



Věkové a mezipohlavní rozdíly v rozměrech zubního oblouku dolní čelisti nedospělých jedinců: Brněnská sbírka sádrových ortodontických modelů chrupu

Vlasta Dadejová, Miroslav Králík, Petra Urbanová

Ústav antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno

AGE AND SEX DIFFERENCES IN MANDIBULAR DENTAL ARCH MEASUREMENTS IN SUBADULTS:
BRNO COLLECTION OF ORTHODONTIC DENTAL PLASTER CASTS

ABSTRACT The evaluation of sex differences in mandibular development of subadult skeletons is one of the few possible methods of determining sex using morphological characteristics. In this cross-sectional study, we attempted to morphometrically investigate age differences and to confirm the existence of sexual dimorphism using the size and shape of mandibular dental arch in subadults from a recent Czech population. The sample consisted of 163 plaster casts of mandibles from orthodontic patients in the *Brno Collection of Orthodontic Dental Plaster Casts*, selected on the basis of the degree of tooth eruption and the absence of visible pathological conditions in the I(i)1–M1 range. The younger age category ranging from 7,5 years to 9,5 years accounted for 77 cases (35 males and 42 females) and the older age category ranging from 14 to 20 years accounted for 86 cases (36 males and 50 females). The size and shape of the dental arch was evaluated using standardized photographs of the occlusal plane by employing eleven dimensions, with landmarks on central incisors, canines and first permanent molars. Shape was evaluated using six indices. The mean size of the dental arch was smaller in females than in males in the same age category. In the older age category the sexual dimorphism was slightly greater, but did not exceed 5% in most measurements. Differences between age categories cannot be explained as a simple reflection of increasing size of the mandible with postnatal growth. The length of the distal segment of the dental arch (C(c)–M1 range) is shorter in the older category in both sexes. This could be caused by crowding of mesial teeth, with gradual eruption of distal teeth. Sex differences were not recorded in most shape indices, except for the Canine Protrusion Index in the younger age category. Canine protrusion from the arch in the buccal direction was greater in females than in males. The discussion is focused on comparison of the observed dimorphism with results found in previous studies and also on possible ways in which the clinical character of the collection and method of sample selection could have affected the detected inter-sex differences.

KEY WORDS sexual dimorphism; subadult skeleton; dental arch; mandible

ABSTRAKT Hodnocení mezipohlavních rozdílů v utváření dolní čelisti je jednou z mála možností, jak lze u nedospělých skeletů morfologicky odhadovat pohlaví. V této průřezové studii jsme se pokusili morfometricky prostudovat věkové rozdíly a ověřit existenci pohlavního dimorfismu ve velikosti a tvaru zubního oblouku dolní čelisti u nedospělých jedinců recentní české populace. Vzorek tvořilo 163 sádrových modelů dolních čelistí ortodontických pacientů, vybraných z *Brněnské sbírky sádrových ortodontických modelů chrupu* na základě stupně prořezání a nepřítomnosti zjevných patologií v rozsahu I(i)1–M1. Mladší kategorie od 7,5 let včetně do 9,5 let sestávala ze 77 případů (35 mužů a 42 žen), starší kategorie od 14 let včetně do 20 let z 86 případů (36 mužů a 50 žen). Velikost a tvar zubního oblouku jsme na standardizovaných fotografiích okluzní roviny hodnotili morfometricky pomocí jedenácti rozměrů, definovaných význačnými body na předních řezácích, špičácích a prvních trvalých stoličkách. Tvar jsme hodnotili pomocí šesti indexů. Ženy měly celkově menší rozměry zubního oblouku než muži stejné věkové kategorie, ve vyšší věkové kategorii byl velikostní dimorfismus mírně vyšší, ve většině rozměrů však nepřesahoval 5%. Rozdíly mezi věkovými kategoriemi nejsou jen odrazem prostého zvětšování čelisti v průběhu postnatálního růstu. Délka distální části zubního oblouku (C(c)–M1) je ve vyšším věku u obou pohlaví menší. To může být způsobeno stěsnáváním mesiálních zubů s tím, jak se postupně prořezávají zuby distálnější. Ve většině hodnocených indexů se pohlaví výrazně nelišila, výjimkou byl Index vystupování špičáku v mladší věkové kategorii. Špičák vystupoval z oblouku bukalním směrem výrazněji ženám než mužům. Diskuse je věnována srovnání zjištěného dimorfismu s předchozími studiemi a vlivům, jejichž prostřednictvím mohl klinický charakter sbírky a způsob výběru vzorku ovlivnit zjištěné mezipohlavní rozdíly.

KLÍČOVÁ SLOVA pohlavní dimorfismus; nedospělý skelet; alveolární oblouk; dolní čelist

ÚVOD

Velikostní a tvarové rozdíly mezi pohlavími se u člověka (kromě primárních pohlavních znaků) vytváří z větší části až v průběhu puberty, do puberty je dimorfismus relativně malý (Loth, Henneberg 2001; Scheuer 2002). I přes to jsou v řadě tělesných znaků tyto rozdíly systematické a statisticky významné už v dětství nebo dokonce hned po narození; patří mezi ně tvar ruky (Procházková *et al.* 1994), poměr délky 2. a 4. prstu (Malas *et al.* 2006), morfologie kostí pánve (Boucher 1957; Weaver 1980; Wilson *et al.* 2008) a další znaky. Tyto pohlavní rozdíly se považují za důsledek rozdílů v genetických dispozicích (pohlavní chromozomy), hladinách hormonů (prenatální androgeny) a z nich vyplývajících celkových odlišností v metabolismu a ontogenetických procesech v prenatálním i postnatálním období (Fechner 2002; Weaver 1986, 90). Mezi znaky, které jsou sexuálně dimorfní už v dětství, patří také rozměry zubů a tvar čelistí (Hunt, Gleiser 1955; Black 1978; Molleson *et al.* 1998).

Studium velikostní a tvarové variability čelistí a zubních oblouků v průběhu vývoje chrupu, včetně sexuálních odlišností v tomto procesu, má význam při výzkumu ortodontických poruch (Alvaran *et al.* 2009; Bishara *et al.* 1997). Znalosti mezipohlavních rozdílů v morfologii dolní čelisti u dětí jsou také předpokladem pro morfognostický odhad pohlaví u dětských skeletů (Schutkowski 1993; Dobisíková 1999). Rozvoj prakticky orientovaných morfoskopických i morfometrických metod, včetně odhadu pohlaví u nedospělých čelistí, je limitován relativně malou mírou mezipohlavních rozdílů a nízkým počtem dětských skeletů v kosterních sbírkách se spolehlivě dokumentovaným věkem a pohlavím. Například v rozsáhlé kolekci dokumentovaných skeletů v „*Museu Bocage*“ (*Museu Nacional de História Naturae*, Lisbon, Portugal) je z celkem 699 skeletů pouze 92 jedinců mladších dvaceti let (Cardoso 2006), z toho je 38 mladších 5 let a pouhých 11 jedinců spadá do kategorie mezi 6 a 10 lety (Cardoso 2006). Tyto okolnosti znesnadňují posouzení míry vlivu potenciálně zkreslujících faktorů (populační rozdíly, velikost těla, nutriční faktory, onemocnění aj.), které nezávisle na pohlaví ovlivňují diagnosticky používané dimorfní znaky. Proto je žádoucí hledat jiné cesty studia skeletu a zubů přímo u živých lidí. V klinických studiích se uplatňují neinvazivní zobrazovací metody – rentgenové snímky, počítačová tomografie, nukleární magnetická rezonance (Králík *et al.* 2007), což platí i pro výzkum kraniofaciální oblasti. V ortodontickém výzkumu se kromě toho studují často zuby a zubní oblouk pomocí ortodontických modelů čelistí. A právě tento typ záznamu může být využitelný i v antropologii.

Na stomatologických ortodontických pracovištích vznikají denně modely chrupu dospělých i dětí, které po určité době ztrácí medicínskou hodnotu (chrup pacienta se změní) a jsou proto z dokumentace vyřazovány a skartovány. Pro antropologii však mohou být vyřazené modely zdrojem množství cenných informací. Jejich kladem je, že tyto modely jsou dostatečně přesnou kopií originálu (pevnost, tvrdost, velmi malá lineární expanze při tuhnutí) a z přidružené dokumentace je

znám věk, pohlaví jedince a datum sejmutí otisku. Kromě toho jsou týmž pacientům mnohdy pořizovány otisky opakovaně, takže představují svého druhu semilongitudinální záznam morfologických změn (prořezávání zubů, změny polohy zubů v chrupu, velikostní a tvarové změny zubního oblouku), užitečný zejména u nedospělých jedinců. Nevýhodou tohoto materiálu ovšem je, že pacienti ortodontických ordinací nejsou náhodným výběrem z populace (resp. jsou vzorkem jiným způsobem nenáhodným než jsou kosterní pozůstatky z archeologických nálezů) a jeho vlastnosti mohou být ovlivněny jak samotnými ortodontickými poruchami (větší frekvence jedinců mimo „normu“), tak i korekčními ortodontickými zásahy (chrup je artefakt). Je tedy otázkou, do jaké míry je ortodontická sbírka relevantním srovnávacím materiálem v kosterní a dentální antropologii historických a prehistorických populací.

CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je (a) dokumentace sbírky ortodontických modelů a posouzení její využitelnosti v antropologii a (b) aplikace tohoto materiálu při studiu věkových změn a pohlavního dimorfismu tvaru zubního oblouku dolní čelisti u nedospělých jedinců. Práce je zčásti založena na výsledcích magisterské diplomové práce spoluautorky, obhájené na Ústavu antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity (Dadejová 2010).

MATERIÁL A METODIKA

Brněnská sbírka sádrových ortodontických modelů chrupu

Materiál pochází z *Brněnské sbírky sádrových ortodontických modelů chrupu* (Ústav antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity), která byla založena v roce 2009 díky vstřícnosti a spolupráci MUDr. Danuše Kahleové. Obsahuje 3819 vyřazených sádrových modelů chrupu stomatologických a ortodontických pacientů, které byly v její ordinaci zhotoveny v letech 1990 až 2005 v rámci stomatologické zdravotní péče na základě alginátových otisků. Sběrka obsahuje modely všech pacientů, kterým byl v daném období v této ordinaci model zhotoven. Kvůli zajištění anonymity někdejších pacientů nebyly zaznamenávány žádné osobní údaje (jména, rodná čísla) a jednotlivým pacientům byly přiřazeny neosobní identifikační kódy.

Sběrka sestává z 2138 databázových položek ve dvou sériích, A a B (tab. 1). Jednou databázovou položkou se rozumí buď komplet modelů horní i dolní čelisti jednoho člověka, které byly vytvořeny současně, nebo samostatný model horní či dolní čelisti, ke kterým chybí odpovídající model druhé čelisti. U každé databázové položky v seznamu je uvedeno, jestli se jedná o kompletní model obou čelistí nebo o samostatný model horní, případně dolní čelisti. U modelů série A je ve vět-

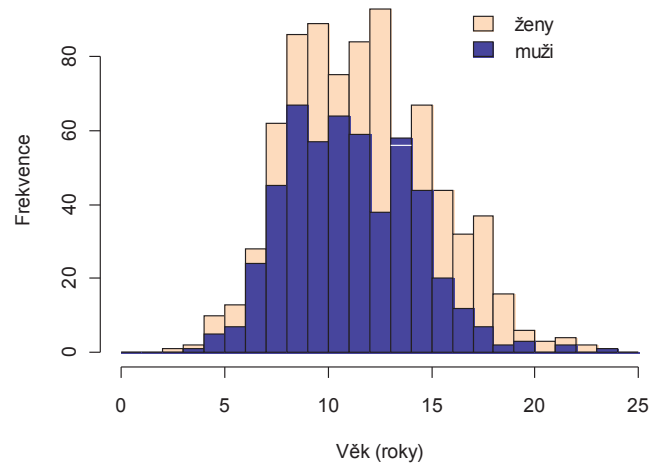
	Série A	Série B
Jedinci	909	204
Ženy (jedinci)	541	108
Muži (jedinci)	367	95
Neurčené pohlaví (jedinci)	1	1
Položky v databázi	1737	401
Ženy (položek)	1061	211
Muži (položek)	670	189
Neurčené pohlaví (položek)	6	1
Pouze horní čelist	262	92
Pouze dolní čelist	74	27
Horní i dolní čelist	1401	282
Položky se známým věkem v době sejmnutí otisku	1330	0

Tab. 1. Shrnutí základních údajů o počtech jedinců v sérii A a B *Brněnské sbírky sádrových ortodontických modelů chrupu* (Ústav antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity).

