉ ZMĚNY OBLIČEJE 20
7 METODY HODNOCENÍ LONGITUDINÁLNÍCH ZMĚN OBLIČEJE 23
7.1 METODA ANALÝZY VÝZNAČNÝCH BODŮ 24
7.1.1 Superpoziční metody 25
7.1.2 Deformační metody 25
7.2 METODA ANALÝZY OBRYSŮ 26
8 ZÁVĚR 27
9 SEZNAM OBRÁZKŮ 28
10 SEZNAM CITOVANÉ A POUŽITÉ LITERATURY 29

1 ÚVOD

Vnější znaky lidského obličeje jsou fenotypovým projevem genomu člověka. Rysy lidského obličeje jsou tedy důkazem jedinečnosti osoby (Fetter, 1967). V životě potkáváme tisíce tváří a všechny jsou naprosto jedinečné a originální (Enlow, 1982). Obličej charakterizují morfologické a metrické vlastnosti. Ty se v průběhu života vyvíjejí a v závislosti na vnějším prostředí mění (Lebl a Krásničanová, 1996). Především v prvních letech života se díky rychlému růstu a morfogenezi odehrává mnoho změn v morfologii dětského obličeje (Kreutz a Verhoff, 2002).

Základním charakteristickým projevem života je tedy od počátku ontogeneze až do dosažení dospělosti růst (Machová, 2005). Růst je obecně definován jako souhrn kvantitativních změn (Volf a Volfová, 2003), kterými se zvětšuje velikost celého těla a jeho jednotlivých částí. Buňky se množí a zvětšují, dochází k přibytku váhy, tělo se prodlužuje do výšky a zvětšují se tělesné proporce (Allen a Marotz, 2005).

Harmonie růstu je ovlivňována složitými růstovými procesy. Je výsledkem převážně genetických interakcí, faktory prostředí (nedostatek energie a bílkovin v potravě může způsobit podvýživu), socioekonomickou situací rodiny, pohlavím, zdravotním stavem dítěte a dalšími (obr.1)(Lebl a Krásničanová, 1996). Důležitou roli má z hlediska růstu také etnický původ dítěte (Marshall a Tanner, 1969).



Obr.1 Faktory, které ovlivňují růst (upraveno podle: Lebl a Krásničanová, 1996)

Obličej je ovlivněn růstem a vývojem obličejového skeletu a všechny jeho části střídavě rostou, mění své velikosti, tvary a jeho fyziognomii ovlivňuje také psychický stav

jedince (Houštěk et al., 1982). Kraniofaciální dědičnost je polygenní a zatím nebyl prokázán významně větší vliv dědičnosti na růst neurokrania nebo splanchnokrania (Kohn, 1991). Jednotlivé kosti obličeje nerostou stejnoměrně a každá roste různě dlouhou dobu. Střídají se období aktivního růstu některých fází s fázemi klidu (Ramba, 1990).

Stárnutí, neboli aging, je všeobecně známým jevem, přesto je do jisté míry nepředvídatelné (Novick, 1988). K největším změnám ve vývoji dochází v období od narození do dospělosti, kdy hlava roste a utváří se základní rysy obličeje. Veškeré změny, kterými obličej společně s celým tělem projde, jsou spojené s ontogenetickým vývojem.

Longitudinálními změnami růstu dětí se u nás i ve světě zabývalo mnoho autorů. První zmínky o sběru růstových dat pocházejí z 18. století. K velkému rozmachu sledování růstu došlo v 19. století v celé Evropě a později Americe. První růstovou studii u nás zorganizoval ve spolupráci s učiteli Matiegka (Bouchalová, 1987). Mezi další české antropology, kteří se růstovým studiím věnovali nebo stále věnují patří například Bouchalová (1987), Prokopec (1993), Hajniš (1989), Krásničanová (2000), Vignerová (2006), Bláha (2006), Sedlak (2007) a další.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je shrnout vývoj a změny obličeje člověka od prenatálního období do dospělosti a navrhnout možnosti jejich hodnocení moderními metodami.

3 ONTOGENETICKÝ VÝVOJ

„Ontogeneze je vývojem individua“ (Diderot, 1999). Zahrnuje zárodečný vývoj, dospívání, rozmnožování a péči o potomky, stárnutí a smrt (Universum, 2006).

Celý vývoj se člení na 2 základní období, která mají své charakteristické anatomické a fyziologické zvláštnosti. Tím prvním je období *prenatální*, které se dělí na dvě části – na část embryonálního a část fetálního vývoje (Machová, 2005). Vývojový proces člověka je právě v těchto prvních fázích nejcitlivější na mutace DNA a může společně s vnějšími podmínkami vychýlit směr vývojového procesu (Kos et al., 2000).

Druhým úsekem je období *postnatální*, které začíná přestřižením pupečníku a trvá do konce života jedince (Machová, 2005). Vývoj jedince je ovlivňován životními podmínkami, které se výrazně liší v obou těchto obdobích. Před narozením má plod zajištěn přívod kyslíku, živin i odstraňování zplodin metabolismu. Po narození se podmínky pro růst a vývoj náhle změní. Začíná působit gravitace a přísun kyslíku je závislý na výkonnosti oběhového a dýchacího systému. Tyto změny představují nové životní podmínky, které se odrážejí na dynamice, růstu a vývoji (Havlíčková, 1998). Období postnatální je rozděleno do jednotlivých období, která mají své specifické vývojové znaky.

Podle autorky Jarmily Riegerové (http://www.sci.muni.cz/anthrop/soubory/IV_03.pdf) se rozčleňuje postnatální vývoj do 18 let věku takto :

1. novorozenec: 0 – 28 dní (od přestřižení pupečníku po zahojení pupeční jizvy)
2. kojenec: 2. – 12. měsíc (do prořezání prvního zubu)
3. batole: 1. – 3. rok (růst mléčného chrupu, motorický vývoj, ovládnutí chůze)
4. předškolní věk: 4. – 6. rok (první vytáhlost)
5. mladší školní věk: 6. (7.) – 11. rok (růst trvalého chrupu, první známky sekundárních pohlavních znaků)
6. starší školní věk: 11 – 15 let (dospívání, puberta)
7. dorostenecký věk: 15 – 18 let (adolescence)

4 KOSTRA A SVALY OBLIČEJE

Obličej každého člověka je dán především konfigurací kostěných částí a svalovou složkou. Tyto dvě struktury určují celkový vzhled tváře, který je charakteristický pro každého jedince (Malínský, 1998).

Anatomicky je obličej vymezen kostmi splanchnokrania. Při antropologickém hodnocení morfologie a tvaru obličeje se ale sledují i některé kosti neurokrania. Kosterní podklad obličeje tvoří tedy z tohoto hlediska kosti splanchnokrania i kosti neurokrania a to zejména os frontale, os nasale, os zygomaticum, maxila, mandibula a processus zygomaticus (obr. 2) (Čihák, 2001; Fetter 1967).

Obr.2 Kosterní podklad obličeje.
1 – os frontale, 2 – os nasale, 3 – maxila, 4 – os zygomaticum, 5 – mandibula,
6 – processus zygomaticus (upraveno podle: Čihák, 2001)

Svaly hlavy se tvarově uplatňují v mnohem menší míře než na ostatních částech těla (Zrzavý, 1977). Rozdělují se do dvou základních funkčních skupin. *Svaly žvýkací* ovládají pohyb dolní čelisti, *svaly mimické* udávají obličeji výraz (Rokyta et al., 2002). Mezi hlavní svaly žvýkací patří musculus (dále „m.“) temporalis, m. masseter, m. pterygoideus medialis a m. pterygoideus lateralis. Mezi základní mimické svaly obličeje patří mimo jiné m. orbicularis oculi a m. orbicularis oris, na který se připojují m. levator labii superioris, m. zygomaticus minor, m. zygomaticus major, m. levator anguli oris a m. risorius a mezi svaly nosu patří m. nasalis a m. levator labii superioris alaque nasi. Hlubokou vrstvu mimického svalstva tvoří musculus buccinator (Berkovitz a Moxham, 1988; Čihák, 2001). Ten je svalovým podkladem tváří a díky tukovému polštáři, který je mezi ním a svalem žvýkacím, dává tvářím svou plnost. Tukový polštář je výrazný zejména u dětí, má svůj význam především při sání a nikdy

v ontogenezi člověka nevymizí. Mimické svaly se individuálně pod kůží nerýsují, přesto ale mají svůj význam, protože díky smršťování vytváří rýhy a kožní řasy. U dětí dočasně, u starších jedinců trvale (Zrzavý, 1977).

Růst měkkých tkání obličeje z většiny kopíruje skeletální podklad. Struktury, které jsou podložené chrupavkou (ušní boltec, šířka nosu) rostou až do vysokého věku. Také se mohou některé části obličeje zvětšovat v závislosti na množství ukládaného tuku nebo může dojít k ochabnutí svalů, které také může změnit výraz obličeje (Šmahel, 2001).

5 VÝVOJ OBLIČEJE V PRENATÁLNÍM OBDOBÍ

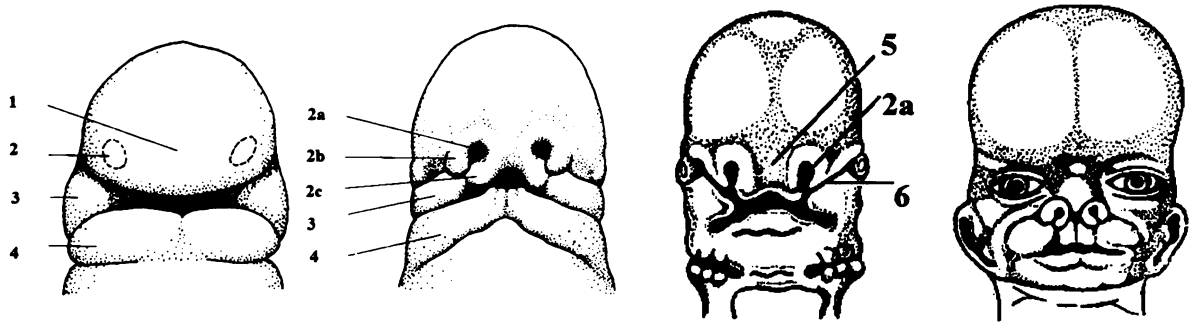
Prenatální období trvá 10 lunárních měsíců. Je rozděleno na dvě části – na období embryonální, které zahrnuje první dva lunární měsíce a období fetální, které trvá zbylých 8 lunárních měsíců a je ukončeno porodem (Malá a Klementa, 1985).

