

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Katedra antropologie a genetiky člověka

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Antropologie a genetiky člověka



Bc. Kateřina Pospíšilová

**Odhad věku puberty v bioarcheologii: aplikace v
populaci Velké Moravy (9.–11. století)**

*Pubertal age assessment in bio-archaeology: an application to a Grand
Moravian population (9.–11. centuries)*

Diplomová práce

Vedoucí závěrečné práce

prof. doc. RNDr. Jaroslav Brůžek, CSc.

Konzultant

Alizé Lacoste Jeanson, M.Sc.

Praha, 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 10. 8. 2017

.....

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce prof. doc. RNDr. Jaroslavu Brůžkovi, CSc. za odborné rady při vedení diplomové práce a dodání literárních podkladů. Konzultantce práce Alizé Lacoste Jeanson, M.Sc. za neocenitelnou podporu, trpělivost a odbornou pomoc při zpracovávání práce. Dále RNDr. Petru Velemínskému, Ph.D. za poskytnutí potřebného kosterního materiálu a panu Marku Jantačovi za zhotovení rentgenových snímků dolních čelistí v prostorách depozitáře Národního muzea. Dále Mgr. Aleně Černíkové, Ph.D. a Alizé Lacoste Jeanson, M.Sc. za pomoc se statistickou částí práce.

Abstrakt

Odhad nástupu a chronologie puberty minulých populací je novým přístupem v oblasti bioarcheologie. Poznatky o existenci vztahu mezi fyziologickými procesy (nástup menarche), vývojem kostry a mineralizací trvalých zubů potvrzují výsledky současných výzkumů. Puberta představuje klíčovou fází lidského životního cyklu s důležitými biologickými a společenskými konotacemi.

Tato diplomová práce se zaměřuje na načasování pubertálního vývoje v raně-středověké populaci Velké Moravy (9.–11. století). Mezi cíle práce patří odhad věku nástupu puberty a její chronologie ve vybraných lokalitách Velké Moravy, porovnání načasování puberty mezi dívkami z lokalit s různou socioekonomickou úrovní a porovnání pubertálního vývoje mezi dívkami a chlapci v jednotlivých lokalitách.

Pro výzkum bylo celkem použito 66 jedinců ve věku od 7 do 20 let pocházející ze dvou velkomoravských lokalit (Mikulčice a Rajhrad) s odlišnou socioekonomickou úrovní. Puberta byla hodnocena na základě maturace kostry a mineralizace trvalých zubů dolní čelisti.

Z výsledků diplomové práce vyplývá, že v populaci Velké Moravy nastupovala puberta (10–12 let) a menarche (13 let) v podobném věku jako dnes, ale období puberty bylo oproti dnešku prodlouženo až do 18.–20. roku života. Na základě výsledků nebyl potvrzen rozdíl v načasování pubertálního vývoje u dívek z lokalit s odlišnou socioekonomickou úrovní v rámci velkomoravské společnosti. V obou lokalitách bylo patrné odlišné načasování nástupu a průběhu puberty mezi raně středověkými dívkami a chlapci, které bylo v souladu s odlišným fyziologickým vývojem obou pohlaví.

Vzhledem k malému vzorku jedinců a nerovnoměrnému zastoupení jedinců ve všech věkových kategoriích nelze závěry této studie zobecňovat pro celou raně středověkou populaci Velké Moravy.

Klíčová slova:

puberta, menarche, raný středověk, Velká Morava, socioekonomický status, krční obratle, mineralizace trvalé dentice

Abstract

An estimation onset of puberty of past populations is a new approach in the field of bioarchaeology. Findings of the existence of a relationship between physiological processes (menarche onset), skeleton development, and mineralization of permanent teeth, confirm results of contemporary field research. Puberty, the focal point of this study, represents a key phase of the human life cycle with important biological and social connotations.

This study focuses on the timing of pubertal development in the early medieval population of Great Moravia (9th–11th century). Inter alia, the aim of the thesis is to estimate the age of the onset and progression of puberty in selected localities of Great Moravia, to compare the timing of puberty among girls from different socioeconomic levels, and to compare pubertal development among girls and boys in particular sites.

A total number of 66 individuals between the ages of 7 and 20 were chosen for the purpose of this research. The examined individuals originated from two Great Moravian sites (Mikulčice and Rajhrad) with distinct socioeconomic levels. Their puberty was evaluated on the basis of maturation of the skeleton and mineralization of the permanent mandibular dentition.

The thesis findings indicate that the onset of puberty (10–12 years) and menarche (13 years) in the examined population of Great Moravia began at an analogous age as today, but the puberty period was extended until 18–20 years of age. Based on the results, the difference in timing of pubertal development among girls from locations with distinct socioeconomic levels within the Great Moravian society was not confirmed. However, there was a distinct timing of the onset and progression of puberty among girls and boys at both sites, which is attributed to different physiological development of both sexes.

Due to a small sample size of individuals and the unequal representation of individuals in all age groups, the conclusions of this study can not be generalized for the whole early medieval population of Great Moravia.

Keywords:

Puberty, menarche, early Middle Ages, Great Moravia, socio-economic status, cervical vertebrae, mineralization of permanent dentition

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	RŮST A VÝVOJ V PRŮBĚHU DOSPÍVÁNÍ	11
3	BIOLOGICKÝ VĚK JEDINCE VE VZTAHU K PUBERTĚ	14
3.1	Mineralizace dentice	15
3.1.1	Proces mineralizace	16
3.1.2	Variabilita.....	19
3.2	Nástup menarche	20
3.2.1	Proces	21
3.2.2	Variabilita.....	22
4	ŽIVOTNÍ ETAPY A JEJICH VÝZNAM V BIOARCHEOLOGII	25
4.1	Životní etapy a jejich trvání a změny v evoluci člověka	25
5	ODHAD POHLAVÍ U NEDOSPĚLÝCH JEDINCŮ	28
6	CÍL PRÁCE	31
7	MATERIÁL	32
8	METODY	36
8.1	Odhad pohlaví u nedospělých jedinců	36
8.2	Vybrané metody pro odhad věku puberty podle kostry	38
8.2.1	Mineralizace špičáku dolní čelisti	38
8.2.2	Mineralizace třenových zubů dolní čelisti	39
8.2.3	Maturace krčních obratlů	41
8.2.4	Osifikace hřebene kosti kyčelní	42
8.3	Postup při získávání a zpracování dat	43

8.3.1	Sekundární pohlavní diagnóza.....	43
8.3.2	Postup při hodnocení vybraných ukazatelů puberty	45
9	VÝSLEDKY.....	47
9.1	Odhad pohlaví nedospělých jedinců.....	47
9.2	Zastoupení jedinců při hodnocení puberty	52
9.2.1	Výsledky hodnocení puberty na základě mineralizace trvalého špičáku u dívek z lokality Mikulčice a Rajhrad	55
9.2.2	Výsledky hodnocení puberty na základě maturace krčních obratlů u dívek z lokality Mikulčice a Rajhrad	58
9.2.3	Výsledky hodnocení nástupu menarche u dívek z lokality Mikulčice a Rajhrad na základě mineralizace třenových zubů	61
9.2.4	Výsledky hodnocení puberty na základě mineralizace trvalého špičáku u chlapců z lokality Mikulčice a Rajhrad	64
9.2.5	Výsledky hodnocení puberty na základě maturace krčních obratlů u chlapců z lokality Mikulčice a Rajhrad	66
9.2.6	Porovnání nástupu a průběhu puberty mezi dívkami z lokality Mikulčice a Rajhrad	68
9.2.7	Porovnání nástupu a průběhu puberty dívek a chlapců v rámci lokality Mikulčice	70
9.2.8	Porovnání nástupu a průběhu puberty dívek a chlapců v rámci lokality Rajhrad.....	71
9.2.9	Syntéza získaných výsledků	72
10	DISKUZE	73
10.1	Limity výzkumu a použitých metod	75
10.1.1	Metody spojené s hodnocením puberty	77
10.2	Použité metody z pohledu jiných autorů	78

11	ZÁVĚR	80
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	82
	SEZNAM OBRÁZKŮ	97
	SEZNAM TABULEK	98

1 ÚVOD

Bioarcheologie, ležící na pomezí biologických a společenských věd, se zaměřuje na rekonstrukci života minulých lidských populací na základě studia biologického materiálu nalezeného při archeologických vykopávkách (Knudson a Stojanowski, 2008). V posledních letech se ohniskem zájmu bioarcheologických studií stal odhad nástupu a průběhu puberty v minulých populacích (Legge, 2005; Shapland a Lewis, 2013; Lewis et al., 2016).

Vývoj během puberty představuje dynamický biologický proces s viditelnými změnami postavy, tělesného složení a rozvojem sekundárních pohlavních znaků, který vrcholí přechodem z prerreprodukčního období do reprodukční fáze lidského životního cyklu (Ellis, 2004). Načasování samotné puberty může ovlivňovat některé aspekty biologického i sociálního života (Bogin, 1999a). Významnou událostí v životě každé dospívající dívky je nástup menarche, která představuje začátek plodného období ženy, a je v mnoha společnostech spojována s přechodovými rituály (Turner, 1969; Phillips, 2003) a se změnou sociálního statusu (Munthali a Zulu, 2007). Ve středověku patřil k nejvýraznějším přechodovým rituálům vstup do manželského svazku (Lewis et al., 2016). Takovéto společenské změny spojené s nástupem menarche a uzavřením manželského svazku se mohly následně odrazit v odlišné hrobové výbavě premenstruujících dívek a reprodukceschopných žen.

Výzkum puberty může poskytnout informace o růstu a vývoji, zdravotním stavu, délce reprodukčního života, ale i každodenních událostech minulých populací (Lewis et al., 2016). Může nám tak pomoci nahlédnout do environmentálních a sociálních faktorů, které ovlivnily proces zrání v minulosti (Tanner, 1962; Bogin, 1999; Parent et al., 2003; Legge, 2005). Analýza lidských pozůstatků, mající potenciál pro dlouhodobé sledování interakce mezi životním prostředím a načasováním pubertálního vývoje, může být také cenným příspěvkem k současným diskuzím o sekulárním trendu nástupu puberty (Arthur et al., 2016).

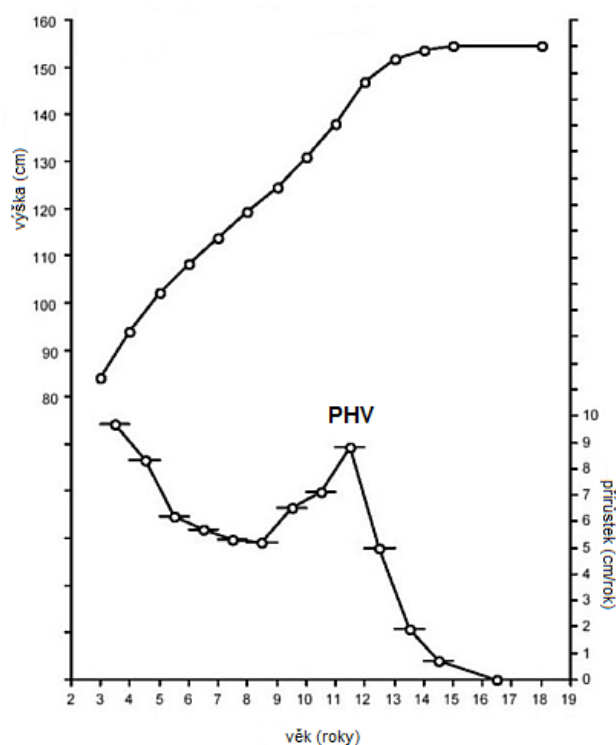
2 RŮST A VÝVOJ V PRŮBĚHU DOSPÍVÁNÍ

Postnatální období člověka je možné rozdělit na jednotlivá vývojová období (Tanner, 1962; Karlberg, 1989; Scheuer a Black, 2000; Cameron, 2002), která zahrnují: období novorozenecké, období dětství, dospívání a dospělost. Jednotlivá období jsou vymezena a charakterizována s ohledem na růst a vývoj jedince, které patří mezi základní atributy živé hmoty (Karel et al., 2014). Růst znamená zvětšování tělesných rozměrů celého organismu, jedná se o kvantitativní nárůst velikosti a hmotnosti, které jsou na buněčné úrovni výsledkem hypertrofie a hyperplázie (Thompson, 1942). Vývojem je chápáno vyzrávání buněk, orgánů a celého systému z hlediska morfologické a funkční diferenciaci. Jedná se o kvalitativní vyspívání organismu do stádia zralosti (Todd, 1937; Himes, 2011). Oba děje jsou vzájemně provázané a nelze je chápat odděleně.

Dospívání neboli puberta je dynamické období vývoje jedince spojené s rychlými změnami tělesných rozměrů, tvaru a složení těla v závislosti na pohlaví (Rogol et al., 2002; Cameron a Bogin, 2012) a tvoří důležitou hranici mezi dětstvím a dospělostí. Z fyziologického hlediska zahrnuje pubertální růstový spurt, vývoj sekundárních pohlavních znaků podmíněných sekrecí pohlavních hormonů (Ulijaszek et al., 1998) a dokončení celkového fyzického vývoje (Aksglaede et al., 2008). Začíná aktivací hormonální osy hypotalamus-hypofýza-gonády, která podmiňuje morfologické změny puberty (Ulijaszek et al., 1998), a končí změnou tělesného složení a dosažením reprodukční schopnosti jedince (Abbassi, 1998).

Období puberty lze z hlediska intenzity růstu rozdělit na určité fáze. Počátek puberty je charakterizován pubertální růstovou akcelerací, kdy se začíná uplatňovat přídatný růst vlivem sekrece pohlavních hormonů. Pohlavní hormony působí na proliferaci chondrocytů a diferenciaci kostní tkáně a urychlují tak lineární růst dlouhých kostí. Růstová akcelerace směřuje k vrcholu pubertálního růstu, neboli PHV (peak heigh velocity), odrážející nejvyšší přírůstky tělesné výšky v období dospívání. PHV je dosaženo přibližně 2 roky po začátku puberty (Hägg a Taranger, 1982). Po vrcholné fázi pubertálního růstu se růstová rychlost postupně snižuje a nastává tzv. decelerační fáze (Tanner, 1989). Tato fáze puberty je u dívek spojena s výskytem první

menstruace, která nastupuje přibližně 1-2 roky po PHV (Hägg a Taranger, 1982; Eveleth a Tanner, 1990). Na konci puberty dochází pod vlivem pubertálních hormonů ke kompletní fúzi epifýz dlouhých kostí, a tedy k ukončení růstu kostí do délky na základě vyčerpání proliferační aktivity růstové chrupavky (Abbassi, 1998; Bailey et al., 1999; Eastell, 2005). Pubertální růstový spurt, vyznačující se zrychlením růstu veškeré kostní tkáně, je pro lidský druh zcela specifický (Bogin, 1994; Bogin a Smith, 1996).



Obr. 1 Schéma znázorňující chronologii růstu dívky mezi 3. a 18. rokem. Horní křivka je růstovou křivkou odrážející výšku k věku. Spodní křivka je rychlostní křivkou odrážející roční přírůstek výšky (převzato a upraveno z Hauspie, 2002, obr. 1)

Načasování nástupu puberty je interindividuálně, intersexuálně i mezipopulačně variabilní (Tanner, 1962; Eveleth a Tanner, 1990; Ulijaszek et al., 1998; Cameron, 2002; Hauspie, 2002; Parent et al., 2003) a je ovlivněno řadou faktorů, mezi které patří faktory genetické, hormonální a environmentální (Rogol et al., 2002). Obecně platí, že období puberty trvá u všech zdravých jedinců obou pohlaví stejně dlouhou dobu (4–5 let) a puberta začíná u dívek v průměru o 2 roky dříve než u chlapců (Hauspie, 2002; Parent et al., 2003).

Prvotním projevem nástupu puberty u dívek je zrychlení růstu a vývoj prsů (Parent et al., 2003). Tyto projevy však nelze z kosterních pozůstatků zpětně vypořádat, proto je při studiu puberty pozornost zaměřena na změny morfologie kostí pod vlivem působení hormonů tohoto období. Změny tělesných rozměrů a vývoj kostí i celého organismu se intersexuálně a interindividuálně liší, proto mohou jedinci stejného chronologického věku vykazovat odlišné tělesné parametry. Z toho důvodu je v moderní klinické praxi upřednostňován odhad biologického věku jedince, který je zpravidla odlišný od věku chronologického a reprezentuje aktuální biologický stavu organismu (Tanner, 1962; Moorrees et al., 1963; Demirjian et al., 1973; Cameron, 2004).

