

Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: BBI



Alexandra Šefčíková

Súvislosť testosterónu a morfológie mužskej tváre

Relationship between testosterone and man facial morphology

Bakalárska práca

Vedúci práce: Mgr. Vít Třebický, Ph.D.

Praha, 2018

Prehlásenie

Prehlasujem, že som záverečnú prácu spracovala samostatne, a že som uviedla všetky použité informačné zdroje a literatúru. Táto práca ani jej podstatná časť neboli predložené k získaniu iného alebo rovnakého akademického titulu.

V Prahe dňa, 15.8.2018

Podpis

Podakovanie

Rada by som sa poďakovala vedúcemu mojej bakalárskej práce Mgr. Vítovi Třebickému, Ph.D. za trpezlivosť, ústretový prístup, cenné rady a pripomienky, ktoré mi pri písaní mojej práce poskytol.

Abstrakt

Pohlavné hormóny ovplyvňujú celkový vývoj jedinca, vývoj metabolických procesov, distribúciu tukového a svalového tkaniva, anatómiu skeletu, tvaru tváre a celkového vzhľadu femininneho a maskulínneho fenotypu. Morfológické rozdiely v tvári medzi mužmi a ženami môžeme pozorovať už v ranom veku. Predpokladá sa, že súvisia s rôznymi hladinami prenatalných pohlavných hormónov. Zmeny v tvári sa zvyšujú postupne v priebehu dospievania a svoj najväčší nárast zaznamenávajú v období puberty. U chlapcov je hladina testosterónu vysoká a pomáha rozvoju sekundárnych pohlavných rozdielov a maskulínných črt. Tvár sa stáva robustnejšou, kde sa zväčšuje prominencia nadočnicových oblúkov, nosa a čeľuste v porovnaní so ženami. Pohlavný dimorfizmus v tvári je jedným zo signálov, ktoré sú tvarované vnútrohľavným a medzipohlavným výberom.

Kľúčové slová:

Morfológia, tvár, pohlavný dimorfizmus, hormóny, testosterón,

Abstract

Sex hormones influence the overall development of the individual, its development of the metabolic processes, and the distribution of the adipose and muscle tissue, the anatomy of the skeleton, the features of the face and the general appearance of the feminine and masculine phenotype. The morphological differences between men and women can be observed and studied already at the very young age. It is estimated that these differences relate to the distinct levels of the prenatal sex hormones. The occurring changes on face are continuously increasing during the period of adolescence yet, the peak of their development is spotted at puberty. In men's case, the level of testosterone is high enough to boost the growth of the secondary sex differences and the masculine features. In comparison with women, the face of men becomes more robust where the prominence of the supraciliary arch, nose and jowl is extended. The sex dimorphism of the face is one of the most significant signs of the intrasexual and intersexual selection.

Key words:

Morphology, face, sexual dimorphism, hormones, testosterone

Obsah

1. ÚVOD.....	1
2. POHLAVNÝ DIMORFIZMUS	2
2.1 U zvierat.....	3
2.2 U človeka	5
2.3 Ľudská tvár.....	5
3. STEROIDNÉ HORMÓNY	7
3.1 Pohlavné hormóny	7
3.1.1 Androgény	7
4. MORFOLÓGIA TVÁRE	98
4.1 Prenatálne obdobie	9
4.2 Postnatálne obdobie.....	10
4.2.1 Detstvo a Puberta	10
4.2.2 Dospelosť.....	12
5 METÓDY SKÚMANIA.....	13
5.1 Pomer šírky ku výške tváre (fWHR)	14
5.2 Pomer druhého ku štvrtému prstu ruky (2D:4D)	15
6. ZÁVER	16
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	1716
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK	2423

1. ÚVOD

Medzi ľuďmi v každodenných situáciách dochádza ku vzájomnej interakcii a komunikácii, kde sa pozornosť človeka zameriava hlavne na tvár. Tvár je dôležitý prvok a hrá dôležitú úlohu v aktivitách ľudí (Samal, Subramani, Marx, 2007). Pohľadom na tvár dokážeme zistiť nielen informácie ako pohlavie či etnickú príslušnosť ale aj výraz tváre nám poskytuje vodítko k emocionálnemu rozpoloženiu človeka (Komori, Kawamura, & Ishihara, 2009), ktorý je dôležitý k tomu, aký spôsobom vedú ľudia sociálne interakcie (Samal, Subramani, & Marx, 2007). Tieto prisúdené charakteristiky a vlastnosti sa odvodzujú od rysov tváre a rasy tváre sú často spojené s rozvojom pohlavnej typickosti morfológie tváre.

Cieľom mojej práce bola literárna rešerš zameraná na tému súvislosti testosterónu a morfológie mužskej tváre. Snažila sa zhrnúť doterajšie štúdie zaoberajúce sa vývojom pohlavne špecifických rysov tváre, ktorých je v súčasnosti veľké množstvo. Preto som si vybrala len užšiu časť výskumu a to morfológiu konkrétne mužských tvárí. O ktorých sa v dnešnej dobre vedie diskusia o tom aké faktory pôsobenia pohlavného výberu majú vplyv na vznik rysov tváre u človeka, a ktorá sa momentálne intenzívne venuje rysom spojených s mužskou konfrontáciou. Zamerala som sa na vývojové faktory, ktoré sa podieľajú na vzniku jednotlivých tvárových rysov. Väčšina výskumov sa zameriava na morfológiu tváre v dospelosti. Otázkou však ostáva kedy sa počas ontogenézy jednotlivé morfológické črty tváre zakladajú.

Väčšina rozdielností medzi mužmi a ženami a vzniku pohlavného dimorfizmu je pôsobením pohlavného výberu spojeného s pôsobením pohlavných hormónov (Puts, 2016). V priebehu celého života muža, je produkovaný testosterón, jeden z najdôležitejších hormónov pre normálny vývoj muža (Norman, 2015). Je zodpovedný za vývoj pohlavných orgánov, sekundárnych pohlavných znakov aj mužského typu správania (Granner, 1998). Valná väčšina výskumu v súvislosti s touto tematikou venuje vplyvu aktuálnych alebo prenatalných hladín testosterónu (Lefevre, Lewis, Perrett, & Penke, 2013; Neave, Laing, Fink, & Manning, 2003; Whitehouse a kol., 2015). Zmeny v syntéze testosterónu, ktoré sa odrážajú v hladinách hormónov v plazme počas života ukazujú na rôzne fázy, o ktorých sa vo výskumoch veľa nehovorí a nie je brané do úvahy aký majú vplyv na pohlavný dimorfizmus. Čo sa týka vzniku pohlavne dimorfických rysov tváre, zmeny vrcholia počas druhého trimestra v maternici a neskôr potom až v šiestom mesiaci po pôrode. Počas detstva je pokojné obdobie a až s nástupom puberty znova stúpa syntéza testosterónu. Hormonálne hladiny sa v dospelosti ustália koncom puberty a znižovanie koncentrácie testosterónu začína v skoršom strednom veku (Norman, 2015).

U mužských tvárí, čím sú staršie, tým sú viac informatívne pre vnímanie pohlavia. Je možné, že citlivejší odhad miery maskulinity tvarových črt u mužov odrážajú zvýšené hladiny testosterónu

v pubertou (August, Grumbach, & Kaplan, 1972; Boyar a kol., 1974). Tento názor by podporovala i pozitívna korelácia medzi hladinami testosterónu a veku, ktoré sa systematicky obaevujú iba u mužov ale nie u žien (Marečková a kol., 2011).

2. POHLAVNÝ DIMORFIZMUS

Nástup pohlavného rozmnožovania u živočíchov mal hlboké dôsledky pre evolučnú históriu (Willner, 1989). Priniesol so sebou celé množstvo aspektov sprevádzaných vývojom rozmnožovacích stratégií. Medzi príslušníkmi rovnakého živočíšneho druhu prebieha neustály evolučný „zápas“, pri ktorom jedinci využívajú tieto stratégie, za účelom zvýšenia svojho reprodukčného úspechu. Dochádza tu k medzipohlavnej (intersexuálnej) a vnútrohľavnej (intrasexuálnej) kompetícii (Flegr, 2005).

Pre jedincov nie je dôležité len prežiť do reprodukčného veku, ale taktiež nájsť sexuálneho partnera na rozmnožovanie. Preto medzi jedincami rovnakého pohlavia často dochádza ku vnútrohľavnej kompetícii o prístup ku vhodným sexuálnym partnerom. Pričom medzipohlavná kompetícia má skôr podobu výberu, než fyzického boja. Samice sa snažia nájsť partnera, ktorý je schopný a ochotný dostatočne investovať do potomstva. Vyberajú si na základe vodítok napríklad, biologické kvality, schopnosti postarať sa o potomstvo a zabezpečiť prežitie (Barrett, Dunbar, & Lycett, 2007). Smer pohlavného výberu a intenzita pôsobiaca na obe pohlavia sa môže veľmi nápadne líšiť medzi samcami a samicami, čo vedie k rozdielnej evolúcii morfologických znakov u oboch pohlaví, ku vzniku sekundárnych pohlavných znakov a často i k veľmi nápadnému pohlavnému dimorfizmu (Flegr, 2005).