5.1 OBDOBÍ EMBRYONÁLNÍ

V první části embryonálního vývoje je hlava embrya velká, tvoří téměř polovinu těla a v krčním ohybu je výrazně ohnutá (Petrovický, 2001). Také se v této oblasti začíná vytvářet 5 párů žaberních oblouků, které jsou od sebe odděleny čtyřmi žeberními štěrbinami. Žaberní oblouky pozbývají své původní funkce a stávají se součástí obličejové části lebky – splanchnokrania (Dylevský, 1990). První mandibulární a druhý hyoidní žaberní oblouk jsou pro vývoj obličeje nejdůležitější. Chrupavčitá část prvního oblouku dává vznik mandibule a částem středního ucha. Z chrupavčité části druhého žaberního oblouku se vyvíjí 3. sluchová kůstka - stapes, dále processus styloideus s příslušným vazem a část os hyoideum (Vacek, 1992). Ostatní žaberní oblouky mají také svou důležitou funkci, obličeje se však netýkají (Čihák, 2001).

V průběhu pátého a šestého týdne se začíná viditelně vyvíjet obličej. Základ jeho formování zajišťují postupně se propojující podkožní výběžky, které se formují kolem rozevřeného stomodea (Nilsson, 1996; Machová, 2005). Na kaudálním okraji stomodea leží dva mandibulární výběžky, na laterálních stranách dva maxilární výběžky a kraniální okraj ohraničuje jeden velký zaoblený val - frontonasální výběžek (Obr.3, str.6). Na laterálních částech frontonasálního výběžku dochází ke ztlušťování ektodermu, čímž vznikají dvě čichové plakody. Tyto plakody tvoří základ budoucího čichového epitelu, zanořují se a ztlušťují do hloubky. Tímto procesem se vytvoří dvě nosní jamky a z frontonasálního

výběžku se tak oddělí na obou stranách dva menší valy, které je ohraničují (processus nasalis lateralis a processus nasalis medialis). Mediální nepárová část původního frontonasálního výběžku má tvar trojúhelníku – area triangularis (Malínský et al., 2005).



Obr. 3 Vývoj obličeje v prenatálním období

(1 – frontonasální výběžek, 2 – čichové plakody, 2a – nosní jamky, 2b – nosní val laterální, 2c – nosní val mediální, 3 – maxilární výběžek, 4 – mandibulární výběžek, 5 – area triangularis, 6 – nasolakrimální rýha)(upraveno podle: Berkovitz, Moxham, 1988; Malínský et al., 2005)

V dalším vývoji se zvětšují maxilární výběžky a rostou směrem mediálním. Současně s tím rostou mediální nosní výběžky směrem kaudálním a zasunují se mezi maxilární výběžky. Dalším růstem maxilárních výběžků jsou mediální nosní výběžky stlačovány k sobě, takže srůstají a tvoří intermaxilární segment, který po stranách srůstá s maxilárními výběžky a dává vznik základu pro horní ret a horní čelist a malé nepárové části patra (Malínský et al., 2005).

Laterální nosní výběžky jsou menší a neúčastní se tvorby horního rtu. Mezi maxilárními výběžky a laterálními nosními výběžky zůstává hluboká štěrbina – nasolakrimální rýha. Tuto rýhu vystýlá ektoderm a zanořuje se do hloubky. Později dává vznik ductus nasolacrimalis a saccus lacrimalis. Maxilární výběžky se zvětšují a vytvoří tváře a maxilu. (Malínský et al., 2005; Vacek 1992).

Nos vzniká z area triangularis, který tvoří kořen a část hřbetu nosu a z párových nasálních výběžků tvoří zbývající část nosu (mediální) s hrotem a z laterálních nosních výběžků vznikají nosní křídla. Nosní otvory vznikají prohlubováním čichových jamek. Nejprve směřují vpřed, ale postupem času se přesouvají na spodní stranu. Mandibulární výběžky, které se spojují v mediánní rovině, dávají později vznik dolnímu rtu a dolní čelisti (Malínský et al., 2005). Základem mandibuly je u lidského embrya Meckelova chrupavka (Mrázková a Doskočil, 2001).

Při defektech srůstů výběžků utvářejících obličej může dojít ke vzniku určitých rozštěpových vad. Mezi nejčastější poruchy patří rozštěp tvrdého a měkkého patra či rozštěp rtu (Mrázková a Doskočil, 2001).

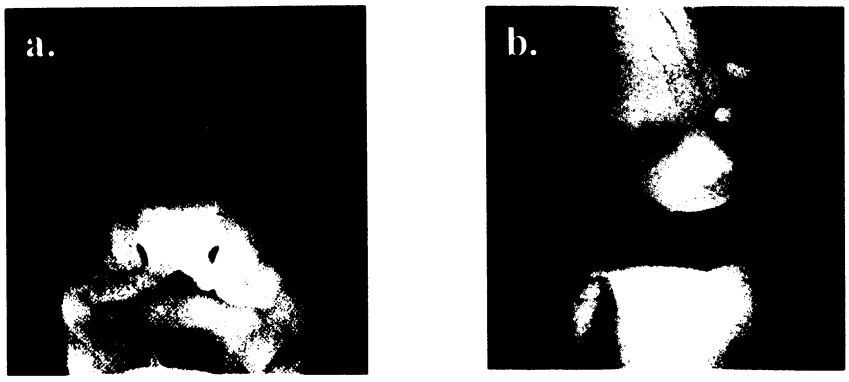
Oči se zakládají z ektodermu a jsou ve čtvrtém týdnu vývoje po stranách hlavy. Postupně s vývojem a růstem mozku se pak přesouvají dopředu obličeje kolem 6. až 7. týdne (Enlow, 1982).

5.2 OBDOBÍ FETÁLNÍ

Koncem druhého měsíce má již embryo zřetelně lidský tvar hlavy a končetin. Od této doby hovoříme o zárodku jako o fétu. Nejzásadnějšími změnami konce embryonálního období je oddělení dolní čelisti od krku a těla, zformování horní čelisti a rtů, ohraničení nosních otvorů a ventro-kaudální prominence nosu a posunutí očí z laterálních partií na ventrální stranu hlavy a zformování základů ušních boltců (Vacek, 1992).

Významnou charakteristikou fetálního růstu je relativní zpomalení růstu hlavičky oproti trupu a končetinám (Petrovický, 2001). Oční víčka se zakládají jako výrůstky mezenchymu kryté ektodermem a na počátku fetálního období se obě víčka setkávají a srůstají svými epitelovými vrstvami k sobě. Tento stav trvá do sedmého až osmého měsíce, kdy se definitivně oddělují (Vacek, 1992).

V šestém měsíci jsou již na hlavě patrné krátké vlasy, je vyvinuté obočí i řasy a jsou pozorovatelné jemné pohyby obličejových svalů. K dalším výrazným změnám v obličeji před porodem již nedochází, jen vlasy mírně prodlužují svou délku (Petrovický, 2001).
Budoucí tvar obličeje také výrazně ovlivňuje šířka nosní dutiny rozdělená septem na dvě části. Jejich vývoj začíná několik týdnů před narozením (Jonas, 2001).

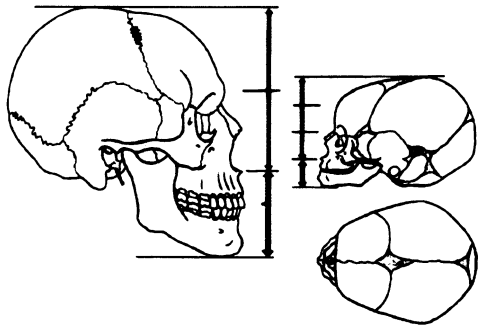


Obr. 4 Srovnání obličeje pět a půl týdne starého embrya (a) s obličejem patnáct týdnů starého plodu (b)(upraveno podle: Nilsson, 1996)

6 VÝVOJ OBLIČEJE V POSTNATÁLNÍM OBDOBÍ

6.1 KRANIOFACIÁLNÍ VÝVOJ

Dětská lebka není zmenšeným obrazem lebky dospělého člověka (Obr. 5). Teprve vývojem a nestejnoměrným růstem svých jednotlivých částí dosahuje definitivního tvaru a velikosti (Obr. 8, str. 11) (Zrzavý, 1977). Kosti obličeje rostou různě dlouhou dobu. Střídají se období aktivního růstu některých fází s fázemi klidu (Ramba, 1990).



Obr. 5 Dospělá (vlevo) a novorozenecká (vpravo) lebka (upraveno podle: Čihák, 2001).

Období růstu lebky lze rozdělit na tři části. *První část* je charakteristická aktivním růstem v suturách a přeměnou chrupavčitého modelu lební báze na kost (Hautvast, 1967). Toto období končí třetím rokem života (Otová et al., 2007). *Následující období*, trvající až do desátého roku života, je potom charakteristické slábnoucím podílem růstu v suturách, osifikací chrupavky kondylů mandibuly a chrupavky nosního septa. Podstatný podíl na růstu začíná přebírat proces remodelace. *Ve třetím období*, od desátého roku života až po dospělost, se proces remodelace stává zcela dominujícím typem růstu, pouze v některých chrupavčitých spojích stále probíhá nepatrná osifikace (Hautvast, 1967).

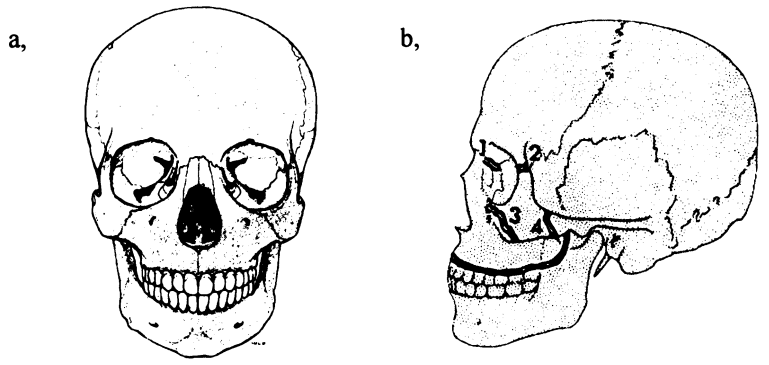
Růst lebky je ovlivněn třemi typy růstu. Prvním je růst **kraniální**, kterým se zvětšuje mozkovna a orbita a kdy je konečné velikosti kostí dosaženo s 90% v šesti letech a po tomto věku je už její zvětšování minimální. Druhým typem je růst **faciální**, který je charakteristický pro růst horní části obličeje (nasozygomatikomaxilární komplex) a pro délku zadní části lebeční báze, kdy je ve stejném stáří konečné velikosti dosaženo s 80 %. Pubertální zrychlení růstu je u tohoto typu mírné. Třetí typ růstu se nazývá **skeletální**. Tento typ se na lebce projevuje pouze při růstu mandibuly do délky, v šesti letech dosahuje 70 % maximální velikosti a v pubertě nastává zrychlení růstu (Blažek, 2009; Šmahel, 2001). Základním

procesem růstu kosti je remodelace, kdy dochází k přetváření tkáně pomocí dvou protichůdných procesů - aposice a resorpce (Obr. 6a). Růst kosti je doprovázen jejím pohybem. Na rozdíl od remodelace, kdy dochází pouze k příbytku a úbytku kostní hmoty v některé části, dochází při posunu k pohybu celé kosti (Enlow, 1982).