3 BIOLOGICKÝ VĚK JEDINCE VE VZTAHU K PUBERTĚ

Biologický neboli fyziologický věk závisí na aktuálním stavu organismu a je založen na principu vývoje různých tkáňových systémů (Demirjian et al., 1973). K pochopení rozdílů mezi jednotlivci a identifikaci biologických procesů během puberty bývá v klinické praxi používán právě biologický věk jedince, který je možný, na rozdíl od věku chronologického, získat také z kosterních pozůstatků (Cameron, 2004).

Stupeň vývoje kostry je odrazem biologického vývoje jedince (Uysal et al., 2004) a právě kostní věk bývá v klinické praxi nejčastěji stanoven na základě hodnocení rentgenových snímků kostí levé ruky a distálního předloktí s využitím metody TW3 (Tanner et al., 2001). Technika pro posuzování maturace kostí sestává z vizuálního hodnocení původní podoby kosti a následných změn jejího tvaru a velikosti vlivem osifikace. Na stejném principu je založena metoda odhadu věku pomocí osifikace krčních obratlů. Bylo zjištěno, že vývoj a osifikace krčních obratlů koreluje s osifikací kostí ruky a distálního zápěstí, proto může být použita jako spolehlivý ukazatel maturace skeletu (Hassel a Farman, 1995; Baccetti et al., 2002; Román et al., 2002; Flores-Mir et al., 2006; Gandini et al., 2006; Kamal a Goyal, 2006; Başaran et al., 2007; Lai et al., 2008; Valizadeh et al., 2012; Prasad et al., 2013; Goyal et al., 2014). Výhodou této metody odhadu věku je eliminace dodatečného rentgenového snímku, protože obratle jsou zřetelné na bočních kefalogramech a ortopantogramech, které jsou pořizovány při běžných zubních prohlídkách.

Novější výzkumy se zaměřují na propojení maturace krčních obratlů s nástupem a průběhem puberty minulých populací (Shapland a Lewis, 2014). Hodnotí se změny velikosti a tvaru těl krčních obratlů vlivem osifikace a růstu jedince, které umožňují určit stádia kostní maturace (Kamal a Goyal, 2006). Obratle se rozšiřují vertikálně i horizontálně a jejich vydutý tvar se s vývojem jedince zvýrazňuje (Mourelle et al., 2008). Růst obratlů probíhá z chrupavčité vrstvy sekundárních osifikačních center, která se na těle obratlů vyskytují jako prstencové kroužky pokrývající obvod horního a spodního povrchu těla obratle (Knutsson, 1961). Objevují se na začátku puberty (12–16 let) a zanikají na konci puberty (18 let), nejdéle do 24 let (Scheuer a Black, 2000). Nejlépe hodnotitelným ukazatelem je prohlubování konkavity na spodní straně

těla obratle se zvyšujícím se věkem (San Román et al., 2002). Pro aplikaci metody na archeologickou populaci bez nutnosti rentgenových snímků byla tato metoda upravena a poprvé aplikována Shapland a Lewis v roce 2014.

Nejspolehlivějším fyziologickým ukazatelem odhadu věku u nedospělých jedinců je zubní věk (Nelson a Ash, 2010), který je nejčastěji hodnocen na základě mineralizace dentice, která jen nepatrně podléhá vlivům výživy a životního prostředí (Hillson, 1996) a není zpravidla ovlivněna hormonálními změnami puberty (Demirjian et al., 1985a). Výjimku tvoří špičák dolní čelisti, jehož mineralizace je přímo ovlivněna hormony působícími během puberty. Studie (Chertkow, 1980; Coutinho et al., 1993; Khan a Ijaz, 2011; Shapland a Lewis, 2013; Shapland a Lewis, 2014; Lewis et al., 2016) a další potvrdili, že existuje úzký vztah mezi mineralizací kořene špičáku dolní čelisti a začátkem a akcelerační fází pubertálního růstového spurtu.

V posledních letech se zájem o výzkum puberty na základě mineralizace zubů dostal do ohniska výzkumného zájmu. Kromě mineralizace kořene trvalého špičáku dolní čelisti, byla zjištěna korelace mezi nástupem první menstruace u dívek a mineralizací třenových zubů dolní čelisti stálé dentice (Lacoste Jeanson et al., 2016).

3.1 Mineralizace dentice

Zuby tvoří resistantní část archeologických a fosilních pozůstatků (Hillson, 1996). Jsou odolné vůči destruktivním účinkům dlouhodobého pobytu v zemi (Demirjian et al., 1973; Ogodescu et al., 2011b; Karaday et al., 2014), mají značnou biologickou stabilitu a jsou, na rozdíl od maturace kostry a jiných vývojových systémů, izolovány od extrémních nutričních podmínek (Garn et al., 1965; Demirjian et al., 1985; Elamin a Liversidge, 2013; Alqahtani et al., 2014). Zubní věk jedince může být odhadován na základě mineralizace či prořezávání jednotlivých zubů do ústní dutiny. Při odhadu zubního věku je upřednostňováno hodnocení mineralizace zubů, které je geneticky determinováno hypofýzou (Carels et al., 1997), proto jen minimálně podléhá vnějším vlivům a je spolehlivým měřítkem fyziologické zralosti jedince (Nolla, 1960; Moorrees et al., 1963; Peiris et al., 2009; Ogodescu et al., 2011a; Kumar et al., 2014).

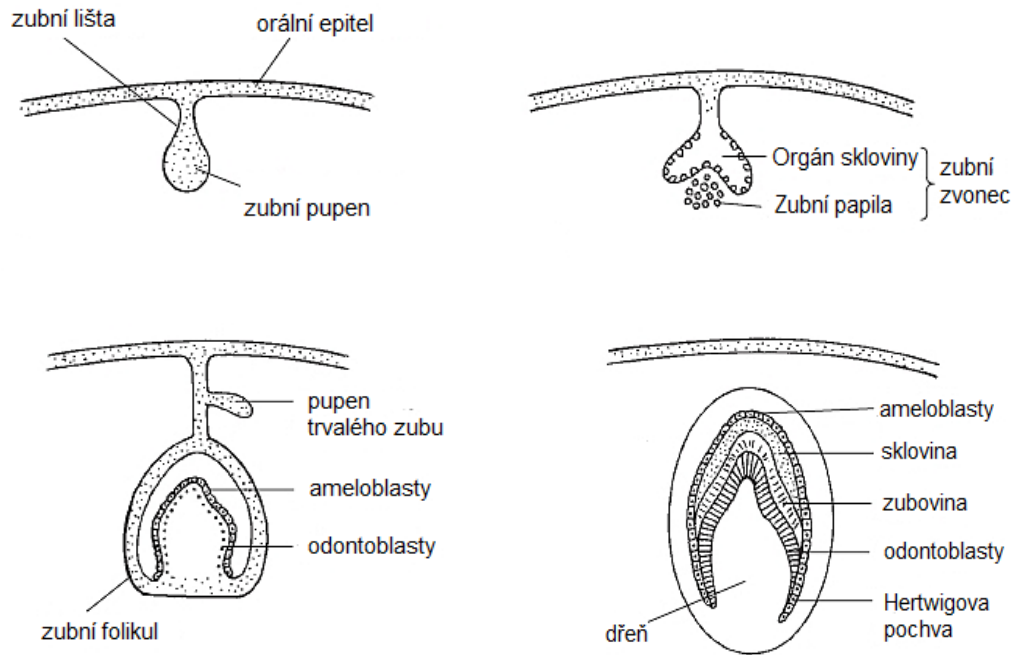
3.1.1 Proces mineralizace

Dentice člověka je heterodontní (Malínský et al., 2005), morfologicky se rozlišují čtyři typy zubů – řezáky (*dentes incisivi*), špičáky (*dentes canini*), zuby třenové (*dentes praemolares*) a stoličky (*dentes molares*), a difyodontní, to znamená, že člověk má dvě generace zubů – dočasnou a stálou dentici. Každý zub (*dens*) se skládá ze zuboviny (*dentinum*), skloviny (*enamelum*), cementu (*cementum*) a zubní dřeně (*pulpa dentis*) a je vklíněn do zubního lůžka čelisti (Čihák, 2002; McKee et al., 2006; Boskey, 2007).

Vývoj zubů představuje kontinuální proces s jasně danou posloupností (Obr. 2). Zubní základy tvoří ektodermální epitel a mezenchymová složka. V 6. týdnu embryonálního vývoje se prorůstáním ektodermálního epitelu do mezenchymu utváří horní a dolní zubní lišta (Vacek, 2006), které svým tvarem a délkou odpovídají délce horní a dolní čelisti (Sadler, 2010). Každá lišta se postupně diferencuje na deset zubních pupenů, které tvoří základy 20 dočasných zubů (Horký a Nováková, 2005; Čihák, 2002). Zubní pupeny se nejprve vytvářejí v přední části dolní čelisti, poté v přední části horní čelisti a nakonec v laterálních částech obou čelistí. Zanořováním ektodermálního epitelu do mezenchymu se vytvářejí z pupenů směrem do ústní dutiny zubní pohárky, jejichž stěna se rozděluje na zevní sklovinný epitel a vnitřní sklovinný epitel. Mezi epitely se nachází řídká síťovitá tkáň, tzv. hvězdicové retikulum. Celá tato struktura se nazývá sklovinný orgán (Sadler, 2010) a později se přímo účastní tvorby skloviny. Do zubního pohárku se vchlipuje mezenchym jako zubní papila, do které ve stádiu zvonce vrůstají cévy a nervy a mezenchymové buňky papily se začínají směrem k orgánu skloviny diferencovat v odontoblasty a produkovat dentin. Buňky jednovrstevného epitelu na povrchu pohárku se směrem k papile diferencují v ameloblasty a začínají produkovat sklovinu budoucího zubu (Vacek, 2006).

Dentin i sklovina se nejprve hromadí u hrotu zubu a pak pozvolna postupují ke krčku zubu. Poté dochází k tvorbě kořene, do kterého se postupně rozšiřuje dentin. Narůstáním dentinu se zmenšuje papila, což dává vznik typickému tvaru zubní dutiny a vzniká kořenový kanálek (Čihák, 2002). Během tvorby skloviny a dentinu uzavírá okolní mezenchym celý budoucí zub do tzv. zubního folikulu (váčku). V okolí dentinu zubních kořenů se mezenchymové buňky diferencují v cementoblasty a produkují

zubní cement (Horký a Nováková, 2005). Diferenciace zubního kořene nastává spojením buněk obou vrstev sklovinného epitelu, které vytvoří kolem papily epitelovou Hertwigovu pochvu. Následný růst kořene do délky zapříčiňuje posun zubu z dásně směrem k okluzní rovině.

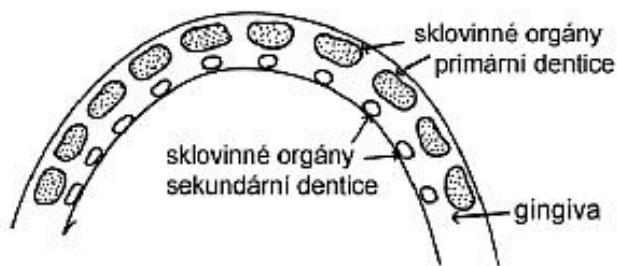


Obr. 2 Stádia zubního vývoje (převzato a upraveno z Scheuer a Black, 2000, obr. 5.11, str. 168)

Dočasná dentice se začíná tvořit prenatálně v 6. týdnu života a její vývoj trvá cca do 3 let věku dítěte. Ve věku cca 6 let začínají dočasné zuby nahrazovat zuby stálé dentice a až cca do 12 let mluvíme o období dentice smíšené, kdy se v ústech vyskytují současně obě generace zubů (Nelson a Ash, 2010). Toto období je zahájeno erupcí prvních stálých stoliček dolní čelisti a končí ztrátou posledních zubů dočasné dentice cca ve věku 11–12 let. Zubní pupeny stálé dentice vznikají již v prenatálním období (Obr. 3), ale jejich vývoj a mineralizace je zcela postnatálním dějem, a začíná okolo 6. roku postnatálního života (Sadler, 2010). Výjimku tvoří první stolička, která se vyvíjí ještě před narozením. Zuby stálé neboli trvalé dentice se vyvíjí stejným způsobem jako dočasné zuby pouze s tím rozdílem, že vznikají ze sekundární zubní lišty, která je derivátem lišty primární (Horký a Nováková, 2005). Trvalé stoličky, které nemají

v dočasném chrupu předchůdce, se zakládají z konců primární zubní lišty (Horký a Nováková, 2005).

Nejprve je vytvořen dentin a sklovina, poté se začíná formovat korunka, poté kořen, který roste a nejčastěji při $\frac{3}{4}$ svého vývoje začíná zub vytlačovat do ústní dutiny (Nolla, 1960; Garn et al., 1965b; Nelson a Ash, 2010; Liversidge, 2015). Korunky stálých zubů se začínají formovat v době prořezávání zubů dočasných a od 2. let života postupně mineralizují (Horký a Nováková, 2005). Korunky zubů stálé dentice jsou zpravidla mineralizovány kolem 6. roku života (mimo třetí stoličky), kdy se začínají prořezávat do dutiny ústní. Dokončení růstu kořene a uzavření jeho apikálního konce je u trvalých zubů značně variabilní a nastává až po prořezání zubu do ústní dutiny (Demirjian et al, 1976; Maber et al., 2006; Peiris et al., 2009). Kořen první stoličky a všech řezáků je dotvořen v období mezi 9–12. rokem a u ostatních zubů cca kolem 12 let (Moorrees et al., 1963; Hillson, 1996). Odlišný průběh je u třetích stoliček, které svůj vývoj začínají po dokončení vývoje korunek všech ostatních zubů. Při exfoliaci, neboli nahrazení, tlačí zuby stálé dentice na kořeny dočasných zubů, které se za účasti odontoklastů postupně resorbují (Scheuer a Black, 2000).



Obr. 3 Zubní základny dočasné a stálé dentice
(převzato z Nedorost et al., 2009, obr. 20. str. 25)

Mineralizace zubů trvalé dentice, která začíná již prenatálně a pokračuje s přibývajícím počtem zubů až do konce puberty, představuje komplexní chronologii vývoje a umožňuje větší rozsah pro odhad věku (Shackelford et al., 2012). Stupeň mineralizace zubu lze dobře pozorovat na rentgenových snímcích (Rai, 2008; Ogodescu et al., 2011a; Liversidge, 2015), které umožňují hodnotit formaci korunky, vývoj kořene, ale i polohu vyvíjejícího se zubu vzhledem k okluzní rovině (Liversidge, 2003).

Mezi nepoužívanější metody odhadu zubního věku patří metoda Moorrees et al. (1963), která je zaměřena na odhad zubního věku u minulých populací a metoda Demirjian et al. (1973), která se používá v zubním lékařství. Obě tyto metody jsou založené na vizuálním hodnocení mineralizace zubů pomocí rentgenových snímků neboli ortopantomogramů. Hodnotí se zuby levého dolního kvadrantu a platí, že dva protilehlé zuby stejného typu jedné čelisti dosahují shodného stupně mineralizace (Nolla, 1960; Anderson et al., 1976). Fáze vývoje zubu jsou posuzovány za pomoci atlasu obsahujícího slovní popis a grafické znázornění všech vývojových stádií zubů. Tyto atlasy obsahují také věková rozmezí jednotlivých stupňů mineralizace zvláště pro dívky a chlapce. Tyto metody jsou vytvořeny na referenčním souboru dětí známého chronologického věku a jsou specifické pro populaci, na které byly vytvořeny. Jejich aplikace v jiných populacích může být zavádějící, a proto by měly existovat specifické normy zubního vývoje pro každý region (Demirjian et al., 1973; Karaday et al., 2014; Jurca et al., 2014).