šine případů známé pohlaví, datum narození a datum vyhotovení otisku, tedy přesný věk pacienta v době jeho pořízení. Z celkového počtu 1737 databázových položek série A známe přesný věk a pohlaví u 1330 položek, 815 ženských a 515 mužských. Podrobnější informace o sériích a věkovém rozložení modelů (pokud je věk v době sejmnutí otisku znám) jsou uvedeny v grafu 1. Zastoupení jednotlivých věkových skupin není vyrovnané, do šesti let je počet modelů celkově nízký, nejvýraznější vzestup je mezi 6 a 9 lety, a to jak u mužů, tak u žen. Pak následuje postupný pokles v zastoupení, výraznější po 15. roce věku. Věk pořizování ortodontických modelů chrupu určitým způsobem odráží postup prořezávání trvalého chrupu, s největším nárůstem v době prořezávání první trvalé stoličky (5–8 let) a trvalých řezáků (6–9 let). Kromě toho je ve sbírce téměř ve všech věkových ročnících patrná početní převaha dívek. Poměr pohlaví (dle úzu: počet mužů dělený počtem žen, tedy počet mužů připadajících na jednu ženu) ve sbírce činí pouze 0,63 chlapce na jednu dívku. U série B přesný věk pacienta v době vyhotovení otisků není znám.

Výběr vzorku

Pro testování velikostních změn a dimorfismu bylo třeba z celé sbírky vybrat vhodný vzorek čelistí, které by splňovaly několik kritérií. Aby bylo možno porovnat rozměry zubního oblouku mezi věkovými kategoriemi, byla za konec sledované oblasti oblouku stanovena první trvalá stolička. Do souboru byly zařazeny pouze ty případy, u kterých se nevyskytovaly patologie viditelně narušující tvar zubního oblouku v rozsahu od prvního dočasného nebo trvalého řezáku po první trvalou stoličku. Stav prořezání a patologie druhé a třetí trvalé stolič-



Graf 1. Věková distribuce databázových položek (modelů chrupu) se známým věkem v době sejmnutí otisku, obsažených v *Brněnské sbírce sádrových ortodontických modelů chrupu*: Histogram frekvencí, mužské hodnoty vepředu a ženské vzadu (bílá čára ve věkové kategorii 13–14 let z názoru je polohu vrcholu překrytého sloupce pro ženy).

ky nebyly při výběru vzorku zohledněny, mimo jiné proto, že jsou mnohé modely výrazně zbroušeny a zadní část zubního oblouku na úrovni třetích stoliček není zachována. U žádného ze zástupců mladší kategorie druhá a třetí trvalá stolička prořezána nebyla a u jedinců starší kategorie byly naopak téměř výhradně prořezány obě druhé trvalé stoličky. Odlišný stav prořezání má ve vybraném vzorku pouze pět jedinců; ve dvou případech se začínaly prořezávat třetí trvalé stoličky, ve dvou dalších byla prořezána jen levá druhá trvalá stolička, v jednom případě pouze pravá.

Kromě toho bylo nezbytné vzájemně srovnávat chlapce a dívky s obdobným stavem prořezání chrupu. Pro specifikaci věkových kategorií, v rámci kterých měly být zkoumány pohlavní rozdíly, byl klíčový stav prořezání trvalých špičáků a prvních trvalých stoliček. První trvalé stoličky a řezáky se prořezávají mezi 5. a 8. rokem života, takže v 7,5 letech by už mohly být prořezány, špičáky se prořezávají od 10. roku, ve věku 9,5 roku by měly být stále ještě neprořezané. Zvolili jsme proto dvě věkové kategorie. Chrup mladší věkové kategorie ve věku od 7,5 roku do 9,5 roku měl prořezány obě první trvalé stoličky a současně měl stále ještě oba dočasné špičáky. Stav vývoje ostatních zubů zohledněn nebyl. Chrup starší věkové kategorie ve věku od 14 let výše měl prořezány všechny zuby trvalého chrupu, jen na přítomnost či nepřítomnost druhých a třetích stoliček nebyl brán zřetel. Ve starší kategorii ve většině případů však byla prořezána druhá trvalá stolička a nebyla prořezána třetí trvalá stolička, přičemž se jen velmi málo lišil stav na pravé a levé straně čelisti.

Celkem uvedeným kritériím vyhovělo 163 modelů dolní čelisti, z toho 42 modelů čelistí dívek z mladší věkové kategorie, 50 modelů čelistí dívek ze starší věkové kategorie, 35 modelů čelistí chlapců z mladší kategorie a 36 modelů čelistí chlapců ze starší věkové kategorie.



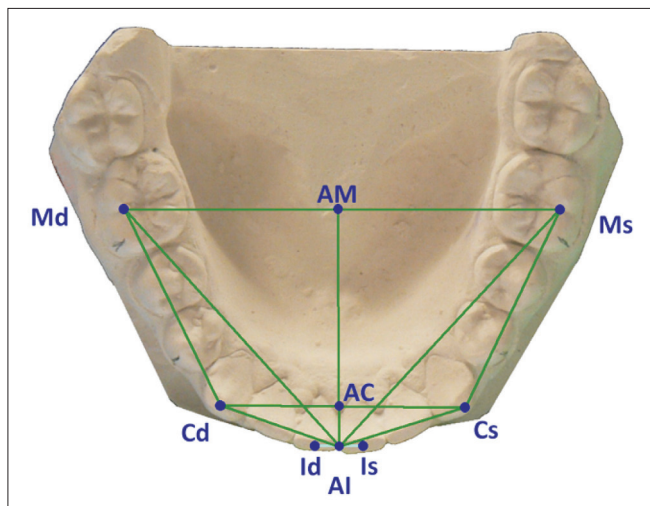
Obr. 1. Ukázka kompozice fotografického snímku použitého při záznamu; jeden model z použitého vzorku ve standardizované poloze s příloženým identifikačním štítkem a měřítkem.

Fotografické snímání

Přesně podle linie okluze čelist orientovat nelze, protože linie okluze není v rovině. I u chrupu s ukončeným vývojem tvoří na dolní čelisti okluze oblouk s vrcholy v místě řezáků a zadních stoliček (Dokládál 1994, 103), v některých případech narušený hroty špičáků. Každý model byl proto přitisknut na rovnou desku kolmou k vodorovné ploše pracovního stolu tak, aby se desky dotýkaly alespoň tři zuby, obvykle stoličky obou stran a některý špičák nebo řezák. V této poloze byl model stabilizován na stole plastelínou, po odstranění desky byl opatřen identifikačním štítkem a měřítkem. Modely byly snímány ze vzdálenosti 20 cm digitálním fotoaparátem Panasonic Lumix DMC-FZ30 upevněným na stativu, s nastavenou citlivostí ISO 80, časem závěrky 1 sekunda a clonovým číslem 9,0, s rozlišením 3248 x 2160 bodů v barevném modelu sRGB. Efektivní ohnisková vzdálenost objektivu byla 7,40 mm (přepočteno na EQ 35 mm). Aby byl omezen možný vliv soudkovité vady objektivu, celý model byl umístěn ve střední části snímku. K osvětlení bylo použito běžné osvětlení místnosti (stropní zářivky), sluneční světlo z okna bylo odstíněno neprůsvitnou překážkou. K dosažení lepšího osvětlení v oblastech, které na modelech směřují dolů, byl model podložen bílým papírem. Při tomto nastavení byl model vyfotografován (obr. 1).

Digitalizace a měření

V programu *tpsDig* (Rohlf 2008) byly na fotografiích digitalizovány souřadnice šesti význačných bodů na zubech (obr. 2). Pořadí fotografování a digitalizace bylo z hlediska věku a pohlaví náhodné. Prvotní data představují kartézské souřadnice (x , y) polohy jednotlivých bodů v dvourozměrném prostoru fotografie, jednotkou jsou pixely. Z těchto souřadnic byly vypočítány souřadnice tří matematicky definovaných bodů: AM, AC, AI. V programu *PAST* (Hammer *et al.* 2001) bylo na základě souřadnic všech definovaných bodů a kalibrace fotografie vypočítáno 11 rozměrů zubního



Obr. 2. Snímek čelisti s polohou význačných bodů a sledovaných rozměrů (zeleně):

Ms – bod v polovině délky hrany oddělující okluzální a bukální plošku první levé trvalé stoličky, mezi *tuberculum mesio-buccale* a *tuberculum disto-buccale*;

Md – bod v polovině délky hrany oddělující okluzální a bukální plošku první pravé trvalé stoličky, mezi *tuberculum mesio-buccale* a *tuberculum disto-buccale*;

Cs – bod ležící na *apex coronae dentis* levého špičáku;

Cd – bod ležící na *apex coronae dentis* pravého špičáku;

Is – bod, který se nachází uprostřed *margo incisalis* prvního levého řezáku;

Id – bod, který se nachází uprostřed *margo incisalis* prvního pravého řezáku.

Ze souřadnic byly vypočítány souřadnice tří matematicky definovaných bodů – středů tří vzdáleností, použité pro vyjádření délky zubního oblouku:

AM – střed úsečky spojující bod Ms a bod Md;

AC – střed úsečky spojující bod Cs a bod Cd;

AI – střed úsečky spojující bod Is a Id.

Světle modře je znázorněn nehodnocený rozměr IsId, v jehož středu leží bod AI.

Těmito body jsou definovány následující rozměry:

MsMd – šířka zubního oblouku mezi prvními trvalými stoličkami;

CsCd – šířka zubního oblouku mezi špičáky;

CsMs – vzdálenost špičáku a první stoličky vlevo;

CdMd – vzdálenost špičáku a první stoličky vpravo;

CsAI – vzdálenost špičáku a středu zubního oblouku vlevo;

CdAI – vzdálenost špičáku a středu zubního oblouku vpravo;

MsAI – vzdálenost první trvalé stoličky a středu zubního oblouku vlevo;

MdAI – vzdálenost první trvalé stoličky a středu zubního oblouku vpravo;

AIAC – předozadní délka přední (mesiální) části zubního oblouku v rozsahu I(i)1–C(c);

AIAM – předozadní délka zubního oblouku v rozsahu I(i)1–M1;

ACAM – předozadní délka zadní (distální) části zubního oblouku v rozsahu C(c)–M1.

oblouku (obr. 2). K hodnocení tvaru jsme použili šest indexů (tab. 2). Šířkový index (WWI) udává šířkové proporce přední a zadní části sledovaného úseku dentálního oblouku. Šířkodélkový index (WLI) ukazuje celkový tvar oblouku poměrem jeho šířky a délky a poměr mesiální a distální části (FDIs, FDIId) určuje základní předozadní proporce podél oblouku. Index vystupování špičáku (CIs, CId) vyjadřuje míru vystupování špičáku bukálně směrem; čím je větší, tím více se hrot špičáku bukálně odchyluje od spojnice stoličky a středu zubního oblouku mezi středními řezáky (AI), přičemž jde o ukazatel relativní a není ovlivněn změnami velikosti bez změny tvaru.

Zkratka	Název	Vzorec
WWI	šířkový index	$WWI = \frac{CsCd}{MsMd}$
WLI	šířkodélkový index	$WLI = \frac{MsMd}{AIAM}$
FDId	poměr mesiální a distální části vpravo	$FDId = \frac{CdAI}{CdMd}$
FDIs	poměr mesiální a distální části vlevo	$FDIs = \frac{CsAI}{CsMs}$
CId	index vystupování špičáku vpravo	$CId = \frac{(CdMd + CdAI)}{MdAI}$
CIs	index vystupování špičáku vlevo	$CIs = \frac{(CsMs + CsAI)}{MsAI}$

Tab. 2. Výpočet ukazatelů tvaru zubního oblouku (indexů) na základě definovaných rozměrů.

Chyba digitalizace a fotografie

Pro zjištění chyby digitalizace způsobené nepřesností v identifikaci metrických bodů bylo podle přírůstkového čísla vybráno 50 případů, vždy prvních 25 v každé věkové kategorii. U těchto případů byly s měsíčním časovým odstupem souřadnice bodů digitalizovány znovu a ve stejném pořadí, v jakém probíhala první digitalizace. Na základě srovnání hodnot z první a druhé digitalizace pak byla vypočítána technická chyba měření *TEM* (Ulijaszek, Kerr 1999):

$$TEM = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{2n}},$$

kde *d* je rozdíl mezi měřeními, *i* je označení případu a *n* je celkový počet hodnocených případů. Dále jsme stanovili relativní technickou chybu měření *relTEM* (Perini *et al.* 2005):

$$relTEM = \frac{TEM}{m} * 100,$$

kde *TEM* je technická chyba měření a *m* je průměrná hodnota hodnoceného znaku (rozměru). Z těchto údajů jsme vypočítali také koeficient spolehlivosti *CR* (Ulijaszek, Kerr 1999), který může nabývat hodnot od 0 do 1 a udává podíl z celkového rozptylu, který není dán chybou měření:

$$CR = 1 - \left(\frac{TEM^2}{sd^2}\right),$$

kde *sd* je celková směrodatná odchylka měřeného souboru. Za spolehlivé lze považovat měření s koeficientem spolehlivosti 0,95 a vyšším (Ulijaszek, Kerr 1999). Pro zjištění chyby měření vzniklé kombinací nepřesnosti digitalizace a nastavení modelu při fotografování bylo náhodně vybráno 18 jedinců, vždy po devíti z každé věkové kategorie. Čelisti byly znovu vyfotografovány a body byly znovu digitalizovány. Na záklá-

dě srovnání hodnot z prvního a druhého snímání byly vypočítány výše uvedené tři ukazatele spolehlivosti měření. Pro porovnání obou stanovených typů spolehlivosti měření jsme vypočítali rozdíl obou koeficientů (difCR). Spolehlivost měření včetně otiskování chrupu a odlévání modelu chrupu jsme v této práci nestanovovali. Jednak nebyl v souboru dostatek jedinců, kteří měli více než jeden model, a jednak se v takových případech modely vytváří s určitým časovým odstupem a případné rozdíly mezi měřeními na jednom a druhém z nich by nemusely být dány jen chybou modelu, fotografie a digitalizace, ale také skutečnými změnami ve vývoji čelisti.