Po narození nejsou ještě kosti hlavy pevně spojeny – sutury lebky nejsou srostlé, prozatím jsou spoje vazivové (Klementa et al., 1981). V místě, kde se os frontale stýká s os parietale se nachází větší vazivová ploška– fonticulus major, která zaniká do konce 2. roku života. Mezi os parietale a os occipitale se nachází fonticulus minor. Zde kosti rostou jen krátkou dobu po narození. Další vazivové spoje se nachází po stranách lebky – fonticulus sphenoidalis a fonticulus mastoideus (Sedlak a Bláha, 2007).

Šířkové rozměry obličeje rostou v postnatálním období nejméně a také nejdříve svůj růst ukončují. Naopak výškové parametry rostou nejvíce a jejich růst končí jako poslední. (Blažek, 2009). Se vzhledem obličeje také úzce souvisí paranasální siny, které se zvětšují resorpcí kosti až do dospělosti a mění tak charakter obličeje (Šmahel, 2001).

Nasozygomatikomaxilární komplex roste především v suturách obličeje (Obr. 6b), na procesech alveolaris a tuberech maxily. Růst je provázen silnou aposicí na tuberech maxily a remodelací. Právě sutury horní části obličeje a jejich růst způsobují posun komplexu směrem dopředu a dolů (Enlow, 1982). Dochází k aposici na zadních stranách celého komplexu a k resorpci na přední ploše maxily a os zygomaticum. Díky tomu se nezvětšuje vysunutí maxily dopředu s věkem. Os zygomaticum se vzhledem ke středu obličeje posouvá dozadu.



Obr. 6 a) Resorpční (hustě tečkované) a aposiční (řídce tečkované) oblasti lebky
b) 1-4 sutury obličejové části (upraveno podle: Enlow, 1968)

Maxila a arcus zygomaticus ale také rostou do šířky aposicí na laterálních stranách, která je provázená resorpcí na vnitřní straně oblouků a v dutině nosní (Šmahel, 2001). Maxila

se tedy zvětšuje remodelací, souvisí se zvětšováním maxilárních sinů a s vývojem a erupcí zubů (Sullivan, 1986).

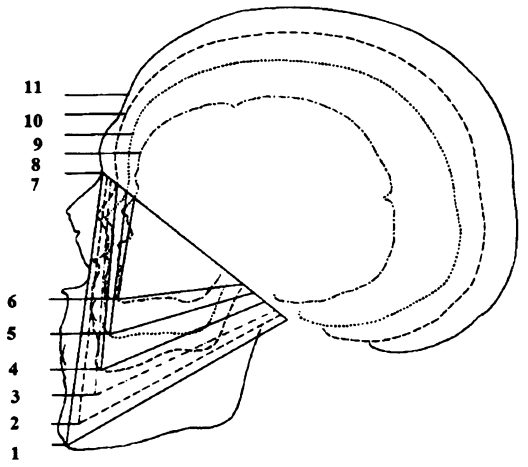
Cavitas nasi ossea se zvětšuje resorpcí do šířky i do výšky. V oblasti kořene nosu je rozšiřování minimální. Os nasale se posunují vpřed, čímž se vyrovnává původní profil narušený růstem maxily (Enlow, 1996). Celá část i s orbitami je posunována směrem dolů. Uvnitř orbity dochází na povrchu téměř všech kůstek k aposici, jen laterální strana je resorpční a tak dochází k dojmu jejich zmenšení. Remodelace nasální oblasti a horního okraje orbity probíhá anteriorně, os zygomaticum a dolní okraj orbity posteriorně. Do dospělosti tyto dva pochody způsobí zešikmení vstupu orbity. Také dochází k rotačnímu zasunutí maxily.

Mandibula je připojena ke kraniu sekundárním kloubem, který se významně podílí na jejím růstu. Caput mandibulae zajišťuje růst větve do délky (výšky) a zadní okraj ramu mandibulae roste do šířky a do délky (Obr. 7) (Šmahel, 2001). Dochází zde k remodelaci směrem vzad a vzhůru. Ramus mandibulae se tedy prodlužuje horizontálně i vertikálně, čímž se celá mandibula posouvá dolů a vpřed (Enlow 1996).

*Obr. 7 Směr růstu mandibuly (**aposice** – směrem od kosti, **resorpce** – směrem ke kosti) (upraveno podle: Enlow a Harris, 1964).*

Souhrnně o růstu lebky můžeme říci, že v prvních letech života intenzivně roste neurokranium. Naopak splanchnokranium roste více až později v souvislosti s růstem dentice. Změny na splanchnokraniu vyplývají z velikosti růstu jednotlivých částí. Protože maxila roste do hloubky méně než čelist, nevysunuje se tolik dopředu a dochází k oploštění profilu lebky (Šmahel, 2001). U dívek dochází k největšímu růstu maxily od 6 do 12 let, poté se růst zpomaluje. U chlapců jsou největší změny zaznamenávány mezi 14. a 20. rokem. Mandibula roste výrazně u dívek do 14 let, u chlapců do 16 let. Pak opět nastává zpomalení. Při srovnání růstu maxily a mandibuly vyroste mandibula od 6 do 20 let dvakrát více (Ochoa a Nanda, 2004) .

1-6 nejnižší bod brady
1 – u 25letého
2 – u 15letého
3 – u 10letého
4 – u 6letého
5 – u 1ročního
6 – u novorozence
7 – kořen nosu
8 – 11 obrys mozkové části lebky
8 – u novorozence
9 – u 1ročního
10 – u 6letého
1 – u 25letého



Obr. 8 Růst mozkové a obličejové části od narození do dospělosti (upraveno podle: Zrzavý, 1977).

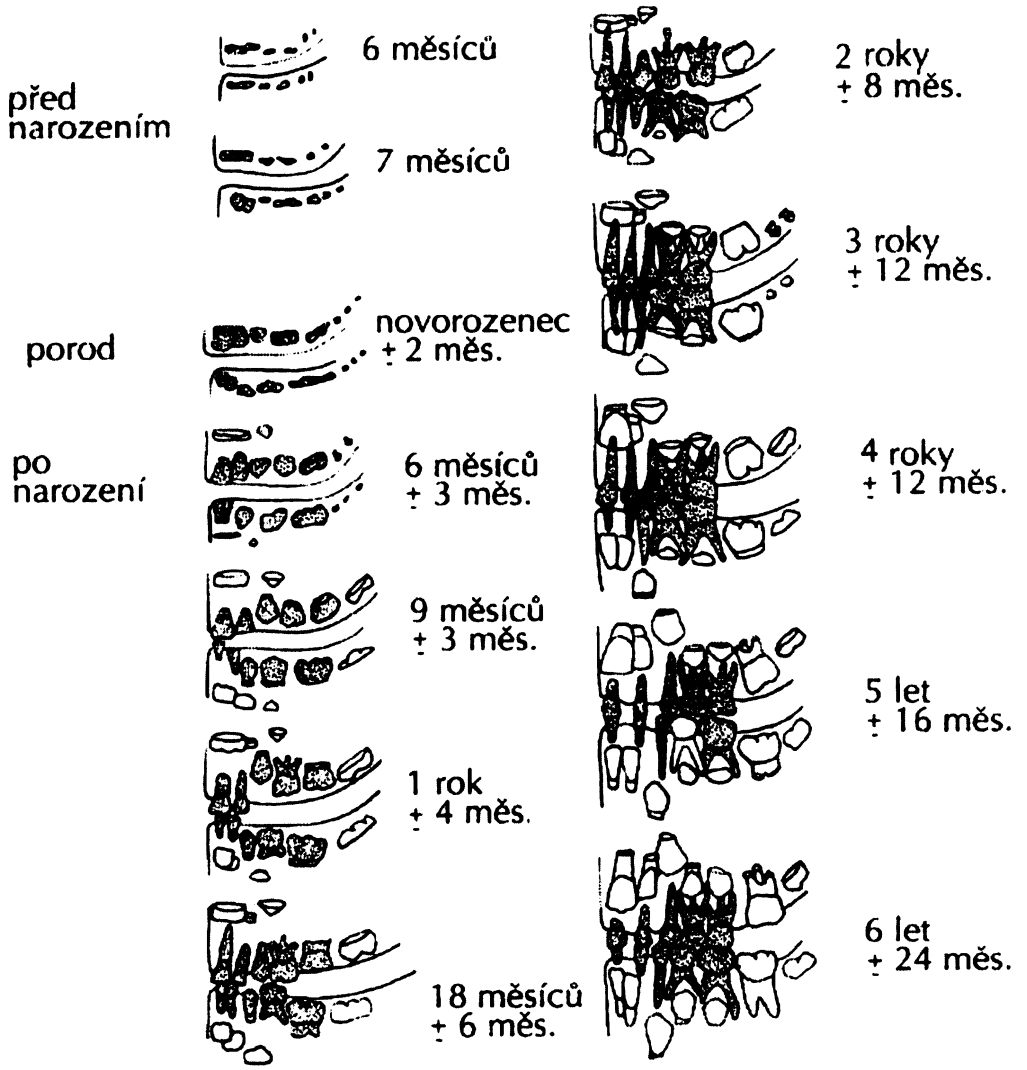
6.2 VÝVOJ DENTICE

Růst zubů je úzce spojen s vývojem a růstem čelistí a je tedy velmi podstatný pro změny, které v obličeji způsobují.