3.1.2 Variabilita

Vývoj zubů je podmíněn především geneticky, byla zjištěna výrazná podobnost načasování vývoje zubů mezi sourozenci, která byla ještě zřetelnější mezi jednovaječnými dvojčaty (Garn et al., 1965). Nejvyšší korelace byly pozorovány u sester, nižší mezi bratry a nejnižší mezi bratrem a sestrou. Nejpravděpodobnějším vysvětlením je X-vázaná dědičnost, jelikož X chromozom je s největší pravděpodobností zapojen do načasování vývoje zubů a párové X chromozomy zajišťují pouze malou intrasexuální variabilitu u dívek. Dívky jsou obecně ve vývoji a růstu před chlapci, ať už v osifikaci sekundárních center, maturaci dlouhých kostí, rozvoji sekundárních pohlavních znaků či mineralizaci dentice (Garn et al., 1958; Moorrees et al., 1963; Liversidge, 2003). Rozdíly v mineralizaci dentice mezi pohlavími se pohybují pouze okolo 3 % (v případě kostní maturace až o 10–25 %), ale i přes tento malý rozdíl je vhodné používat samostatné věkové kategorie mineralizace zubů pro každé pohlaví (Garn et al., 1958).

Vývoj zubů je do jisté míry ovlivňován také dalšími faktory, mezi které patří etnická příslušnost, zdravotní stav jedince, kvalita stravy, hygiena a klimatické

podmínky (Flores-Mir et al., 2005). Mezipopulační variabilita mineralizace zubů je pravděpodobně způsobena odlišným vývojem populací a rozdílným působením genů v raném dětství, které jsou zodpovědné za odlišné načasování vývoje dentice (Fanning a Moorrees, 1969; Eveleth a Tanner, 1990). Podle Liversidge (2003) jsou populační rozdíly v tvorbě a erupci zubů nejmenší v raném dětství, výraznější během období smíšeného chrupu a nejzřetelnější během tvorby kořenů trvalých zubů. Dodává však, že se jedná o rozdíly menší než 1SD. Vývoj zubů se liší také mezi jedinci odlišného etnického původu (Jayaraman, 2014). Odchytky mineralizace zubů se mezi chlapci a dívkami, ale také mezi populacemi a etniky zvyšuje s věkem a především s nástupem puberty (Demirjian a Levesque, 1980; Chaillet et al., 2005).

Otázkou úlohy sekulárního trendu ve vývoji dentice se zabývalo mnoho autorů. Výsledky některých studií hovoří o pozitivním sekulárním trendu vývoje dentice (Nadler, 1998; Jayaraman, 2014; Vucic et al., 2014). Sasso et al. (2013), se zabírali sekulárním trendem zubního vývoje v Chorvatsku a na Istrii, a zjistili, že během posledních 30 let došlo k urychlení vývoje zubů v průměru o 0,72 let u jedinců obou pohlaví, výrazněji u dívek. Rozdílné výsledky přinesly studie Liversidge (2015) a Kaygisiz et al. (2016), podle nichž sekulární trend ve vývoji dentice neexistuje a vývoj dentice dnešních lidí se shoduje s vývojem zubů minulých populací.

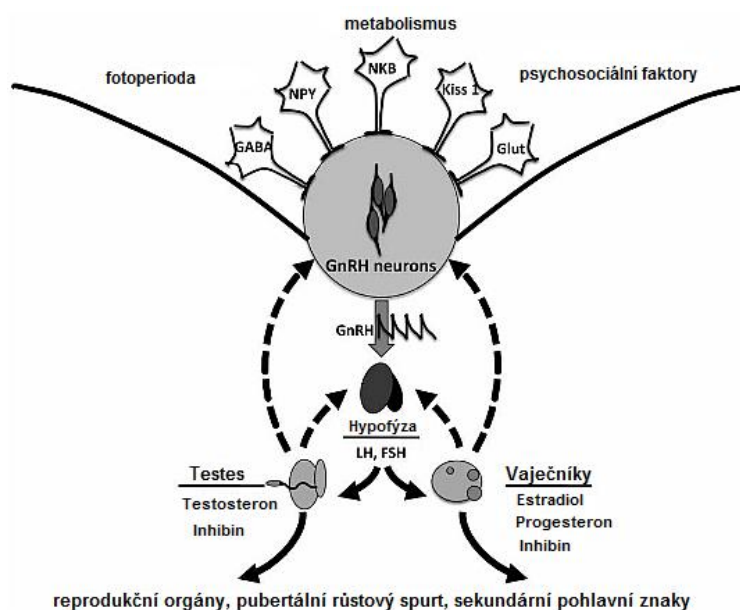
3.2 Nástup menarche

Puberta je vývojový proces, který vrcholí reprodukční schopností jedince a je výsledkem složité řady molekulárních a fyziologických událostí (DiVall a Radovick, 2008). Pubertální vývoj je u dívek spojen s rozvojem sekundárních pohlavních znaků, kdy pod vlivem estrogenu dochází k růstu prsů, axilárního a pubického ochlupení, nárůstu podkožního tuku a jeho specifického rozložení a remodelaci pánve (Marshall a Tanner, 1969). Vyžívají také pohlavní orgány – děloha, vejcovody a pochva. Pod vlivem vývoje dělohy a zvýšené produkce estrogenu dochází k nástupu první menstruace, která je známkou zralosti reprodukčního systému ženy.

3.2.1 Proces

Menarche neboli první menstruace (Tanner, 1962) představuje počátek reprodukční schopnosti ženy a je tak důležitým životním mezníkem v jejím životě (Karapanou a Papadimitriou, 2010). Menarche je poměrně pozdní událostí ženské puberty, nastupuje obvykle 1–2 roky po PHV (Tanner, 1962; Hägg a Taranger, 1982; Coleman a Coleman, 2002), a je závislá na interakci genetických a environmentálních faktorů (Moisan et al., 1990).

Reprodukce je u savců řízena hormonálně, skupinou tří navzájem propojených částí (Obr. 4): hypothalamem v mezimozku, hypofýzou ve spodní části mozku a gonádami (Karlberg, 1989). Ústřední úlohu hrají v pubertě, kdy se ze specializovaných neuronů hypothalamu začíná pulzativně uvolňovat gonadotropní hormon (GRnH) působící na hypofýzu, která začne uvolňovat dva gonadotropní hormony – luteinizační hormon (LH) a folikulostimulační hormon (FSH). LH a FSH putují do pohlavních žláz, kde stimulují produkci gamet a sekreci hormonů (DiVall a Radovick, 2008; Ellison a Reiches, 2012). Ženské vaječníky následně produkují dva steroidní hormony – estradiol (hlavní estrogen člověka) a progesteron (patří mezi gestageny), a inhibin, které slouží k harmonizaci procesu zrání pohlavních buněk a menstruačního krvácení u dívek (Ellison a Reiches, 2012) a jsou zodpovědné za dramatické fyziologické změny puberty.



Obr. 4 Mechanismus osy hypothalamus-hypofýza-gonády působící v období puberty u obou pohlaví (převzato a upraveno z Ellison et al., 2012, obr. 1, str. 3)

3.2.2 Variabilita

Menarche, stejně jako puberta, nenastává u všech dívek ve stejném věku. Na její nástup mohou mít vliv genetické a environmentální faktory, etnický původ a výživa (Parent et al., 2003). Variabilita nástupu menarche se zpravidla pohybuje mezi 4 a 5 lety (Tanner, 1962). Věk nástupu je z více jak 60% ovlivněn genetickými faktory (Kaprio et al., 1995), dokládají to studie provedené na retrospektivním zjišťování věku menarche u dvojčat (Golden, 1981; van den Akker et al., 1987; Treloar a Martin, 1990; Van Den Berg a Boomsma, 2007) a matek, dcer a sester v rámci jedné rodiny (Malina et al., 1994). Její nástup se liší také mezi dívkami různého etnického původu a dívkami obývajícími různé kouty světa. K dřívějšímu nástupu menarche dochází v ekonomicky vyspělejších zemích, kde mají ženy naději na delší délku života (Thomas et al., 2001) a přijímají dostatečnou a kvalitní výživu (Frisch, 1985).

Výživa v raném vývoji a dětství má zásadní vliv na načasování puberty. Pokud je organismus blížící se pohlavní dospělosti vystaven nevhodným vnějším podmínkám pro potenciální těhotenství, které zahrnuje vysoké energetické výdaje, posouvá se reprodukční schopnost jedince do pozdějšího věku (Gluckman a Hanson, 2006a; Gluckman a Hanson, 2006b). Špatná strava nebo podvýživa zpožďuje nástup menarche, a to bez ohledu na původ dívky či prostředí, ve kterém žije (Karapanou a Papadimitriou, 2010; Belachew et al., 2011; Boynton-Jarrett a Harville, 2012). Z vnitřních faktorů mohou nástup menarche ovlivnit akutní a chronické nemoci či akumulované těžkosti v dětství jako je chudoba, zanedbávání či smrt jednoho z rodičů (Karapanou a Papadimitriou, 2010; Boynton-Jarrett a Harville, 2012). Platí, že čím více těžkostí, tím pozdější nástup první menstruace. Na věk nástupu menarche má vliv také životní úroveň jedince a podmínky, ve kterých jedinec vyrůstá. Obecně platí, že vyšší socioekonomické postavení a lepší rodičovská péče jsou spojeny s jejím dřívějším nástupem, zatímco chudoba, nízká úroveň gramotnosti a bydlení v chudinských čtvrtích ji posouvají do pozdějšího věku (Thomas et al., 2001; Boynton-Jarrett a Harville, 2012).

Podle obecně přijímané teorie souvisí nástup menarche s vývojem kostry (Simmons a Greulich, 1943; Tanner, 1962; Marshall a de Limongi, 1976; Loesch et al., 1995), proto je kosterní věk považován jako přesný ukazatel věku menarche. Nástup je podmíněn dosažením určité zlomové fáze zrání skeletu (Billewicz et al., 1976; Ellison, 1982; Loesch et al., 1995), která slouží jako prostředek pro vyrovnání se s mechanickými požadavky reprodukce. Úplné plodnosti, charakterizované schopností donosit dítě a přežít porod, je však dosaženo až několik let po nástupu menarche, v souvislosti s dokončením růstu a remodelace pánve (Bogin, 1999a). Nástup menarche také souvisí s dosažením určité hmotnosti s dostatečným podílem tuku (Frisch a Revelle, 1970; Frisch a Revelle, 1971; Frisch a McArthur, 1974). Pro zahájení menarche se uvádí minimální podíl tuku cca 17 % celkové tělesné hmotnosti (Frisch a McArthur, 1974) a pro udržení menstruačního cyklu je potřeba cca 22 % tuku (Baker, 1985).

V paleolitu a neolitu byl nástup menarche ve věku 7–13 let a ženy byly reprodukčně vyzrálé mezi 9–14 rokem života (Gluckman a Hanson, 2006a). S příchodem zemědělství čelila společnost nemocem a nedostatkem výživy (Diamond, 2002), proto byl průměrný věk nástupu menarche zpožděn. Zemědělské komunity se nedokázaly vyrovnat s problémy spojenými s neúrodou, která se v tomto období hojně vyskytovala. Navíc velká koncentrace lidí vedla ke zvýšenému riziku vzniku a šíření infekcí. Souviselo to také se rostoucí komplexností společnosti, zvyšující se hustotou obyvatelstva, specializací práce a vznikem společenské hierarchie. Trend odsunu nástupu menarche do pozdějšího věku byl patrný také ve středověku a ještě výrazněji se projevil příchodem průmyslové revoluce v 18. století (Gluckman a Hanson, 2006a).

V posledních 150 letech došlo k výraznému snížení věku nástupu menarche (Eveleth a Tanner, 1990; Cole, 2000; Karlberg, 2002; Parent et al., 2003; McDowell et al., 2007; Karapanou a Papadimitriou, 2010). Pokles věku nástupu puberty a s ní související pokles nástupu menarche je patrný především v evropských zemích a souvisí s celkovým zlepšením zdravotní péče, výživy, hygieny a podmínek vnějšího prostředí (de Muinich Keizer a Mul, 2001; Freedman et al., 2002; Ellis, 2004). Odhaduje se, že během 100 let se věk menarche snížil až o 3 roky (Frisch a Revelle, 1971; Tanner, 1989; Mocanu et al., 2001; Parent et al., 2003). Zdá se, že se v poslední době tento

klesající trend postupně zastavuje a začíná se stabilizovat v důsledku zvyšující se stability socio-ekonomických podmínek, kvalitní výživy a dostatečné péči o děti (Frisch a Revelle, 1971; Coleman a Coleman, 2002; Parent et al., 2003).

Dnes začíná puberta u dívek v České republice v průměru v 11 letech, s fyziologickou variabilitou 11 ± 2 roky. Završením fyziologické puberty je nástup menarche, která nastupuje v průměru 2 až 2,5 roku po začátku puberty. Střední věk menarche je v České republice 13 let (Krásničanová a Veselá, 2006), vyplývá tak z celonárodních antropologických studií z let 1991 a 2001. Za normální variabilitu kalendářního věku menarche je považován interval 11–15 let. Věk menarche vysoce koreluje s tzv. kostním věkem (Loesch et al., 1995), který má oproti chronologickému věku velmi úzké rozmezí pro nástup menarche, a to 12,5–13,5 let.

4 ŽIVOTNÍ ETAPY A JEJICH VÝZNAM V BIOARCHEOLOGII

Každý organismus má svou tzv. životní historii (life history), která zahrnuje míru plodnosti a úmrtnosti související s věkem, ale i celou řadu behaviorálních, fyziologických a morfologických změn, kterými organismus prochází od svého počátku do smrti (Bogin, 1994). Pojem stádium se používá pro označení určitých po sobě jdoucích funkčních, morfologických a fyziologických změn v ontogenezi. Tato stádia nemusí u všech jedinců nastat v pevně daných věkových kategoriích, nebo mohou být vynechána z důvodu alternativních vývojových drah organismu. Vstup do těchto stádií může být ovlivněn citlivostí organismu na okolní životní prostředí.

4.1 Životní etapy a jejich trvání a změny v evoluci člověka

Každá ontogenetická etapa je ohraničena chronologickým věkem a má alespoň dvě hlavní funkce: změnu vývoje a koordinaci načasování fenotypových změn podle vzorů lidské historie (Del Giudice et al., 2009). Období dětství a dospívání (puberta) jsou vývojové etapy specificky lidské, stejně tak jako nelineární rychlost růstu a zrychlování růstu před dosažením dospělosti (Bogin, 1994; Mace, 2000). Fossilní nálezy naznačují, že se dětství vyvinulo u *Homo habilis*, cca 2,5 milionu let před dneškem, a předcházelo vývoji pubertálního růstového spurtu, který se poprvé objevil u pozdního *Homo erectus* asi 1,5 milionu let před dneškem (Bogin a Smith, 1996; DeHeinzelin et al., 1999). Z teoretického hlediska by mohly být nové etapy dětství a dospívání chápány jako adaptace na zajištění potravy a rozmnožování (Bonner, 1965). Lidé patří k nejúspěšnějším reprodukceschopným savcům, kteří bez pomoci moderní medicíny dokážou dovést až 50% svých potomků do dospělosti (Lancaster a Lancaster, 1983). Mají také vyšší potenciál pro větší množství potomků než kterýkoliv jiný primát, na druhou stranu jsou omezeni dobou, kdy se starají o své potomky (Bogin a Smith, 1996). Pohlavní výběr a asymetrická rodičovská investice do potomků úzce souvisí s utvářením životní historie lidské společnosti (Höglund a Sheldon, 1998).

Strategie historie života je v zásadě založena na dosažení maximálního reprodukčního úspěchu. Načasování puberty a s ní spojené události jsou odrazem vývoje životní strategie *Homo sapiens* (Gluckman a Hanson, 2006a) a může být lépe

pochopeno s odkazem na evoluční principy. Dosažení reprodukční způsobilosti má zásadní význam pro životní historii všech pohlavně se rozmnožujících organismů. U savců je této způsobilosti dosaženo v pubertě. Přirozený výběr funguje na principu upřednostňování jedinců, kteří optimalizují svou schopnost předat své geny do další generace (Bogin, 1994). Reprodukční fitness se zvýší, pokud existuje adaptivní shoda mezi znaky životní historie organismu a životního prostředí, ve kterém se organismus vyvíjel. Strategie životní historie *Homo sapiens* se vyvinula na základě omezení dané dvěma odlišnými charakteristikami (Bogin a Smith, 1996): vzpřímeným držením těla, které vedlo ke změně tvaru a úhlu postavení pánve, a zvětšením velikosti mozku v dospělosti, díky kterému se stal *Homo sapiens*, na rozdíl od jiných primátů, sekundárně altriciálním. Novorozenci se tedy rodí relativně nevyzrálí a vývoj jejich centrálního nervového systému probíhá hlavně v postnatálních fázích života. Délka těhotenství je u velkých primátů (šimpanz, gorila) a člověka podobná, avšak lidský plod vykazuje oproti jiným primátům rozdílné investice energie do neurologických struktur na úkor jiných somatických tkání během posledního trimestru (Smith, 1993). Kdy přesně došlo k altriciálnímu prenatalnímu vývoji a zpomalení postnatálního vývoje není zcela jasné.