Súťaže v rámci rovnakého pohlavia sa uprednostňuje veľkosť, sila, zbrane, a agresia (Darwin, 1859, 1871) zatiaľ čo výber partnera uprednostňuje napríklad prejav určitých vodítok, ktoré by mali odkazovať na kvalitu jedinca ako potenciálneho partnera, prípadne rodiča spoločných potomkov (Puts, 2010).

Pohlavný dimorfizmus vo všeobecnosti znamená rozdielnosť medzi samcami a samicami rovnakého živočíšneho druhu (Hershler & Hochstein, 2009). Je bežným javom u väčšiny pohlavne sa rozmnožujúcich organizmov. V biológii sa rozoznávajú dva typy pohlavne dimorfických črt: primárne pohlavné rozdiely a sekundárne pohlavné rozdiely. Primárne pohlavné rozdiely priamo súvisia s párením a reprodukciou, stavbou pohlavných orgánov, fyziológiou (Plavcan, 2001). Sekundárne pohlavné znaky predstavujú morfologické štruktúry, orgány či ornamenty na pokrýve tela, ale môžu sa prejavovať aj v správaní. Na ich vytváraní sa podieľa mnoho génov zapojených v riadení vzniku a vývoja i ďalších znakov a správania. Miera expresie sekundárnych pohlavných znakov je nielen rôzna medzi pohlaviami ale aj medzi jedincami rovnakého pohlavia (Flegr, 2005).

2.1 U zvierat

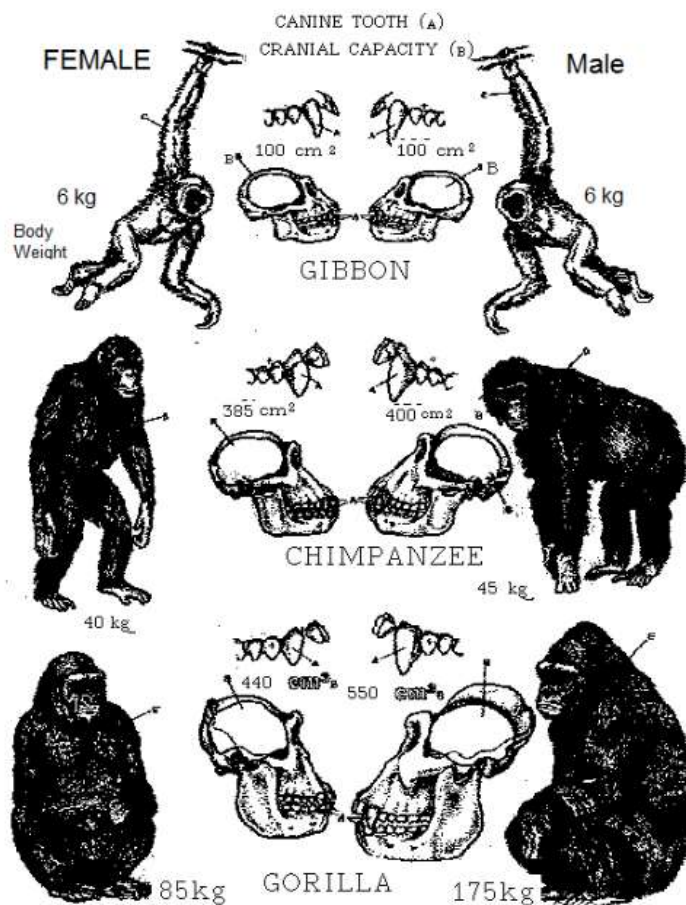
Samce a samice u mnohých druhov sa odlišujú vo viacerých znakoch, v niektorých jednoznačne viditeľných, napríklad vo veľkosti tela, pokryve a zdobení tela až po jemnejšie rozlíšenia ako napríklad vzájomné rozdielnosti medzi jednotlivými telesnými dimenziami, rozdiely v dentálnej morfológii až po odlišné typy správania. Napriek tomu, že môžu zdieľať rovnaký fylogenetický pôvod, výskyt a požiadavky na prostredie. Tieto rozdielnosti sú v širokej pestrosti zastúpené v živočíšnych triedach ako ryby, vtáky a cicavce (Willner, 1989).

Konkrétnejšie príklady skupín kde sa vyskytujú výrazné sekundárne pohlavné znaky sú napr. vtáčie rodiny (Payne, 1984), kopytníky (Alexander, Hoogland, Howard, Noonan, & Sherman, 1979; Jarman, 1974), *Mirounga angustirostris*– Rypouš Severní (Le Boeuf, 1974), a iné. U ktorých je veľkosť tela samcov porovnateľne väčšia a variabilnejšia než veľkosť tela u samíc. Najextrémnejší prípad je pravdepodobne Rypouš severní (*Mirounga angustirostris*), kde samci naberajú trikrát väčšie rozmery ako samice (obr.1.) (Le Boeuf, 1974).



Obr.1. *Mirounga angustirostris*, porovnanie veľkosti tela samca a samice. Dostupné z: <http://www.fao.org/fishery/species/18220/en>, [03-08-2018]

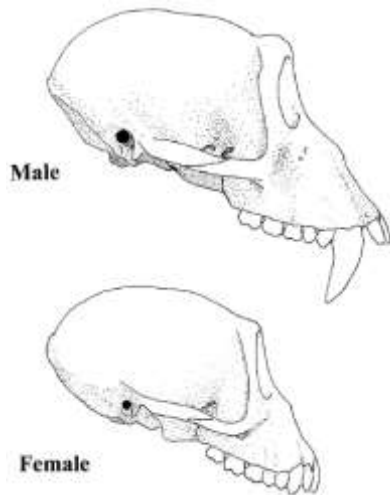
Z primátov najextrémnejšími skupinami sú gorily (Zihlman, 2000) (viď obr.2.), orangutany, paviány, kde sú samci už dvakrát väčší než samice (Leutenegger & Kelly, 1977).



Obr.2. Porovnanie tela, lebky a chrupu samcov a samíc primátov. Dostupné z:

<https://evolmedwomenshealth.weebly.com/sexual-dimorphism.html#> [27-07-2018]

Čím je väčší dimorfizmus tela, tým sú aj väčšie rozdielnosti pohlavného dimorfizmu v kraniofaciálnej oblasti v rámci určitého druhu (Plavcan, 2002). Lebečná báza aj klenba sa ukazujú ako najmenej dimorfické a naopak rozmer tváre a čeluste prejavujú silný dimorfizmus (Plavcan, 2002). Na zhodnotenie relatívnej zmeny v dimorfizme v rôznych oblastiach lebky a čelustí sa môže získať ďalším skúmaním jednotlivých druhov primátov (Plavcan, 2002). Druh *Macaca fascicularis* ukazuje typický dimorfizmus pre opice žijúce v Afrike a Ázii. Značne veľký rozdiel je medzi lebkami samca a samice, kde samčia lebka je robustnejšia má dlhšiu tvárovú časť a väčšie očné zuby než majú samice (viď obr.3.) (Plavcan, 2001).



Obr.3. Ilustrácia lebky samca a samice rodu *Macaca fascicularis*. Prevzaté z publikácie (Plavcan, 2001).

2.2 U človeka

Pohlavný výber u ľudí zohral dôležitú úlohu v ľudskej evolúcii a môže fungovať cez mnohé mechanizmy, zahŕňajúce súťaženie, voľbu partnera, bitky, sexuálny nátlak, súťaž spermii (Puts, 2016). Nakoniec to však viedlo u ľudí k menej výraznému pohlavnému dimorfizmu ako u ostatných cicavcov, zreteľné rozdiely môžeme vidieť v dimenziách, ktoré boli ovplyvnené niektorým (alebo oboma) z mechanizmov už spomínaného pohlavného výberu (Puts, 2016). Konkrétne veľmi zreteľné rozdielnosti medzi mužmi a ženami sú vo výške, v rozložení svalového a tukového tkaniva na tele. Muži sú v priemere o 15% ťažší a o 9% vyšší než ženy (Stulp & Barrett, 2014). Taktiež majú približne o 40% menej tuku a o 60% viac svalovej hmoty ako ženy (Lassek & Gaulin, 2009). Muži majú o 80% viac svalovej masy na ramenách a o 50% viac svalov v spodnej časti tela (Abe; Kearns, 2003). Lassek a Gaulin(2009) poznamenali, že pohlavné rozdiely v svalovej hmote vrchnej časti tela u ľudí sú podobné pohlavným rozdielom svalovej hmoty bez tuku u goríl navyše pohlavne dimorfických zo všetkých žijúcich primátov, avšak už nie je u nich pozorovaný dimorfizmus v rozložení tukového tkaniva (Zihlman, 2000). U žien je tukové tkanivo rozložené hlavne v oblasti bokov, zadku a poprsia, čo vzbudzuje záujem opačného pohlavia (Dixson & Vasey, 2011; Singh, Dixson, Jessop, Morgan, & Dixson, 2010).