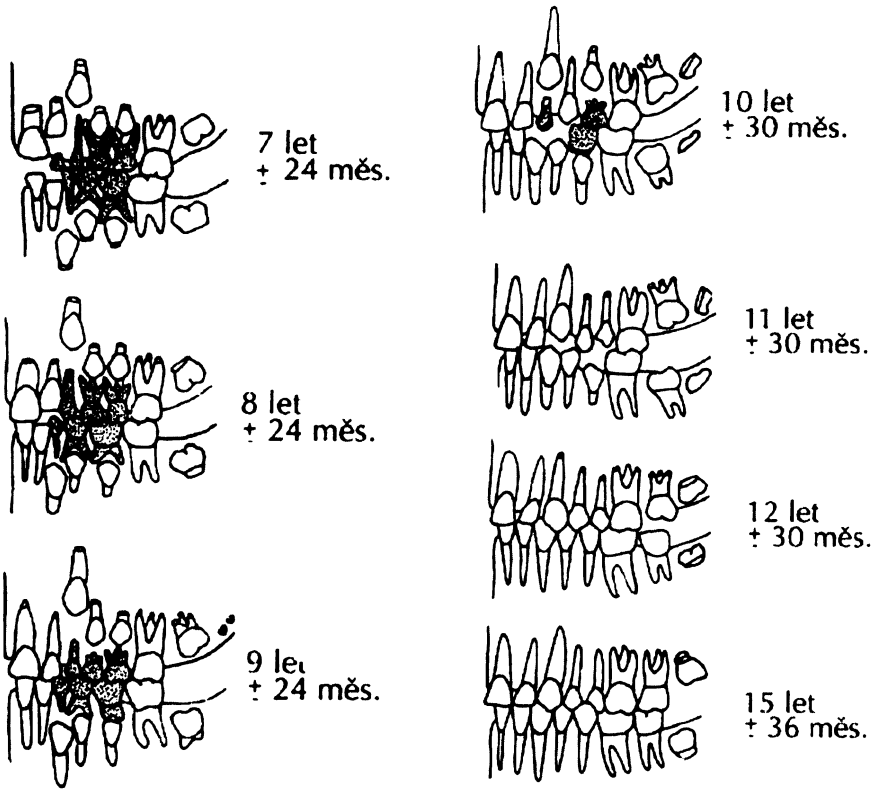
V novorozeneckém období nejsou ještě vytvořené dásňové výběžky maxily a mandibuly (Machová, 2005). Z těchto důvodů je zatím slabě vyvinuta brada ubíhající dozadu (Zrzavý, 1977). Základy dentice jsou ale již vytvořeny (Malínský et al., 2005). K první erupci zubů dochází v prvních šesti měsících života (Ramba, 1990) a je těsně spojena s růstem čelistí (Lee a Proffit, 1995). Při tomto procesu se rostoucí kořen zubu opírá o čelist a vyvolává posun zubu směrem k dásni. Korunka tak vytváří silný tlak na dáseň, ta atrofuje a dojde k protlačení zubu na povrch. Nejprve se prořezávají zuby deciduální dentice, které jsou později nahrazeny zuby permanentními. Deciduální dentici tvoří 20 zubů – 8 řezáků (dentes incisivi – ozn. I), 4 špičáky (dentes canini – ozn.C) a 8 stoliček (dentes molares – ozn. M) (Dokládal, 1994). Rychlost růstu prvních prořezávajících se řezáků je 4mm za 14 dní, v dalších obdobích se zpomaluje (Lee a Proffit, 1995). Ve věku 5-8 měsíců se začínají prořezávat dolní střední a poté horní střední řezáky (Schumacher, 1992), s 8. až 10. měsícem života pak druhé řezáky. Mezi 12. a 16. měsícem života se prořezávají první stoličky, poté špičáky a před koncem druhého roku druhé stoličky (Malínský et al., 2005). Kolem 4,5 let dochází k resorpci alveolární kosti, k resorpci kořenů dočasné dentice a k jejímu následnému vypadávání (Schumacher, 1992).

Mezi 5. a 7. rokem opět výrazněji roste čelist a dochází k začátku proměny všech deciduálních zubů za permanentní.

Permanentní dentici tvoří 32 zubů – 8 řezáků, 4 špičáky, 8 zubů třenových (dentes premolares – ozn. P) a 12 stoliček (Dokládal, 1994). Výměna začíná okolo šestého roku života a trvá přibližně do 12. roku věku dítěte. Nejprve se vyměňují od 6 do 9 let první a druhé řezáky a první stoličky. Od 10 do 12 let postupně druhé špičáky, třenové zuby a druhé stoličky. Nejpozději se prořezávají třetí stoličky. Objevují se kolem 17. roku a velmi často se prořezávají jen částečně nebo vůbec ne. U některých jedinců se ani nevytvoří (Malínský et al., 2005). Přehled vývoje zubů je zobrazen na následujícím obrázku (Obr.9).

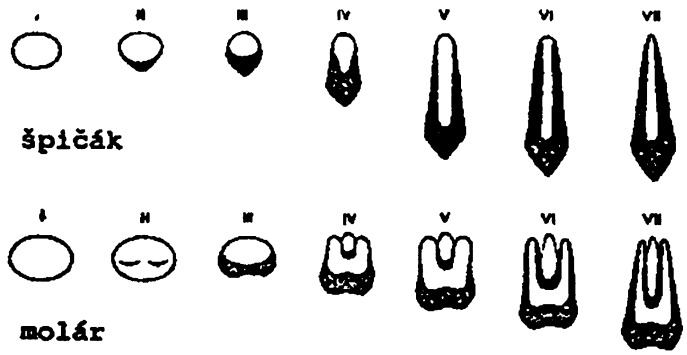


Obr. 9a Vývoj dentice do 6 let (upraveno podle: Ubelaker, 1978)



Obr. 9b Vývoj dentice od 7 do 15 let (upraveno podle: Ubelaker, 1978)

Zubní věk jedince je stanovován podle erupce nebo podle mineralizace zubů. Erupce je řízena vlivem hormonů štítné žlázy a je ovlivněna exogenními faktory. Z těchto důvodů zubní věk určený touto metodou koreluje s kostním věkem jen velmi málo. Přesnější metoda je založena na mineralizaci zubů. Mineralizace je řízena hypofýzou. Tento proces probíhá u jednotlivých zubů postupně, a proto lze tuto metodu k určení stáří jedince použít v každém věku. Je hodnocena z rentgenových snímků a je rozdělena do sedmi fází (Šmahel, 2001). I. fáze – vznik zubního folikulu, II. fáze – období, kdy začíná mineralizace, III. fáze – vznik souvislé okluzní plochy, IV. fáze – začátek tvorby kořene, V. fáze – divergence stěn kořene, VI. fáze – stádium paralelních stěn kořenového kanálku, VII. fáze – konvergence stěn kořenového kanálku k hrotu kořene (Komínek et al., 1984) (Obr. 10).



Obr. 10 Schéma vývojových stádií podle mineralizace (upraveno podle: Šmahel, 2001)

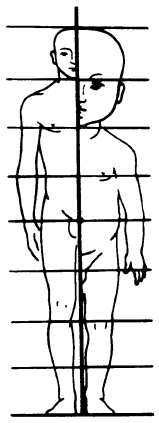
6.3 MORFOLOGICKÉ ZMĚNY OBLIČEJE

6.3.1 Novorozenecké období (28 dní po porodu)

Výška hlavy novorozence tvoří čtvrtinu z celkové délky těla (Obr.11). To odpovídá asi 20% povrchu těla (Havlíčková, 1998). V porovnání s dospělou lebkou má novorozenecká lebka velké neurokranium a malé, nízké splanchnokranium. Nízké splanchnokranium se týká především malého výškového rozvoje čelistí (Zrzavý, 1977), ale také nosní dutiny a přepážky. Mandibula je také nízká, stejně tak ramus mandibulae (Čihák, 2001). Brada není ještě ve střední čáře srostlá. Mezi pravou a levou stranou je symphysis menti, která zaniká do konce prvního roku po narození (Dokládal a Páč, 1997).

Obličejová část tedy tvoří asi jednu třetinu výšky lebky. Očnice novorozence jsou velké, hrboly čelní a temenní jsou také výrazné. Čelo se značně vyklenuje vpřed a nadočnicové oblouky zcela chybějí. Oči jsou šedomodré (Zrzavý, 1977), oční víčka působí napuchlým dojmem. Také je typický velký jazyk, výrazně tvarované rty a plné tváře (Sedlak a Bláha, 2007).

Novorozenci mohou mít po porodu, díky poddajnosti lebky (vazivové spoje), hlavu lehce zdeformovanou. Je to způsobováno průchodem porodními cestami. Do týdne se však tyto deformity tvaru hlavy upraví (Allen a Marotz, 2005).



Obr. 11 Porovnání velikosti hlavy vzhledem k tělu u dospělého člověka a novorozence (upraveno podle Machová, 2005)

Jak již bylo řečeno, na hlavě jsou od plodového období také přítomné vlasy (Allen a Marotz, 2005). Mohou být měkké, krátké i tuhé a delší, většinou tmavě pigmentované. Během prvních dnů po narození vypadávají a jsou nahrazeny novými jemnými světlejšími vlasy (Sedlak a Bláha, 2007). Řasy a obočí jsou již vyvinuté od plodového období (Malá a Klementa, 1985).

6.3.2 Kojenecké období (2. - 12. měsíc)

Kojenecké období trvá jen několik měsíců. Za biologickou hranici je považováno prořezání prvního zubu, které nastává kolem 6. měsíce. Statisticky a mezinárodně je ukončeno 12. měsícem života dítěte (Klementa et al., 1981).

Pro kojence je stejně jako pro novorozence typická velká hlava. Důkazem toho je, že se dítě při vztažených pažích nemůže dotknout špičkami prstů nad hlavou (Kos et al., 1999). Linie, která spojuje oči, je umístěna značně pod polovinou délky hlavy. Mozková část lebky je tedy stále mnohem větší než část obličejová. Dolní čelist mají kojenci malou a ustupující (Lievegoed, 1992). Čelisti rostou velmi rychle právě v období prvních šesti měsíců života. Toto načasování souvisí s již zmíněným prořezáváním dočasných zubů (Ramba, 1990).

Důležitým znakem tohoto období je výrazné, velké, klenuté čelo. Oči jsou také velké a jejich významnou část zaujímá duhovka. Původní modrá barva duhovky začíná tmavnout, jelikož přibývá pigmentu. Duhovka ztrácí svou průsvitnost a pomalu získává svou definitivní barvu (Zrzavý, 1977).

Horní část ušního boltce je zhruba ve stejné výši jako linie očí, uši jsou tedy posazeny dost hluboko. Rysy tváře jsou zakulacené a měkké, (Lievegoed, 1992), rty větší, našpulené, uzpůsobené k sání (Zrzavý, 1977).

V porovnání se zbytkem těla má hlava kojence téměř stejnou šířku s neforemně kulatým hrudníkem. Krční část je nevýrazná a vzniká tím dojem, že kulatá hlava sedí přímo na trupu a je oddělena jen několika málo tukovými záhyby. Celkový vzhled kojence zůstává v tomto výrazu zachován jeden a půl roku (Lievegoed, 1992).

6.3.3 Batolivé období (1.- 3.rok)

Růst hlavy se v tomto období zpomaluje. Dolní část splanchnokrania je stále malá bez prominující brady. Nos je krátký a široký, tváře a rty zakulacené. Na konci druhého roku se definitivně uzavírá fonticulus major (Sedlak a Bláha, 2007).

Předpokládá se, že se budoucí vzhled obličeje nastavuje nejpozději právě do třetího roku života. Poté již růst probíhá po určité trajektorii. Tyto trajektorie jsou do určité míry mezi pohlavími odlišné, ale jejich základní směr je obdobný (Bulygina *et al.*,. 2006).

Během batolivého období se hlava postupně zmenšuje v poměru k ostatním částem těla. Kolem druhého roku života dítěte tvoří zhruba jednu pětinu celkové tělesné délky a dál roste (Lisá a Kňourková, 1986). Jak již bylo řečeno, kolem 18. měsíce života se uzavírá velká fontanela. Také se dokončuje prořezávání mléčného chrupu (Schreiber, 1998).