V období před 4–6 miliony let byla životní historie homininů podobná životní historii dnešních primátů (Bogin a Smith, 1996). Během evoluční historie homininů (4–7 milion let *Australopitéci*, 5–4 milion let *Homo erectus*) a člověka (100–500 tisíc let) působily environmentální a kulturní tlaky, které ovlivnily fyzické a biologické vlastnosti jako je velikost skeletu, dentice, tělesná stavba, výška, délka končetin a encefalizace mozku (Crews a Gerber, 2003). Spolu s těmito somatickými změnami vznikly nové vzory růstu, vývoje, zrání, reprodukční fyziologie a investice do potomků (Smith, 1991; Charnov, 1993; Smith, 1993; Bogin a Smith, 1996; Bogin, 1999b; Thompson a Nelson, 2000). Dřívější formy homininů dosáhli v porovnání s *Homo sapiens* reprodukční schopnosti v mladším věku, měli více potomků, investovali méně času do péče o potomky a měli kratší délku života (Austad, 1997; Thompson a Nelson, 2000; Dean et al., 2001). Ke zpomalení raných vývojových fází došlo cca před 300–500 tisíci lety. Prodloužením prereprodukčních fází životní historie vyžadovalo prodloužení všech pozdějších fází, což mělo za následek prodloužení maximální délky života (Crews

a Gerber, 2003). Jedním z možných vysvětlení je, že investice do velkého mozku se vyplatila pouze v dlouhodobém měřítku (Smith, 1990).

Změny ve vývojových procesech ve fetálním období, umožnily pomalejší růst a delší časové období mezi narozením a dospělostí, a poskytly rychlý neurologický vývoj v děloze a prvních letech života. Prodloužily dobu pro dosažení určitých milníků životní historie až o dvojnásobek (jako je věk první menstruace, dosažení dospělé velikosti těla, atd.). V období mezi *Homo erectus* a *Homo sapiens* došlo ke vzniku postreprodukčního období (stáří) v souvislosti se změnou délky života pod vlivem kulturních mechanismů, které vytvořily prostředí s nižšími riziky úmrtnosti. Ženy v tradičních i průmyslových společnostech se dožívají tzv. postreprodukční fáze života (Bogin a Smith, 1996). Jedná se o náhlé či postupné zastavení menstruačního cyklu po vyčerpání oocytů a ztrátě funkce vaječníků, které je označováno jako menopauza. Znamená to, že je rozmnožovací systém v poměrně velkém předstihu před ostatními systémy těla náhle vypnut, zatímco žena může ještě celá desetiletí normálně žít. U ostatních primátů se stejně jako u lidí reprodukční schopnost s věkem snižuje, ale ještě před nebo těsně po vyčerpání všech oocytů samice umírá (Pavelka a Fedigan, 1991). Menopauza je unikátní událostí lidského druhu a nastává napříč všemi populacemi v 50 letech života. Lze tedy předpokládat, že přežití menopauzy může sloužit jako důležitá biologická a hlavně sociokulturní fáze životní historie v životě žen a může naplňovat funkci tzv. babičkovství.

V dnešní době je mechanismus životní historie nastaven na základě socioekonomických podmínek spojených s přemírou jídla, ale také hladomorem, bohatstvím, chudobou a těžkou fyzickou prací, spíše než na základě přizpůsobení se extrémním podmínkám prostředí (Crews a Gerber, 2003). Znamená to, že v dnešní době neodráží žádná adaptace vzory životní historie směrem ke společnému předkovi.

5 ODHAD POHLAVÍ U NEDOSPĚLÝCH JEDINCŮ

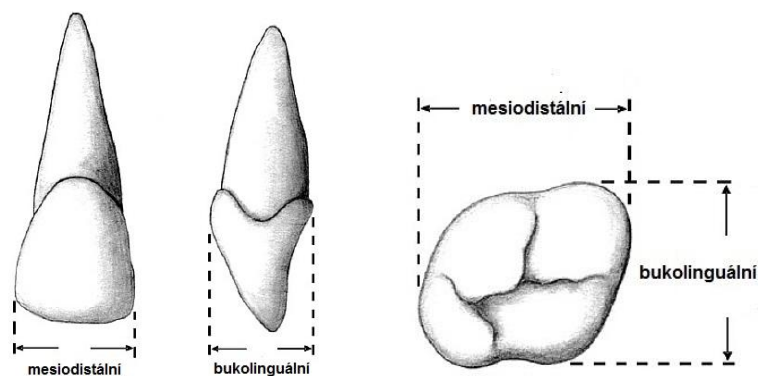
Odhad pohlaví je ústředním tématem při studiu lidských pozůstatků a základním krokem paleodemografických analýz (Flohr et al., 2016). Přestože existuje mnoho metod pro odhad pohlaví (shrnuje např. v Buikstra a Ubelaker, 1994), zůstává jeho realizace v některých případech problematická. Především pokud se jedná o vysoce roztržité či neúplné kosti nebo nedospělé jedince s velmi nízkou mírou pohlavního dimorfismu (Wilson et al., 2015). Právě neschopnost odhadnout pohlaví u nedospělých kosterních pozůstatků s uspokojivou přesností představuje výrazné omezení bioarchaeologických výzkumů (Cardoso, 2008; Viciano et al., 2013; Flohr et al., 2016).

Nejspolehlivějším ukazatelem pohlavního dimorfismu je pánev a odhad pohlaví z pánve představuje až 100% úspěšnost (Steyn a Patriquin, 2009). Při absenci pánve či jedná-li se o nedospělého jedince s plně nerozvinutými pohlavními znaky, mají svůj význam zuby (Teschler-Nicola a Prossinger, 1998; Cardoso, 2008; Acharya et al., 2011). Zuby vznikají v raných fázích vývoje, proto mohou být použity jako pomocná metodika pro odhad pohlaví u nedospělých jedinců a mohou být použity i u velmi kusých nálezů, jelikož zůstávají díky svým vlastnostem dobře zachovány v archeologických nálezech (Beyer-Olsen a Alexandersen, 1995; Pettenati-Soubayroux et al., 2002).

Metrické a nemetrické analýzy lidského chrupu hrají důležitou roli v biologickém výzkumu člověka a stojí v centru zájmu dentální antropologie po více než sto let (Hillson, 1996). Odhad pohlaví z dentálních charakteristik je založen na srovnání rozměrů zubních korunek (odontometrie) mezi muži a ženami. Metrické přístupy potvrzují, že pohlavní dimorfismus existuje v celkové velikosti korunek a hodnoty rozměrů zubů u mužů překračují hodnoty rozměrů u žen (Moorrees et al., 1957; Garn et al., 1964; Ghose a Baghdady, 1979; Rösing, 1983; Hattab et al., 1997; Lund, 1999; Pettenati-Soubayroux et al., 2002; Iscan a Kedici, 2003; Karaman, 2006; Kondo a Townsend, 2006; Ling a Wong, 2007; Vodanovic et al., 2007; Cardoso, 2008; Prabhu a Acharya, 2009; Pereira et al., 2010; Hassett, 2011; Zorba et al., 2011). Za odlišnými rozměry zubů může stát rozdílné množství dentinu a skloviny mezi oběma pohlavími (Schwartz a Dean, 2005). Zuby mužů mají více dentinu ve srovnání se ženami, zatímco

ženy mají více skloviny (Stroud et al., 1994; Schwartz a Dean, 2005; Saunders et al., 2007; Zorba et al., 2011). Pravděpodobně mohou za rozdíly v množství dentinu a skloviny pohlavně vázané geny na chromozomech X a Y (Alvesalo a Tammisalo, 1981; Alvesalo et al., 1985; Alvesalo et al., 1987). Podle zmíněných studií chromozom Y zvyšuje mitotický potenciál zubních zárodků a indukuje dentinogenezi, zatímco chromozom X je spojen s amelogenezí.

Zejména rozměry stálé dentice mohou být použit pro odhad pohlaví nedospělých jedinců (Cardoso, 2008), jelikož korunky stálých zubů se vytvářejí v brzkém věku jedince a po svém vytvoření zůstávají prakticky beze změny. Pro úspěšný odhad pohlaví musí být stejné rozměry zubů naměřeny také u dospělých jedinců ze stejné populace, kteří mají pohlaví odhadnuté na základě primární pohlavní diagnózy z pánve (Cardoso, 2008). Nejpoužívanějšími rozměry při odhadu pohlaví jsou mediodistální a bukolinguální rozměry korunky zubu (Obr. 5). Maximální mesiodistální průměr koruny (MD) je definován jako maximální vzdálenost mezi nejmesiólnějším a nejdistantnějším bodem koruny. Maximální bukolinguální průměr koruny (BL) je kolmo k rovině mesiodistální a je definován jako maximální vzdálenost mezi nejvíce linguálním a nejvíce bukálním bodem koruny (Mayhall, 2000). Použití obou těchto rozměrů při odhadu pohlaví dává spolehlivější výsledky (Cardoso, 2008). U nedospělých jedinců může být měření provedeno pouze tehdy, když je formování korunky dokončeno až na hranici cemento-skloviny. Velikost zubů nevykazuje výrazné rozdíly mezi pravou a levou stranou čelisti (Cardoso, 2008) a zuby se zpravidla měří v levé části kvadrantu horní či dolní čelisti. Všechny rozměry se zaznamenávají na desetinu milimetru (0,1 mm). Platí, že zuby horní čelisti vykazují větší dimorfismus, než zuby dolní čelisti (Garn et al., 1964; Zorba et al., 2011).



Obr. 5 Mesiodistální a bukolinguální rozměry jednokořenových a vícekořenových zubů (převzato a upraveno z Cardoso 2008, str. 161, obr. 3)

Největší míru pohlavního dimorfismu vykazuje trvalý špičák (Moorrees et al., 1957; Garn et al., 1964; Ghose a Baghdady, 1979; Rösing, 1983; Hattab et al., 1997; Lund, 1999; Pettenati-Soubayroux et al., 2002; Iscan a Kedici, 2003; Karaman, 2006; Acharya a Mainali, 2007; Cardoso, 2008; Pereira et al., 2010; Hassett, 2011; Zorba et al., 2011; Viciano et al., 2013). Na základě MD a BL rozměrů by se měla přesnost odhadu pohlaví pohybovat až okolo 80 % (Cardoso, 2008). Druhým stálým zubem s výrazným pohlavním dimorfismem je druhá stolička následována první stoličkou stále dentice (Garn et al., 1966; Acharya a Mainali, 2007; Prabhu a Acharya, 2009; Zorba et al. 2011; Viciano et al., 2013).

Metoda odhadu pohlaví založená na rozměrech zubů je populačně specifická, proto je nutné vytvořit v každé populaci specifické normy velikosti zubů pro každé pohlaví (Mappes et al., 1992; Cardoso, 2008; Zorba et al., 2011). Mezi omezující faktory měření korunek stálých zubů patří zejména ohrus, kazy, zubní kámen a hypoplastické defekty. Tyto faktory mohou mít vliv na mírné zvýšení či snížení rozměru zubu (Viciano et al., 2013). Navíc, jedinci, kteří trpěli podvýživou či špatným zdravotním stavem a mohli zemřít dříve, proto je možné, že nedospělí jedinci v osteologickém souboru mohou mít menší rozměry stálých zubů než dospělí jedinci stejného pohlaví (Viciano et al., 2013). Přesnost metrických metod může být ovlivněna chybami měření mezi pozorovateli nebo v důsledku chybné klasifikace mezních případů, ale i přes tyto nedostatky je použití metrických metod při odhadu pohlaví výhodné (Cardoso, 2008).

6 CÍL PRÁCE

Předkládaná diplomová práce se zabývá načasováním pubertálního vývoje v raně-středověké populaci Velké Moravy. Na základě literatury byly stanoveny následující cíle a hypotézy práce.

Cíle práce

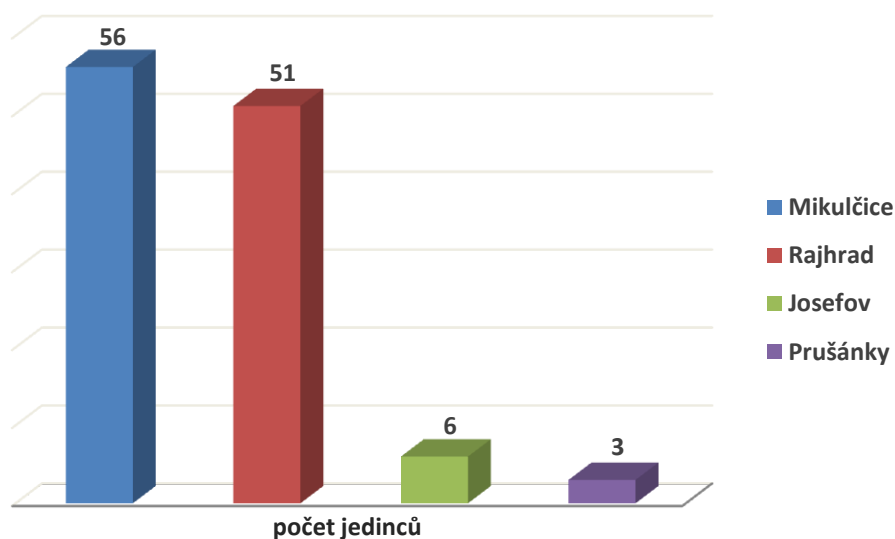
1. Odhadnout věk nástupu puberty a chronologii puberty v raně-středověké populaci Velké Moravy podle maturace kostry a mineralizace dentice.
2. Porovnat průběh puberty u dívek z vybraných lokalit Velké Moravy, s ohledem na rozdílné socioekonomické úrovně těchto lokalit.
3. Porovnat nástup a chronologii puberty mezi dívkami a chlapci v jednotlivých lokalitách Velké Moravy.

Hypotézy

1. Nástup puberty u velkomoravské populace nastane v podobném věku jako u populace současné.
2. Nástup puberty a menarche nastane u dívek z lokalit s vyšší socioekonomickou úrovní v rámci velkomoravské společnosti v nižším věku.
3. Nástup puberty a dosažení PHV mezi chlapci a dívkami v rámci jedné lokality nastane v rozdílném věku, u dívek dříve než u chlapců.

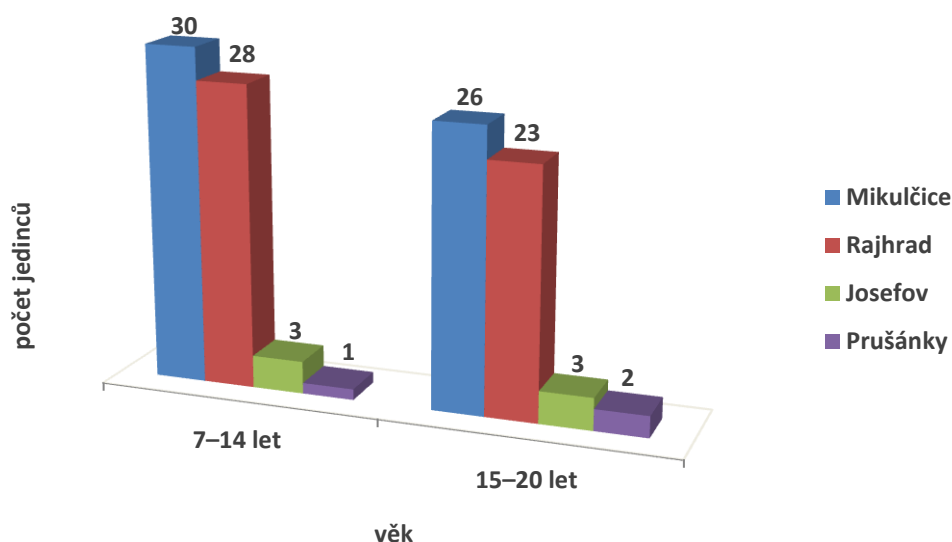
7 MATERIÁL

Kosterní materiál pochází z velkomoravských lokalit Mikulčice, Rajhrad, Josefov a Prušánky z 9.–11. století (Graf 1). K vypracování diplomové práce bylo použito 116 koster nedospělých jedinců ve věku od 7 do 20 let (Graf 2). Všichni jedinci byli vybráni dle předem stanovených kritérií, která jsou následující. U každého jedince byla nutná přítomnost špičáku (C), prvního (P1) a druhého (P2) třenového zubu a první (M1) a druhé (M2) stoličky stálé dentice dolní čelisti. Dále museli mít jedinci dobře zachovalé krční obratle a pánevní kosti.