2.3 Ľudská tvár

V priemere sa mužské od ženských tváří štruktúrálna a tvarovo líšia. Muži majú širšiu a dlhšiu bradu, dlhší a širší nos, viac vystupujúce lícne kosti, ktoré avšak nie sú také zreteľné ako u žien. Na základe vývoja nadočnicového oblúka majú hlbšie uložené šikmejšie oči a užšie pery než ženy. Naopak

štruktúra ženskej tváre skôr pripomína detskú tvár, celková veľkosť tváre je menšia a menej robustnejšia ako to nachádzame u mužov. Viac nápadné oči, plnšie a väčšie pery (viď obr.4.) (Pivoňková, 2009a).



Obr.4. Tvár muža a ženy. Dostupné z:

https://payload294.cargocollective.com/1/16/529916/8196642/frontal-face-m-f_o.jpg [14-08-2018]

Weston, Friday & Lio (2007), študovali lebky mužov a žien vo vekovom rozpätí 9-30 rokov a pozorovali, že pohlavný dimorfizmus bol prvý evidentný medzi 12-14 rokmi. Dlhodobé štúdie kraniofaciálneho vývoja a štruktúry Bulygina a kol. (2006); Thordarson, Johannsdottir & Magnusson (2006) preto navrhujú, že odlišný súbor rozdielov vzniká počas puberty. Ak sú pohlavné rozdiely v kraniofaciálnom vývoji z časti sprostredkované pohlavnými hormónmi, tak keď sa zvýši sekrécia pohlavného hormónu na začiatku puberty, kraniofaciálna štruktúra môže vykazovať zodpovedajúce zmeny (Bulygina a kol., 2006; Weston a kol., 2007).

Morfologické rozdiely medzi pohlaviami sa zvyčajne pripisujú rozdielnym účinkom endogénnych postnatálnych hormónov alebo pôsobením génov na pohlavných chromozómoch. Avšak aj pôsobenie materských exogénnych hormónov v prenatálnom období tiež môže byť dôležitým faktorom. Do akej miery prenatálne pohlavné hormóny ovplyvňujú vzory rastu tváre u ľudí je zatiaľ stále nejasné (Weinberg, Parsons, Raffensperger, & Marazita, 2015).

Jedným takýmto veľmi dôležitým pohlavným hormónom, ktorý je súčasťou správneho vývoja mužských čŕt je testosterón. Spolu s jeho metabolitom dihydrotestosterónom (DHT) zabezpečujú pohlavnú diferenciáciu, spermatogenézu, vývoj sekundárnych pohlavných orgánov a zvýrazňujúcich pohlavných znakov a štruktúr, anabolické pôsobenie, génovú reguláciu a mužský (samčí) typ správania (Granner, 1998). Metabolicky pôsobia na aktivitu rastu kostí, zvýšenie krvotvorby, zmnoženie svalovej hmoty, zvyšujú proteosyntézu a potláčajú štiepenie bielkovín (Dobrota, 2012).

Zmeny v týchto hladinách môžu ovplyvniť aspekty tvaru tváre a kraniofaciálneho vývoja (Pound, Penton-Voak, & Surridge, 2009). Muži s vyššou hladinou testosterónu v slinách sa javia maskulinnejší pre okolie (Penton-Voak & Chen, 2004). Odhaduje sa vzťah hladiny testosterónu s vnímaním maskulinity (Pound a kol., 2009). Pôsobenie testosterónu na vývoj tváre môže pôsobiť aj na hladiny rastového hormónu (GH). Rastový hormón hrá hlavnú úlohu pri celkovom vývoji a regulácii rastu tela a tiež ovplyvňuje kraniofaciálne oblasti u detí (Spiegel, 1971).

3. STEROIDNÉ HORMÓNY

Steroidné hormóny vnikajú z cholesterolu, ktorý je prekursorom všetkých steroidných hormónov (Murray, 1998). Biosyntéza hormónov prebieha v troch orgánoch: v kôre nadobličiek (kortizol a aldosterón), v semenníkoch u mužov (testosterón) a vo vaječníkoch u žien (estrogén, progesterón). Pričom sú všetky tieto orgány schopné produkovať okrem svojho hlavného produktu aj malé množstvá ostatných steroidných hormónov (Dobrota, 2012). Neukladajú sa do zásoby, hneď po syntéze sú transportované do cieľových tkanív (Murray, 1998). Transportujú sa v krvi vo väzbe s transportnými proteínmi napr. SHBG (sex hormone-binding protein) proteín viažuci pohlavný hormón (Matouš, 2010). Biologickou účinnosťou sa delia na 3 skupiny hormónov: Glukokortikoidy, mineralokortikoidy a pohlavné hormóny, kde patria androgény, estrogény a progesterón (Murray, 1998).

3.1 Pohlavné hormóny

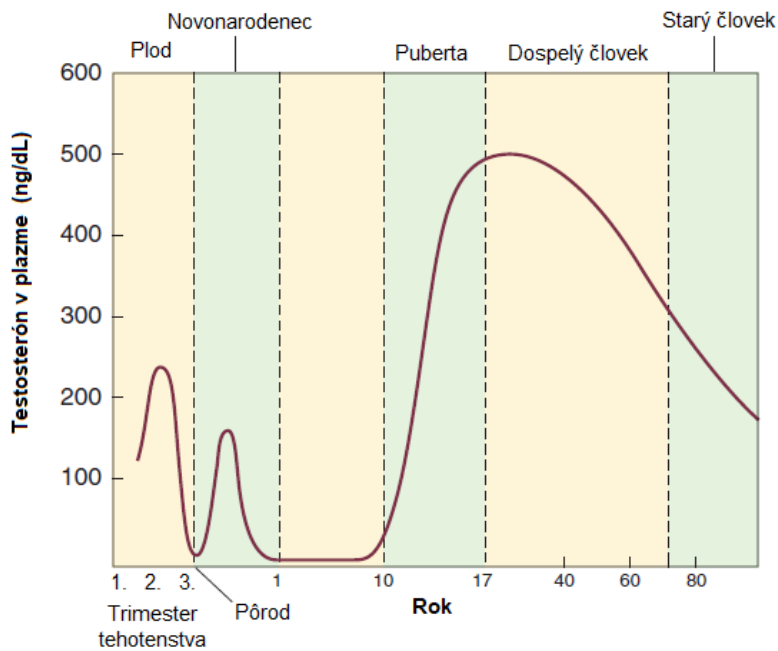
Pohlavné hormóny sa produkujú spoločne so zárodočnými bunkami v gonádach. U žien vaječníky produkujú vajíčka a hormóny progesterón a estrogény. U mužov semenníky produkujú spermie a testosterón (Granner, 1998). Hlavnú úlohu v regulácii vylučovania týchto pohlavných hormónov u mužov a žien má hypotalamo-hypofýzový komplex (Dobrota, 2012).

3.1.1 Androgény

Hlavným z androgénov alebo prekursorom je dehydroepiandrosteron (DHEA), ktorý konvertuje na účinnejší androstendion a jeho redukciou vniká testosterón (Granner, 1998). Na tvorbe testosterónu a spermatogenézy sa u mužov podieľajú folikuly stimulujúci hormón (FSH) a luteinizačný hormón (LH) (Dobrota, 2012). Z celkovej cirkulácie testosterónu v krvi, tvorí voľný testosterón a viazaný na albumín alebo SHBG (Norman, 2015). Obidve formy sa používajú pri meraniach, voľný testosterón

u (Sartorius, Ly, Sikaris, Mclachlan, & Handelsman, 2009; Vermeulen, Verdonck, & Kaufman, 1999), viazaný u (Whitehouse et al., 2012).

Zmeny v syntéze testosterónu v semenníkoch, ktoré zachytáva (Obr.5.), sú odrážané v hladinách hormónov plazme v priebehu celého života normálneho muža. Vrcholia počas druhého trimestra v maternici a neskôr potom v šiestom mesiaci po pôrode. Počas detstva je pokojné obdobie a až s nástupom puberty znova stúpa syntéza testosterónu. Hormonálne hladiny sa v dospelosti ustália koncom puberty a znižovanie koncentrácie testosterónu začína v skoršom strednom veku (Norman, 2015).



Obr.5. Krivka syntézy testosterónu počas života muža. Upravené a prevzaté anglického originálu publikácie (Norman, 2015).

4. MORFOLÓGIA TVÁRE

Geneticky je pohlavie určené už pri počatí, avšak hormóny gonád hrajú jednu z najdôležitejších úloh v ďalšom rozlíšení mužského od ženského fenotypu v priebehu celého ľudského vývoja (Hines, 2011). Hormóny sú faktory ovplyvňujúce celkový vývoj a teda i vývoj tvaru tváre u ľudí. Rozličné pôsobenie testosterónu a estrogénu v mužoch a ženách počas celého života sú napokon zodpovedné za prejav pohlavného dimorfizmu v kraniofaciálnom komplexe. Či cez priame pôsobenie na kosť, chrupavku alebo pôsobením na rast mäkkých tkanív (tuku a svalov). I keď je dimorfizmus u ľudí v redukovanej forme oproti iným primátom, tak stále, čo sa týka tváre je dimorfizmus jedným z hlavných zdrojov zmien tvaru tváre u moderných ľudí (Bulygina a kol., 2006; Claes a kol., 2012; Toma, Zhurov, Playle, & Richmond, 2008).