6.3.4 Období předškolního věku (3. - 6. rok)

Hlava malého dítěte je v tomto období v poměru k celému tělu opět menší. Logicky tedy můžeme soudit, že tělo vyrostlo rychleji než hlava. Přesto ale hlava povyrostla (Malá a Klementa, 1985). Obličej si ale zatím stále udržuje podobu malého dítěte a horní ret stále přečnívá nad dolním. Oči jsou ještě stále pod polovinou hlavy, nadále výrazně vystupuje vysoké čelo. Nos je malý, krátký a široký, ale přesto už je poněkud výraznější. Vyrůstá také krk, který tedy potlačuje dojem hlavy přímo posazené na trupu (Lievegoed, 1992). Rty jsou plné a brada malá (Fetter, 1967). Přesto se ale brada stává výraznější, a tak dostává obličej osobitý výraz i přesto, že jsou rysy ještě měkké. S pátým rokem života dítě přichází do období tzv. prvního vytahování (Lievegoed, 1992). V tomto období roste hlava pomalu a končetiny rychle (Malá a Klementa, 1985).

Mezi 5. – 7. rokem života dochází k druhé akceleraci růstu čelistí (Ramba, 1990). Tato změna opět souvisí s prořezáváním zubů. V tomto případě stálých (Malá a Klementa, 1985).

6.3.5 Období mladšího školního věku (6. – 11. rok)

Na počátku tohoto období je ukončena osifikace lebky (Klementa et al., 1981). Zejména růst výšky klenby mozkovny je v tomto období a dále minimální (Šmahel, 2001). Poměr výšky hlavy ke zbytku těla je nyní 1:6. V 9 letech hlava zaujímá 90% dospělé velikosti (Sedlak a Bláha, 2007).

Kolem sedmého roku se obličej mění výrazně. Čelo již není tak dominantní, oči jsou ve tváři poměrně menší. Horní ret již nepřevažuje nad dolním a ústa se jeví menší než dříve. Celkový výraz vykazuje štíhlost. Také postupně dochází k výměně deciduální dentice za permanentní (Lievegoed, 1992).

Na přelomu mezi obdobím mladšího školního věku a staršího školního věku dochází k velkému nárůstu a zmohutnění dolní čelisti (Ramba, 1990). Od 10 do 13 let dochází k rychlým změnám v obličeji. Zvětšuje se nos, brada a uši a začínají se prohlubovat rozdíly mezi dívkami a chlapci. Obličej dívky dosahuje ve dvanácti letech velikost obličeje téměř dospělé ženy, u chlapců jsou stále pozorovatelné velké růstové změny a od tohoto věku jsou jasně rozpoznatelné rozdíly mezi pohlavím (Ferrario et al., 2003). Nos se nejvíce zvětšuje u dívek kolem 9. roku, u chlapců po 11. roce (Prahl-Andersen et al., 1995).

6.3.6 Období staršího školního věku – puberta (11. – 15. rok)

Období puberty provází velká změna, která je stimulována funkcí pohlavních žláz. Díky hormonům, které žlázy vylučují, se začínají projevovat u chlapců a děvčat sekundární pohlavní znaky a další změny na kostře (Klementa et al., 1981).

Změny u obou pohlaví jsou kvalitativně podobné, ale kvantitativně jsou velmi odlišné a vedou k sexuálnímu dimorfismu, který s sebou přináší znaky typické pro dospělou populaci (Tanner, 1990). U děvčat dochází k nástupu puberty průměrně o dva roky dříve než u chlapců, ale jejich růstová rychlost je menší (Marshall a Tanner, 1969). Pubertální spurt růstu lebky následuje asi 0,5 roku po spurtu tělesné výšky (Šmahel, 2001).

Původně zhrublá tvář s vystouplou bradou, velkým nosem a dětskýma očima se především růstem lícních kostí rozšíří a tím celkově obličej zjemní (Lievegoed, 1992). Rostou nadočnicové oblouky, také obě čelisti směrem dopředu. Dolní ale více než horní. Profil se tak stává rovnější, dominuje brada. Rozvíjí se také obličejové svaly (Tanner, 1990).

Kosti lebky zmohutní přibližně o 15%. Chlapci mají větší hlavu, vystouplé nadočnicové oblouky, šikmé čelo a větší čelisti. Dívky mají kulatější a menší hlavu než chlapci. Nadočnicové oblouky nejsou tak výrazné, čelo je svislé, rovné. Okolo 14. – 15. roku také nastupuje u chlapců růst vousů. Od mírného chmýří na horním rtu až po rozšíření na téměř celou tvář a bradu. U obou pohlaví je pak v pubertě běžné akné v obličeji (Klementa et al., 1981).

Až do konce období staršího školního věku se postupně vyměňovala deciduální dentice za permanentní. Ve čtrnácti letech už by měla být dentice plně nahrazena. Chybí pouze 3. stoličky (Lievegoed, 1992).

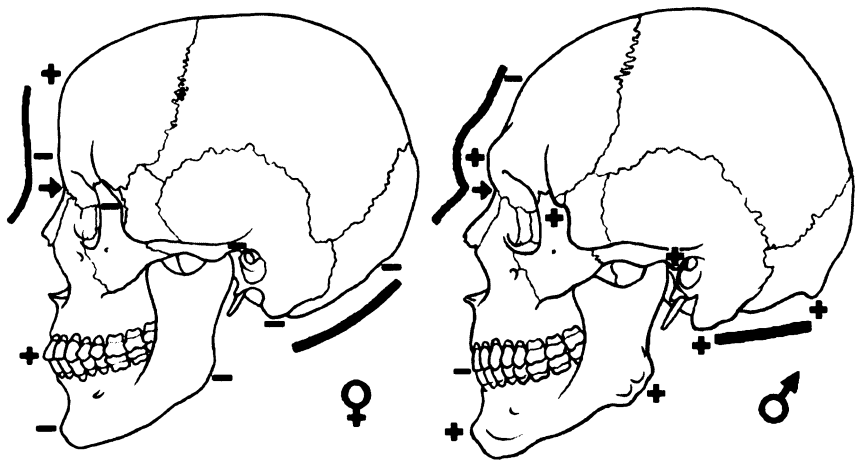
6.3.7 Období dorostenecké – adolescenti (15. – 18. rok)

V dorosteneckém období končí největší tělesný rozvoj. Zdokonaluje se stavba a činnost organismu (Klementa et al., 1981). Světové studie posledních let ukazují, že se transverzální, anterioposterní a vertikální obličejové rozměry zvyšují i v období adolescence (Snoodel et al., 1993). Obecně u dívek po 15. roce již nedochází k růstu horního obličeje, u dolní čelisti je ještě mírný růst zaznamenán. U chlapců horní obličej ještě stále mírně roste, mandibula roste nejdéle (Šmahel, 2001). Končí také osifikace kostry a na lebce kolem 18. roku mizí sphenookcipitální synchondrosa a kosti spolu pevně srůstají. Poté již k výrazným růstovým změnám nedochází (Klementa et al., 1981).

Znaky, podle kterých se rozlišuje ženská a mužská lebka (Čihák, 2001):

	Ženy :	**Muži :**
Nasofrontální přechod	- plynulejší	- v místě přechodu zlom a zářez
Arcus superciliares	- málo zřetelné, mohou chybět	- výrazné
Processus mastoidei	- malé	- větší než u žen
Protuberantia occipitalis externa	- nevýraný	- výrazně vyčnívá
Tubera frontalia (zakřivení)	- výraznější	- plynulé
Bradová krajina	- zaoblená	- spíše hranatá

Processus alveolares ženských lebek jsou často posunuty dále periferněji a mírně nakloněny periferně. Tento znak je ale nespolehlivý.



Obr. 12 Hlavní znaky tvarového pohlavního dimorfismu lidské lebky (upraveno podle: Čihák 2001)

Hlavní znaky obličeje, kterými se v dospělosti liší muži a ženy (Enlow, 1996):

Znak	Muži	Ženy
Výška obličeje	vyšší	nižší
Tvar obličeje	protáhlý hranatý	elipsoidní až kulatý
Tvar čela (*en face*)	hranaté	okrouhlé
Profil čela	rovně ustupující	kolmé okrouhlé
Nadočnicová krajina	výrazná prominující	plochá
Tvar obočí	vysoké rovné	nízké obloukovité
Posazení obočí	blízko oční štěrbiny	vysoko nad oční štěrbinou
Posazení oční štěrbiny	hlouběji v očnici	souběžně s okolním reliéfem
Vzdálenost očí	menší	větší
Řasy	kratší řidší	delší hustší
Kořen nosu	prominující	plošší
Šířka nosu	širší	užší
Profil nosu	více vystupující	méně vystupující
Lícní kosti	méně nápadné	nápadnější
Šířka úst	užší	širší
Výška červeně rtů	nižší	vyšší
Profil spodního rtu	vystupující	plošší
Výška brady	vyšší	nižší
Šířka brady	širší	užší

Od konce 18. roku začíná období plné dospělosti. Po dokončení vývoje tvoří obličejová část polovinu výšky lebky (Zrzavý, 1977). Výška hlavy tvoří proporčně 1/8 výšky těla (Havlíčková, 1998). Změny obličeje od dětství do dospělosti jsou demonstrovány na obličeji ženy (Obr. 13).

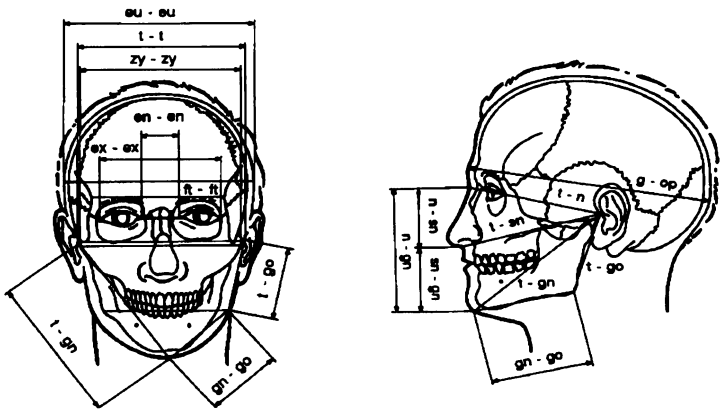
1 *2* *3*

Obr. 13 Fotografie obličeje ženy ve věku 7 let (1), 18 let (2) a necelých 29 let (3) (upraven podle: Ferring a Pancherz, 2008).