Graf 1 Počet jedinců ve vybraných lokalitách Velké Moravy

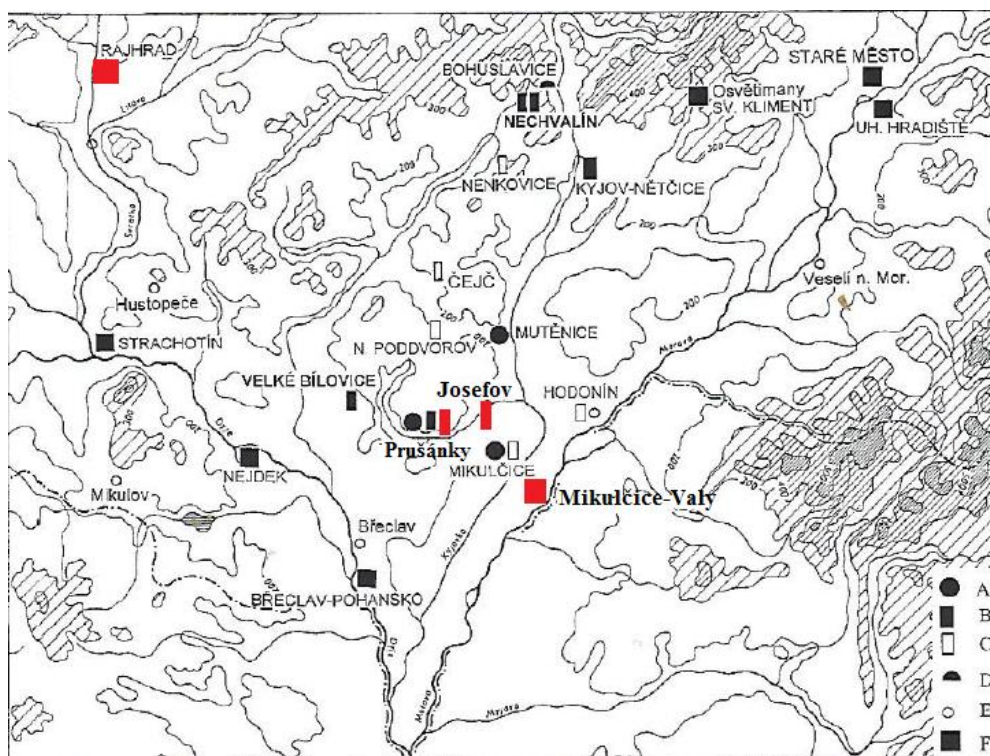
Největší množství kosterního materiálu, celkem 56 koster, pocházelo z lokality Mikulčice, 51 koster z lokality Rajhrad, 6 koster z lokality Josefov a 3 kostry z lokality Prušánky. Věk kosterních pozůstatků z Mikulčic, Josefova a Prušánek byl převzat z dokumentů depozitáře Národního muzea v Praze a byl odhadnut na základě vývoje chrupu (Ubelaker, 1978 viz Stloukal, 1999), ontogeneze dlouhých kostí končetin (Stloukal a Hanáková, 1978 viz Stloukal, 1999) a celkové osifikace kostry (Stloukal, 1999). Věk jedinců z Rajhradu byl získán z knihy Velkomoravské pohřebiště v Rajhradě (Hanáková et al., 1986). Pro kontrolu věku byla pomocí osteometrické desky měřena délka diafýzy stehenní kosti, která byla následně srovnána se standardy Stloukal a Hanáková (1978).



Graf 2 Věkové zastoupení jedinců z vybraných lokalit Velké Moravy

Kosterní materiál z lokality Mikulčice, Rajhrad, Josefov a Prušánky (Obr. 6) pochází z období raného středověku z 9.–11. století z Velké Moravy. Velká Morava byla prvním státním útvarem západních Slovanů (Poláček, 2006) a rozkládala se převážně na území dnešní Moravy, Slovenska a Maďarska. Sídlní struktura Velkomoravské říše zahrnovala opevněné slovanské osady, tzv. hradiště, a struktura velkomoravské společnosti nabývala třídního charakteru s existencí feudálních vztahů (Havlík, 2013).

Mezi přední centrum velkomoravského státu patřilo slovanské opevněné hradiště Mikulčice (Stloukal a Vyhnánek, 1976), které je nejrozsáhlejším slovanským archeologickým nalezištěm v České republice. Toto hradiště, ležící v okrese Hodonín v Jihomoravském kraji, vzniklo v 9. století a skládalo se z velmožského paláce a dvanácti kostelů. Ve své době patřilo k významným mocenským i duchovním střediskům. Pohřebiště vyniká množstvím bohatých hrobů s meči, honosnými soupravami opaskových kování, zlatými a stříbrnými šperky a zlatými gombíky (Poláček, 2006). Hroby vybavené šperky či drahými zbraněmi a ostruhami patřily s největší pravděpodobností vysokým představitelům společnosti. Jedná se totiž o předměty, které jsou nákladné náročností své výroby, a jejich všeobecná dostupnost pro všechny vrstvy společnosti je nepravděpodobná (Pouлік, 1975; Hendrychová, 2015).



Obr. 6 Vzájemná poloha lokality Mikulčice, Rajhrad, Josefov a Prušánky (převzato z Velemínský a Poláček, 2008, obr. 2, str. 15)

Mezi velkomoravská sídliště patří opevněné sídliště Rajhrad, ležící v okrese Brno-venkov, které je datováno do druhé poloviny 9. a 10. století (Hanáková et al., 1986). Hrobová výbava tamního pohřebiště je chudší, zcela chybí hroby bojovníků a jezdců (Hanáková et al., 1986). Z hlediska sociální skladby jsou na této lokalitě s největší pravděpodobností pohřbeni příslušníci nižší vrstvy velkomoravské společnosti (Tab. 1). Přestože existuje celá řada indicií pro existenci velkomoravského hradiště v Rajhradě, jednoznačný důkaz zatím chybí (Zapletalová, 2002).

Lokalita Josefov v okrese Blansko a lokalita Prušánky v okrese Hodonín jsou venkovskými sídlišti raného středověku (Klanica, 1981). Venkovské osady měly pravděpodobně zemědělsko-dobytkářský způsob života a tvořily převážnou část ekonomického zázemí větších center (Dostál, 1987). Lokalita Josefov a lokalita Prušánky tvořily zázemí mikulčického hradiště (Poláček et al., 2007).

Tab. 1 Přehled vybraných velkomoravských lokalit s ohledem na jejich socioekonomickou úroveň

lokality	typ lokality	předpokládaná socioekonomická úroveň	počet jedinců
Mikulčice	hradiště	vyšší	56
Rajhrad	sídliště	nižší	51
Josefov	zázemí	nižší	6
Prušánky	zázemí	nižší	3
celkem			116

8 METODY

8.1 Odhad pohlaví u nedospělých jedinců

Vzhledem k rozdílnému načasování puberty u chlapců a dívek, bylo nutné odhadnout pohlaví. Odhad pohlaví je u nedospělých jedinců velice obtížný, a to zejména kvůli nerozvinutým pohlavně dimorfním znakům na kostře, jejichž diferenciaci probíhá až pod vlivem hormonů během puberty (Wilson et al., 2015). V posledních letech se řada autorů zabývala odhadem pohlaví z rozměrů korunek stálých zubů, jejichž velikost se liší mezi pohlavími a velikost korunky jedince mužského pohlaví by svým rozměrem měla převyšovat velikost korunky jedince pohlaví ženského. Největší míru pohlavního dimorfismu vykazují zuby horní čelisti (Garn et al., 1964; Zorba et al., 2011), ale protože obličejový skelet dětské kostry bývá jen zřídka zachován, byly k odhadu pohlaví použity trvalé zuby dolní čelisti, které byly využity také při hodnocení puberty.

Pohlaví u nedospělých jedinců bylo odhadnuto na základě mesiodistálního a bukolinguálního rozměru stálého špičáku a první a druhé stoličky dolní čelisti podle studie Cardoso (2008). Tyto zuby byly vybrány proto, že vykazují nejvyšší míru pohlavního dimorfismu a jsou prořezané v poměrně brzkém věku jedince. První stolička, jako první se prořezávající zub stálé dentice (6.–8. rok), mohla být použita pro naměření potřebných rozměrů i u nejmladších jedinců z kosterních souborů. Špičák, představující pohlavně nejdímorfnější zub, se prořezává se mezi 9.–11. rokem, a druhá stolička pak mezi 10.–11. rokem života.

Měření byla primárně prováděna na levé straně zubního oblouku dolní čelisti pomocí digitálního posuvného měřidla Mitutuyo s přesností 0,01 mm. V případě nepřítomnosti, nedostupnosti či špatně zachovalosti zubu byly zuby měřeny na pravé straně dolní čelisti. Mesiodistální a bukolinguální rozměry stálého špičáku a první a druhé stoličky byly stejně tak naměřeny u dospělých jedinců ze stejných lokalit, které měli pohlaví odhadnuté z pánevních kostí. Pohlaví dospělých jedinců z Mikulčic bylo odhadnuté podle pánevní kosti metodou Brůžek (2002) samotným autem metody. Tato metoda je vizuální metodou odhadu pohlaví na základě hodnocení pěti znaků

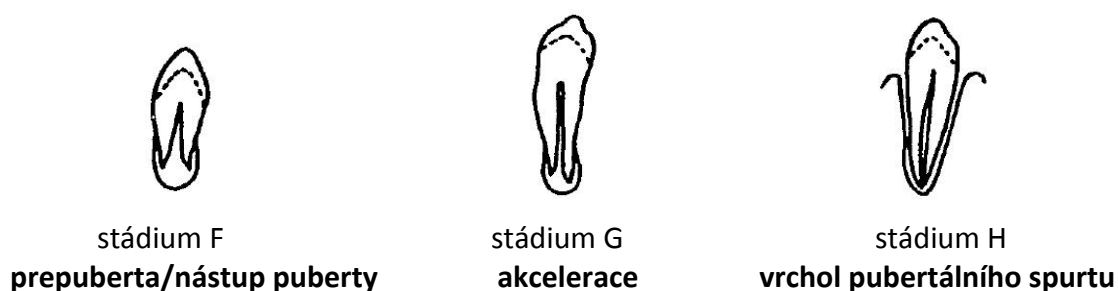
na pánevní kosti. Spolehlivost této metody je 95% s chybou 2 % (Brůžek, 2002). U těchto jedinců známého pohlaví byly naměřeny mesiodistální a bukolingvální rozměry potřebných zubů. Dospělí jedinci z Rajhradu neměli dosud odhadnuté pohlaví na základě pánevní kosti, proto bylo nejprve potřeba nalézt kosterní pozůstatky se zachovalou pánevní kostí srostlou v acetabulu a s přítomným špičákem a první a druhou stoličkou dolní čelisti. Následně bylo podle metody Brůžek (2002) odhadnuto pohlaví podle pánevní kosti a pomocí digitálního posuvného měřidla Mitutuyo byly změřeny rozměry zubů s přesností na 0,01 mm. U nedospělých jedinců, kteří měli pánevní kost srostlou v acetabulu, bylo navíc pohlaví odhadnuto také primární pohlavní diagnózou stejně jako u dospělých jedinců.

8.2 Vybrané metody pro odhad věku puberty podle kostry

Bylo zjištěno, že určité ukazatele kostry korelují s pubertálním růstovým spurtem a mohou nám tak poskytnout informace o tom, v jaké fázi puberty se jedinec nacházel v době smrti. Mezi tyto ukazatele patří: mineralizace trvalého špičáku (Shapland a Lewis, 2013) a třenových zubů dolní čelisti (Lacoste Jeanson et al., 2016), maturace krčních obratlů (Shapland a Lewis, 2014) a osifikace hřebenu kosti kyčelní (Shapland a Lewis, 2013). Detail jednotlivých indikátorů je uveden dále.

8.2.1 Mineralizace špičáku dolní čelisti

Vývoj špičáku podléhá hormonům působícím během puberty, proto je možné na základě mineralizace jeho kořene určit podle stádií Demirjian et al. (1973): prepubertu/nástup puberty (do stádia F) a akcelerační fázi puberty (stádium G). Jedinci, kteří již dosáhli mineralizačního stádia H, se nacházejí v období vrcholu pubertálního růstu (PHV) či v pozdější fázi puberty (Shapland a Lewis, 2013).



Obr. 7 Mineralizační stádia špičáku dolní čelisti (převzato a upraveno z Demirjian et al. 1973, str. 220, obr. 1)

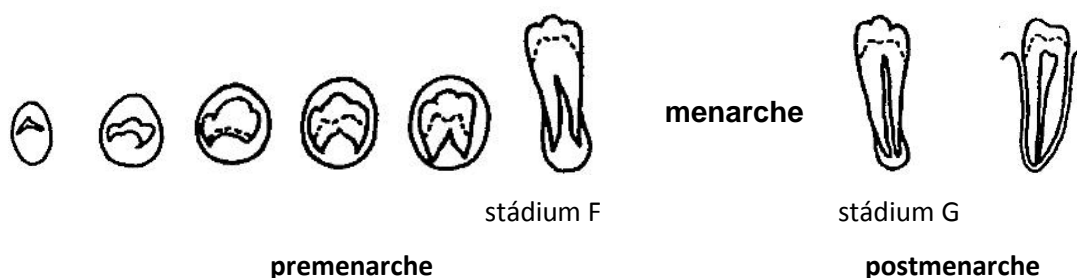
Stádium F: Stěny dřeňové dutiny tvoří více či méně rovnoramenný trojúhelník s vrcholem ve tvaru trychtýře, délka kořene je rovna nebo větší než délka korunky.

Stádium G: Stěny kořenového kanálku jsou rovnoběžné a apikální konec kořene je částečně otevřený.

Stádium H: Apikální konec kořenového kanálku je zcela uzavřen, periodontální membrána má stejnou šířku kolem celého kořene.

8.2.2 Mineralizace třenových zubů dolní čelisti

Podle mineralizačního stádia kořene prvního (P1) a druhého (P2) třenového zubu můžeme jedince ženského pohlaví zařadit do období premenarche či postmenarche. Podle metody Demirjian et al. (1973) označuje dosažení stádia F a nižších období premenarche (Obr. 8) a stádia G a vyšších období postmenarche u obou třenových zubů (Lacoste Jeanson et al., 2016).



Obr. 8 Mineralizační stádia třenových zubů (převzato z Demirjian et al., 1973, str. 220, obr. 1 a upraveno podle studie Lacoste Jeanson et al., 2016)

Stádium A: Počátek mineralizace horní části zubu ve tvaru obrácených kuželů. Tyto mineralizované útvary nejsou propojeny.

Stádium B: Propojení mineralizovaných útvarů vytváří jeden nebo více hrotů a dává nástin pravidelné okluzní plochy zubu.

Stádium C: Vytvoření skloviny je dokončeno na okluzní ploše zubu. Zub se rozšiřuje a sbíhá se směrem ke krčku zubu. Je patrný počátek tvorby dentinu a obrys dřeňové dutiny má zakřivený tvar.

Stádium D: Tvorba korunky spojením dentinu a skloviny. Horní okraj dřeňové dutiny má jasně zakřivený tvar a je vyhloubený směrem ke krčku. Jsou přítomny rohy buničiny na okluzním povrchu a spodní část zubu má tvar deštníku. Je patrný počátek tvorby kořene v podobě spikul.

Stádium E: Stěny dřeňové dutiny jsou rovnoběžné, jejichž kontinuita je přerušena přítomností rohu dřeňové dutiny, který je větší než v předchozím stádiu. Délka kořene je kratší než délka korunky.