Statistické hodnocení

Vypočítali jsme popisnou statistiku jednotlivých rozměrů a poměrů (Firth, Turner 2010; Plate, Heiberger 2011; Revelle 2010). Mezipohlavní rozdíly v těchto rozměrech a poměrech v každé z obou věkových kategorií jsme vyjádřili pomocí indexu sexuálního dimorfismu *ISD* (%):

$$ISD = \left(\frac{m_M - m_Z}{m_M}\right) * 100,$$

kde *m_M* je průměrná hodnota dané proměnné pro muže a *m_Z* je průměrná hodnota sledované proměnné pro ženy. Vyjadřuje, o kolik procent je průměr pro muže větší než průměr pro ženy. Velikost efektu sexuálního dimorfismu jsme vyjádřili pomocí Hedgesova *g*, jehož výpočet jsme provedli v balíčku *metafor* (Viechtbauer 2010). Hedgesovo *g* je standardizovaný rozdíl mezi průměrnými hodnotami (rozdíl vztažený k vážené směrodatné odchylce), s korekcí na malý počet případů.

Sbírka ortodontických modelů čelistí nepředstavuje náhodný výběr z obecné populace a vznik vzorku navíc zahrnoval selekci na základě předem stanovených kritérií (omezení na určité vývojové fáze, nepřítomnost patologických projevů). Dalo se proto důvodně předpokládat, že budou narušeny podmínky pro použití parametrických testů (symetrie, normalita, homoskedascita). Proto jsme testovali normalitu rozložení v každé skupině (muži mladší kategorie – MM, ženy mladší kategorie – MZ, muži starší kategorie – SM, ženy starší kategorie – SZ) pomocí Shapiro-Wilkova testu, odchylku špičatosti rozložení hodnot od normality pomocí Anscombe-Glynnova testu špičatosti a Bonett-Seierova testu Gearyho špičatosti, a dále šikmost rozložení pomocí D'Agostinova testu (Komsta, Novomestský 2011).

Homogenitu variancí jednotlivých srovnávaných skupin jsme testovali bootstrap verzí (s 1000 opakováními) pořadového modifikovaného robustního Brown-Forsytheova testu, což je test Leveneho typu, založený na absolutní odchylce od mediánu (Noguchi *et al.* 2009). Testovali jsme všechny skupiny dohromady i pohlaví zvlášť v každé z obou věkových kategorií. U všech proměnných jsme testovali rozdíly mezi pohlavími v každé věkové kategorii zvlášť pomocí permutačního testu (s 10000 opakováními) pro rozdíly středních hodnot mezi dvěma výběry (Maindonald, Braun 2010). Stejně jsme testovali také rozdíly mezi věkovými kategoriemi u každého pohlaví zvlášť. Obdobným způsobem jako rozměry a indexy jsme

srovnali také střední hodnoty věku mezi pohlavími v rámci každé věkové kategorie. U proměnných, které splňovaly podmínky parametrických testů, jsme rozdíl mezi jednotlivými skupinami v rozměrech a indexech testovali pomocí faktorové analýzy rozptylu (ANOVA – 2 faktory a 2 stupně každého faktoru), kdy kategoriálními faktory bylo pohlaví (muž, žena) a věková kategorie (mladší, starší).

Ve všech použitých statistických testech jsme zamítli nulovou hypotézu při dosažení 5% nebo nižší hladiny významnosti. Veškeré statistické operace, vč. tvorby grafů, jsme uskutečnili buď v programu R (R Development Core Team 2011) nebo v prostředí tohoto programu s pomocí citovaných rozšiřujících balíčků. Běžné výpočty, úpravy tabulek a úpravy grafů jsme prováděli v programu *OpenOffice.org 3.2.1* (2010).

VÝSLEDKY

Chyba měření

Technická chyba měření (TEM), relativní technická chyba měření (relTEM) a koeficient spolehlivosti (CR) jsou uvedeny v tabulce 3. Z rozdílů mezi koeficientem spolehlivosti digitalizace a koeficientem spolehlivosti digitalizace a fotografie (difCR) vyplývá, že chyba způsobená digitalizací a fotografií je ve většině rozměrů (kromě CdAI) větší než chyba samotné digitalizace. Koeficient spolehlivosti je vyšší než 0,95 u většiny sledovaných rozměrů, pouze v kombinaci opakování digitalizace i fotografie byl zaznamenán nižší koeficient spolehlivosti (0,914) u šířky mezi stoličkami (rozměr MsMd). Chyba je vyšší pravděpodobně v důsledku odlišného nasvícení modelu při kontrolním fotografování, které mělo za následek odlišné určení bodu Md. Identifikaci důležitých bodů, které jsou zcela zřetelné při běžné manipulaci s modely (hranice okluzních ploch, hroty třenových zubů a špičáků), ztěžují i okem nepostřehnutelné změny v intenzitě a úhlu nasvícení.

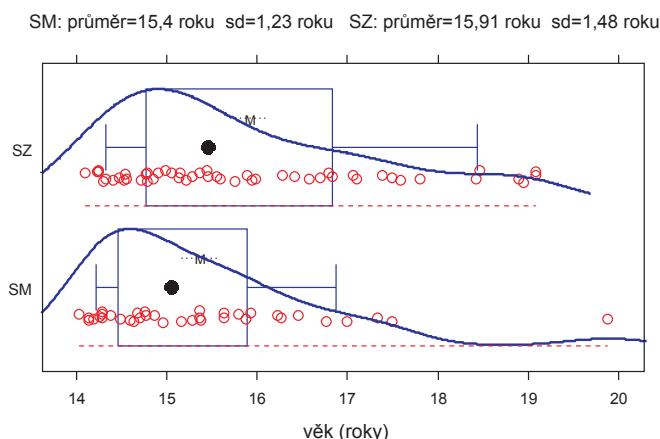
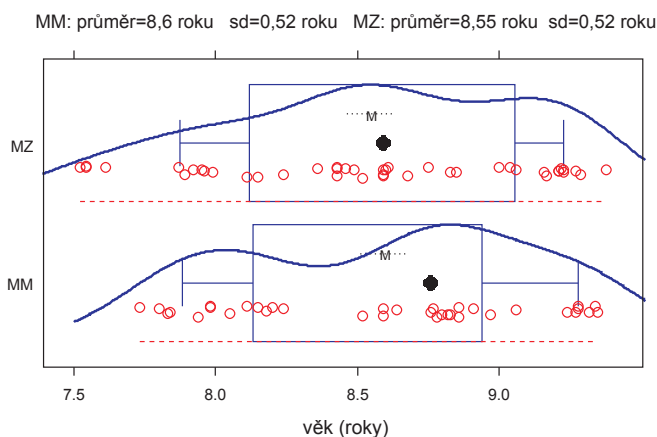
Popisná statistika a charakter rozložení

Věková distribuce podle pohlaví pro mladší a starší věkovou kategorii je uvedena v grafu 2. V obou věkových kategoriích byla zamítnuta shoda s normalitou. Permutační test (mladší kategorie: p=0,69, starší kategorie: p=0,075) nezamítl shodu středních hodnot věku mezi pohlavími ani v jedné z věkových kategorií, i když ve starší kategorii je výsledek blízko 5% hranice významnosti, muži jsou zde v průměru o 0,543 roku mladší než ženy. Případné rozdíly v rozměrech a tvaru mezi pohlavími by proto neměly být výrazně ovlivněny rozdíly v kalendářním věku. Popisná statistika rozměrů a indexů je uvedena v tabulkách 4 a 5.

U většiny proměnných (rozměrů a poměrů) nebyl splněn alespoň jeden z předpokladů (alespoň jeden z testů poskytl významný výsledek na 5% hladině významnosti) alespoň u některé ze čtyř skupin. Vzhledem k rozsahu provedených testů zde nejsou detailní výsledky uvedeny. V mladší kategorii byl rozptyl hodnot číselně vyšší u mužů než u žen v 9 z 11 rozměrů (tab. 4), z toho u jednoho rozměru byl rozdíl statisticky

Rozměry	digitalizace			digitalizace a fotografie			difCR
	TEM	relTEM	CR	TEM	relTEM	CR	
MsMd	6,02	0,88	0,96	10,71	1,56	0,91	0,046
CsCd	3,67	0,93	0,98	5,73	1,44	0,95	0,024
MsAI	2,07	0,39	0,99	5,09	0,96	0,96	0,033
MdAI	2,57	0,49	0,99	4,93	0,92	0,96	0,029
CsAI	2,46	1,16	0,97	2,95	1,37	0,95	0,015
CdAI	3,14	1,49	0,95	3,83	1,81	0,95	0,000
CsMs	3,63	1,01	0,98	3,8	1,06	0,97	0,004
CdMd	3,51	0,97	0,98	5,09	1,4	0,95	0,022
AIAC	2,58	3,45	0,98	2,92	3,88	0,97	0,009
AIAM	1,99	0,49	1,00	3,13	0,77	0,99	0,006
ACAM	2,65	0,81	0,99	3,77	1,14	0,98	0,008

Tab. 3. Chyba měření způsobená digitalizací a chyba měření se zahrnutím jak chyb digitalizace, tak chyb způsobené fotografií: technická chyba měření (TEM), relativní technická chyba měření (relTEM) a koeficient reliability (CR) pro sledované rozměry. Poslední sloupec (difCR) představuje rozdíl mezi koeficientem reliability digitalizace a koeficientem reliability digitalizace i fotografie.



Graf 2. Věkové rozložení vzorku použitého ve studii: MM – mladší muži, MZ – mladší ženy, SM – starší muži, SZ – starší ženy.

významný (MdAI: p=0,043) a u jednoho hraniční (AIAM: p=0,057). Ve starší kategorii byl rozptyl hodnot číselně vyšší u mužů než u žen ve všech rozměrech (tab. 5), z toho u jedno-

Rozměry/ indexy	Ženy, mladší kategorie (N=42)					Muži, mladší kategorie (N=35)					Mezipohlavní rozdíly		
	Průměr	SD	Medián	Min	Max	Průměr	SD	Medián	Min	Max	ISD	g	permut p
MsMd	46,3	2,36	46,06	41,83	52,34	47,69	2,32	47,71	42,09	53,58	2,91	0,59	0,009
CsCd	26,81	1,53	26,7	23,89	30,28	27,36	1,78	27,28	23,73	30,67	2,00	0,33	0,2
MsAl	37,06	1,24	37,06	34,65	39,85	38,44	1,84	38,38	35,1	44,11	3,59	0,89	0
MdAl	37,02	1,32	37,21	34,28	39,72	38,43	1,82	38,45	35,53	44,05	3,67	0,89	0
CsAl	14,38	0,74	14,42	13,12	16,05	14,75	1,13	14,9	11,88	16,7	2,45	0,39	0,05
CdAl	14,23	0,96	14,42	11,64	15,93	14,85	0,92	14,99	13,13	16,68	4,18	0,65	0,01
CsMs	25,83	0,98	25,99	23,54	27,55	26,6	1,27	24,76	24,76	30,4	2,89	0,68	0,007
CdMd	25,98	1,05	25,99	23,59	28,41	26,57	1,51	26,64	23,43	31,09	2,22	0,46	0,03
AIAC	4,93	0,89	4,95	3,23	6,77	5,6	0,9	5,53	3,68	7,13	11,86	0,74	0,003
AIAM	28,89	1,24	29,09	25,18	31,02	30,12	1,9	30,52	26,25	35	4,07	0,77	0,002
ACAM	23,98	1,0	24,16	21,91	25,84	24,54	1,43	24,57	21,89	28,28	2,28	0,46	0,04
WWI	0,58	0,03	0,58	0,48	0,64	0,57	0,04	0,57	0,51	0,66	-1,75	-0,28	0,3
WLI	1,61	0,11	1,6	1,41	2,02	1,59	0,12	1,56	1,38	1,89	-1,26	-0,17	0,4
FDIs	0,56	0,03	0,56	0,5	0,61	0,55	0,04	0,56	0,46	0,63	-1,82	-0,28	0,9
FDId	0,55	0,04	0,56	0,45	0,62	0,56	0,04	0,55	0,5	0,64	1,79	0,25	0,4
CIs	1,09	0,02	1,08	1,05	1,12	1,08	0,01	1,08	1,04	1,1	-0,93	-0,61	0,02
CId	1,09	0,02	1,08	1,05	1,14	1,08	0,02	1,07	1,05	1,12	-0,93	-0,49	0,04

Tab. 4. Popisná statistika pro sledované rozměry a indexy u mladší věkové kategorie. N – počet jedinců, Průměr – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, Min – minimum, Max – maximum. Všechny hodnoty průměru, mediánu, SD, Min a Max pro rozměry jsou v milimetrech. ISD – index sexuálního dimorfismu, g – Hedgesovo g; permut p – výsledky permutačního testu rozdílu středních hodnot pro muže a ženy, pravděpodobnost platnosti nulové hypotézy (shody středních hodnot).