Základom vývojových zmien tváre počas svojho ontogenetického vývoja je kraniofaciálny rast. Vzájomný pomer tvárovej a mozgovej časti tváre sa počas ontogenézy mení a ustáľuje sa v dospelosti. Mozgová časť lebky (neurocranium) intenzívne rastie v prvých rokoch života, pričom tvárová časť (splanchnocranium) rastie až neskôr (Pivoňková, 2009b).

4.1 Prenatálne obdobie

Nazhromaždili sa evidencie, že vplyv androgénov na vývoj sekundárnych pohlavných znakov začína oveľa skôr v živote. Rozdiely v morfológii tváre sú zjavné už u šesť mesačného novorodenca (Bulygina a kol., 2006) a stále sa zvyšujú v detstve (Snodell, Nanda, & Currier, 1993). Zatiaľ čo testosterón stúpa, jeho náhly nárast počas puberty, zveličuje už aj existujúce pohlavné rozdiely v štruktúre tváre. Bolo teda predpokladané, že pozorovaný skorší existujúci pohlavný dimorfizmus štruktúry tváre súvisí s rozdielnymi hladinami prenatálneho testosterónu (Neave, Laing, Fink, & Manning, 2003).

Biosyntéza testosterónu začína približne v deviatom týždni tehotenstva. Testosterón je tvorený v kôre nadobličiek a vaječníkmi u žien, no u mužov je produkovaný v oveľa väčších množstvách práve Leydigovými bunkami semenníkov (viď predchádzajúca kapitola). Pohlavné rozdiely v hladinách prenatálneho testosterónu sa už ukazujú počas druhého trimestra a vytrvávajú až do pôrodu (Keelan a kol., 2012). Doteraz sa štúdie zamerali skôr na skúmanie vplyvu testosterónu na morfológiu tváre, vylučovaného počas adolescencie. Pretože hladiny testosterónu výrazne narastajú práve v období puberty a koncentrácie sú až 20-30krát vyššie u chlapcov než u dievčat (Fechner, 2003) a hladiny slinného testosterónu v období 12-18 rokov korelujú s rozvojom dimorfickými črtami tváre chlapcov (Marečková a kol., 2011).

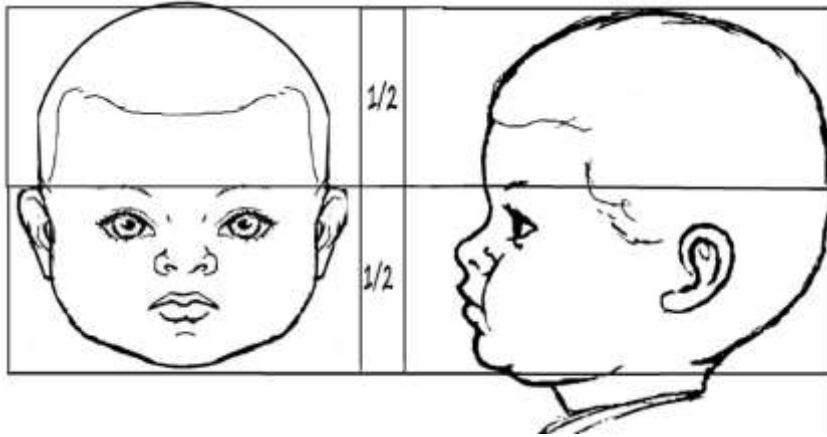
Štúdia Whitehouse a kol. (2015) ako prvá skúmala potenciálne spojenie medzi prenatálnymi hladinami testosterónu a meraniami 3D tvárovej maskulinity u dospelých ľudí. Zaoberali sa 25 ročnou periódou, kedy bola zozbieraná pupečníková krv pri narodení a v skorej dospelosti bola meraná tvárová morfológia tých istých ľudí. Dáta pozbierané v tejto štúdii, ukazujú na prvý priamy dôkaz pre dlho hypotetizované spojenie medzi prenatálnymi hladinami testosterónu a morfológie tváre v dospelosti (Neave a kol., 2003). I keď je morfológia tváre v dospelosti užšie spojená s prenatálnym testosterónom než s koncentraciami testosterónu v dospelosti, treba zobrať do úvahy aj vplyv hladiny testosterónu v adolescencii, už vyššie spomínané (Whitehouse a kol., 2015). Vzorky prenatálnych androgénov získavali prešetrovaním hormonálneho prostredia pupečníkovej krvi. Pupečníková krv sa môže získať v normálnom tehotenstve a preto náhodné vzorky participantov sú pravdepodobnejšie reprezentatívne pre celú populáciu (Whitehouse a kol., 2015). Pupečníková krv bola analyzovaná na obsah biologicky aktívneho testosterónu a podstatne vyššie hladiny boli prítomné v pupečníkovej krvi mužov (v porovnaní so ženami) (Whitehouse a kol., 2015). Aj niekoľko ďalších štúdií zaznamenalo vysoké hladiny testosterónu vo vzorke pupečníkovej krvi od mužských než od ženských plodov (Herruzo a kol., 1993; Keelan a kol., 2012) a teda sa považuje, že tieto vzorky odrážajú cirkuláciu v plode počas neskorého tehotenstva. Limitácia tohto prístupu je v tom, že hladiny testosterónu v pupečníkovej krvi nemusia odrážať koncentrácie počas prvého a druhého trimestra, konkrétne v 8-24 týždni, ktorý je zvyčajne považovaný za senzitivnú periódu pre maximálne pôsobenie pohlavných steroidov na ľudský vývoj (Cohen-Bendahan, Van De Beek, & Berenbaum, 2005).

4.2 Postnatálne obdobie

V prvých mesiacoch života sa vrchol sekrécie testosterónu dosahuje medzi 1.-6. mesiacom, potom sa hladiny testosterónu sa udržiavajú relatívne nízke (aktuálne najnižšie v živote) u dievčat i chlapcov až do puberty. Po nástupe puberty sa rapídne zvýšia pohlavné rozdielnosti vzhľadom k prudkému nárastu hladín testosterónu u chlapcov. Tento nárast zahŕňa predĺženie tela a rastu tváre u chlapcov (Verdonck, Gaethofs, Carels, & de Zegher, 1999) a pohlavný dimorfizmus v dospelosti (Swaddle & Reiersen, 2002; Thornhill & Gangestad, 2006).

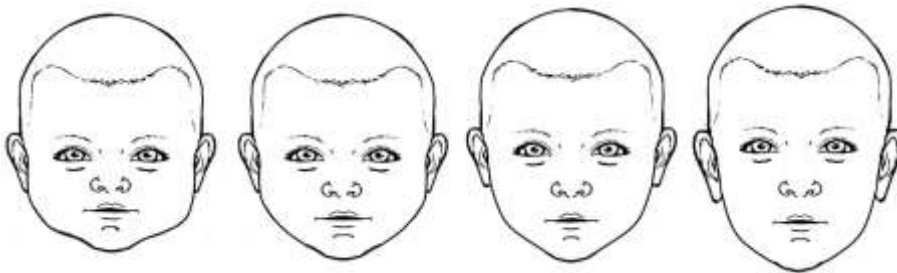
4.2.1 Detstvo a Puberta

Morfológia novorodenca sa vyznačuje pomerne malou tvárovou časťou s baculatými lícami, plnými perami a malý širokým nosom. Skoro polovicu tváre zaberá vysoké čelo (viď Obr.6.) (Pivoňková, 2009b). Chlapci majú relatívne väčšiu a guľatejšiu čelovú kosť, menšiu tvár, a flexibilnejšiu lebečnú bázu než majú dievčatá v rovnakom veku (Marečková a kol., 2011). Tento vzor odlišností tvaru tváre sa medzi pohlaviami mení s vekom. V dospelosti sa tento vzor prevracia, muži majú väčšiu tvár, menej flexibilnú lebečnú bázu a relatívne malú a plochú čelovú kosť (Marečková a kol., 2011).



Obr.6. Pomer čela ku zvyšku tváre. Dostupné z: <https://carvesite.files.wordpress.com/2014/12/baby-propkmpl.jpg> [11-08-2018]

Počas prvých 4 rokov, je zjavné predĺženie celej tváre (Obr.7.) vo vzťahu ku neurokranium. V nasledujúcich rokoch zmena tvaru nie je taká výrazná, ale stále je tam relatívne predĺženie tváre a špeciálne hornej čeľuste (Bulygina a kol., 2006). Približne od 6 rokov do puberty rastie celé telo, končatiny sa predlžujú a telo vyzerá zoštíhlené. Rast hlavy sa spomaľuje a stáva sa už pomerne menšou k zvyšným častiam tela. Celkovo sa stenčuje podkožná vrstva tuku a tvár sa tým pádom zmení a už nepôsobí tak bacuľato a guľato. Vynikne kostrový podklad v tvári, líca sú viac sploštené (Pivoňková, 2009b). V tomto čase sa dievčatá a chlapci odlišujú v tvári relatívne málo a rast ich tváří je podobný (Marečková a kol., 2011).