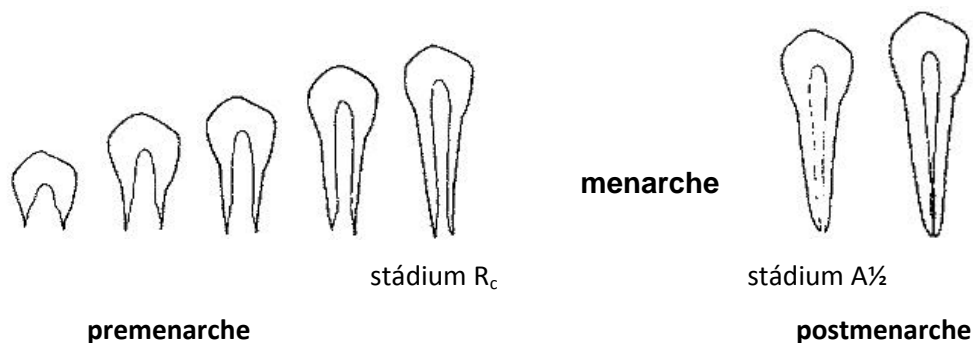
Stádium F: Stěny dřeňové dutiny tvoří více či méně rovnoramenný trojúhelník s vrcholem ve tvaru trychtýře, délka kořene je rovna nebo větší než délka korunky.

Stádium G: Stěny kořenového kanálku jsou rovnoběžné a apikální konec kořene je částečně otevřený.

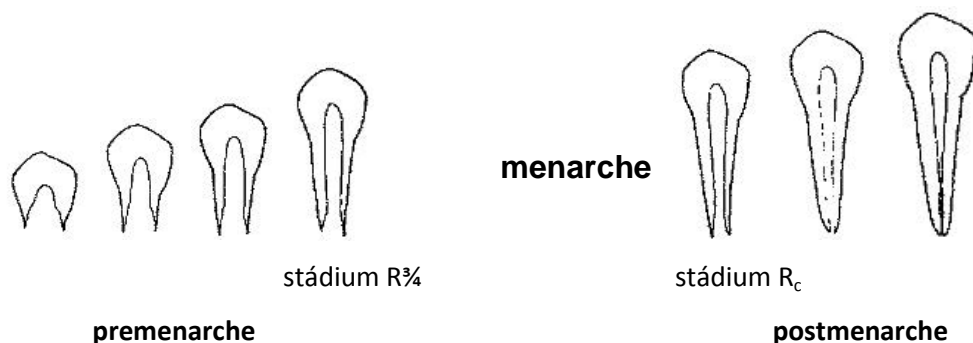
Stádium H: Apikální konec kořenového kanálku je zcela uzavřen, periodontium má stejnou šířku kolem celého kořene, včetně jako apikálního konce.

Podle metody Moorrees et al. (Moorrees et al., 1963) označuje mineralizační stádium R_c a nižší období premenarche u P1 a stádium $R_{3/4}$ a nižší u P2. Zatímco stádium $A_{1/2}$ a vyšší u P1 a stádium R_c a vyšší u P2 označuje období postmenarche (Lacoste Jeanson et al., 2016).

P1



P2



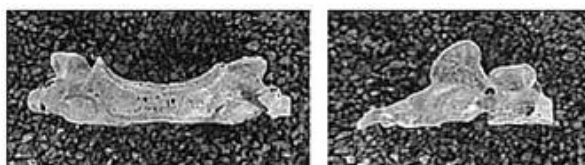
Obr. 9 Mineralizační stádia třenových zubů (převzato z Moorrees et al., 1963, str. 1492, obr. 1. a upraveno podle studie Lacoste Jeanson et al., 2016)

Tab. 2 Mineralizační stádia třenových zubů dolní čelisti ve vztahu k menarche (převzato a upraveno z Lacoste Jeanson et al., 2016, tab. 4, str. 5)

Mineralizační stádium	Zub	Premenarche	Postmenarche
Demirjian et al. (1973)	P1	$\leq F$	$G \geq$
	P2	$\leq F$	$G \geq$
Moorrees et al. (1963)	P1	$\leq R_c$	$A_{1/2} \geq$
	P2	$\leq R_{3/4}$	$R_c \geq$

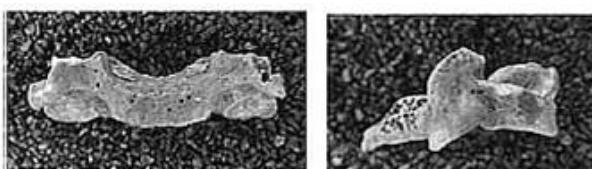
8.2.3 Maturace krčních obratlů

Maturace krčních obratlů byla hodnocena na základě prohlubování konkavity na spodní straně těla druhého, třetího a čtvrtého krčního obratle (Obr. 10). Tato metoda je modifikací metody založené na hodnocení rentgenových snímků (Hassel a Farman, 1995) a doplněna slovními popisy (San Román et al., 2002). Poprvé byla aplikována na archeologickou populaci bez nutnosti vyhotovení rentgenových snímků Shapland a Lewis (2014).



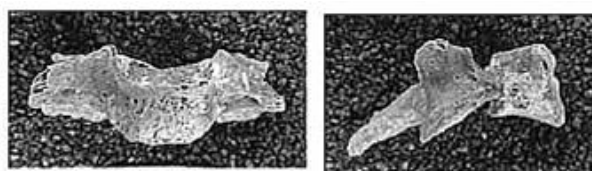
Fáze 1 – prepuberta/začátek puberty

Spodní okraje ploché, tělo s klínem



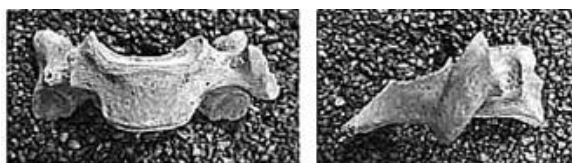
Fáze 2 – akcelerační fáze puberty

Konkavita patrná na spodních okrajích, tělo téměř obdélníkového tvaru



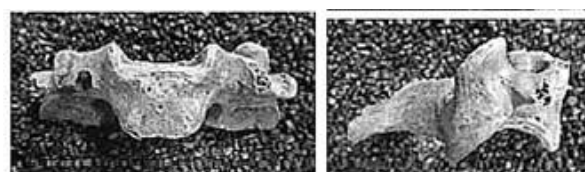
Fáze 3 – PHV

Konkavita se utváří na spodním okraji, tělo obdélníkového tvaru



Fáze 4 – decelerační fáze puberty

Výrazná konkavita na spodním okraji, tělo téměř čtvercového tvaru



Fáze 5 – postpuberta

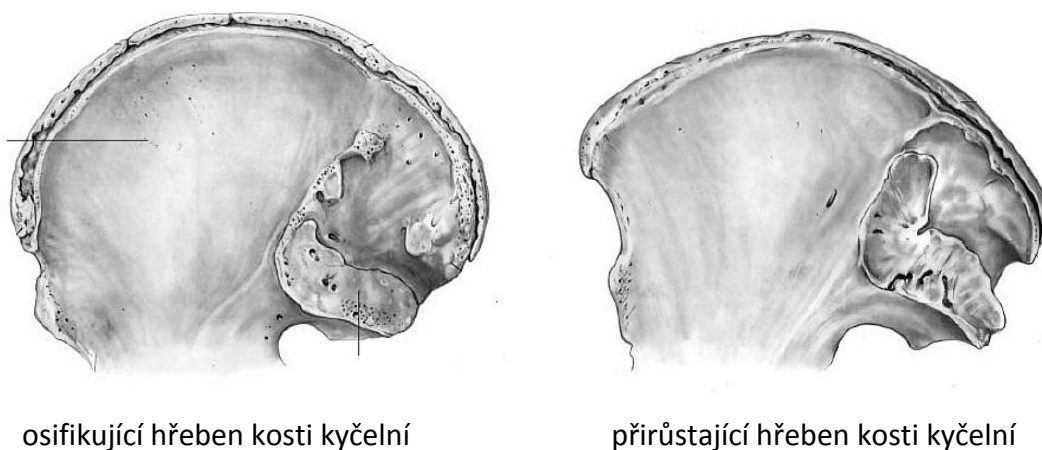
Velmi výrazná konkavita spodního kraje, tělo čtvercového tvaru

Obr. 10 Maturace krčních obratlů (převzato z Shapland a Lewis, 2014, str. 146, obr. 2)

8.2.4 Osifikace hřebene kosti kyčelní

Vztah osifikace hřebene kosti kyčelní a puberty je znám od 40. let 20. století (Buehl a Pyle, 1942). Osifikace hřebenu kosti kyčelní (Obr. 11) začíná asi okolo 12.–13. roku u dívek a 14.–15. roku u chlapců. Začátek osifikace epifýzy hřebene napovídá, že se jedinec nachází v decelerační fázi puberty a u dívek 6–8 měsíců po nástupu menarche (Buehl a Pyle, 1942; Scoles et al., 1988a).

Přirůstání hřebene kosti kyčelní se probíhá od 15 do 22 let a úplného splynutí s křídlem kosti kyčelní je dosaženo až v dospělosti, u všech jedinců nejpozději do 23 let (Marshall a Tanner, 1986; Hassel a Farman, 1995; Grumbach, 2000; Scheuer a Black, 2000). Problémem je, že osifikované, ale nepřirostlé epifýzy lopaty kosti kyčelní jsou jen zřídka nalezeny a jejich absenci nelze brát jako důkaz o tom, že osifikace hřebenu nebylo dosaženo (Lewis et al., 2015).



Obr. 11 Osifikující a přirůstající epifýza hřebene pravé kosti kyčelní (převzato a upraveno z Scheuer a Black, 2004, obr. 10.16 a 10.18, str. 331 a 333)

8.3 Postup při získávání a zpracování dat

8.3.1 Sekundární pohlavní diagnóza

Nejprve byl proveden dvouvýběrový Wilcoxonův test porovnávající rozměry zubů u populací Mikulčice a Rajhrad. Jedná se o neparametrický test porovnávající mediány obou skupin a pro testování byl zvolen z důvodu nenormálního rozdělení dat. Předpokladem tohoto testu je symetrie rozdělení sledované náhodné veličiny (Lánský a Pokora, 2015). Pokud by p-hodnota testu vyšla menší než hladina významnosti 0,05, prokázal by se významný rozdíl obou populací, co se sledovaného rozměru zubu týká. V opačném případě (p-hodnota > 0,05) by významný rozdíl mezi populacemi nebyl.

Data byla zpracována v programu R. Sekundární pohlavní diagnóza byla založena na použití diskriminační analýzy, která umožňuje zařadit každého jedince do kategorie „muž“ nebo „žena“ na základě porovnání zkoumaných znaků (v našem případě rozměrů zubů) se stejnými znaky jedinců pocházejících ze souboru se známým pohlavím. Předpokladem je, že jedinci pocházející ze stejné třídy vykazují podobné znaky (Forbelská, 2001). Na souboru se známým pohlavím byl vytvořen model, který určoval pohlaví podle rozměrů zubů, a tento model se pak aplikoval na datový soubor s neznámým pohlavím. V našem případě sestával soubor dat použitý pro hledání modelů ze 30 jedinců ženského pohlaví a 30 jedinců mužského pohlaví daného kosterního soboru.

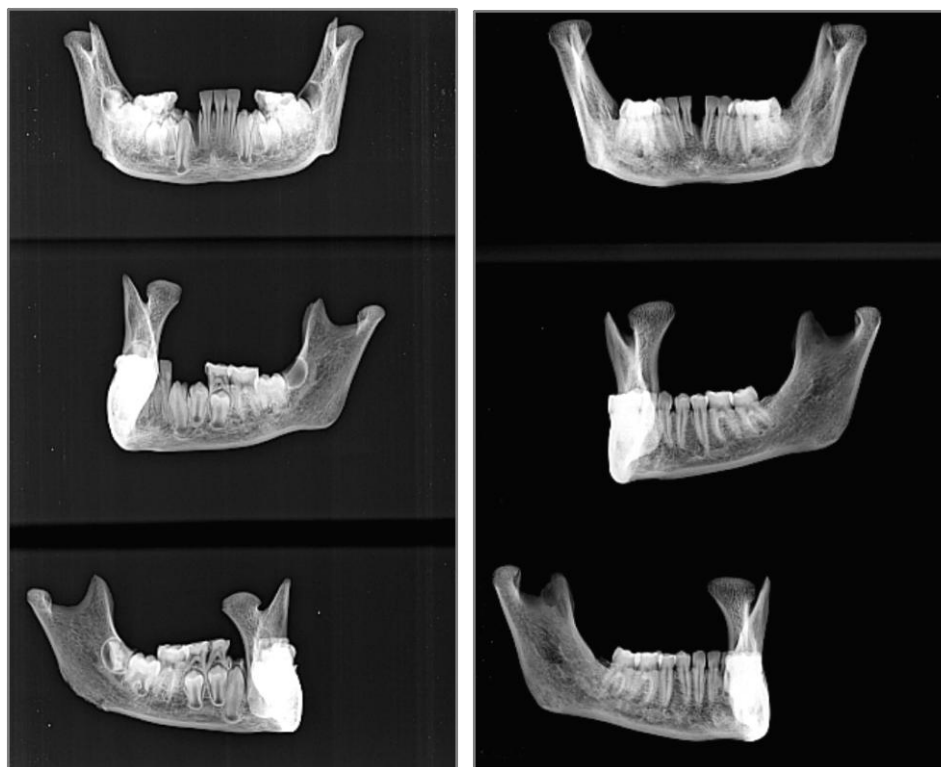
Jako diskriminační funkce byla použita funkce odhadnutá modelem logistické regrese. Logistická regrese byla realizována na datech se známým pohlavím a jako závislá proměnná byla použita 0–1 proměnná, kde 1 značí, že jedinec je muž, 0 pak, že se jedná o ženu (Hosmer, 2000). Bylo uvažováno celkem 6 nezávisle proměnných (C_MD, C_BL, M1_MD, M1_BL, M2_BL, M2_MD), které mohly nebo nemusely do modelu vstupovat. Pro každého jedince ze souboru s neznámým pohlavím byly určeny u něj měřitelné proměnné, které pak byly použity k hledání ideálního modelu na datech se známým pohlavím. Pro každého jedince pak bylo identifikováno až 5 nejlepších modelů, které posloužily k určení jeho pohlaví. Těchto 5 nejlepších modelů bylo vybráno pomocí Bayesova informačního kritéria, které slouží k identifikaci

optimálního modelu mezi modely s různým počtem nezávisle proměnných realizovaných na stejných datech. Optimální model má minimální hodnotu BIC (Schwarz, 1978).

Takto získané modely logistické regrese byly následně verifikovány metodou LOOCV (leave one out cross validation), která spočívá v tom, že ze souboru o n jednotkách se vždy jedna vynechá, na zbylých $n-1$ prvcích se odhadne model a na vynechané jednotce se verifikuje (kontroluje se, zda tomuto jedinci model přiřadil pohlaví správně) (Trippa et al., 2015). Jako určené pohlaví se hodnotilo takové, jehož predikovaná pravděpodobnost byla větší než 95 %. Toto se opakovalo n -krát, aby každé pozorování bylo vynecháno právě jednou. Následně bylo zhodnoceno, v kolika procentech případů bylo možné pohlaví vůbec určit a v kolika procentech případů bylo určeno správně. Stejná hranice pro určení pohlaví (tj. predikovaná pravděpodobnost daného pohlaví minimálně 95 %) byla použita i v souboru s neznámým pohlavím.

8.3.2 Postup při hodnocení vybraných ukazatelů puberty

Pubertální vývoj byl hodnocen u každého jedince, ženského i mužského pohlaví, na základě mineralizace kořene trvalého špičáku dolní čelisti a osifikace krčních obratlů. U dívek byl navíc odhadnut nástup menarche podle stádia mineralizace prvního a druhého třenového zubu stálé dentice. K posouzení stádia mineralizace zubních kořenů bylo potřeba vyhotovit rentgenové snímky dolních čelistí všech vybraných nedospělých jedinců (Obr. 12). Následně bylo z těchto rentgenových snímků odhadnuto stádium mineralizace špičáku podle metody Demirjian et al. (1973), podle kterého byl jedinec na základě výsledků studie Shapland a Lewis (2013) zařazen do určité fáze puberty. Stupeň osifikace druhého, třetího a čtvrtého krčního obratle byl hodnocen také u jedinců obou pohlaví, a to vizuálně za pomoci obrázků a slovních popisů uvedených ve studii Shapland a Lewis (2014).