6.4 METRICKÉ ZMĚNY OBLIČEJE

Již dlouhou dobu se antropologie zabývá sledováním vývoje hlavových rozměrů a postavy dětí. Mezi české autory těchto studií patří například Šmahel (1972), Figalová (1972), Hajniš (1989), Prokopec (1993), Lhotská (1993), Bláha (2006), Vignerová (2006) a další.
Z obličejovým metrických znaků se za pomoci antropologických bodů hodnotí (Bláha, 1999; Figalová a Šmahel, 1972):

- Šířka obličeje (zygion – zygion)
- Morfologická výška obličeje (nasion – gnathion)
- Největší šířka hlavy (euryon – euryon)
- Největší délka hlavy (glabella – opisthokranion)
- Výška horního obličeje (nasion – stomion)
- Výška dolního obličeje (subnasale – gnathion)
- Nejmenší šířka čela (frontotemporale – frontotemporale)
- Šířka úhlu dolní čelisti (gonion – gonion)
- Šířka baze lební (tragion – tragion)
- Vzdálenost vnějších očních koutků (ektokantion – ektokantion)
- Vzdálenost vnitřních očních koutků (entokantion – entokantion)
- Šířka nosu (alare – alare)
- Výška nosu (nasion – subnasale)
- Výška dolní čelisti (stomion – gnathion)
- Subnasální oblouk (tragion – subnasale – tragion)
- Oblouk dolní čelisti (gonion – gnathion – gonion)
- Hloubka horní, střední a dolní třetiny obličeje



Obr. 14 Vybrané antropometrické rozměry hlavy (upraveno podle: Bláha et al., 1999)

Vybrané metrické změny obličeje dle P. Bláhy a J. Vignerové (1999):

U všech uvedených metrických znaků a jejich délek, šířek a vzdáleností se průměrné naměřené hodnoty s růstem podle předpokladu zvyšují. Ve věku od 2 do 16 let dochází k největším akceleracím růstu kolem 5. – 7. roku života u obou pohlaví. V pubertě nastupuje další zrychlený růst. U dívek jsou zaznamenány největší metrické rozdíly kolem 11. roku života, u chlapců kolem 12. – 13. roku.

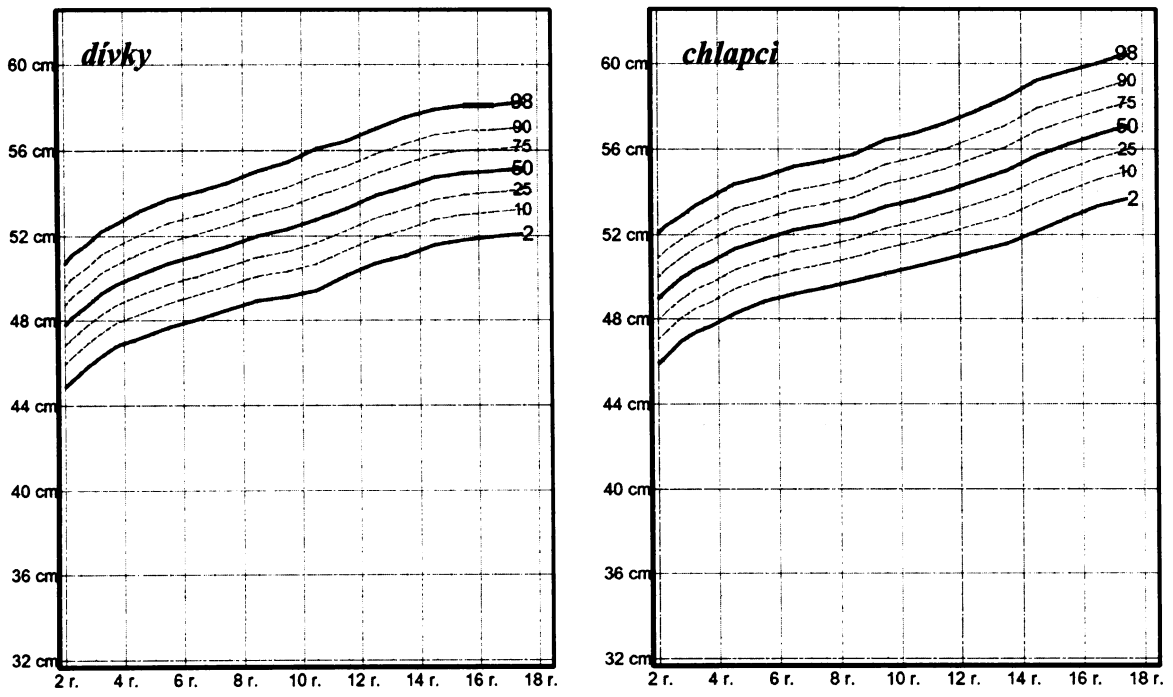
Celkový rozdíl vzrůstu je u vybraných charakteristik obličeje následující (Bláha et al., 1999):

- Šířka obličeje vzroste o 2-3 cm u obou pohlaví
- Morfologická výška obličeje vzroste přibližně o 3 cm
- Největší šířka hlavy se zvětší o 1,4 cm u obou pohlaví
- Největší délka hlavy vzroste u chlapců o 1,8 – 2 cm
- Výška horního obličeje se zvětší o necelé 2 cm; výška dolního obličeje u chlapců o 1,5 cm, u dívek 1,2 cm
- Nejmenší šířka čela se změní o 1,4 cm
- Šířka úhlu dolní čelisti se zvětší o 1,8 – 1,9 cm
- Šířka baze lební se rozšíří téměř o 2 cm
- Vzdálenost vnějších očních koutků se prodlouží o více než 1 cm
- Vzdálenost vnitřních očních koutků se zvětší u obou pohlaví o 0,4 cm
- Šířka nosu se zvětšuje pravidelně, k většímu skoku dochází v pubertě, rozdíl naměřených hodnot je u dívek 0,5 cm, u chlapců 0,8 cm.
- Výška dolní čelisti vzroste o 1,3 cm u chlapců a 1,1 cm u dívek
- Výška nosu se prodlouží o 1,6 – 1,7 cm
- Subnasální oblouk zvětší svou hodnotu přibližně o 5,5 cm
- Oblouk dolní čelisti vzroste o 4,6 – 4,8 cm

K popisu hlavy se kromě absolutních rozměrů používají také indexy (př. index cephalicus, index facialis). Ty udávají jednotlivé rozměry do vztahů, podle kterých se hlava zařazuje do určitých tvarových kategorií. Například podle indexu facialis se obličeje rozlišují na euryprosopní (široký), mesoprosopní (střední šíře) a leptoprosopní (úzký). Se zvyšujícím se indexem se obličej zužuje (Čihák, 2001). Podle indexu cephalicus se rozlišuje hlava na 3 základní typy: dolichocefální (dlouhá), mezocefální (středně dlouhá) a brachycefální (krátká). Se zvyšujícím se indexem se hlava zkracuje (Čihák, 2001; Prokopec, 1999).

Důležitou charakteristikou vývoje jedince je také obvod hlavy, který je důležitým ukazatelem pro sledování správného růstu dítěte (Obr.15). Je to jeden za základních rozměrů zjišťovaný u dítěte brzy po narození a je sledován během preventivních prohlídek u pediatrů. Je to základní ukazatel k posouzení velikosti mozku a mohou tak být díky němu odhalena různá zdravotní rizika dítěte (Krásničanová a Lesný, 2000).

Obvod hlavy se měří pásovou mírou vedenou vpředu těsně nad obočím a vzadu přes nejvyšší vyklenutí týlu (Bláha a Vignerová, 2006). U novorozence měří okolo 34 cm, v půl roce dítěte 43 cm a v roce 46 cm (Schreiber, 1998). Od batolivého období se obvod hlavy zvětšuje asi jen o 0,5 cm za rok. To je nesmírně malý přírůstek v porovnání s růstem těla do délky (Lisá a Kňourková, 1986). Největší růstový výšvih je tedy po narození zhruba do jednoho roku. Poté se obvod hlavy zvětšuje pravidelně po malých přírůstkách. Od narození do 18 let vzroste obvod hlavy o 19 až 21 cm . V 18 letech měří obvod hlavy dívek podle výzkumu Krásničanové a Lesného 55,2 cm, u chlapců 57,1 cm (Krásničanová a Lesný, 2000). U dívek se růst hlavy zastavuje kolem 17 let, u chlapců ještě v 18 letech nemusí být konečný. Ve vývoji dochází ke zvětšení rozdílu obvodu hlavy mezi chlapci a dívkami. V prvních letech života je intersexuální rozdíl přibližně 0,5 cm a postupně se do dospělosti může zvětšit i na rozdíl vyšší než 1,5 cm (Vignerová a Bláha, 2001).



Obr. 15 Růstová křivka obvodu hlavy dívek a chlapců od 2 do 18 let (upraveno podle: Krásničanová a Lesný, 2000)

Při srovnání hodnot 6. celostátního antropologického výzkumu dětí a mládeže (Vignerová et al., 2006), 5. antropologického výzkumu dětí a mládeže (Lhotská et al., 1991), výzkumu z let 1976 – 1978 (Hajniš et al., 1989) s výzkumem z let 1965 - 1983 (Bouchalová, 1987) se obvod hlavy postupně zmenšuje. Tyto změny souvisí se sekulárním trendem. Šířkové rozměry se výrazně nemění, výškové a hloubkové rozměry se zvyšují (Smith et al., 1986). Lebka se tedy současně prodlužuje a zužuje. Tento proces se nazývá debrachycephalizace (Bláha et al., 1999). Proces brachycephalizace (zkracování lebky), který byl dříve považován za vývojový trend hlavy a předpokládalo se, že bude v tomto směru pokračovat i nadále (Klementa et al., 1981), je tedy nahrazen vývojovým směrem opačným – debrachycephalizací (Bláha et al., 1999). Tento trend logicky ovlivňuje také splanchnokranium. Obličej se zužuje a zvyšuje. Tuto skutečnost dokazuje i semilongitudinální studie Bláhy et al. (2006).

Uvedené změny znamenají, že jde o mikroevoluční změny, které dokládají, že se člověk stále mění v závislosti na prostředí. V rozsahu, v jakém byly zjištěny, ale člověka nijak neohrožují. Jde tedy spíše o znaky dalšího progresivního vývoje (Prokopec, 1999).

7 METODY HODNOCENÍ LONGITUDINÁLNÍCH ZMĚN OBLIČEJE

Výzkumy týkající se růstu hlavy sledují v jednotlivých časových úsecích převážně změny v absolutních rozměrech, ale také jejich relativní vztahy vyjádřené různými indexy. Sledují se longitudinální změny v populaci a mezipohlavní rozdíly v každém sledovaném období růstu.

Při výzkumech na živých lidech se měření provádí přímo na konkrétních jedincích. Jsou měřeni kefalometrem, pásovou mírou nebo posuvným měřítkem, kterými se zjišťují rozměry mezi jednotlivými standardizovanými antropometrickými body na těle, hlavě a obličeji. Výstupními hodnotami jsou konkrétní rozměry a obvody (Krásničanová a Lesný, 2000).

Metrické charakteristiky obličeje se ale dají získat i jinou metodou než měřením jedinců. Zde se užívá zobrazovacích metod jako například fotografií či rentgenových snímku, na nichž jsou měřeny stanovené rozměry (Hautvast, 1967).