Obr.7. Rast detskej tváre. Dostupné z: <https://carvesite.files.wordpress.com/2014/12/baby-to-boys.jpg> [11-08-2018]

Môžeme rozlíšiť tri typy rastu hlavy, ktoré sa uplatňujú pri zmenách tváre v priebehu detstva:

- Rast lebky (kraniálny) v 6 rokoch dieťaťa je dosiahnutých približne 90% konečnej veľkosti znaku. Týmto typom rastie mozgová časť lebky, očnica a hlavne výška lebky, ktorej zmeny sú po 6. roku minimálne.
- Rastu tváre (faciálny) v 6 rokoch je dosiahnutých viac než 80% konečnej veľkosti. Rastie hlavne horná oblasť tváre a dĺžka zadnej časti spodiny lebečnej.
- Rast kostrový (skeletálny), v ktorom sa v 6. rokoch dosiahne viac ako 70% konečnej veľkosti a pubertálny rast je výrazný. Týmto typom rastie dolná čeľusť a jej vetvy (Pivoňková, 2009b).

Zaujímavé je, že kým dievčatá dosiahnu maximálny rast tváre vo veku 12-14 rokov, rast tváre u chlapcov stále pokračuje (Bulygina a kol., 2006). Najvýraznejším stimulátorom rastu v tejto fáze je testosterón, či už telesného rozvoja, ale aj významne ovplyvňuje tvárovú oblasť. Rast je sústredený na spodnú časť tváre (Hodges-Simeon, Hanson Sobraske, Samore, Gurven, & Gaulin, 2016; Thornhill & Møller, 1997). Dôsledkom je vznik širších lícných kostí rozvinutejšej vystupujúcej oblasti nadočnicového oblúka s väčšou a dopredu vystupujúcou dolnou čeľusťou (Bulygina a kol., 2006), ktorá u chlapcov rastie najdlhšie. Všeobecne sa dá povedať, že u ľudí veľkosť a tvar dolnej čeľuste koreluje so stupňom rozvoja žuvacích svalov, ale aj závisí na hladinách hormónov regulujúcich rast (Pivoňková, 2009b).

4.2.2 Dospelosť

Neave a kol. (2003) sa domnievajú, že vysoké hladiny testosterónu v maternici majú organizačný efekt na črty mužskej tváre, tento efekt je ďalej amplifikovaný počas puberty a dôsledkom sú maskulínne charakteristiky v dospelosti. Whitehouse a kol. (2015) identifikovali významné vzťahy medzi biologicky aktívnym testosterónom meraným z pupočníkovej krvi a pohlavným dimorfizmom tváre. Vyššie hladiny testosterónu boli spojené so zvýšenou maskulinitou tváre v rámci jedného pohlavia ale aj medzi pohlaviami. Avšak, v kontraste s predchádzajúcimi štúdiami, nenašla sa žiadna významná asociácia medzi koncentraciami testosterónu v dospelosti u mužov a ich štruktúrou tváre (Whitehouse a kol., 2015).

Pohlavný dimorfizmus tváre v dospelosti môže byť vysvetľovaný rozdielnosťami aj na úrovni kostrového základu alebo rozdielnosťami vo svalovej, tukovej hmote alebo pokožkovej vrstve (Robertson, Kingsley, & Ford, 2017). Zo zreteľom na základnú štruktúru kosti, je známe, že pokým sa mení morfológia tváre najviac počas detstva a puberty, tak zmeny pokračujú aj počas dospelosti (Hehman, Leitner, & Freeman, 2014). Pomer šírky ku výške tváre (fWHR), ktorý je založený na základnej kostnej štruktúre, tak ako aj iné pohlavne dimorfické dimenzie tváre, by mali sa brať do úvahy aj proces starnutia vplývajúci na tieto tvárové črty (Hehman et al., 2014). Obom pohlaviam sa zvýši hĺbka a dĺžka nosa. Hlavné trendy u mužov, indikujú, že efekty rastu brady vyrovnávajú zmeny nosa, zúženie pier a

spôsobujú, že sa profil muža stáva viac rovným (Formby, Nanda, & Currier, 1994). Môže sa zvýšiť hmotnosť tváre, ktorá môže byť aspoň čiastočne vysvetlená malými množstvami pokračujúceho rastu kostry tváre, rovnako ako v starobe sa tvár stáva viac ochabnutou výsledkom straty kostnej hmoty lebky (Atkinson & Johnson, 2013). Do vysokého veku rastú štruktúry na chrupavkovom podklade (ušný boltec, šírka nosa) a zväčšujú sa niektoré parametre v súvislosti s ukladaním tuku, hlavne veľkosti líc (Pivoňková, 2009b). Rôzne stresory prostredia a prirodzený rozpad kolagénu a elastínu, sa zapájajú v degradácii štruktúry dermálnej vrstvy (Yasui et al., 2012).

5 METÓDY SKÚMANIA

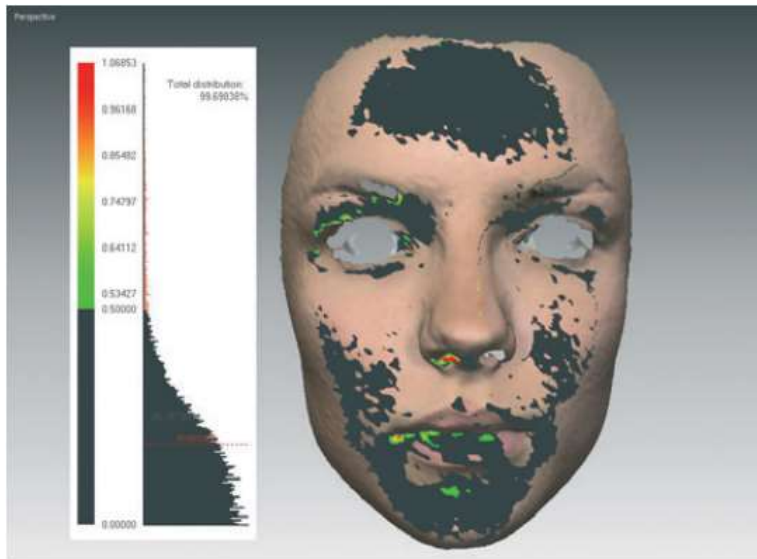
Existuje mnoho metód, ktoré sa používajú pri výskumoch tváre a jej morfológie. Najčastejšie používané sú fotografie povrchu tváří (Carre & McCormick, 2008; Penton-Voak et al., 2001).

Fotografie sa používajú pri skúmaní tvárových črt a vzťahov medzi nimi. Na zhotovenie sa používa digitálny fotoaparát, kde pre správnosť výsledkov je dôležité mať vhodné svetelné podmienky a dostatočné vybavenie, však (Třebický, Fialová, Kleisner, & Havlíček, 2016) ukazujú, že merania fWHR sa môžu meniť v závislosti od kombinácie vzdialenosti človeka od fotoaparátu a samotnej ohniskovej vzdialenosti objektívu fotoaparátu. Preto je dôležité byť informovaný o limitáciách tohto prístupu, aj keď sú fotografie zachytené s vhodným vybavením za štandardných podmienok, technické aspekty výrobného procesu, ktoré nie sú dostupné pre okamžité ľudské vnímanie, môžu predstavovať výzvu pre výskum, ktorý sa zakladá na fotografiách. Hlavne projekciu 3D objektov do 2D roviny, čím sa môže značne komplikovať ako a odkiaľ merať a i veľkosť čiastočných rysov/ich proporcií môžu byť takto reprezentované skreslene (Saribay et al., 2018). Napriek tomu, že je to jednoduchá a veľmi ľahko dostupná neinvazívna metóda skúmania morfológie, však má svoje obmedzenia, vid' v odstavci vyššie.

Ďalšie sú rôzne spôsoby 3D zobrazovania, napríklad 3dMD face systém. Jedná sa o neinvazívnu zobrazovaciu technológiu, ktorá produkuje 3D obrázky, používaním náhodného infra-červeného svetla premietaného na tvár. Technológia meria 3D tvar tváre s milimetrovou precíznosťou a mapuje farebnú textúru nad ním. Obrázky zachytené 3dMD face systémom sa ukazujú ako vysoko precízne a replikovateľné (Aldridge, Boyadjiev, Capone, Deleon, & Richtsmeier, 2005).