Mikulčice, 8 let, P7A 17001

Mikulčice 14–15 let, 594-155/IV

Obr. 12 Rentgenové snímky dolních čelistí pořízené v depozitáři Národního muzea v Praze

U jedinců ženského pohlaví byla navíc hodnocena mineralizace prvního a druhého třenového zubu dolní čelisti podle metody Demirjian et al. (1973) a Moorrees et al. (1963). Na základě dosažených mineralizačních stádií byly pak jedinci ženského pohlaví zařazeni do období premenarche či postmenarche dle kritérií studie Lacoste Jeanson et al. (2016). Pomocnou metodou pro zjišťování nástupu menarche bylo sledování osifikace hřebene kosti kyčelní (Buehl a S. Pyle, 1942; Scoles et al., 1988; Shapland a Lewis, 2013).

Tab. 3 Stádia kosterních a dentálních ukazatelů korelujících s pubertou (převzato a upraveno z Lewis et al., 2015, tab. 2. str. 51)

Fáze puberty	stupeň mineralizace špičáku (C) ^a	stupeň osifikace krčních obratlů (CV) ^b	osifikace hřebene kosti kyčelní ^c
prepuberta/začátek	≤F	1	nepřirostlý
akcelerace	G	2	nepřirostlý
PHV	H	3	nepřirostlý
decelerace	H	4	osifikovaný
postpuberta	H	5	přirůstající

^a Shapland a Lewis, 2013 podle Demirjian et al., 1973

^b Shapland a Lewis, 2014 podle Hassel a Farman, 1995 a San Román et al., 2002

^c Shapland a Lewis, 2013 podle Buehl a Pyle, 1942

9 VÝSLEDKY

9.1 Odhad pohlaví nedospělých jedinců

Podle výsledků Wilcoxonova testu nabývaly hodnoty rozměrů zubů stejných hodnot u obou populací (Mikulčice a Rajhrad). Níže (Tab. 4) jsou uvedeny p-hodnoty tohoto testu realizovaného pro každý rozměr zubu zvláště u každého pohlaví. Z výsledků je patrné, že významně se mezi populacemi liší pouze rozměr C_MD u žen, ale i zde je určená p-hodnota spíše hraniční. Pro identifikaci pohlaví mezi nedospělými jedinci je tedy možné použít kombinovaná data z obou populací.

Tab. 4 P-hodnoty rozměrů zubů pro obě pohlaví na základě provedení Wilcoxonova testu

	muž	žena
C_MD	0.5895	0.04646
C_BL	0.604	0.5474
M1_MD	0.1101	0.9174
M1_BL	0.395	0.2806
M2_MD	0.8845	0.1102
M2_BL	0.2996	0.3724

Na základě výsledků logistické regrese byla u každého jedince vypočítána pravděpodobnost přiřazení k jednotlivému pohlaví. Pokud byla tato pravděpodobnost větší než 75 %, bylo jedinci pohlaví přiřazeno, pokud byla tato pravděpodobnost menší než 75 %, zůstalo pohlaví neurčeno (Tab. 5).

Tab. 5 Sekundární pohlavní diagnóza – odhad pohlaví, hodnota pravděpodobnosti (p) a naměřené mesiodistální (MD) a bukolingvální (BL) rozměry trvalého špičáku (C), první stoličky (M1) a druhé stoličky (M2) dolní čelisti

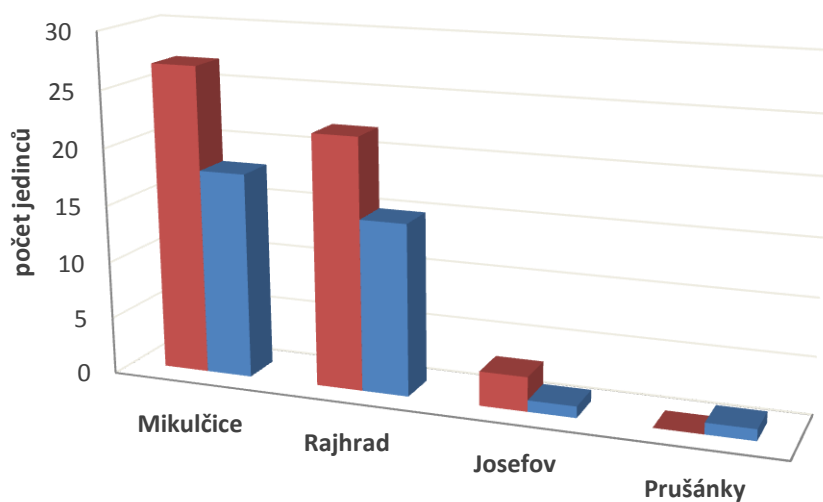
lokality	hrob	C levý (mm)		M1 levá (mm)		M2 levá (mm)		odhad pohlaví	
		MD	BL	MD	BL	MD	BL	pohlaví	p (%)
Mikulčice	65	6,84	7,31	11,48	10,02	9,06	9,85	muž	76,15
Mikulčice	134	–	–	11,06	9,87	9,5	8,68	žena	85,58
Mikulčice	337	–	–	10,47	10,05	–	–	žena	75,15
Mikulčice	424	–	–	11,17	9,99	–	–	žena	78,60
Mikulčice	431	–	–	10,64	9,31	–	–	žena	94,00
Mikulčice	444	7,06	7,57	11,99	10,97	10,42	10,26	muž	97,25
Mikulčice	468	6,11	7,52	9,94	9,45	9,1	8,63	žena	99,83
Mikulčice	538	–	–	10,1	9,36	9,44	7,89	žena	99,18
Mikulčice	543	–	–	10,65	9,82	–	–	žena	81,65
Mikulčice	619	–	–	10,38	9,2	–	–	žena	96,95
Mikulčice	621	–	–	10,63	9,53	–	–	žena	90,45
Mikulčice	643	–	–	10,56	9,25	–	–	žena	95,40
Mikulčice	696	5,75	6,89	–	–	–	–	žena	95,40
Mikulčice	720	7,34	8,96	11,56	11,19	10,52	10,96	muž	99,75
Mikulčice	735	6,76	8,39	10,86	10,63	10,54	10,28	muž	84,35
Mikulčice	745	6,37	–	10,7	9,74	9,26	9,05	žena	97,20
Mikulčice	785	6,99	8,14	11,02	10,68	10,19	10,39	muž	92,98
Mikulčice	1055	5,86	6,82	10,22	9,76	9,11	9,46	žena	97,48
Mikulčice	1081b	6,92	7,7	11,22	10,97	11	10,77	muž	98,03
Mikulčice	1124	–	–	11,37	10,6	10,9	10,45	muž	90,88
Mikulčice	1129	6,44	6,89	10,48	9,7	9,71	8,79	žena	99,00
Mikulčice	1144	6,88	7,95	10,94	10,89	9,9	10,61	muž	94,93
Mikulčice	1236	5,55	5,57	9,34	9,17	9,58	8,53	žena	100,00
Mikulčice	1438	6,31	7,04	9,93	9,48	9,22	9,36	muž	97,95
Mikulčice	1465	7,41	8,13	11,69	10,76	11,35	10,05	muž	96,33
Mikulčice	1467	6,85	7,77	11,45	11,05	10,71	10,52	muž	96,70
Mikulčice	1522	6,98	7,69	11,31	10,92	10,21	9,84	muž	77,18
Mikulčice	1529	6,86	7,65	–	10,74	10,73	9,88	muž	76,07
Mikulčice	16781	6,34	6,93	10,18	9,36	–	–	žena	96,94

Mikulčice	17058	6,52	7,38	9,7	9,97	9,21	9,18	žena	98,45
Mikulčice	17102	-	-	10,42	9,59	-	-	žena	91,70
Mikulčice	17126	6,35	6,93	11,46	10,71	10,59	10,54	muž	89,28
Mikulčice	17001	-	-	10,59	9,43	-	-	žena	92,80
Mikulčice	17018	-	-	-	-	9,31	9,12	žena	85,00
Mikulčice	17011	6,17	6,73	9,78	9,82	9,65	9,53	žena	98,93
Mikulčice	1/IV	5,90	7,14	10,33	10,01	8,45	9,75	žena	91,85
Mikulčice	10/IV	-	-	11,61	10,68	-	-	muž	84,10
Mikulčice	33/IV	6,94	8,13	11,82	10,37	9,9	9,86	muž	87,68
Mikulčice	88/VI	6,41	7,73	10,28	10,24	9,6	9,72	žena	86,25
Mikulčice	100/VI	6,71	7,56	10,75	10,02	9,44	9,24	žena	89,20
Mikulčice	155/VI	6,64	7,12	11,86	10,86	10,52	10,09	muž	86,35
Mikulčice	45/IX	6,84	8,03	11,62	10,55	10,16	9,68	muž	83,17
Mikulčice	80/IX	5,97	6,96	11,04	10,13	-	-	žena	85,45
Mikulčice	91a/IX	-	-	9,98	9,83	-	-	žena	90,00
Mikulčice	91b/IX	5,66	6,34	10,53	9,98	8,81	8,96	žena	99,00
Prušánky	14892	6,86	8,14	11,43	10,87	11,01	10,24	muž	92,73
Josefov	14498	7,07	7,93	11,3	11,09	9,81	10,67	muž	98,25
Josefov	14512	6,57	6,46	-	-	10,33	9,3	žena	93,15
Josefov	14550	-	-	10,65	9,26	-	-	žena	94,55
Josefov	14620	6,82	7,84	10,33	9,71	9,52	9,78	žena	75,83
Rajhrad	11679	6,98	7,60	10,46	9,64	9,77	10,36	muž	76,25
Rajhrad	11704	-	-	11,51	10,83	-	-	muž	88,60
Rajhrad	11705	6,91	7,92	10,71	10,63	10,71	10,34	muž	84,08
Rajhrad	11706	6,32	7,05	9,88	10,26	-	-	žena	84,30
Rajhrad	11710	5,77	6,56	10,05	9,6	-	-	žena	97,77
Rajhrad	11728	7,00	7,26	11,3	10,71	11,12	9,93	muž	79,60
Rajhrad	11736	-	-	11,39	10,57	-	-	muž	77,50
Rajhrad	11739	6,29	6,64	10,07	9,6	8,87	8,92	žena	99,45
Rajhrad	11744	6,47	7,26	10,79	10,06	10,17	8,99	žena	96,18
Rajhrad	11766	7,05	7,96	11,13	10,09	11,18	10,15	muž	88,70
Rajhrad	11814	6,89	7,63	11,3	10,87	10,48	10	muž	82,35
Rajhrad	11817	-	-	11,51	10,38	10,01	9,84	muž	84,80
Rajhrad	11827	-	-	10,56	9,88	-	-	žena	81,10

Rajhrad	11836	6,21	7,15	10,77	9,96	10,13	8,95	žena	97,48
Rajhrad	11892	6,94	7,18	10,19	9,88	9,51	9,27	žena	90,98
Rajhrad	11898	6,13	7,31	10,81	9,8	9,84	8,91	žena	97,48
Rajhrad	11909	6,91	–	11,03	10,18	10,56	10,26	muž	86,98
Rajhrad	11921	–	–	10,44	9,6	10,31	9,21	žena	93,80
Rajhrad	11925	6,53	7,23	11,04	9,7	9,81	8,93	žena	94,48
Rajhrad	11932	–	–	10,64	9,65	–	–	žena	87,40
Rajhrad	11935	5,79	6,72	9,4	9,63	9,29	9,12	žena	99,83
Rajhrad	11947	–	–	11,55	10,76	–	–	muž	86,65
Rajhrad	11963	6,27	6,89	10,62	9,7	–	–	žena	88,93
Rajhrad	11976	5,79	6,84	10,48	9,88	10,07	9,4	žena	96,35
Rajhrad	11999	5,79	7,14	9,76	9,96	8,83	8,53	žena	99,95
Rajhrad	12004	6,50	7,74	10,86	10,63	9,9	10,63	muž	89,95
Rajhrad	12041	–	–	10,75	10,32	9,71	9,52	žena	79,57
Rajhrad	12045	7,82	8,48	11,09	10,38	10,89	10,05	muž	91,23
Rajhrad	12068	7,30	7,98	11,85	10,81	10,43	10,19	muž	97,75
Rajhrad	12079	6,16	7,30	11,3	10,19	10,65	9,36	žena	78,20
Rajhrad	12088	6,79	7,72	10,36	9,82	9,93	9,65	žena	77,45
Rajhrad	12152	–	–	10,6	9,96	–	–	žena	76,70
Rajhrad	12165	–	–	10,79	10,84	–	–	muž	80,60
Rajhrad	12189	6,93	8,10	11,58	10,49	10,52	9,56	muž	77,73
Rajhrad	12202	6,46	–	10,86	9,96	9,75	9,64	žena	78,83
Rajhrad	12205	6,36	7,34	10,97	10,72	9,63	9,4	žena	84,45
Rajhrad	12215	5,80	7,25	–	–	9,56	8,98	žena	98,95

-
- zub není prořezán nebo chybí

Ze 116 jedinců jsme mohli přiřadit pohlaví 87 jedincům, konkrétně 45 jedincům z Mikulčic, 37 jedincům z Rajhradu, 4 jedincům z Josefova a 1 jedinci z Prušánek. Výsledky sekundární pohlavní diagnózy ukazuje tabulka výše (Tab. 5) a distribuci obou pohlaví v konkrétních lokalitách znázorňuje následující graf (Graf 3).



	Mikulčice	Rajhrad	Josefov	Prušánky
počet dívek	27	22	3	0
počet chlapců	18	15	1	1

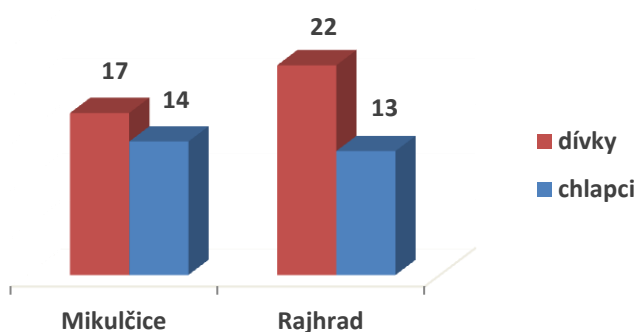
Graf 3 Zastoupení chlapců a dívek v jednotlivých populacích Velké Moravy

9.2 Zastoupení jedinců při hodnocení puberty

Z důvodu nedostatečného počtu jedinců v lokalitě Prušánky (n=1) a lokalitě Josefov (n=4) byl primárně sledován a porovnáván nástup a průběh puberty u jedinců z lokality Mikulčice a Rajhrad, odkud byl k dispozici dostatečný počet jedinců ženského i mužského pohlaví.

Pro hodnocení puberty byli z těchto dvou lokalit vybráni ti jedinci, u kterých bylo možné hodnotit pubertu pomocí obou metod, tedy metody založené na mineralizaci špičáku trvalého dolní čelisti a maturaci krčních obratlů. Z hodnocení mineralizace trvalého špičáku byli vyřazeni ti jedinci, u kterých nešlo určit stádium mineralizace v důsledku nekvalitního rentgenového snímku. Pro hodnocení puberty na základě maturace druhého, třetího a čtvrtého krčního obratle byli vybráni ti jedinci, u kterých se shodovalo příslušné stádium maturace alespoň u dvou ze tří obratlů. Pokud se fáze maturace obratlů neshodovaly, byl jedinec z hodnocení vyřazen.

Po splnění těchto podmínek bylo možné hodnotit celkem 66 jedinců – 31 z Mikulčic a 35 z Rajhradu. Rozložení obou pohlaví v hodnocených lokalitách ukazuje následující graf (Graf 4).



Graf 4 Zastoupení jedinců obou pohlaví v lokalitách Mikulčice a Rajhrad, kteří byli použiti pro hodnocení puberty

Jelikož výsledky metody založené na mineralizaci trvalého špičáku a maturaci krčních obratlů nedávaly stejné výsledky a stejní jedinci byli zařazeni do jiných fází puberty (Tab. 6), byly tyto metody vyhodnoceny zvlášť.