Rozměry/ indexy	Ženy, starší kategorie (N=50)					Muži, starší kategorie (N=36)					Mezipohlavní rozdíly		
	Průměr	SD	Medián	Min	Max	Průměr	SD	Medián	Min	Max	ISD	g	permut p
MsMd	47,66	2,23	47,51	42,73	52,15	49,39	2,72	49,32	45,01	55,7	3,5	0,7	0,007
CsCd	27,29	1,41	27,38	22,96	30,21	28,27	1,71	28,09	24,03	32,87	3,45	0,63	0,01
MsAl	35,28	1,22	35,28	32,18	37,46	37,01	1,86	36,56	32,54	42	4,67	1,13	0,000004
MdAl	35,38	1,15	35,22	33	38,49	37,06	1,83	36,68	31,58	41,92	4,53	1,13	0,000001
CsAl	14,65	0,72	14,5	13,27	15,99	15,38	0,98	15,34	12,77	17,82	4,74	0,86	0,0002
CdAl	14,54	0,7	14,62	12,7	16,59	15,22	0,89	15,19	12,69	16,99	4,47	0,86	0,0001
CsMs	23,29	0,88	23,26	21,32	25,78	24,18	1,5	24,21	21,57	28,11	3,7	0,75	0,002
CdMd	23,42	1,03	23,27	21,65	26,82	24,39	1,42	24,48	21,18	27,48	3,98	0,8	0,0004
AIAC	5,07	1,05	4,93	2,46	7,71	5,74	1,25	5,75	3,32	9,04	11,58	0,58	0,02
AIAM	26,04	1,59	25,96	22,15	29,6	27,55	2,08	27,28	22,84	33,12	5,5	0,83	0,0004
ACAM	20,97	1,2	20,86	18,66	23,86	21,82	1,67	21,62	18,64	25,62	3,9	0,6	0,02
WWI	0,57	0,03	0,57	0,51	0,65	0,57	0,03	0,57	0,52	0,62	0	0	0,9
WLI	1,84	0,17	1,82	1,53	2,21	1,8	0,17	1,78	1,47	2,19	-2,22	-0,23	0,4
FDIs	0,63	0,03	0,62	0,59	0,7	0,64	0,04	0,63	0,54	0,74	1,56	0,29	0,4
FDId	0,62	0,04	0,62	0,56	0,73	0,62	0,04	0,63	0,55	0,73	0	0	0,4
CIs	1,08	0,02	1,07	1,04	1,12	1,07	0,02	1,07	1,04	1,12	-0,93	-0,5	0,1
CId	1,07	0,02	1,07	1,04	1,12	1,07	0,02	1,07	1,03	1,11	0	0	0,4

Tab. 5. Popisná statistika pro sledované rozměry a indexy u starší věkové kategorie. N – počet jedinců, Průměr – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, Min – minimum, Max – maximum. Všechny hodnoty průměru, mediánu, SD, Min a Max pro rozměry jsou v milimetrech. ISD – index sexuálního dimorfismu, g – Hedgesovo g; permut p – výsledky permutačního testu rozdílu středních hodnot pro muže a ženy, pravděpodobnost platnosti nulové hypotézy (shody středních hodnot).

Rozměry/ indexy	věková kategorie		pohlaví		interakce	
	F	p	F	p	F	p
MsAI	46,17	0	41,81	0	0,52	0,47
AIAC	0,78	0,38	16,68	0,0001	0	1
ACAM	191,43	0	11,56	0,001	0,48	0,49
WWI	0,4	0,71	0,56	0,33	0,62	0,25

Tab. 6. Výsledky faktorové analýzy rozptylu u proměnných se splněnými předpoklady, kategoriální faktory: věková kategorie a pohlaví.

ho rozměru byl rozdíl statisticky významný (CsMs: $p=0,016$) a u jednoho hraniční (CdMd: $p=0,061$). Homogenita rozptylu mezi skupinami a současně splněné předpoklady normality, šikmosti a špičatosti ve všech skupinách byly zjištěny pouze u proměnných MsAI, AIAC, ACAM a WWI. Rozdíly mezi skupinami u těchto proměnných jsme pak testovali analýzou rozptylu.

Velikostní rozdíly

Rozdíly mezi skupinami různého věku a pohlaví jsou vyjádřeny v grafu 3. Výsledky permutačních testů rozdílů mezi pohlavími jsou uvedeny v tabulkách 4 a 5. V mladší věkové kategorii jsou mezipohlavní rozdíly statisticky významné u všech rozměrů, kromě šířky mezi špičáky (CsCd). Ve starší věkové kategorii jsou statisticky významné pohlavní rozdíly ve všech rozměrech. Obdobné výsledky poskytla i analýza rozptylu na omezené skupině proměnných (tab. 6). V obou věkových kategoriích přitom platí, že je střední hodnota pro ženy vždy nižší než střední hodnota pro muže. Muži tedy mají celkově větší zubní oblouk. Číselně největšího procentuálního dimorfismu dosahuje v obou věkových kategoriích rozměr AIAC. Největší statistický efekt (Hedgesovo g) má dimorfismus v MsAI a MdAI, opět v obou věkových kategoriích. V devíti z jedenácti sledovaných rozměrů jsou mezipohlavní rozdíly mírně vyšší ve vyšší věkové kategorii, a to jak z hlediska procentuálního rozdílu (ISD), tak i velikosti efektu.

Výsledky srovnání věkových kategorií v rámci každého pohlaví jsou různé pro každý ze sledovaných rozměrů (tab. 7). Na základě permutačního testu se mladší a starší muži liší ve všech rozměrech kromě CdAI a AIAC. Obě věkové kategorie mužů se tedy neliší v šikmé a předozadní délce přední části zubního oblouku. V šířkových rozměrech (MsMd, CsCd) a šikmém rozměru CsAI mají muži starší věkové kategorie významně vyšší střední hodnoty než muži mladší kategorie. Ovšem ve zbývajících šikmých (MsAI, MdAI, CsMs, CdMd) a délkových (AIAM, ACAM) rozměrech mají naopak muži starší věkové kategorie významně *nižší* střední hodnoty než muži mladší věkové kategorie. Znamená to, že starší muži mají oproti mladším předozadně kratší zubní oblouk dolní čelisti v jeho distální části.

Podobná situace je u žen. Na základě permutačního testu se ženy mladší a starší kategorie neliší v rozměrech CsCd, AIAC, rozdíly v rozměrech CsAI ($p=0,08$) a CdAI ($p=0,08$) jsou ne-

Rozměry/ indexy	Muži		Ženy	
	rozdíl (%)	permut p	rozdíl (%)	permut p
MsMd	3,44	0,007	2,86	0,004
CsCd	3,21	0,03	1,76	0,1
MsAI	-3,87	0,002	-5,05	0
MdAI	-3,7	0,002	-4,64	0
CsAI	4,13	0,01	1,82	0,08
CdAI	2,43	0,1	2,13	0,08
CsMs	-10,01	0	-10,93	0
CdMd	-8,94	0	-10,93	0
AIAC	2,51	0,6	2,82	0,5
AIAM	-9,32	0	-10,97	0
ACAM	-12,43	0	-14,32	0
WWI	0	0,86	-1,75	0,34
WLI	11,67	0	12,5	0
FDIs	14,06	0	11,11	0
FDId	9,68	0	11,29	0
CIs	-0,93	0,14	-0,93	0,01
CId	-0,93	0,04	-1,87	0

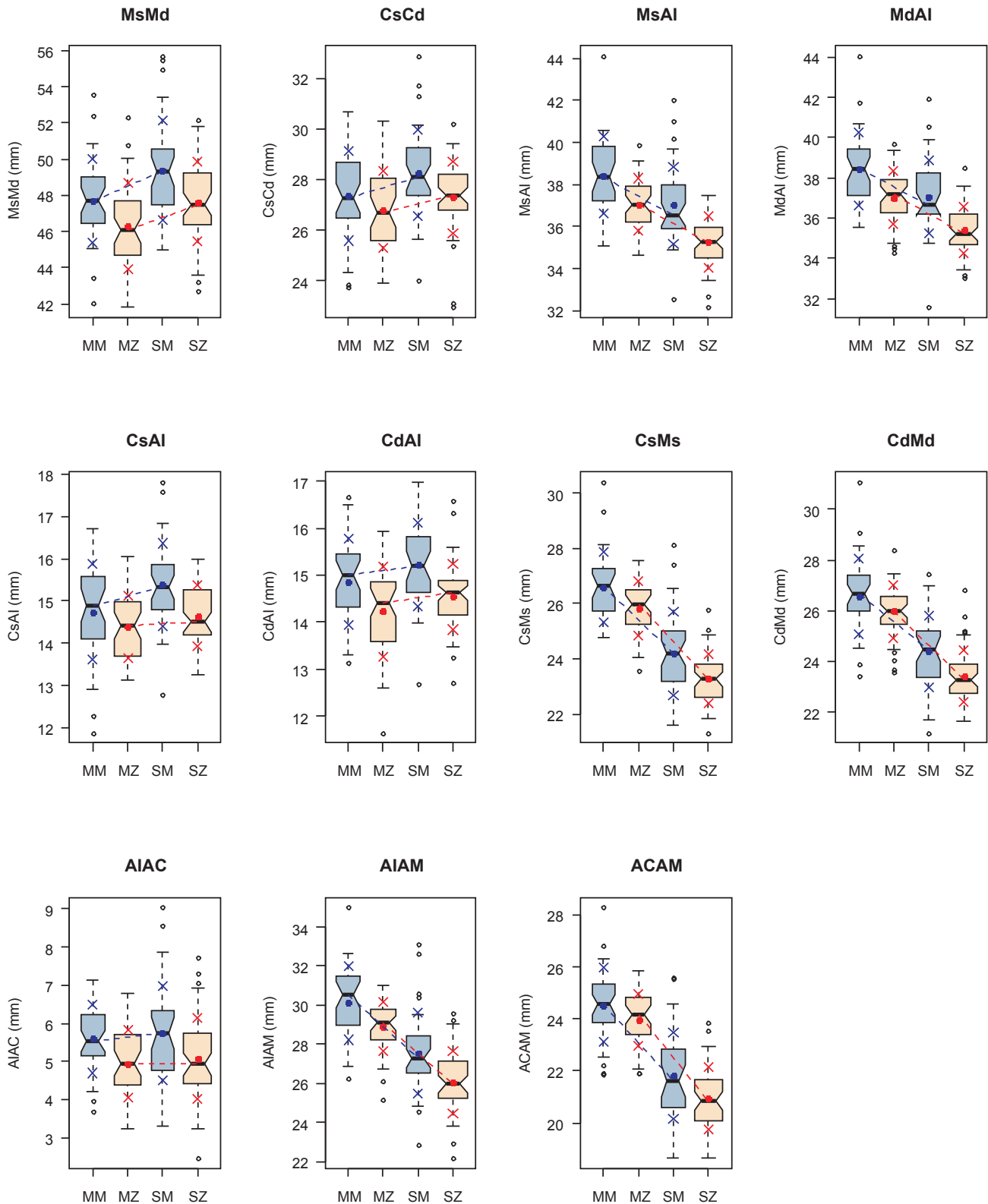
Tab. 7. Rozdíly mezi věkovými skupinami ve sledovaných rozměrech a indexech u každého pohlaví zvlášť: rozdíl (%) – procentuální rozdíl mezi průměrnými hodnotami (starší minus mladší) vztažený k průměrné hodnotě pro starší kategorii; permut p – výsledky permutačního testu rozdílu středních hodnot pro mladší a starší kategorii, pravděpodobnost platnosti nulové hypotézy (shody středních hodnot).

významné, s mírně vyššími středními hodnotami u starších žen (tab. 7). Střední hodnota šířky oblouku v oblasti stoliček (MsMd) je i u žen statisticky významně vyšší ve vyšší věkové kategorii, zatímco střední hodnoty šikmých (MsAI, MdAI) a délkových rozměrů (AIAM, ACAM) se zastoupením distální části zubního oblouku za špičkám jsou u starších žen vždy statisticky významně *nižší*. Stejně jako u mužů tedy platí, že starší ženy mají oproti mladším předozadně kratší zubní oblouk dolní čelisti v jeho distální části.