3D zobrazovacie techniky použili vo výskume aj Toma a kol. (2008) boli získavané 3D tvárové snímky pre každého jedinca pomocou dvoch laserových skenerov Konica/Minolta s vysokým rozlíšením. Vytvorili priemerné šablóny tváre pre mužov a ženy a bola použitá registračná technika na superpozíciu tvárových mušlí mužov a žien tak, aby sa kvantifikovali rozdiely tváre (vid' Obr.8.). Táto metóda skúmania morfológie tváre sa môže odporučiť a aplikovať na budúce výskumné štúdie s cieľom porovnávať zmeny mäkkého tkaniva tváre v dôsledku rastu alebo intervencie v oblasti zdravotnej

starostlivosti (Toma et al., 2008), avšak limitáciu tohto prístupu môže byť vysoká finančná náročnosť či vysoké výkonnostné nároky na techniku.



Obr.8. Farebná mapa a graf histogramu, vytvorený na prístup k odchýlkam pravej a ľavej časti tváre a vyhodnotenie kvality skenovania. Prevzaté z publikácie (Toma et al., 2008)

MRI-obrázky z magnetickej rezonancie, pre zistenie vývoja pohlavných odlišností v tvári počas adolescencie. (Marečková a kol., 2011, 2013).

5.1 Pomer šírky ku výške tváre (fWHR)

Je jednoduché merítko tvárových čŕt, ktorému sa venovala veľká pozornosť. Skúmalo sa spojenie s testosterónom, pohlavným dimorfizmom, ale aj so znakmi správania. U mužov a žien boli popísané rozdielne rastové trajektórie, ktoré sa v puberte začínajú vyvíjať do iných strán, kde mužské tváre rastú do šírky oproti ženským, čo je následne merateľné byzigomatickou šírkou (body zygion - zygion) delenou výškou hornej časti tváre (supra-labrare - nasion) (Carre & McCormick, 2008; Weston et al., 2007) teda ide o pomer šírky ku výške tváre s anglickým označením (facial width-to-height ratio) ďalej už len skratka fWHR.

Weston a kol. (2007) si mysleli, že nakoľko je v ich vzorke lebiek fWHR dimorfické, spojené s testosterónom. Potom sa v niekoľkých ďalších štúdiách našli pohlavné rozdiely ale v rade iných nie.

Vedie sa diskusia o tom či fWHR je naozaj pohlavne dimorfický znak (Saribay a kol., 2018). Jedným z prvých návrhov bolo, že fWHR súvisí s testosterónom (Weston a kol., 2007). Naznačuje sa, že mužský fWHR by mal byť širší ako ženský (Geniole, Denson, Dixon, Carré, & McCormick, 2015). No

však existujú mnohé protichodné názory v tejto tematike (Saribay a kol., 2018). Napríklad u Özener (2012), nezávislý t-test ukázal, že v databáze Saribay a kol. (2018) boli priemerné mužské tváre skutočne väčšie než ženské, boli nájdené v tureckej vzorke. Ďalšie štúdie však pridávajú k pochybnostiam či je fWHR pohlavne dimorfický signál (Lefevre a kol., 2012) a či je spojený s testosterónom a od neho závislými črtami (Hodges-Simeon a kol., 2016). Bird a kol.(2016) dodávajú, že nenašli spojenie medzi testosterónom a fWHR u dospelých mužov. Dnes sa fWHR považuje za sporné vodítko.

5.2 Pomer druhého ku štvrtému prstu ruky (2D:4D)

Jednou z populárnych metód pre vyšetrovanie hormonálneho efektu vo veľmi skorom vývoji ľudského plodu, ktorou sa zaoberá literatúra, je pomer druhého ku štvrtému prstu (Meindl, 2012). Počas ľudskej ontogenézy majú rôzne hladiny testosterónu silný organizačný a aktivačný efekt na vývoj organizmu. To viedlo ku hypotéze, že prenatálne prostredie (študované skrze pomer prstov), nie je len spojené s mierou rozvoja robusticity tváre dospelých, ktoré sú vnímané ako maskulínne, ale taktiež má vplyv na aktivačný účinok hormónov počas puberty (Meindl, 2012). Viaceré štúdie sa venovali aj spojeniu pomeru prstov a morfológiou tváre (Burriss, Little, & Nelson, 2007; Fink a kol., 2005; Weinberg a kol., 2015).

Tento pomer môžeme definovať ako dĺžka prstov, špeciálne druhého a štvrtého prstu a ich vzájomného pomeru (pôvodne z anglického jazyka 2D:4D ratio) ďalej už len skratka 2D:4D, je považovaný za ukazovateľ vplyvu prenatálnych hormónov. Uvádza sa, že v priemere muži majú dlhší druhý aj štvrtý prst než ženy a pomer 2D:4D je tak pohlavne dimorfický (Kratochvíl & Flegr, 2009; Manning, Scutt, Wilson, & Lewis-Jones, 1998). Tieto pohlavné rozdielnosti v dĺžke prstov a 2D:4D sú v literatúre často popisované a môžu byť nájdené u dospelých ľudí. Však vzory rastu prstov a pohlavného dimorfizmu v dĺžke prstov a 2D:4D spolu s ich vzájomnými vzťahmi sú počas ontogenézy menej známe. O objasnenie práve týchto ontogenetických súvislostí sa pokúsili v jednej z najnovších štúdií (Manning & Fink, 2018). Počas rastovej periódy 2-30 rokov sa pohlavný rozdiel v dĺžke prstov líšil vo vekových skupinách. Do veku 13 rokov tam nebol taký výrazný rozdiel v dĺžke prstov, až postupne sa pohlavný dimorfizmus zväčšoval. Na rozdiel od toho sa ukázalo, že rozdiely v 2D:4D nie sú závislé od veku (Manning & Fink, 2018). Sú aj dáta z iných štúdií (Garn & Keith, 1972; Poznanski, 1974), ktoré podporujú ich zistenia, že dĺžka prstov a pohlavný dimorfizmus sú silne závislé od veku, zatiaľ čo pomer dĺžky prstov nie je (Manning & Fink, 2018).

Existujú aj protichodné štúdie, ako napríklad Kratochvíl a Flegr (2009), ktorý predstavujú, že zjavný pohlavný dimorfizmus v 2D:4D možno jednoducho vysvetliť len ako vedfajší produkt

alometrického posunu v pomere prstov s dĺžkou prstov. Tieto tvrdenia sú založené na predpoklade statickej alometrie tj. že vzorky, ktoré použili pozostávali z jedincov, ktorí úplne vyrástli (dospeli). Pokiaľ ide o tvrdenie štúdie Kratochvíl a Flegr (2009); Manning & Fink (2018) navrhli, že tieto tvrdenia sú založené na nesprávnych predpokladoch statickej alometrie vo vzorke pozostávajúcej s jednotlivcov, ktorý pravdepodobne ešte aktívne rastú, deti a mladý dospelý.

Je v záujme či mužnosť a ženskosť korelujú s ukazovateľom účinkov prenatálnych pohlavných steroidov (s 2D:4D). Ak takýto vzťah existuje, podporoval by úlohu evolučných faktorov v pôvode mužnosti a ženskosti (Manning, Trivers, & Fink, 2017).

5. ZÁVER

Hlavným cieľom mojej práce bolo nájsť a popísať vývoj morfológie mužskej tváre a jej spojenia s hormonálnym prostredím človeka. Ako sa mení počas ontogenézy a aké faktory ju ovplyvňujú. V súčasnosti sa robí mnoho výskumov tváre ako takej, či už ako ukazovateľa evolúcie človeka a selekčných tlakov v prejave pohlavného výberu, alebo ako ukazovateľ zdravia, atraktivity, ale aj mnoho percepčných a behaviorálnych výskumov. Avšak väčšina štúdií sa zameriava len na mužov v dospelosti v hlavnom produktívnom veku kde môžu sledovať, či stojí testosterón za jednotlivými povahovými črtami a stereotypmi správania. Preto som sa zamerala na jedných z najznámejších mužských hormónov, testosterón a snažila som sa spraviť si prehľad na to akým spôsobom ovplyvňuje vývoj muža a hlavne v ktorých fázach života je prítomný a formuje jedinečné štruktúry tváre. Ukazuje sa, že hladiny hormónu kolíšu počas života a svoj najvyšší bod dosahujú počas puberty. Iniciujú rast a väčšie rozlíšenie pohlavne dimorfických črt na tele a tvári. Sú štúdie (ukazovatele), ktoré potvrdzujú, že pohlavný dimorfizmus je poznateľný už v šiestich mesiacoch života (Bulygina et al., 2006). Tváre chlapcov a dievčat v detstve sa od sa veľmi neodlišujú, k tomu dochádza až pri vstupe do puberty, k tomu prispieva aj rýchly nárast hladín pohlavných hormónov. Toto rozlíšenie medzi mužmi a ženami pretrváva až do dospelosti.

Limitáciou týchto štúdií je hlavne zameranosť na populácie študentov (mladých dospelých) a je nedostatok výskumu o dopade starnutia na pohlavne dimorfické črty. Otázkou však zostáva ako sa menia tvárové črty v priebehu starnutia alebo či ostávajú nemenné (Hehman et al., 2014).