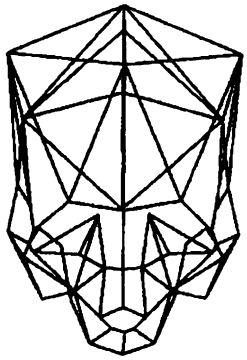
V devadesátých letech vzešel zcela nový směr popisu tvaru – tzv. geometrická morfometrie. Metody geometrické morfometrie souhrnně označují skupinu moderních postupů kvantitativní analýzy velikosti a tvaru objektů pomocí geometrických metod a

vícerozměrné statistiky. Od tradičního přístupu se liší tím, že jednoznačně odděluje tvar a velikost jako dva nezávislé znaky (Urbanová a Králík, 2009). Tuto metodu již aplikovali studenti na Ústavu antropologie přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity ve svých diplomových pracích. Například Josef Duda (2007) ve své diplomové práci porovnával pomocí 2D metod význačných bodů rozdíly pohlavního dimorfizmu lidského obličeje v závislosti na věku jedinců. Stále více autorů se zabývá touto metodou hodnocení tvaru a dá se předpokládat, že se bude stále více rozvíjet nejen v biologických oborech.

Podle charakteru vstupních dat můžeme metody geometrické morfometrie rozdělit na metody analýzy obrysů a metody analýzy význačných bodů (Urbanová a Králík, 2009).

7.1 METODA ANALÝZY VÝZNAČNÝCH BODŮ

Metody analýzy význačných bodů obecně popisují tvar a změny tvaru pomocí význačných bodů (landmarks). Význačné body jsou apriori přesně definovaná místa na objektu, která si mezi zkoumanými objekty přesně odpovídají (Obr. 16). Vstupními daty jsou kartézské souřadnice význačných bodů, pro 2D objekty – x a y souřadnice a pro 3D objekty x, y a z (Urbanová a Králík, 2009). V ideálním případě jsou význačné body homologní anatomická místa, která nemění svou topologickou pozici relativně k ostatním význačným bodům, zajišťují adekvátní pokrytí morfologie, mohou být nalezeny opakovaně a spolehlivě a leží na stejné ploše (Zelditch *et al,* 2004). Soubor význačných bodů jednoho zkoumaného objektu se označuje jako konfigurace. Pro každý soubor dat lze analyzovat libovolnou smysluplnou kombinaci význačných bodů (Urbanová a Králík, 2009).



Obr. 16 Schéma konfigurace sestavené kombinacemi 53 význačných bodů lebky člověka (upraveno podle: Urbanová a Králík, 2009)

Podle Zelditch (2004) se metoda analýzy význačných bodů řídí podle několika základních pravidel:

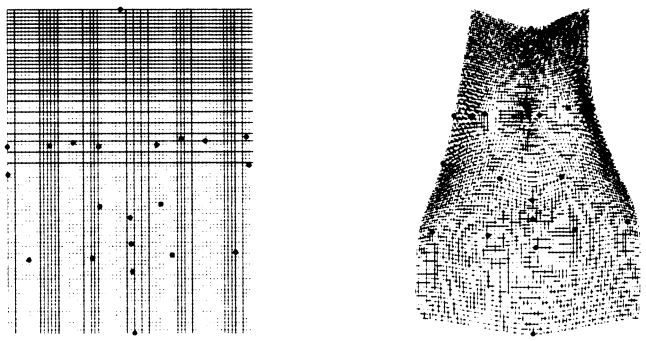
- struktury, které jsou na objektech zkoumány musí být homologní – tedy musí být rozeznatelné u všech jedinců v souboru
- tvary objektů nesmí být příliš odlišné
- k pokrytí objektu potřebujeme dostatečný počet význačných bodů
- význačné body by měly být umisťovány stále na stejné místo
- u trojrozměrných organismů ve dvojrozměrném rozměru, je nutno zabránit deformaci obrazu (např. konstantní podmínky fotografování podle jasně daných pravidel)

7.1.1 Superpoziční metody

U metody superpozičních metod jsou srovnávané objekty na sebe navrstveny tak, aby poloha centroidu (geometricky stanovený střed objektu) byla pro všechny objekty společná. Poté jsou proporčně zvětšeny nebo zmenšeny na jednotnou společnou velikost a nakonec vůči sobě otáčeny tak dlouho, dokud prostorové rozdíly ve všech význačných bodech nejsou minimální. Výsledky jsou interpretovány pomocí vektorů vyjadřujících rozdíly v pozicích význačných bodů. Nejvíce užívaná je generalizovaná prokrustovská superpozice (GLS) (Zelditch et al., 2004).

7.1.2 Deformační metody

Jednou z těchto metod je metoda „tenkých ohebných plátků" („thin–plate spline", TPS). Výhodou TPS je, že umožňuje dobrou vizualizaci pomocí deformačních mřížek (Obr. 17) (Zelditch *et al.* 2004).



Obr. 17 Deformace mřížky podle posunu jednotlivých bodů
(upraveno podle Duda, 2007)

7.2 METODA ANALÝZY OBRYSŮ

Metody analýzy obrysů popisují tvar objektu nezávisle na apriorní definici bodů. Hodnoty tvarových proměnných jsou získány interpolací obrysu zkoumaného objektu vhodnou matematickou funkcí, respektive souřadnicemi *x*, *y*, *z* v případě dostatečného množství bodů podél obrysu. Primárním ukazatelem tvaru objektu jsou tedy koeficienty vhodného matematického vyjádření nejpodobnější geometrické struktury. Nejznámější příklad této metody je aplikace Fourierovy analýzy na obrys objektu (Urbanová et al., 2006). Do skupiny metod analýzy obrysů patří dále eliptická Furierova analýza, vlnková analýza nebo analýza vlastních tvarů (Urbanová a Králík, 2009).

Obě uvedené metodiky – metoda význačných bodů a metoda analýzy obrysů se dají různě kombinovat v závislosti na testované hypotéze nebo předmětu bádání (Lestrel et al., 2004; Lestrel et al. 2005).

Uvedené metody kvantitativního popisu tvaru zde byly zařazeny proto, že bych ráda jednu z těchto metod využila ve své budoucí magisterské práci. Jednalo by se o longitudinální sledování souboru fotografií jedinců v časovém rozmezí od narození do 18 let. Navrhovala bych zpracovat tyto fotografie obličejů jednou z uvedených metod geometrické morfometrie (Obr. 18).

Obr. 18 Příklad umístění význačných bodů (a) a vyznačení křivky obrysu (b) obličeje (upraveno podle: Prokopec, archiv fotografií)

8 ZÁVĚR

Hlavním záměrem této bakalářské práce bylo shrnutí vývoje obličeje od prenatálního období do dospělosti. Byl zde popsán vývoj obličeje od počátku jeho vzniku v období embryonálním, jeho růst a charakteristické znaky v dětství a v období puberty až do dosažení plnoletosti. Velmi důležitou součástí této práce jsou také kapitoly zaměřené na růst lebky a vývoj dentice, které mají v konečném vzhledu obličeje nezastupitelnou roli.

Ze všech dostupných užitých zdrojů vyplývá, že růst obecně závisí především na genetických dispozicích a faktorech prostředí, ve kterých jedinci vyrůstají. Přesto, že se některé znaky mohou projevit individuálně různě, je všem řada růstových pochodů pro určitá období společná.

Správný vývoj je velmi závislý na prenatálním období, kdy se vyvíjí veškeré důležité struktury obličeje. Pokud zde dojde k nějakému narušení, může dojít k vývojovým anomáliím. V období postnatálního růstu se mění velikost a vztahy mezi neurokraniem a splanchnokraniem. K největšímu růstovému spurtu splanchnokrania dochází v prvních třech letech a kolem 5. – 7. roku života u obou pohlaví. Nejdůležitějším obdobím z hlediska rozlišení mužského a ženského obličeje je puberta. U dívek jsou zaznamenávány největší růstové rozdíly kolem 11. roku života, u chlapců kolem 12. – 13. roku. Pro ženský obličej jsou charakteristické jemnější a měkčí rysy než u mužů.

Se sekulárním trendem posledních 100 – 150 let souvisí změny tvaru hlavy – debrachycephalizace. Pokračování tohoto trendu prodlužování a zužování se ale zřejmě nedá očekávat i nadále. Sekulární trend ustává, a proto je otázkou, jaké změny tvaru hlavy s sebou přinese vývoj do budoucnosti.

Nástrojem antropologického výzkumu jsou převážně klasické antropometrické a antroposkopické metody. V poslední době ale přichází na scénu antropologických studií moderní metody kvantitativního popisu tvaru - geometrická morfometrie. V této práci byly shrnuty její základní metody a navržen způsob možného zpracování fotografií obličeje jednou z těchto metod. Tento návrh sem byl zařazen proto, že by se autorka ráda orientovala tímto směrem ve své budoucí magisterské práci.

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: **Lebl J, Krásničanová H.** 1996. Růst dětí a jeho poruchy. Praha: Galén.

Obr. 2, 5, 12: **Čihák R.** 2001. Anatomie 1. Praha: Grada Publishing.

Obr. 3: **Moxham BJ, Berkovitz BKB.** 1988. A textbook of head and neck anatomy. Chicago: Year Book Medical Publishers a **Malínský J, Malínská J, Michalíková Z.** 2005. Morfologie orofaciálního systému. Olomouc: Vydavatelství univerzity Palackého v Olomouci.

Obr. 4: **Nillson L.** 1996. Tajemství života. Praha. Svojtka a Vašut.

Obr. 6: **Enlow DH.** 1968. The human face. New York : Harper & Row.

Obr. 7: **Enlow DH., Harris DB**. 1964. A study of the postnatal growth of the human mandible. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 50: 25-50.

Obr. 8: **Zrzavý J.** 1977. Anatomie pro výtvarníky. Praha: Avicenum.

Obr. 9: **Ubelaker DH.** 1978. Human Skeletal Remains: Excavation, analysis, interpretation. Chicago: Aldine Publishing Company.

Obr. 10: **Šmahel Z.** 2001. Principy, teorie a metody auxologie. Praha: Karolinum.

Obr. 11: **Machová J.** 2005. Biologie člověka. Praha: Karolinum.

Obr. 13: **Ferring V, Pancherz H.** 2008. Divine proportions in the growing face. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 134:472-479.

Obr. 14: **Bláha P, Vignerová J, Paulová M, Riedlová J, Kobzová J, Krejčovský L.**1999. Vývoj tělesných parametrů českých dětí a mládeže se zaměřením na rozměry hlavy (0 – 16 let), I. Díl. Praha: Státní zdravotnický ústav.

Obr. 15: **Krásničanová H, Lesný P.** 2000. Kompendium pediatrické auxologie. CD-ROM. Praha: Galén.

Obr. 16: **Urbanová P, Králík M.** 2009. 15. Appendix. Kvantitativní popis tvaru pomocí metod geometrické morfometrie. In: Svoboda J, Malina J. Panoráma biologické a sociokulturní antropologie. Čas lovců: Aktualizované dějiny paleolitu. Brno: Akademické nakladatelství CERM.

Obr. 17: **Duda J.** 2007. Pohlavní dimorfismus lidského obličeje (morfometrická studie) Diplomová práce. Masarykova univerzita. Brno.