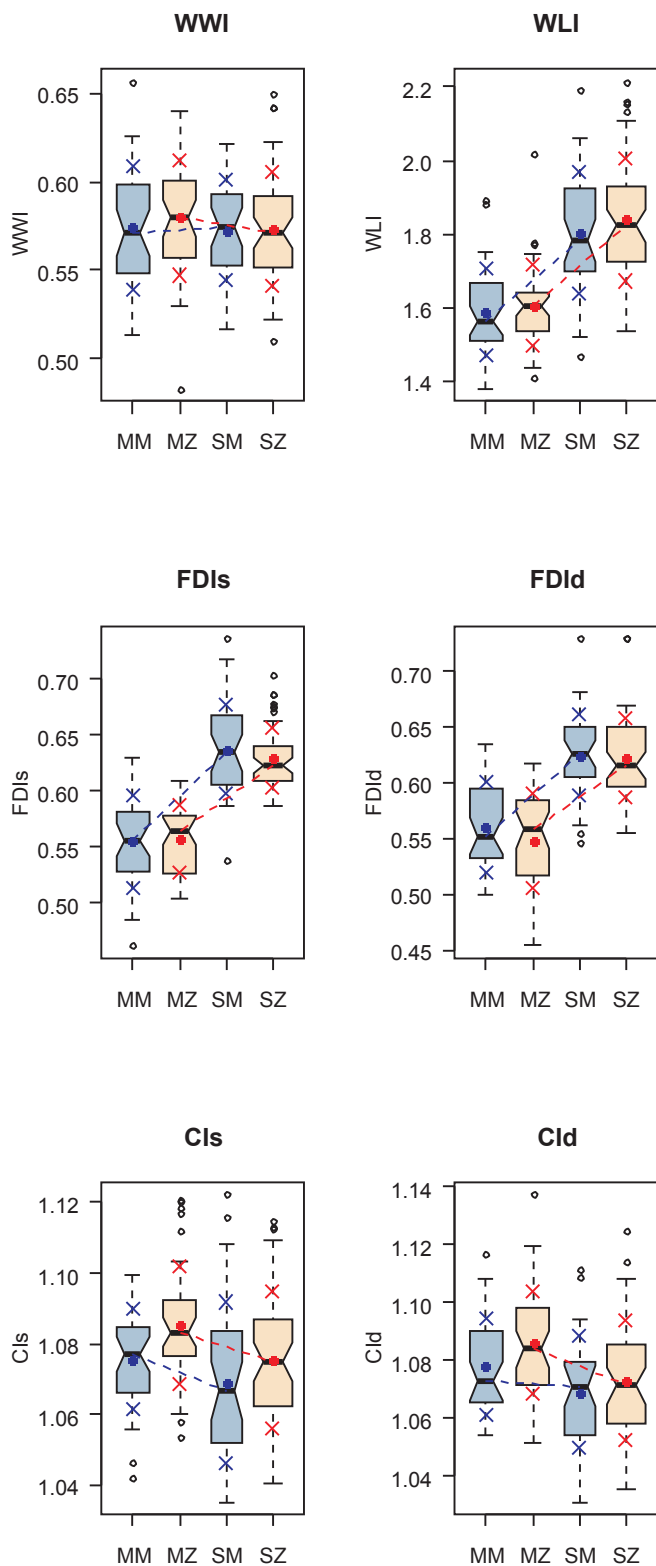
Tvarové rozdíly

Výše uvedené velikostní rozdíly se promítají také do srovnání tvarových indexů (graf 4). V mladší kategorii permutační test ukázal, že se pohlaví neliší v šířkovém indexu (WWI), šířko-délkovém indexu (WLI) ani v poměru přední a zadní části oblouku (FDIs, FDId). Liší se však v indexu vystupování špičáku vlevo i vpravo (CIs, CId), ovšem v tom smyslu, že mladším ženám špičák bukálně z oblouku vystupuje více než mladším mužům. Ve starší věkové kategorii však tento mezipohlavní rozdíl už zaznamenán nebyl a pohlaví se neliší v žádném z šesti námi hodnocených tvarových ukazatelů (tab. 4–6).

Srovnání mezi věkovými kategoriemi u mužů ukazuje, že se muži obou věkových kategorií neliší ve střední hodnotě WWI a CIs, v ostatních tvarových ukazatelích se liší. Ve starší věkové kategorii mají vyšší průměrné hodnoty WLI, což znamená, že mají relativně širší zubní oblouk v oblasti stoliček oproti délce. Muži mladší kategorie mají nižší FDIs a FDId oproti mužům kategorie starší, jelikož frontální část zubního oblouku představuje menší podíl z celého zubního oblouku



Graf 3. Srovnání rozměrů alveolárního oblouku mezi skupinami podle pohlaví a věku (krabicové grafy). MM – muži mladší kategorie, MZ – ženy mladší kategorie, SM – muži starší kategorie, SZ – ženy starší kategorie; silná čára představuje medián, krabice je interkvartilové rozpětí (50% případů, muži světle modrá, ženy růžová), šířka krabice je proporcionální druhé odmocnině počtu případů, zářez představuje 1,96 násobek interkvartilového rozpětí dělený druhou odmocninou počtu měření (odpovídá přibližně 95% intervalu spolehlivosti pro medián), antény odpovídají rozpětí hodnot, maximálně však jsou ve vzdálenosti jednoho interkvartilového rozpětí od hranice krabice, prázdná kolečka jsou odlehle hodnoty za touto hranicí. Plné body (muži modře, ženy červeně) udávají průměr, křížky udávají rozsah ± 1 směrodatné odchylky od průměru. Čárkovaná spojnice u každého pohlaví (muži modře, ženy červeně) propojuje mediány hodnot mladší a starší kategorie. Graf byl vytvořen v software R (R Development Core Team 2011).



Graf 4. Srovnání indexů alveolárního oblouku mezi skupinami podle pohlaví a věku (krabicové grafy). Legenda je totožná jako u grafu 3.

než u starších. Ze srovnání s příslušnými rozměry (výše) je vidět, že to je důsledkem změn distální oblasti oblouku. Mladší muži mají také oproti starším vyšší CId, takže jim z oblouku více bukalně vystupuje pravý špičák (vlevo je rozdíl v CIs

stejného smyslu, ale nevýznamný). U žen se starší a mladší věková kategorie opět neliší ve střední hodnotě WWI, v ostatních indexech se liší významně, a to ve stejném smyslu, jako je tomu u mužů.

Pokud bez ohledu na věkové kategorie sledujeme závislosti šířkodélkového indexu (WLI) na obou původních rozměrech, z nichž je vypočítán (tab. 8), jak u mužů, tak u žen větší část variability tohoto indexu souvisí s délkovými změnami než se změnami šířky v oblasti stoliček. Podobný vztah také najdeme, pokud závislost sledujeme zvláště ve starší kategorii. V mladší věkové kategorii u obou pohlaví koreluje WLI s MsMd i s AIAM srovnatelně, u mužů je však o něco silnější závislost na předozadní délce (AIAM), u žen větší část variability WLI odpovídá změnám v šířce mezi stoličkami (MsMd). Sledujeme-li obdobným způsobem šířkový index (WWI), celkově má silnější vztah s šířkou mezi špičáky (CsCd) než s šířkou mezi stoličkami (MsMd). FDIs souvisí s oběma původními proměnnými (CsAI, CsMs), souvislost s CsAI je však konzistentnější a mezi pohlavími podobnější (tab. 8). Totéž platí pro totéž index na pravé straně (FDId), jehož vztahy s původními proměnnými jsou nejvyrovnanější. Index vystupování špičáku vpravo i vlevo (CIs, CId) z obou proměnných z čitatele vzorce koreluje více s distálním rozměrem (CsMs, CdMd), zatímco s CsAI koreluje pouze v mladší kategorii zvláště (vlevo u mužů a vpravo u žen). Index vystupování špičáku vůbec nesovisí s rozměrem ve jmenovateli vzorce (MsAI, MdAI), a to v žádné věkové kategorii u žádného z pohlaví (tab. 8).

DISKUSE

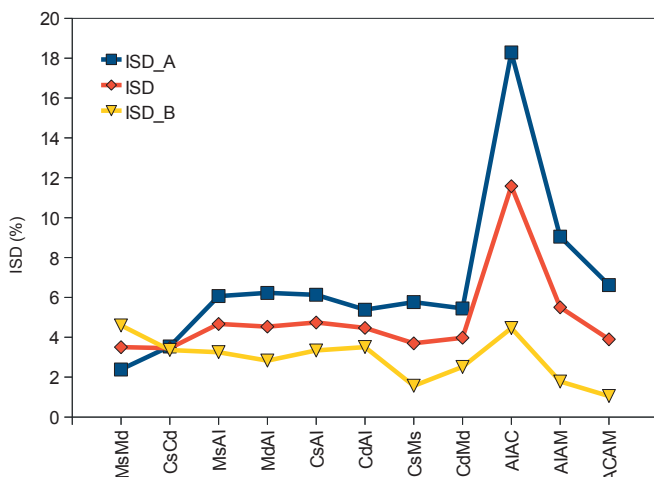
Studie byla zaměřena na využití určených ortodontických modelů chrupu při antropologickém výzkumu rozměrů zubního oblouku. Množství určených případů juvenilních jedinců se známým pohlavím a věkem v době úmrtí v kosterních sbírkách je omezené. Studovali jsme věkové rozdíly a sexuální dimorfismus rozměrů a tvarových indexů zubního oblouku dolní čelisti u nedospělých jedinců.

Z výsledků vyplývá, že se v našem vzorku pohlaví konzistentně liší ve velikosti zubního oblouku dolní čelisti, přičemž ženy mají celkově rozměry menší než muži stejné věkové kategorie. Ani ve vyšší věkové kategorii, blížící se stavu chrupu dospělého, však dimorfismus rozměrů zubního oblouku nedosahuje hodnot obvyklých u člověka v dospělosti, např. u výšky postavy nebo rozměrů skeletu, ani z hlediska procentuálního dimorfismu (ISD) ani z hlediska velikosti efektu (Hedgesovo g). Průměrná hodnota ISD ze všech jedenácti sledovaných rozměrů činí ve vyšší věkové kategorii 4,91 % (průměrné g=0,81). Největšího procentuálního dimorfismu u mladší i starší věkové kategorie (v obou kategoriích číselně podobného) dosahuje předozadní délka přední (mesiální) části zubního oblouku (AIAC), muži mají tento rozměr téměř o 12 % delší, velikost efektu však zdaleka není největší.

Srovnání dimorfismu rozměrů zubního oblouku nedospělých osob s jinými populacemi je omezeno malým počtem nám dostupných srovnávacích studií, odlišnostmi v metodi-

		muži				ženy							
		MsMd		CsCd		MsMd		CsCd					
kategorie		ρ	p	ρ	p	ρ	p	ρ	p				
WWI	mladší	-0,23	0,19	0,73	0	-0,42	0,01	0,62	0				
	starší	-0,32	0,05	0,47	0	-0,47	0	0,67	0				
	sloučeny	-0,27	0,02	0,58	0	-0,45	0	0,59	0				
		muži				ženy							
		MsMd		AIAM		MsMd		AIAM					
kategorie		ρ	p	ρ	p	ρ	p	ρ	p				
WLI	mladší	0,49	0	-0,72	0	0,7	0	-0,52	0				
	starší	0,59	0	-0,82	0	0,78	0	-0,85	0				
	sloučeny	0,55	0	-0,89	0	0,74	0	-0,87	0				
		muži				ženy							
		CsAI		CsMs		CsAI		CsMs					
kategorie		ρ	p	ρ	p	ρ	p	ρ	p				
FDIs	mladší	0,79	0	-0,16	0,35	0,75	0	-0,42	0,01				
	starší	0,64	0	-0,41	0,01	0,66	0	-0,25	0,08				
	sloučeny	0,66	0	-0,67	0	0,51	0	-0,78	0				
		muži				ženy							
		CdAI		CdMd		CdAI		CdMd					
kategorie		ρ	p	ρ	p	ρ	p	ρ	p				
FDId	mladší	0,67	0	-0,51	0	0,82	0	-0,52	0				
	starší	0,57	0	-0,43	0,01	0,61	0	-0,53	0				
	sloučeny	0,58	0	-0,69	0	0,54	0	-0,81	0				
		muži				ženy							
		CsAI		CsMs		MsAI		CsAI		CsMs		MsAI	
kategorie		ρ	p	ρ	p	ρ	p	ρ	p	ρ	p	ρ	p
CIs	mladší	0,4	0,02	0,12	0,49	-0,01	0,95	0	0,99	0,4	0,01	-0,15	0,35
	starší	-0,13	0,45	0,51	0	-0,06	0,75	0,25	0,08	0,35	0,01	-0,11	0,44
	sloučeny	0,05	0,65	0,44	0	0,09	0,44	0,1	0,33	0,43	0	0,07	0,5
		muži				ženy							
		CdAI		CdMd		MdAI		CdAI		CdMd		MdAI	
kategorie		ρ	p	ρ	p	ρ	p	ρ	p	ρ	p	ρ	p
CId	mladší	0,12	0,48	0,31	0,07	-0,06	0,75	0,31	0,04	0,2	0,2	-0,21	0,18
	starší	0,08	0,66	0,3	0,07	-0,01	0,97	0,19	0,18	0,48	0	-0,1	0,5
	sloučeny	0,06	0,6	0,36	0	0,05	0,7	0,19	0,07	0,45	0	0,08	0,45

Tab. 8. Korelace indexů s rozměry, ze kterých jsou vypočítány: ρ – Spearmanův pořadový korelační koeficient, p – statistická významnost testu nulové hypotézy (nezávislosti obou proměnných).