Väčšina štúdií navrhuje, že pohlavne dimorfické črty tváre slúžia ako ukazovateľ maskulinity a teda nám umožnia porozumieť ako maskulinita môže byť spojená s inými znakmi správania (Robertson et al., 2017).

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Abe; Kearns. (2003). Sex differences in whole body skeletal muscle mass measured by magnetic resonance imaging and its distribution in young Japanese adults. *Br J Sports Med*, 37, 436–441. <https://doi.org/10.1136/bjism.37.5.436>
- Aldridge, K., Boyadjiev, S. A., Capone, G. T., Deleon, V. B., & Richtsmeier, J. T. (2005). Precision and Error of Three-Dimensional Phenotypic Measures Acquired From 3dMD Photogrammetric Images. *American Journal of Medical Genetics*, 253(January), 247–253. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.30959>
- Alexander, R. D., Hoogland, J. L., Howard, R. D., Noonan, K. M., & Sherman, P. W. (1979). Sexual Dimorphisms and Breeding Systems in Pinnipeds, Ungulates, Primates, and Humans. V N. A. Chagnon & W. Irons (Ed.), *Evolutionary Biology and Human Social Behavior: An Anthropological Perspective* (s. 402–435). North Scituate, Massachusetts: Duxbury Press.
- Atkinson, M. E., & Johnson, D. R. (2013). *Anatomy for dental students* (4th ed). Oxford: Oxford University Press.
- August, G. P., Grumbach, M. M., & Kaplan, S. L. (1972). Hormonal Changes in Puberty: III. Correlation of Plasma Testosterone, LH, FSH, Testicular Size, and Bone Age with Male Pubertal Development*. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, (June), 319–326.
- Barrett, L., Dunbar, R. I. M., & Lycett, J. (2007). *Evoluční psychologie člověka* (Vyd. 1). Praha: Portál.
- Bird, B. M., Cid Jofré, V. S., Geniole, S. N., Welker, K. M., Zilioli, S., Maestripieri, D., ... Carré, J. M. (2016). Does the facial width-to-height ratio map onto variability in men's testosterone concentrations? *Evolution and Human Behavior*, 37(5), 392–398. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2016.03.004>
- Boyar, R. M., Rosenfeld, R. S., Kapen, S., Finkelstein, J. W., Roffwarg, H. P., Weitzman, E. D., & Hellman, L. (1974). Human Puberty: Simultaneous augmented secretion of luteinizing hormone and testosterone during sleep. *The Journal of Clinical Investigation Volume*, 54(February), 609–618.
- 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(3), 432–443. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20317>
- Carre, J. M., & McCormick, C. M. (2008). In your face: facial metrics predict aggressive behaviour in the laboratory and in varsity and professional hockey players. *Proceedings of the Royal Society*

B: Biological Sciences, 275(1651), 2651–2656. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0873>

Claes, P., Walters, M., Shriver, M. D., Puts, D., Gibson, G., Clement, J., ... Suetens, P. (2012). Sexual dimorphism in multiple aspects of 3D facial symmetry and asymmetry defined by spatially dense geometric morphometrics. *Journal of Anatomy*, (May), 97–114.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2012.01528.x>

Cohen-Bendahan, C. C. C., Van De Beek, C., & Berenbaum, S. A. (2005). Prenatal sex hormone effects on child and adult sex-typed behavior: Methods and findings. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 29(2), 353–384. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2004.11.004>

Danel, D., & Pawlowski, B. (2007). Eye-mouth-eye angle as a good indicator of face masculinization, asymmetry, and attractiveness (Homo sapiens). *Journal of Comparative Psychology*, 121(2), 221–225. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.121.2.221>

Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*. London: John Murray.

Darwin, C. (1871). *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. London, UK: John Murray.

Dixson, B. J., & Vasey, P. L. (2011). Men's Preferences for Women's Breast Morphology in New Zealand, Samoa, and Papua New Guinea. *Archives of Sexual Behavior*, 40, 1271–1279.

<https://doi.org/10.1007/s10508-010-9680-6>

Dobrota, D. (2012). *Lekárska biochémia* (1. slov. v). Martin: Osveta.

Fechner, P. (2003). *The biology of puberty: new developments in sex differences*. V *Gender differences at puberty*. New York: Cambridge University Press.

Flegl, J. (2005). *Evoluční biologie* (Vyd. 1). Praha: Academia.

Formby, W. A., Nanda, R. S., & Currier, G. F. (1994). Longitudinal changes in the adult facial profile.

American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics, 105(5), 464–476. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(94\)70007-9](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(94)70007-9)

Garn, & Keith. (1972). Metacarpophalangeal Length in the Evaluation of Skeletal Malformation. *Pediatric Radiology*, 105.

Geniole, S. N., Denson, T. F., Dixson, B. J., Carré, J. M., & McCormick, C. M. (2015). Evidence from Meta-Analyses of the Facial Width-to-Height Ratio as an Evolved Cue of Threat. *PLoS ONE*, 10, 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132726>

- Granner, D. K. (1998). Hormony gonád. V *Harperova Biochemie* (23. vyd.). Jinočany: H & H.
- Guegan, A. J., Teriokhin, A. T., & Thomas, F. (2000). Human Fertility Variation , Size-Related Obstetrical Performance and the Evolution of Sexual Stature Dimorphism. *Proceedings: Biological Sciences*, 267(1461), 2529–2535. <https://doi.org/10.1098/rspb2000.1316>
- Hehman, E., Leitner, J. B., & Freeman, J. B. (2014). The Face–Time Continuum: Lifespan Changes in Facial Width-to-Height Ratio Impact Aging-Associated Perceptions. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 40(12), 1624–1636. <https://doi.org/10.1177/0146167214552791>
- Herruzo, A. J., Mozas, J., Alarcón, J. L., López, J. M., Molina, R., Molto, L., & Martos, J. (1993). Sex differences in serum hormone levels in umbilical vein blood. *International Journal of Gynecology and Obstetrics*, 41(1), 37–41. [https://doi.org/10.1016/0020-7292\(93\)90152-M](https://doi.org/10.1016/0020-7292(93)90152-M)
- Hershler, O., & Hochstein, S. (2009). Face recognition by elastic bunch graph matching. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71(7), 1478–1486. <https://doi.org/10.1109/34.598235>
- Hines, M. (2011). Gender Development and the Human Brain. *Annual Review of Neuroscience*, 34(1), 69–88. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-061010-113654>
- Hodges-Simeon, C. R., Hanson Sobraske, K. N., Samore, T., Gurven, M., & Gaulin, S. J. C. (2016). Facial width-to-height ratio (fWHR) is not associated with adolescent testosterone levels. *PLoS ONE*, 11(4), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153083>
- Jarman, P. J. (1974). The Social Organisation of Antelope in Relation to Their Ecology. *Behaviour*, 48(3), 215–267.
- Keelan, J. A., Mattes, E., Tan, H., Dinan, A., Newnham, J. P., Whitehouse, A. J. O., ... Hickey, M. (2012). Androgen Concentrations in Umbilical Cord Blood and Their Association with Maternal , Fetal and Obstetric Factors. *PLoS ONE*, 7(8), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042827>
- Komori, M., Kawamura, S., & Ishihara, S. (2009). Effect of averageness and sexual dimorphism on the judgment of facial attractiveness. *Vision Research*, 49(8), 862–869. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.03.005>
- Kratochvíl, L., & Flegr, J. (2009). Differences in the 2nd to 4th digit length ratio in humans reflect shifts along the common allometric line. *Biology Letters*, 2–5. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0346>
- Lassek, W. D., & Gaulin, S. J. C. (2009). Costs and benefits of fat-free muscle mass in men :

- relationship to mating success , dietary requirements , and native immunity. *Evolution and Human Behavior*, 30(5), 322–328. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2009.04.002>
- Le Boeuf, B. J. (1974). Male-male Competition and Reproductive Success in Elephant Seals. *American Zoologist*, 176(June), 163–176. Cit z <https://doi.org/10.1093/icb/14.1.163>
- Lefevre, C. E., Lewis, G. J., Bates, T. C., Dzhelyova, M., Coetzee, V., Deary, I. J., & Perrett, D. I. (2012). No evidence for sexual dimorphism of facial width-to-height ratio in four large adult samples. *Evolution and Human Behavior*, 33(6), 623–627. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2012.03.002>
- Leutenegger, W., & Kelly, J. T. (1977). Relationship of Sexual Dimorphism in Canine Size and Body Size to Social, Behavioral, and Ecological Correlates in Anthropoid Primates. *Primates*, 18(January), 117–136.
- Manning, & Fink. (2018). Sexual dimorphism in the ontogeny of second (2D) and fourth (4D) digit lengths , and digit ratio (2D:4D). *American Journal of Human Biology*, (April), 1–7. <https://doi.org/10.1002/ajhb.23138>
- Manning, Scutt, Wilson, & Lewis-Jones. (1998). The ratio of 2nd to 4th digit length: A predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Human Reproduction*, 13(11), 3000–3004. <https://doi.org/10.1093/humrep/13.11.3000>
- Manning, Trivers, R., & Fink, B. (2017). Is Digit Ratio (2D:4D) Related to Masculinity and Femininity? Evidence from the BBC Internet Study. *Evolutionary Psychological Science*. <https://doi.org/10.1007/s40806-017-0098-4>
- Marečková, K., Chakravarty, M. M., Huang, M., Lawrence, C., Leonard, G., Perron, M., ... Paus, T. (2013). Does skull shape mediate the relationship between objective features and subjective impressions about the face? *NeuroImage*, 79, 234–240. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.04.110>
- Marečková, K., Weinbrand, Z., Chakravarty, M. M., Lawrence, C., Aleong, R., Leonard, G., ... Paus, T. (2011). Testosterone-mediated sex differences in the face shape during adolescence: Subjective impressions and objective features. *Hormones and Behavior*, 60(5), 681–690. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2011.09.004>
- Matouš, B. (2010). *Základy lékařské chemie a biochemie* (1. vyd). Praha: Galén.
- Meindl, K. (2012). Second-to-fourth digit ratio and facial shape boys : the lower the digit ratio, the

more robust the face. *Proceedings of the Royal Society B*, 279(February), 2457–2463.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2011.2351>