Obr. 18: **Prokopec M.** Archiv fotografií.

10 SEZNAM CITOVANÉ A POUŽITÉ LITERATURY

Allen EK, Marotz LR. 2005. Přehled vývoje dítěte od prenatálního období do 8 let. Praha: Portál.

Bláha P, Krejčovský L, Jiroutová L, Kobzová J, Sedlak P, Brabec M, Riedlová J, Vignerová J. 2006. Somatický vývoj současných českých dětí: Semilongitudinální studie. Praha: Státní zdravotnický ústav.

Bláha P, Vignerová J, Paulová M. 2000. Debrachycefalizační trend české dětské populace. Československá pediatrie. 10: 624-632.

Bláha P, Vignerová J, Paulová M, Riedlová J, Kobzová J, Krejčovský L. 1999. Vývoj tělesných parametrů českých dětí a mládeže se zaměřením na rozměry hlavy (0 – 16 let), I. Díl. Praha: Státní zdravotnický ústav.

Bláha P, Vignerová J, Paulová M, Riedlová J, Kobzová J, Krejčovský L. 1999. Vývoj tělesných parametrů českých dětí a mládeže se zaměřením na rozměry hlavy (0 – 16 let), II. Díl. Praha: Státní zdravotnický ústav.

Blažek V, Trnka R. 2009. Lidský obličej. Praha: Karolinum.

Bouchalová M. 1987. Vývoj během dětství a jeho ovlivnění. Praha: Avicenum.

Bulygina E, Mitteroecker P, Aiello L. 2006. Ontogeny of Facial Dimorphism and Patterns of Individual Development Within One Human Population. American Journal of Physical Anthropology. 131: 432-443.

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

Dokládal M. 1994. Anatomie zubů a chrupu. Brno: Masarykova univerzita.

Dokládal M, Páč L. 1997. Anatomie člověka I. Pohybový systém. Brno: Masarykova univerzita.

Duda J. 2007. Pohlavní dimorfismus lidského obličeje (morfometrická studie). Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta.

Enlow DH, Harris DB. 1964. A study of the postnatal growth of the human mandible. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 50: 25-50.

Enlow DH. 1968. The human face. New York : Harper & Row.

Enlow DH. 1982. Handbook of facial growth. Philadelphia [etc.]: W.B. Saunders.

Enlow DH, Hans MG. 1996. Essentials of Facial Growth. Oxford: W.B. Saunders Company.

Falkner F, Tanner JM. 1986. Human growth. 2nd ed. New York : Plenum Press.

Ferrario VF, Sforza CH, Serrao G, Ciusa V, Dellavia C. 2003. Growth and Aging of Facial Soft Tissues:A Computerized Three-Dimensional Mesh Diagram Analysis. Clinical Anatomy. 16:420–433.

Ferring V, Pancherz H. 2008. Divine proportions in the growing face. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 134:472-479.

Fetter V, Prokopec M, Suchý J, Titlbachová J. 1967. Antropologie. Praha: Academia.

Figalová P, Šmahel Z. 1972. Růst mozkovny a obličeje u dětí od 3 měsíců do 6ti let. Praha: Burianova laboratoř plastické chirurgie ČSAV.

Hajniš K, Brůžek J, Blažek V. 1989. Růst českých a slovenských dětí. Praha: Academia.

Hautvast JGAJ. 1967. Growth changes in the human head, face and stature. Nijmegen: Thoben Offset.

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

Houštěk J et al. 1982. Pediatrická propedeutika. Praha: Avicenum. In : Ramba J. 1990. Zlomeniny obličejových kostí u dětí. Praha: Avicenum.

Klementa J, Machová J, Malá H. 1981. Somatologie a antropologie. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.

Kohn LAP. 1991. The Role of Genetics in Craniofacial Morphology and Growth. Annual Review of Anthropology. 20: 261- 278.

Kolektiv autorů 1999. Všeobecná encyklopedie Diderot. Praha: DIDEROT.

Kolektiv autorů 2006. Universum. Praha: Euromedia Group, k.s..

Komínek J, Rozkovcová E. 1984. Metoda určování zubního věku. In: Urban F. 1984. Pokroky ve stomatologii 2, Praha: Avicenum.

Kos J, Slípka J, Strouhal E. 2000. Základy fyzické antropologie. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.

Krásničanová H, Lesný P. 2000. Kompendium pediatrické auxologie. CD-ROM. Praha: Galén.

Kreutz K, Verhoff MA. 2002. *Facial Identification of Children Regarding Age Dependent Changes of the Human Face and their Influence on Individual Identification.* Bari: Proceedings of the 10th Meeting of the International Association for Cranialfacial Identification.

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

Lee CF, Proffit WR. 1995. The daily rhythm of tooth eruption. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 107:38-47.

Lestrel PE, Cesar jr.RM, Takahashi O, Kanazawa E. 2004. A Fourier-wavelet representation of 2D--shapes: sexual dimorphism in the Japanese cranial base. Anthropological Science 112: 3-28.

Lestrel PE, Cesar jr.RM, Takahashi O, Kanazawa E. 2005. Sexual dimorphism in the Japanese cranial base: A Fourier-wavelet representation. American Journal of Physical Anthropology. 128: 608-622.

Lhotská L, Bláha P, Vignerová J, Roth Z, Prokopec M. 1993. 5.antropologický výzkum dětí a mládeže 1991 (České země). Praha: Státní zdravotní ústav.

Lievegoed BCJ. 1992. Vývojové fáze dítěte. Praha: Baltazar.

Lisá L, Kňourková M. 1986. Vývoj dítěte a jeho úskalí. Praha: Avicenum.

Machová J. 2005. Biologie člověka. Praha: Karolinum.

Malá H, Klementa J. 1985. Biologie dětí a dorostu. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.

Malínský J. 1998. Histologie a embryologie orofaciální oblasti. Olomouc: Vydavatelství univerzity Palackého v Olomouci.

Malínský J, Malínská J, Michalíková Z. 2005. Morfologie orofaciálního systému. Olomouc: Vydavatelství univerzity Palackého v Olomouci.

Marshall WA, Tanner JM. 1969. Variations in patterns of pubertal changes in girls. Archives of Disese in Childhood. 44:291–303.

Matiegka J. 1927. Somatologie školní mládeže. Praha: Nakladatelství české akademie věd a umění.

Moxham BJ, Berkovitz BKB. 1988. A textbook of head and neck anatomy. Chicago: Year Book Medical Publishers.

Mrázková O, Doskočil M. 2001.Klinická anatomie pro stomatology. Praha: Triton.

Nanda RS, Taneja RC. 1972. Growth of Face during the transitional Period. Angle Orthodontist. 42:165-171.

Nillson L. 1996. Tajemství života. Praha. Svojtka a Vašut.

Novick NL. 1988. *Super Skin.* New York: Clarkson Potter. In: Benešová E. 2008. Komparativní metody využívané při identifikaci a verifikaci obličeje. Bakalářská práce PřfUK. Praha.

Ochoa BK, Nanda RS. 2004. Comparison of maxillary and mandibular growth. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.125:148-59.

Otová B, Mihalová R, Vymlátil J. 2007. Vývoj a růst člověka. Praha. Karolinum.

Petrovický P, Doskočil M. 2001. Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi, I. Svazek. Martin SR: Osveta.

Prahl-Andersen B, Ligthelm-Bakker, Wattel E, Nanda R. 1995. Adolescent growth changes in soft tissue profile. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 107:476-83.

Prokopec M. 1999. Jak změnilo člověka dvacáté století? Živa. 6: 276 - 280

Ramba J et al. 1990. Zlomeniny obličejových kostí u dětí. Praha: Avicenum.

Rokyta R, Marešová D, Turková Z. 2002. Somatologie I. a II. Praha: Eurolex bohemia, s.r.o.

Scheuer L, Black S. 2000. Developmental Juvenile Osteology. San Diego: Academic Press.

Schreiber M. a kol. 1998. Funkční somatologie. Jinočany : Vydavatelství H&H.

Schumacher GH. 1992. Anatómia pre stomatológov - učebnica a atlas. 1. diel, Hlava, orofaciálny systém, oko, ucho, orgán rovnováhy, systematika nervov a ciev hlavy a krku. Martin: Osveta.

Sedlak P, Bláha P. 2007. Onthogenetic Development of the Man. In: Essentials of Biological Anthropology (Selected chapters). Praha: Karolinum.

Smith BH, Garn SM, Hunter WS. 1986. Secular trends in face size. Angle Orthodontist. 56: 196-204

Snodell S, Nanda R, Currier G. 1993. A longitudinal cephalometric study of transverse vertical craniofacial growth. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 104:471-83.

Stloukal M, Dobisíková M, Kuželka V, Stránská P, Velemínský P, Vyhnánek L, Zvára K. 1999. Antropologie: příručka pro studium kostry. Praha: Národní muzeum.

Suchý J, Dohnal V, Kotulán J, Šmiřák J. 1970. Biologie dítěte. Praha : Státní pedagogické nakladatelství.

Sullivan PG. 1986. Skull, Jaw, and Teeth Growth Patterns. In: Falkner F, Tanner JM. Human Growth: A Comprehensive Treatise. New York: Plenum Press.

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

Tanner JM. 1990. Fetus into man: physical growth from conception to Maturity. Cambridge: Harvard University.

Ubelaker DH. 1978. Human Skeletal Remains: Excavation, analysis, interpretation. Chicago: Aldine Publishing Company.

Urbanová P, Králík M. 2009. 15. Appendix. Kvantitativní popis tvaru pomocí metod geometrické morfometrie. In: Svoboda J, Malina J. Panoráma biologické a sociokulturní antropologie. Čas lovců: Aktualizované dějiny paleolitu. Brno: Akademické nakladatelství CERM.

Urbanová P, Eliášová H, Králík M. 2006. Morphometric Outline – Based Approaches in Forensic Anthropology. In: XX Congress of International Academy of Legal Medicine. Free papers proceedings. Budapest: MEDIMOND S.r.l. International Proceedings.

Vacek Z. 1992. Embryologie pro pediatry. Praha: Karolinum.

Vignerová J, Bláha P. 2001. Sledování růstu českých dětí a dospívajících (Norma, Vyhublost, Obezita) Praha: Státní zdravotní ústav.

Vignerová J, Riedlová J, Bláha P, Kobzová J, Krejčovský L, Brabec M, Hrušková M. 2006. 6. celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001 Česká Republika. Praha: Karlova univerzita a Státní zdravotnický ústav.

Volf V, Volfová H. 2003. Pediatrie I. Praha : Informatorium.

Zelditch ML, Swiederski DL, Sheets HD, Fink WL. 2004. Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer. New York: Elsevier Academic Press.

Zrzavý J. 1977. Anatomie pro výtvarníky. Praha: Avicenum.

Internetové zdroje :

Individuální vývoj člověka: http://www.sci.muni.cz/anthrop/soubory/IV_03.pdf (staženo 30.6.2009)