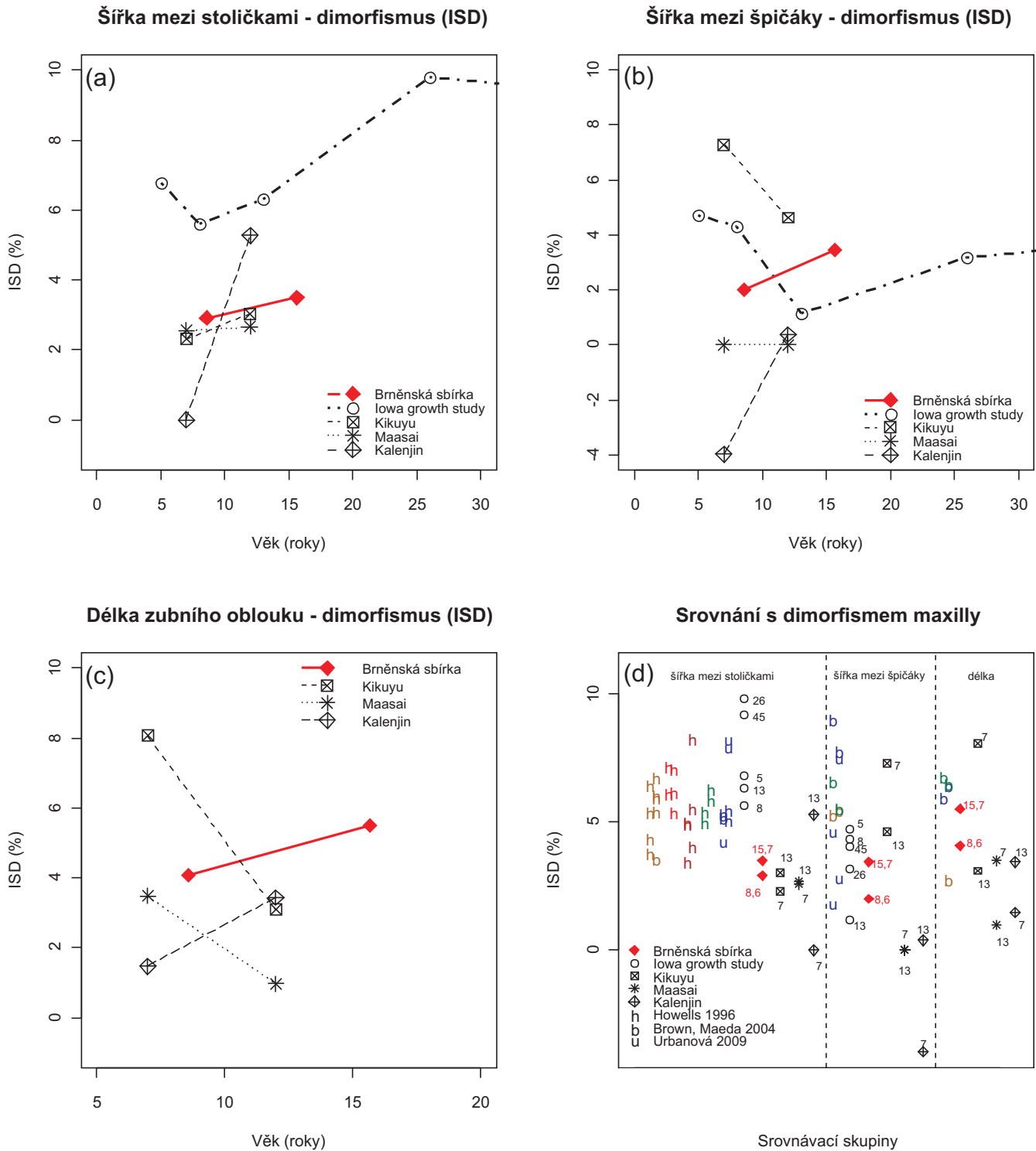
Graf 5. Index sexuálního dimorfismu (ISD) vyšší věkové kategorie: ISD – hodnoty pro celou vyšší věkovou kategorii (průměrný věk: muži 15,4 roku, ženy 15,91 roku); ISD_A – dimorfismus mezi mladší polovinou mužů a starší polovinou žen vyšší věkové kategorie (průměrný věk: muži 14,47 roku, ženy 17,09 roku); ISD_B – dimorfismus mezi starší polovinou mužů a mladší polovinou žen starší věkové kategorie (průměrný věk: muži 16,27 roku, ženy 14,74 roku).

ce měření, zahrnutých věkových kategoriích a podrobnosti v uváděných výsledcích. Z důvodu identické definice dvou rozměrů je jednou z nevhodnějších srovnávacích studií longitudinální studie šířky mezi špičáky (CsCd) a šířky zubního oblouku mezi prvními trvalými stoličkami (MsMd) u obou čelistí 15 mužů a 15 žen ve věku od 6 měsíců do 45 let (Bishara *et al.* 1997). Autoři použili záznamy z *The Iowa Facial Growth Study* a účastníky výzkumu byli Američané původem ze severní Evropy. U nikoho nebyly zaznamenány žádné patologie obličeje ani čelistí (včetně chybějících zubů) a nikdo z nich nepodstoupil žádnou ortodontickou léčbu. U obou šířkových rozměrů byly ve všech věkových kategoriích naměřeny vyšší hodnoty u mužů než u žen, což souhlasí s našimi výsledky. Oba rozměry u obou pohlaví minimálně do 13 let věku rostou. Mezi 13. a 26. rokem však zaznamenali mírné zmenšení některých rozměrů (šířka mezi špičáky a mezi stoličkami, zejména u žen), které pokračovalo i mezi 26. a 45. rokem (Bishara *et al.* 1997). Srovnání výsledků naší studie s tímto longitudinálním výzkumem a několika dalšími vzorky jsme znázornili v grafu 6. Dimorfismus (ISD) obou šířkových rozměrů ve zmíněné longitudinální studii mezi 13. a 26. rokem u obou rozměrů ještě dále mírně stoupal, což však nebylo způsobeno výraznějším růstem u mužů, nýbrž mírným poklesem hodnot u žen. Druhou studií, umožňující srovnání věkových rozdílů, je výzkum tří nám vzdálenějších populací (Kikuyu, Maasai, Kalenjin) z Keni (Hassanali, Odhiambo 2000). Autoři sledovali rozměry zubních oblouků na modelech obou čelistí dětí ve dvou věkových kategoriích; mladší mezi 6 a 8 roky a starší ve věku 12 let. Definice rozměrů však byly mírně odlišné od naší studie. S výjimkou šířky mezi špičáky na obou čelistech u populace Maasai byly všechny rozměry větší u mužů než u žen. Statisticky významný pohlavní dimorfismus v rozměrech zaznamenali pouze u starší kategorie (na dolní čelisti u vzdálenosti mezi špičáky a bukálního obvodu dentálního

oblouku v rozsahu M1–M1). Ze srovnání v grafu 6 (a,b) vyplývá, že u některých vzorků byl v dětství v šířkových rozměrech zaznamenán pokles dimorfismu, u jiných vzestup. Tyto rozdíly lze interpretovat srovnáním s křivkou dimorfismu longitudinálního výzkumu. V případě šířky mezi stoličkami to byla ve všech vzorcích už vzestupná část křivky, zatímco v případě šířky mezi špičáky (mezi stejnými věkovými kategoriemi jako u šířky mezi stoličkami) to bylo různé. Pro délku zubního oblouku jsme neměli k dispozici longitudinální křivku. Z dostupných antropologických zdrojů je možné srovnat zjištěný dimorfismus rozměrů zubního oblouku dolní čelisti u nedospělých jedinců s dimorfismem v rozměrech alveolárního výběžku horní čelisti u dospělých, konkrétně vzdáleností mezi oběma body *ektomolare* (*ekt–ekt*), šířkou alveolárního výběžku horní čelisti), šířkou mezi alveoly horních špičáků a délkou patra. Ze srovnání vyplývají obdobně nízké hodnoty dimorfismu, oproti dimorfismu v šířce mezi stoličkami u dospělých osob z *The Iowa Facial Growth Study* dokonce nižší. Zmíněný longitudinální výzkum však dokončilo (do věku 45 let) pouhých 16 žen a 15 mužů.

Nízká míra dimorfismu jednotlivých rozměrů lebky se netýká pouze čelistí, ale je obvyklá i v ostatních oblastech, například ISD v sedmi standardních rozměrech u dospělých lebek brazilské populace z *Universidade Federal de São Paulo's collection* (Zavando *et al.* 2009) se pohybuje mezi 1,0 a 6,32 %, s průměrem 3,48 %, průměrné $g=0,61$). Pro srovnání lze uvést dimorfismus rozměrů některé kosti postkranálního skeletu, např. kosti pažní (*humerus*) u moderního vzorku dospělé řecké populace (Charisi *et al.* 2010), který se u tří rozměrů na pravé a levé straně pohybuje od 9,31 do 14,3 % s průměrem 12,13 % (průměrné $g=2,4$). (Pozn. srovnávací hodnoty ISD a Hedgeova g jsme ve všech uvedených srovnáních vypočítali *de novo* na základě statistických parametrů uvedených v citovaných studiích).

Ze srovnání rozdílů v rozměrech zubního oblouku mezi věkovými kategoriemi vyplývá, že nejsou jen důsledkem růstu a tvarových změn čelisti v průběhu sledovaného období, ale odráží komplikovanou povahu výměny zubů a jejich vzájemné ovlivňování. Předozadní délka zubního oblouku (AIAM) je ve vyšším věku u obou pohlaví menší, za což je však odpovědná pouze distální část oblouku (ACAM). To může být dáno jednak posuny zubů v průběhu výměny chrupu a jednak tvarovými změnami rostoucí čelisti. Tlakem prořezávající se druhé trvalé stoličky může dojít k posunu první trvalé stoličky mesialním směrem. Tento posun se může přenášet i na třenové zuby, zejména pokud se druhá trvalá stolička prořezává před trvalým špičákem (Wachsmann 1955, 18–19). Z našich výsledků vyplývá, že zkracování předozadní délky distální části zubního oblouku je sice doprovázeno růstem vzdálenosti mezi stoličkami (MsMd, rozdíl mezi oběma věkovými kategoriemi je okolo 3 %), ale větší část pozorovaných tvarových změn v šířkodélkovém indexu (WLI) je pravděpodobně způsobena zkrácením vzdálenosti špičáku a první trvalé stoličky (CsMs, CdMd; okolo 9–11 %). Přitom je současně zřejmé, že poměr šířky mezi řezáky a mezi prvními stoličkami se v průběhu těchto změn výrazně nemění. Již zmíněný výzkum



Graf 6: Srovnání ISD (%) Brněnské sbírky s výsledky jiných studií:

(a) Srovnání věkových rozdílů v dimorfismu šířky mezi stoličkami zubního oblouku dolní čelisti v našem průřezovém vzorku (MsMd), v *The Iowa Facial Growth Study* se stejnou definicí rozměru (Bishara *et al.* 1997) a průřezového výzkumu tří keňských skupin – zde byla šířka měřena na vnější straně prvních trvalých stoliček (Hassanali, Odhiambo 2000);

(b) obdobné srovnání pro šířku mezi dolními špičkami, definice rozměru byla v všech vzorků stejná, na rozdíl od našeho výzkumu však byla v obou srovnávacích studiích měřena přímo na modelech;

(c) obdobné srovnání pro délku mandibulárního zubního oblouku v rozsahu I(i)–M1, definice rozměru se však liší a nemáme k dispozici longitudinální trend;

(d) srovnání všech údajů uvedených v grafech (a–c) s odpovídajícími rozměry horních čelistí dospělých osob: šířka *ekt–ekt*, šířka mezi alveoly horních špičáků (Urbanová 2009) a délka horního patra (*alv–pr*), písmena odpovídají iniciále citovaného autora (Brown, Tomoko 2004; Howells 1996; Urbanová 2009, Urbanová, Králík 2008), barvy písmeny označených bodů odpovídají kontinentům, ze kterých populace pochází (světle hnědá – Asie, červená – Amerika, hnědá – Afrika, zelená – Austrálie, modrá – Evropa) a připojená čísla odpovídají průměrnému věku jedinců ve vzorku (v letech).

tří keňských populací (Hassanali, Odhiambo 2000) uvádí výsledky s našimi v hlavních rysech srovnatelné. Průměrné hodnoty šířky zubního oblouku dolní čelisti byly ve starší věkové kategorii vyšší (s výjimkou žen Kalenjin), zatímco délka oblouku byla ve starší věkové kategorii vždy nižší (v průměru o 8,27 %). Hassanali a Odhiambo (2000) to vysvětlují především jako důsledek výměny chrupu v oblasti třenových zubů. Dalšími faktory působícími na obvod alveolárního oblouku jsou podle zmíněných autorů růst dento-alveolárního komplexu a míra obráceného skusu, případně hloubky skusu (Hassanali, Odhiambo 2000).