Murray, R. K. (1998). *Harperova Biochemie* (23. vyd.). Jinočany: H & H.

Neave, Laing, S., Fink, B., & Manning, J. T. (2003). Second to fourth digit ratio, testosterone and perceived male dominance. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270(1529), 2167–2172. <https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2502>

Norman, A. W. (2015). Androgens. V *Hormones*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-091906-5.00012-4>

Özener, B. (2012). Facial width-to-height ratio in a Turkish population is not sexually dimorphic and is unrelated to aggressive behavior. *Evolution and Human Behavior*, 33, 169–173.
<https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2011.08.001>

Payne, R. B. (1984). Sexual Selection, Lek and Arena Behavior, and Sexual Size Dimorphism in Birds. *Ornithological Monographs*, (33), iii–52. Cit z <http://www.jstor.org/stable/40166729>

Penton-Voak, I. S., & Chen, J. Y. (2004). High salivary testosterone is linked to masculine male facial appearance in humans. *Evolution and Human Behavior*, 25(4), 229–241.
<https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2004.04.003>

Penton-Voak, Jones, Little, A. C., Baker, S., Tiddeman, B., Burt, D. M., & Perrett, D. I. (2001). Symmetry, sexual dimorphism in facial proportions and male facial attractiveness. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 268(1476), 1617–1623.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1703>

Pivoňková. (2009a). Maskulinní a femininní znaky. V *Lidský obličej* (Vyd. 1, s. 63–64). Praha: Karolinum.

Pivoňková. (2009b). Změny tváře během ontogeneze. V *Lidský obličej* (Vyd. 1, s. 68–69). Praha: Karolinum.

Plavcan, J. M. (2001). Sexual dimorphism in primate evolution. *American journal of physical anthropology*, 53, 25–53. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10011>

Plavcan, J. M. (2002). Taxonomic variation in the patterns of craniofacial dimorphism in primates. *Journal of Human Evolution*, 42, 579–608. <https://doi.org/10.1006/jhev.2001.0542>

Pound, N., Penton-Voak, I. S., & Surridge, A. K. (2009). Testosterone responses to competition in men

are related to facial masculinity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1654), 153–159. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0990>

Poznanski, A. K. (1974). *The hand in radiologic diagnosis*. Philadelphia: Saunders.

Puts, D. (2010). Beauty and the beast : mechanisms of sexual selection in humans. *Evolution and Human Behavior*, 31(3), 157–175. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2010.02.005>

Puts, D. (2016). Human sexual selection. *Current Opinion in Psychology*, 7, 28–32. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2015.07.011>

Robertson, J. M., Kingsley, B. E., & Ford, G. C. (2017). Sexually Dimorphic Faciometrics in Humans From Early Adulthood to Late Middle Age: Dynamic, Declining, and Differentiated. *Evolutionary Psychology*, 15(3), 147470491773064. <https://doi.org/10.1177/1474704917730640>

Samal, A., Subramani, V., & Marx, D. (2007). Analysis of sexual dimorphism in human face. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 18(6), 453–463. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2007.04.010>

Saribay, Biten, Meral, Aldan, Trebicky, & Kleisner. (2018). The Bogazici face database : Standardized photographs of Turkish faces with supporting materials. *PLoS ONE*, 13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192018>

Singh, D., Dixon, B. J., Jessop, T. S., Morgan, B., & Dixon, A. F. (2010). Cross-cultural consensus for waist – hip ratio and women ' s attractiveness. *Evolution and Human Behavior*, 31(3), 176–181. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2009.09.001>

Snodell, S. F., Nanda, R. S., & Currier, G. F. (1993). A longitudinal cephalometric study of transverse and vertical craniofacial growth. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 104(5), 471–483. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(93\)70073-W](https://doi.org/10.1016/0889-5406(93)70073-W)

Spiegel, R. N. (1971). Cephalometric study of children with various endocrine diseases. *American Journal of Orthodontics*, 50.

Stulp, G., & Barrett, L. (2014). Evolutionary perspectives on human height variation. *Biological Reviews*, 44. <https://doi.org/10.1111/brv.12165>

Swaddle, J. P., & Reiersen, G. W. (2002). Testosterone increases perceived dominance but not attractiveness in human males. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 269(1507), 2285–2289. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2165>

- Thordarson, A., Johannsdottir, B., & Magnusson, T. E. (2006). Craniofacial changes in Icelandic children between 6 and 16 years of age – a longitudinal study. *European Journal of Orthodontics*, 28(October 2005), 152–165. <https://doi.org/10.1093/ejo/cji084>
- Thornhill, R., & Gangestad, S. W. (2006). Facial sexual dimorphism, developmental stability, and susceptibility to disease in men and women. *Evolution and Human Behavior*, 27(2), 131–144. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2005.06.001>
- Thornhill, R., & Møller, A. P. (1997). Developmental stability, disease and medicine. *Biological Reviews*, 72(4), 497–548.
- Toma, A., Zhurov, A., Playle, R., & Richmond, S. (2008). A three-dimensional look for facial differences between males and females in a British-Caucasian sample aged 15½ years old. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 180–185.
- Třebický, V., Fialová, J., Kleisner, K., & Havlíček, J. (2016). Focal Length Affects Depicted Shape and Perception of Facial Images. *PLoS ONE*, 11, 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149313>
- Verdonck, A., Gaethofs, M., Carels, C., & de Zegher, F. (1999). Effect of low-dose testosterone on craniofacial growth in boys with delayed puberty. *European Journal of Orthodontics*, 21, 137–143.
- Weinberg, S. M., Parsons, T. E., Raffensperger, Z. D., & Marazita, M. L. (2015). Prenatal sex hormones, digit ratio, and face shape in adult males. *Orthodontics and Craniofacial Research*, 18(1), 21–26. <https://doi.org/10.1111/ocr.12055>
- Weston, E. M., Friday, A. E., & Lio, P. (2007). Biometric Evidence that Sexual Selection Has Shaped the Hominin Face. *PLoS ONE*, (8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000710>
- Whitehouse, A. J. O., Gilani, S. Z., Shafait, F., Mian, A., Tan, D. W., Maybery, M. T., ... Eastwood, P. (2015). Prenatal testosterone exposure is related to sexually dimorphic facial morphology in adulthood. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1816), 20151351. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1351>
- Willner, L. (1989). *Sexual dimorphism in primates*. University College London. <https://doi.org/10.1177/006947708902700101>
- Yasui, T., Yonetsu, M., Tanaka, R., Tanaka, Y., Fukushima, S., Yamashita, T., ... Araki, T. (2012). *In vivo* observation of age-related structural changes of dermal collagen in human facial skin using

collagen-sensitive second harmonic generation microscope equipped with 1250-nm mode-locked Cr:Forsterite laser. *Journal of Biomedical Optics*, 18(3), 031108.

<https://doi.org/10.1117/1.JBO.18.3.031108>

Zihlman, A. L. (2000). Body Mass in Lowland Gorillas : A Quantitative Analysis. *American Journal of Physical Anthropology*, 78(July 1998), 61–78.

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

2D:4D	Pomer druhého ku štvrtému prstu	Second to fourth digit ratio
DHT	Dihydrotestosterón	Dihydrotestosterone
FSH	Folikulostimulačný hormón	Follicle stimulating hormone
fWHR	pomer šírky ku výške tváre	Facial width-to-height ratio
GH	Rastový hormón	Growth hormone
LH	Luteinizačný hormón	Luteinizing hormone
MRI	Magnetická rezonancia	Magnetic resonance imaging
RTG	Röntgenové žiarenie	
SHBG	Proteín viažuci pohlavný hormón	Sex hormone-binding protein
T/E	Pomer testosterónu ku estrogénu	Testosterone/Estrogen ratio