Při interpretaci výsledků je však stále třeba mít na paměti, že v naší studii, na rozdíl od diskutované longitudinální studie (Bishara *et al.* 1997), nesledujeme skutečné věkové změny u týchž lidí, ale pouze na průřezu populací porovnáváme mladší a starší věkovou kategorii, přičemž každá z nich je složená z jiných případů. Část zjištěných rozdílů tedy nemusí nutně odrážet pouze růstové a vývojové změny, ale i jiné rozdíly mezi oběma vzorky, včetně vlivu náhodných faktorů. Velikostní dimorfismus ve většině rozměrů našeho brněnského vzorku je číselně vyšší ve vyšší věkové kategorii, což odpovídá předpokladům o sexuálním dimorfismu těla a mechanismech jeho změn, rozdíl však není velký. Částečně to však může být způsobeno faktem, že vývoj žen v pubertě předbíhá muže (až o dva roky), a sexuální dimorfismus ve vyšší věkové kategorii v našem vzorku (kde jsou navíc muži o půl roku mladší) sice splňuje kritérium srovnatelnosti stavu prořezání chrupu, nikoli však srovnatelnosti postupu celkového tělesného vývoje; srovnáváme tak ženy vývojově pokročilé s muži, které podstatné změny většinou ještě čekají. Proto jsme se pokusili srovnat procentuální dimorfismus (ISD) celé vyšší věkové kategorie s dimorfismem, který byl vypočítán z hodnot starší poloviny mužů a mladší poloviny žen vyšší věkové kategorie, a také s dimorfismem získaným naopak z rozdílů mezi starší polovinou žen a mladší polovinou mužů starší věkové kategorie (graf 5). Z hlediska obvyklého charakteru růstu jsme očekávali, že dimorfismus vývojově si více odpovídajících skupin (mladší polovina žen a starší polovina mužů) bude větší, než je dimorfismus celého vzorku. To se však potvrdilo pouze u šířky mezi prvními stoličkami (MsMd). Dimorfismus šířky mezi špičáky tento výběr neovlivnil a u všech ostatních rozměrů byl smysl změny přesně opačný; srovnání poskytlo menší hodnoty dimorfismu, než jsme našli v celé vyšší věkové kategorii. Vysvětlení umožňuje interpretace pohlavních rozdílů v časování stěsnávání chrupu. Ženy ve starší věkové kategorii ve stěsnání chrupu došly dále než muži, takže je dimorfismus výraznější. Později, až stěsnání u mužů dosáhne stejné úrovně (v našem materiálu nezachytitelný vliv prořezání třetí stoličky), se dimorfismus v předozadních rozměrech zubního oblouku opět sníží. Pro zachycení vrcholu dimorfismu na našem materiálu by bylo vhodné doplnit měření ve věku mezi námi použitými kategoriemi.

Použitým hodnocením tvaru na základě šesti indexů nebyly zjištěny žádné výrazné tvarové mezipohlavní rozdíly. Toto zjištění je v souladu s předchozím zjištěním velmi malého dimorfismu ve tvaru ve studii 3D tvarové analýzy celé dolní

čelisti na základě 38 význačných bodů (Franklin *et al.* 2007). Jedinou výjimkou bylo vystupování špičáků bukálním směrem u mladší věkové kategorie (CIs, CId). Oproti předpokladu vyplývajícímu z práce Schutkowskoho (1993), který považuje za mužský znak U tvar zubního oblouku dolní čelisti se širší frontální oblastí oblouku danou větší protrusí špičáků (a na svém srovnávacím souboru ze *Spitalfields Coffin Plate Sample* také tuto tendenci zaznamenal), v našem souboru při našem způsobu hodnocení byl smysl dimorfismu opačný. Místo aby špičáky více vystupovaly u mužů, vystupovaly bukálním směrem více u žen (vyšší CIs a CId). Ani šířkový index (WWI), jehož výraznější mezipohlavní rozdíl by mohl indikovat relativně širší frontální úsek oblouku u mužů, nevykazuje žádný významný dimorfismus, ženy mladší věkové kategorie mají tento index dokonce číselně mírně vyšší, a neliší se navíc ani mezi věkovými kategoriemi a představuje tak vlastně nejstabilnější hodnocený parametr. Naše výsledky a výsledky Schutkowskoho (1993) ovšem nejsou úplně srovnatelné jednak kvůli způsobu hodnocení a jednak z hlediska hodnocených věkových kategorií. Schutkovski morfognosticky posuzoval tvar zubního oblouku, mužská forma v jeho popisu představuje „mírné vysunutí alveolů špičáků proti sousedním stoličkám“ (Schutkowski 1993, 200), čímž zubní (orig. dental) oblouk projevuje U tvar a je v přední části širší. Hodnotí tedy charakter a polohu alveolů. My jsme morfometricky studovali polohu vrcholu *apex coronae dentis* špičáku. Pokud by se pohlaví výrazněji lišila v míře prognacie špičáků (muži ortognátní a ženy prognátní špičáky), je možné, že by vrcholy špičáků vystupovaly více ženám, i když by jejich alveoly (resp. okraj alveolů) zůstávaly s ostatními v pravidelném parabolickém oblouku, zatímco u mužů by tomu mohlo být naopak. Rozdíly však mohou být způsobeny také odlišným věkovým složením vzorků (Schutkovski: 0–5 let, Brněnská sbírka, mladší kategorie: 7,5–9,5 roku) a také odlišným způsobem vzniku obou vzorků (viz dále). Ve vyšší věkové kategorii už tvarové rozdíly mezi pohlavími nebyly přítomny dokonce ani v tomto znaku. Prostředky tradiční morfometrie na daném vzorku nenalezly žádný výrazný dimorfismus, je otázkou, zda by nebyly úspěšnější detailnější metody geometrické morfometrie. Řešením by mohlo být trojrozměrné hodnocení oblouku jak na úrovni alveolů, tak v okluzní rovině korunek zubů.

Je otázkou, jak mohou být výsledky ovlivněny charakterem studované populace a způsobem vzniku studovaného vzorku. Tato práce je založena na analýze modelů čelistí ortodontických pacientů, nejedná se tedy o reprezentativní vzorek dané populace. Modely pochází jen z jedné stomatologické praxe a byly vytvořeny pouze pro ty pacienty, jejichž chrup vyžadoval určitý typ léčby, přičemž léčbu ordinoval jediný lékař. Nemoci a defekty chrupu, jejichž léčba nevyžaduje vytvoření studijních modelů, a především čelisti zdravých lidí, kteří nepotřebovali v průběhu svého růstu a vývoje ortodontické zásahy vůbec, ve vzorku chybí. Na druhou stranu je vzorek selekcí z původního souboru; byly vyloučeny čelisti s patologiemi znemožňujícími morfometrickou analýzu čelisti a do studie byli zařazeni jen jedinci, kteří byli v rámci sledované

kategorie na stejné úrovni prořezání zubů. U ortodontických pacientů je ale velmi důležité zachytit vzájemný vztah čelistí, takže jsou většinou vytvářeny nejen modely patologické čelisti, ale i modely druhé, zdravé čelisti. Je otázkou, jaký je vztah mezi takto vytvořeným výběrem a hypotetickým náhodným vzorkem zdravých lidí ze stejné populace, a jak skutečnost, že je vzorek výsledkem selekce, může ovlivnit výsledky studie. Selektce patologií byla schopna postihnout jen patologie zkoumaných čelistí, nikoli možný patologický vztah odpovídajících si čelistí, kvůli kterému mohly být některé modely vyrobeny. Vzhledem k tomu, že lékařské záznamy k čelistem o léčeném problému a postupu léčby nejsou dostupné, nelze vyloučit čelisti s tímto druhem patologie. Některé dolní čelisti s patologickým vztahem k horní čelisti tak pravděpodobně byly zařazeny do výzkumu a mohou variabilitu studovaného vzorku posouvat mimo variabilitu populace.

Vzhledem k zaměření na dimorfismus nemusí být bez významu ani výrazný početní nepoměr chlapců a dívek ve sbírce ortodontických modelů, která představuje veškeré pacienty dané ordinace za příslušné období. Poměr pohlaví činí ve sbírce 0,63 chlapců na jednu dívku, zatímco v běžných lidských populacích se poměr pohlaví v dětství pohybuje okolo 1,0 (častěji s mírnou převahou mužů). Je tedy otázkou, proč převažují ve sbírce dívky a zda to nemůže mít vliv na zjištěné mezipohlavní rozdíly. Teoreticky by mohla být v našem případě převaha dívek dána tendencí žen preferovat lékařku před lékařem. Většina pacientů však byla příliš mladá na to, aby sama rozhodovala o výběru lékaře. Pokud se jedná o nějaké preference ženy-lékařky, mohou to být maximálně preference rodičů, nejspíše matek. Jiným důvodem by mohla být větší tendence žen k využívání zdravotnických služeb obecně (srov. Bakalář 2006), závažnost ani frekvence ortodontických poruch se nemusí mezi pohlavími lišit, ale ženy by mohly přicházet k lékaři častěji a už s menšími potížemi – kvalita chrupu pro ně může mít větší význam než pro muže. V tom případě by mohl být mužský vzorek výraznější selekcí mimo normu. Konečně je tu však také možnost, že v ženské populaci je skutečně větší četnost nebo i závažnost ortodontických poruch, což se odráží v pohlavní struktuře sbírky modelů. Evoluční trend ke gracilizaci čelistí mohl u žen dospět dále než u mužů a pokud by to v obdobné míře nerespektovala i velikost zubů, mohou mít ženy skutečně častěji problémy s uspořádáním zubů v zubním oblouku, zejména při prořezávání trvalého chrupu. Záleží ovšem na vztahu velikosti čelisti a velikosti zubů. Pokud platí třetí možnost, mohl by výběr čelistí bez zjevných ortodontických patologií vést celkově (u mužů i u žen) k posunu k vyšším hodnotám rozměrů, u žen však častěji a v průměru tak výrazněji, což by mohlo v konečném důsledku snižovat zjištěný dimorfismus v rozměrech oproti situaci v celém ortodontickém souboru. Je však otázkou, co by takový posun znamenal z hlediska vztahu tohoto výběru k vzorku z normální populace.

V budoucnu by proto bylo vhodné ověřit naše morfometrické výsledky na vzorku otisků čelistí pocházejících ze zdravé populace a mít přitom kontrolu všech předcházejících ortodontických i jiných stomatologických zásahů a v analýze uplatnit

také velikost zubů (zejména mesiodistální rozměry korunek). Nová studie vztahu vývoje zubů (mineralizace chrupu od narození do dospělosti) s formou (velikostí a tvarem) dolní čelisti ukázala (Coquerelle *et al.* 2010), že mezi vývojem chrupu a dolní čelisti existuje velmi úzký vztah ve fázi od narození do úplného prořezání dočasných chrupu. Další období ontogeneze jsou pak charakterizována stále výraznějším osamostatňováním vývoje dolní čelisti a vývoje chrupu. Srovnáním vzorku zdravé populace a případů z ortodontické sbírky by se mohlo ukázat, jakou roli při vzniku ortodontických vad hrají velikostní neshody zubů a čelisti, a také jaký podíl na tom má každá z obou stran. Kromě jiného by pak bylo jasnější, do jaké míry je vzorek vybraný z ortodontické sbírky na základě nepřítomnosti zjevných patologií, navzdory všem zmíněným i jiným, dosud skrytým vlivům, vhodný jako referenční materiál pro neznámé recentní kosterní/dentální nálezy. I v případech, že bude morfometricky odpovídat náhodnému výběru z běžné populace, zůstane však stále otevřenou otázkou, do jaké míry je vzorek vhodným srovnávacím materiálem pro archeologické nálezy. Kromě rozdílů mezi moderními a historickými populacemi ve velikosti, růstu a parametrech životní historie zde zůstane neznámou rozdíl ve způsobu vzniku obou vzorků. U historických vzorků, včetně dětí z pohřebiště Spitalfields, které zpracovával Schutkowski (1993), se vždy jedná o děti, které v daném věku zemřely. Pokud by příčiny smrti nebyly neutrální vůči dimorfním znakům, např. už jen vzhledem k velikosti těla, mohl by být i velikostní dimorfismus takového vzorku odlišný od dimorfismu v žijící populaci.

ZÁVĚRY

1. Na průřezovém vzorku čelistí z *Brněnské sbírky sádrových ortodontických modelů chrupu* jsme ověřili využitelnost sádrových modelů čelistí v antropologické praxi. Jak samotné modely, tak standardizace snímání a metodika digitalizace význačných bodů jsou využitelné a umožňují zkoumání zubního oblouku nedospělých jedinců na tomto materiálu. Otázkou zůstává vztah použitého vzorku a normální zdravé populace.
2. Rozměry zubního oblouku žen byly vždy v průměru menší než rozměry mužů stejné věkové kategorie, přičemž dimorfismus ve vyšší věkové kategorii byl mírně vyšší. U většiny rozměrů ani ve vyšší věkové kategorii nepřesahoval sexuální dimorfismus 5 %, což odpovídá míře zjištěné jinými studiemi.
3. Rozdíly rozměrů mezi jednotlivými věkovými kategoriemi jsou určeny součinností mnoha faktorů (tvarové a velikostní změny čelisti, prořezávání zubů, vzájemné vztahy zubů v čelisti). Zubní oblouk sledovaný v rozsahu od I(i)1 po M1 byl u obou pohlaví ve vyšším věku předozadně kratší ve své distální části (ACAM). Podílil se na tom zejména zkrácení vzdálenosti špičáku a první trvalé stoličky (CsMs, CdMd). Důvodem zkrácování oblouku může být tlak prořezávajících se stoliček, který se přenáší na mesiálněji zuby a způsobuje jejich stěsnávání. Mezipohlavní

rozdíly v postupu a finální míře stěsnání mohou být příčinou dimorfismu rozměrů zubního obluku.

4. Ve většině hodnocených tvarových indexů se pohlaví výrazně nelišila. Výjimkou byl index vystupování špičáku v mladší věkové kategorii. Oproti předpokladům založeným na předchozích studiích (Schutkowski 1993) špičák vystupoval buď výrazněji u žen než u mužů. Neshoda však může být důsledkem odlišné definice polohy špičáku a věkovými rozdíly vzorků obou studií.

PODĚKOVÁNÍ

Náš velký dík patří zejména MUDr. Danuši Kahleové za poskytnutí ortodontických modelů chrupu, Mgr. Janu Hutákové za neocenitelnou pomoc při založení *Brněnské sbírky sádrových ortodontických modelů chrupu* a Dr. Ladislavu Nejmanovi za překlad abstraktu do anglického jazyka. Děkujeme rovněž oběma recenzentům za cenné připomínky k první verzi tohoto článku.

LITERATURA

- Alvaran, Natalia – Roldan, Samuel I. – Buschang, Peter H. (2009): Maxillary and mandibular arch widths of Colombians. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 135(5), 649–656.
- Bakalář, Eduard (2006): Podporujte ženy – ale ne na sto procent. *Vesmír*, 85, 15–17.
- Bishara, Samir E. – Jakobsen, Jane R. – Treder, Jean – Nowak, Arthur (1997): Arch width changes from 6 weeks to 45 years of age. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 111, 401–409.
- Black, Thomas K. III (1978): Sexual Dimorphism in the Tooth-Crown Diameters of the Deciduous Teeth. *American Journal of Physical Anthropology*, 48, 77–82.
- Boucher, Barbara J. (1957): Sex differences in the foetal pelvis. *American Journal of Physical Anthropology*, 15, 581–600.
- Brown, Peter – Maeda, Tomoko (2004): Post-Pleistocene diachronic change in East Asian facial skeletons: the size, shape and volume of the orbits. *Anthropological Science*, 112, 29–40.
- Cardoso, Hugo F. V. (2006): Brief Communication: The Collection of Identified Human Skeletons Housed at the Bocage Museum (National Museum of Natural History), Lisbon, Portugal. *American Journal of Physical Anthropology*, 129, 173–176.
- Coquerelle, Michael – Bayle, Priscilla – Bookstein, Fred L. – Braga, José – Halazonetis, Demetrios J. – Katina, Stanislav – Weber, Gerhard W (2010): The association between dental mineralization and mandibular form: a study combining additive conjoint measurement and geometric morphometrics. *Journal of Anthropological Science*, 88, 129–150.
- Dadejová, Vlasta (2010): *Pohlavní dimorfismus morfologie alveolárního obluku nedospělých jedinců*. Magisterská diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita.
- Dobisíková, Miluše (1999): Určování věku. In: Stloukal, Milan a kol., ed., *Antropologie, příručka pro studium kostry*. Praha, Národní muzeum, 235–339.
- Dokládál, Milan (1994): *Anatomie zubů a chrupu*. Brno: Masarykova univerzita.
- Fechner, Patricia Y. (2002): Gender differences in puberty. *Journal of Adolescent Health*, 30, 44–48.
- Firth, David – Turner, Heather (2010): *Relimp: Relative Contribution of Effects in a Regression Model*. R package version 1.0-2. (online) <http://CRAN.R-project.org/package=relimp>.
- Franklin, Daniel – Oxnard, Charles E. – O'Higgins, Paul – Dadour, Ian (2007): Sexual Dimorphism in the Subadult Mandible: Quantification Using Geometric Morphometrics. *Journal of Forensic Sciences*, 52(1), 6–10.
- Hammer, Ø. – Harper, D. A. T. – Ryan, P. D. (2001): PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis, version 1.90. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9 pp.
- Hassanali, J. – Odhiambo, J.W. (2000): Analysis of dental casts of 6-8- and 12-year-old Kenyan children. *European Journal of Orthodontics*, 22, 135–142.
- Howells, W. W. (1996): Howells' Craniometric Data on the Internet. *American Journal of Physical Anthropology*, 101, 441–442.
- Hunt, Edward E. jr. – Gleiser, Isaac (1955): The Estimation of Age and Sex of Preadolescent children from Bones and Teeth. *American Journal of Physical Anthropology*, 13, 479–487.
- Charisi, Drosia – Eliopoulos, Constantine – Vanna, Velissaria – Koiliias, Christos G. – Manolis, Sotiris K. (2010): Sexual Dimorphism of the Arm Bones in a Modern Greek Population. *Journal of Forensic Sciences*, 56(1), 10–18.
- Komsta, Lukasz – Novomestsky, Frederick (2011): *Moments: Moments, cumulants, skewness, kurtosis and related tests*. R package version 0.12. (online) <http://CRAN.R-project.org/package=moments>.
- Králík, Miroslav – Urbanová, Petra – Mořkovský, Tomáš – Hložek, Martin (2007): Neinvazivní rekonstrukční postupy v antropologii. *Sborník z konference konzervátorů a restaurátorů*. Znojmo: Technické muzeum v Brně, 68–71, XI–XIII.
- Loth, Susan R. – Henneberg, Maciej (1996): Mandibular Ramus Flexure: A New Morphologic Indicator of Sexual Dimorphism in the Human Skeleton. *American Journal of Physical Anthropology*, 99, 473–485.
- Maindonald, John – Braun, W. John (2010): *DAAG: Data Analysis And Graphics data and functions*. R package version 1.03. (online) <http://CRAN.R-project.org/package=DAAG>.
- Malas, M. – Dogan, S. – Evcil, E. – Desdicioglu, K. (2006): Fetal development of the hand, digits and digit ratio (2D:4D). *Early Human Development*, 82(7), 469–475.
- Molleson, Theya – Cruse, Karen – Mays, Simon (1998): Some Sexually Dimorphic Features of the Human Juvenile Skull and their Value in Sex Determination in Immature Skeletal Remains. *Journal of Archaeological Science*, 25, 719–728.
- Noguchi, Kimihiro – Wallace Hui, W. L. – Gel, Yulia R. – Gastwirth, Joseph L. – Miao, Weiwen (2009): *Lawstat: An R package for biostatistics, public policy, and law, version 2.3*. (online) <http://CRAN.R-project.org/package=lawstat>.
- Perini, T. A. – de Oliveira, Glauber Lameira – dos Santos Ornellas, Juliana – de Oliveira, Fátima Palha (2005): Technical error of measurements in anthropometry. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11(1), 86–90.
- Plate, Tony – Heiberger, Richard (2011): *Abind: Combine multi-dimensional arrays*. R package version 1.3-0. (online) <http://CRAN.R-project.org/package=abind>.
- Procházková, J. – Zlámalová, H. – Doležal, A. (1994): Growth and Ontogenetic Development in Man. In: Hajniš, K., ed., *Growth and Ontogenetic Development in Man*. Prague: Department of Anthropology, Charles University, 7–14.
- R Development Core Team (2011): *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (online) <http://www.R-project.org/>.
- Revelle, W. (2010): *Psych: Procedures for Personality and Psychological Research Northwestern University, Evanston*. Verze 1.0-93. (online) <http://personality-project.org/r/psych.manual.pdf>.
- Rohlf, James F. (2008): *tpsDig program, version: 2.12*. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook.
- Scheuer, Louise (2002): Brief Communication: A Blind Test of Mandibular Morphology for Sexing Mandibles. *American Journal of Physical Anthropology*, 119, 189–191.
- Schutkowski, Holger (1993): Sex Determination of Infant and Juvenile Skeletons: I. Morphognostic Features. *American Journal of Physical Anthropology*, 90, 199–205.
- Ulijaszek, Stanley J. – Kerr, Deborah A. (1999): Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *British Journal of Nutrition*, 82, 165–177.
- Urbanová, Petra (2009): *A Study of Human Craniofacial Variation by Using Geometric Morphometrics*. Doctor thesis. Brno: Masaryk University.
- Urbanová, Petra – Králík, Miroslav (2008): *COLIPR 1.0: Coordinates based*

- Legal Investigation PRogramme*. Brno: Department of Anthropology, Faculty of Science, Masaryk University. (online) <http://anthrop.sci.muni.cz/page.yhtml?id=477>.
- Viechtbauer, Wolfgang (2010): Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *Journal of Statistical Software*, 36(3), 1–48. Retrieved from: <http://www.jstatsoft.org/v36/i03/>.
- Wachsmann, Karel (1955): Vývoj a růst. In: Adam, Miroslav – Škaloud, Ferdinand – Wachsmann, Karel, *Učebnice ortodontie*. Praha, Státní zdravotnické nakladatelství, 11–20.
- Weaver, David S. (1980): Sex Differences in the Iliac of a Known Sex and Age Sample of Fetal and Infant Skeletons. *American Journal of Physical Anthropology*, 52, 191–195.
- Weaver, David S. (1986): Forensic Aspects of Fetal and Neonatal Skeletons. In: Reichs, Kathleen J., ed., *Forensic Osteology, Advances in the Identification of Human Remains*. Springfield: Charles C. Thomas, 90–100.
- Wilson, Laura A. – MacLeod, Norman – Humphrey, Louise T. (2008): Morphometric Criteria for Sexing Juvenile Human Skeletons Using the Ilium. *Journal of Forensic Sciences*, 53(2), 269–278.
- Zavando, Matamala Daniela Alejandra – Suazo, Galdames Iván Claudio – Smith, Ricardo Luis (2009): Sexual dimorphism determination from the lineal dimensions of skulls. *International Journal of Morphology*, 27(1), 133–137.

AUTOŘI

Dadejová, Vlasta (1985), fyzická antropoložka, absolventka Ústavu antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity a dok-

torská studentka tamtéž. Diplomová práce: *Pohlavní dimorfismus morfologie alveolárního oblouku nedospělých jedinců* (2010). Téma disertační práce: *Rozměry a prořezávání zubů v české populaci*. Kontakt: Ústav antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno
e-mail: <v.dadejova.ml@centrum.cz>

Králík, Miroslav (1973), antropolog; v současnosti působí jako docent Ústavu antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity. Zabývá se sexuálním dimorfismem u živého člověka a na kostře člověka, a dále analýzou lidských stop na archeologických nálezech. Kontakt: Ústav antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno
e-mail: <mirekkralik@seznam.cz>

Urbanová, Petra (1978), fyzická antropoložka, odborná asistentka Ústavu antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, vedoucí Oddělení biologické antropologie. Zabývá se aplikací kvantitativních metod analýzy obrazu a tvaru (zejména aplikací pokročilých geometrických metod) ve forenzní antropologii, neinvazivními restauračními postupy, 3D modelováním a virtuální antropologií. Kontakt: Ústav antropologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno
e-mail: <urbanova@sci.muni.cz>