Tab. 6 Výsledky hodnocení puberty podle mineralizačního stádia špičáku (stádium C) a maturačního stupně krčních obratlů (stádia CV) u jedinců z Mikulčice a z Rajhradu

lokality	hrob	věk	pohlaví	stádium C ^a	fáze puberty dle C ^b	stádia CV ^c	fáze puberty dle CV ^d
Mikulčice	65	15	muž	H	PHV	3–3–3	PHV
Mikulčice	424	7	žena	E	prepuberta/nástup	2–1–1	prepuberta/nástup
Mikulčice	444	15–17	muž	H	PHV	5–4–4	decelerace
Mikulčice	468	20	žena	H	PHV	5–4–4	decelerace
Mikulčice	538	9	žena	F	prepuberta/nástup	3–2–2	akcelerace
Mikulčice	696	15–16	žena	H	PHV	3–2–2	PHV
Mikulčice	720	15–16	muž	G	akcelerace	3–3–2	PHV
Mikulčice	785	17–18	muž	H	PHV	5–4–4	decelerace
Mikulčice	1055	15	žena	H	PHV	3–3–3	PHV
Mikulčice	1124	10–11	muž	F	prepuberta/nástup	2–1–1	prepuberta/nástup
Mikulčice	1129	16–17	žena	H	PHV	4–3–3	PHV
Mikulčice	1144	15–16	muž	H	PHV	3–3–3	PHV
Mikulčice	1236	15–16	žena	H	PHV	5–3–3	PHV
Mikulčice	1465	13–14	muž	H	PHV	3–2–3	PHV
Mikulčice	1467	15–17	muž	H	PHV	5–4–4	decelerace
Mikulčice	1522	15–16	muž	G	akcelerace	4–3–3	PHV
Mikulčice	1529	15–17	muž	H	PHV	3–3	PHV
Mikulčice	16781	9–10	žena	F	prepuberta/nástup	2–2	akcelerace
Mikulčice	17001	8	žena	E	prepuberta/nástup	2–2–2	akcelerace
Mikulčice	17018	15–16	žena	H	PHV	3–3–3	PHV
Mikulčice	17058	15–16	žena	H	PHV	4–4–3	decelerace
Mikulčice	17102	8	žena	E	prepuberta/nástup	2–2–1	akcelerace
Mikulčice	17126	12–13	muž	G	akcelerace	3–3	PHV
Mikulčice	1/IV	15–16	žena	H	PHV	3–3–3	PHV
Mikulčice	100/VI	15–16	žena	H	PHV	4–4–4	decelerace
Mikulčice	155/VI	15	muž	G	akcelerace	3–3–2	PHV
Mikulčice	33/IV	13–14	muž	G	akcelerace	3–3–3	PHV
Mikulčice	45/IX	13–14	muž	G	akcelerace	2–2	akcelerace
Mikulčice	80/IX	10–11	žena	G	akcelerace	3–3	PHV
Mikulčice	91a/IX	8–9	žena	F	prepuberta/nástup	2–1–1	prepuberta/nástup
Mikulčice	91b/IX	15	žena	H	PHV	3–3–3	PHV
Rajhrad	11679	16	muž	H	PHV	4–4–4	decelerace
Rajhrad	11704	8	muž	F	prepuberta/nástup	2–1–1	prepuberta/nástup
Rajhrad	11706	11	žena	G	akcelerace	3–3–3	PHV
Rajhrad	11710	14	žena	H	PHV	2–2	akcelerace
Rajhrad	11728	15	muž	H	PHV	4–3–3	PHV
Rajhrad	11736	8	muž	E	prepuberta/nástup	2–1–1	prepuberta/nástup
Rajhrad	11739	15–16	žena	H	PHV	3–3–3	PHV
Rajhrad	11744	10	žena	G	akcelerace	3–2–2	akcelerace
Rajhrad	11766	18–20	muž	H	PHV	4–4	decelerace
Rajhrad	11814	13	muž	G	akcelerace	3–3	PHV

Rajhrad	11817	11–12	muž	G	akcelerace	3–3–2	PHV
Rajhrad	11827	8	žena	F	prepuberta/nástup	2–3–2	akcelerace
Rajhrad	11836	12	žena	G	akcelerace	3–3	PHV
Rajhrad	11892	13	žena	G	akcelerace	3–3	PHV
Rajhrad	11898	16–18	žena	H	PHV	4–4–3	decelerace
Rajhrad	11921	12–13	žena	G	akcelerace	2–2	akcelerace
Rajhrad	11925	14	žena	H	PHV	3–3–3	PHV
Rajhrad	11932	8	žena	E	prepuberta/nástup	2–2–2	akcelerace
Rajhrad	11935	18–20	žena	H	PHV	5–4–4	decelerace
Rajhrad	11947	9–11	muž	F	prepuberta/nástup	2–1–1	prepuberta/nástup
Rajhrad	11963	11	žena	G	akcelerace	3–2–2	akcelerace
Rajhrad	11976	18–20	žena	H	PHV	5–5–5	postpuberta
Rajhrad	11999	15–16	žena	G	akcelerace	3–3–3	PHV
Rajhrad	12004	15–16	muž	H	PHV	3–3	PHV
Rajhrad	12041	10	žena	G	akcelerace	3–2–2	akcelerace
Rajhrad	12045	11	muž	G	akcelerace	2–2–3	akcelerace
Rajhrad	12068	16–18	muž	H	PHV	3–3–2	PHV
Rajhrad	12079	16	žena	H	PHV	5–3–3	PHV
Rajhrad	12088	15	žena	H	PHV	3–3–2	PHV
Rajhrad	12152	8–9	žena	F	prepuberta/nástup	2–2	akcelerace
Rajhrad	12165	9–10	muž	F	prepuberta/nástup	2–1–1	prepuberta/nástup
Rajhrad	12189	16–18	muž	H	PHV	3–2–3	PHV
Rajhrad	12202	11–12	žena	G	akcelerace	3–3–2	PHV
Rajhrad	12205	11–12	žena	G	akcelerace	3–2–2	akcelerace
Rajhrad	12215	18–20	žena	H	PHV	5–5–4	postpuberta

^a podle mineralizačních stádií Demirjian et al. (1973)

^b podle Shapland a Lewis (2013)

^c hodnocen druhý, třetí a čtvrtý krční obratel

^d podle Shapland a Lewis (2014)

9.2.1 Výsledky hodnocení puberty na základě mineralizace trvalého špičáku u dívek z lokality Mikulčice a Rajhrad

Na základě stádií mineralizace trvalého špičáku dolní čelisti je možno hodnotit prepubertu či začátek puberty a akcelerační fázi puberty.

Prepuberta/začátek puberty

Prepuberta/začátek puberty je charakterizována dosažením mineralizačního stádia F či nižšího. U dívek z lokality Mikulčice trvalo období prepuberty přibližně do 9.–10. roku (Tab. 7). U dívek z Rajhradu končila prepuberta okolo 8–9 let (Tab. 8).

Akcelerace

V akcelerační fázi puberty, charakterizované mineralizačním stádiem G, se dívky z Mikulčic nacházely mezi 10.–11. rokem (Tab. 7) a dívky z Rajhradu mezi 10.–13. rokem (Tab. 8).

PHV a vyšší

Období PHV a vyšší fáze puberty jsou charakterizovány dosažením mineralizačního stádia H. V Mikulčicích bylo tohoto stádia dosaženo v nejnižším věku 15 let a v Rajhradu ve 14 letech (Tab. 8).

Tab. 7 Hodnocení stupně mineralizace trvalého špičáku (C) dolní čelisti u dívek z Mikulčic

lokality	hrob	věk	pohlaví	stádium C ^a	fáze ⁿ
Mikulčice	424	7	žena	E	prepuberta/nástup
Mikulčice	538	9	žena	F	prepuberta/nástup
Mikulčice	16781	9–10	žena	F	prepuberta/nástup
Mikulčice	17102	8	žena	E	prepuberta/nástup
Mikulčice	17001	8	žena	E	prepuberta/nástup
Mikulčice	91a/IX	8–9	žena	F	prepuberta/nástup
Mikulčice	80/IX	10–11	žena	G	akcelerace
Mikulčice	468	20	žena	H	PHV
Mikulčice	696	15–16	žena	H	PHV
Mikulčice	1055	15	žena	H	PHV
Mikulčice	1129	16–17	žena	H	PHV
Mikulčice	1236	15–16	žena	H	PHV
Mikulčice	17058	15–16	žena	H	PHV
Mikulčice	17018	15–16	žena	H	PHV
Mikulčice	1/IV	15–16	žena	H	PHV
Mikulčice	100/VI	15–16	žena	H	PHV
Mikulčice	91b/IX	15	žena	H	PHV

^a podle mineralizačních stádií Demirjian et al. (1973)

^b podle Shapland a Lewis (2013)

Tab. 8 Hodnocení stupně mineralizace trvalého špičáku (C) dolní čelisti u dívek z Rajhradu

lokality	hrob	věk	pohlaví	stádium C ^a	fáze ^b
Rajhrad	11827	8	žena	F	prepuberta/nástup
Rajhrad	11932	8	žena	E	prepuberta/nástup
Rajhrad	12152	8–9	žena	F	prepuberta/nástup
Rajhrad	11706	11	žena	G	akcelerace
Rajhrad	11744	10	žena	G	akcelerace
Rajhrad	11836	12	žena	G	akcelerace
Rajhrad	11892	13	žena	G	akcelerace
Rajhrad	11921	12–13	žena	G	akcelerace
Rajhrad	11963	11	žena	G	akcelerace
Rajhrad	12041	10	žena	G	akcelerace
Rajhrad	12202	11–12	žena	G	akcelerace
Rajhrad	12205	11–12	žena	G	akcelerace
Rajhrad	11710	14	žena	H	PHV
Rajhrad	11739	15–16	žena	H	PHV
Rajhrad	11898	16–18	žena	H	PHV
Rajhrad	11925	14	žena	H	PHV
Rajhrad	11935	18–20	žena	H	PHV
Rajhrad	11976	18–20	žena	H	PHV
Rajhrad	12079	16	žena	H	PHV
Rajhrad	12088	15	žena	H	PHV
Rajhrad	12215	18–20	žena	H	PHV

^a podle mineralizačních stádií Demirjian et al. (1973)

^b podle Shapland a Lewis (2013)

9.2.2 Výsledky hodnocení puberty na základě maturace krčních obratlů u dívek z lokality Mikulčice a Rajhrad

Prepuberta/nástup

Prepuberta/nástup puberty je charakterizován dosažením maturačního stádia 1 krčních obratlů. Prepuberta končila u dívek z Mikulčic mezi 8.–9. rokem (Tab. 9). Z kosterního souboru z lokality Rajhrad nespádala žádná dívka podle maturace krčních obratlů do období prepuberty či nástupu puberty (Tab. 10).

Akcelerace

Akcelerační fáze puberty odpovídá maturaci krčních obratlů do stádia 2, kterého dívky z Mikulčic dosahovaly mezi 8. až 9.–10. rokem (Tab. 9) a dívky z Rajhradu mezi 8.–14. rokem (Tab. 10).

PHV

PHV je charakterizováno dosažením stádia 3 maturace krčních obratlů. Dívky z Mikulčic se nacházely v období okolo PHV mezi 10.–11. až 16.–17. rokem (Tab. 9), zatímco dívky z Rajhradu nejčastěji mezi 11–16 lety (Tab. 10).

Decelerace

V decelerační fázi puberty, charakterizované dosažením maturačního stádia 4 krčních obratlů, se nacházely dívky z Mikulčic mezi 15.–16. až 20. rokem (Tab. 9) a dívek z lokality Rajhrad mezi 16–20 lety (Tab. 10).

Postpuberta

Puberta končila u dívek Rajhradu mezi 18.–20. rokem (Tab. 10).

Tab. 9 Hodnocení puberty na základě maturace krčních obratlů (CV) u dívek z lokality Mikulčice podle metody Shapland a Lewis (2014)

lokalita	hrob	věk	pohlaví	stádia CV*	fáze
Mikulčice	424	7	žena	2-1-1	prepuberta/nástup
Mikulčice	91a/IX	8-9	žena	2-1-1	prepuberta/nástup
Mikulčice	538	9	žena	3-2-2	akcelerace
Mikulčice	16781	9-10	žena	2-2	akcelerace
Mikulčice	17102	8	žena	2-2-1	akcelerace
Mikulčice	17001	8	žena	2-2-2	akcelerace
Mikulčice	696	15-16	žena	3-3-2	PHV
Mikulčice	1055	15	žena	3-3-3	PHV
Mikulčice	1129	16-17	žena	4-3-3	PHV
Mikulčice	1236	15-16	žena	5-3-3	PHV
Mikulčice	17018	15-16	žena	3-3	PHV
Mikulčice	1/IV	15-16	žena	3-3-3	PHV
Mikulčice	80/IX	10-11	žena	3-3	PHV
Mikulčice	91b/IX	15	žena	3-3-3	PHV
Mikulčice	468	20	žena	5-4-4	decelerace
Mikulčice	17058	15-16	žena	4-4-3	decelerace
Mikulčice	100/VI	15-16	žena	4-4	decelerace

* druhý, třetí a čtvrtý krční obratel

Tab. 10 Hodnocení puberty na základě maturace krčních obratlů (CV) u dívek z lokality Rajhrad podle metody Shapland a Lewis (2014)

lokality	hrob	věk	pohlaví	stádia CV*	fáze
Rajhrad	11710	14	žena	2-2	akcelerace
Rajhrad	11744	10	žena	3-2-2	akcelerace
Rajhrad	11827	8	žena	2-3-2	akcelerace
Rajhrad	11921	12-13	žena	2-2	akcelerace
Rajhrad	11932	8	žena	2-2-2	akcelerace
Rajhrad	11963	11	žena	3-2-2	akcelerace
Rajhrad	12041	10	žena	3-2-2	akcelerace
Rajhrad	12152	8-9	žena	2-2	akcelerace
Rajhrad	12205	11-12	žena	3-2-2	akcelerace
Rajhrad	11706	11	žena	3-3-3	PHV
Rajhrad	11739	15-16	žena	3-3-3	PHV
Rajhrad	11836	12	žena	3-3	PHV
Rajhrad	11892	13	žena	3-3	PHV
Rajhrad	11925	14	žena	3-3-3	PHV
Rajhrad	12079	16	žena	5-3-3	PHV
Rajhrad	12088	15	žena	3-3-2	PHV
Rajhrad	12202	11-12	žena	3-3-2	PHV
Rajhrad	11898	16-18	žena	4-4-3	decelerace
Rajhrad	11935	18-20	žena	5-4-4	decelerace
Rajhrad	11976	18-20	žena	5-5-5	postpuberta
Rajhrad	12215	18-20	žena	5-5-4	postpuberta

* druhý, třetí a čtvrtý krční obratel

9.2.3 Výsledky hodnocení nástupu menarche u dívek z lokality Mikulčice a Rajhrad na základě mineralizace třenových zubů

Menarche je pozdním markerem ženské puberty, nastává po dosažení PHV, v decelerační fázi puberty (Marshall a Tanner, 1986). Období postmenarche je podle metody Lacoste Jeanson et al. (2016) charakterizováno mineralizačními stádii G a vyššími u obou třenových zubů (Demirjian et al., 1973) a stádii A½ či vyššími pro první třenový zub a stádiem R_c či vyššími pro druhý třenový zub (Moorrees et al., 1963). Nejnižší věk nástupu menarche byl u dívek z Mikulčic 15 let, všechny dívky ze souboru se po 15. roce nacházely v období postmenarche (Tab. 11). V Rajhradu se nástup první menstruace pohyboval okolo 13 let. Z lokality Rajhrad se v období premenarche nacházely dívky nejpozději ve věku 12–13 let (Tab. 12).

Tab. 11 Hodnocení premenarče a postmenarče u dívek z Mikulčic na základě stupně mineralizace prvního (P1) a druhého (P2) třenového zubu dolní čelisti podle mineralizačních stádií Dermirjian et al. (1973) a Moorrees et al. (1963)

lokalita	hrob	věk	pohlaví	Demirjian et al. (1973)			Moorrees et al. (1963)		
				P1	P2	menarče ^a	P1	P2	menarče ^a
Mikulčice	424	7	žena	D	D	pre-	Ri	Ri	pre-
Mikulčice	538	9	žena	E	E	pre-	R1/4	R1/4	pre-
Mikulčice	16781	9–10	žena	E	E	pre	R1/2	R1/2	pre-
Mikulčice	17102	8	žena	D	D	pre-	Crc	Crc	pre-
Mikulčice	17001	8	žena	E	D	pre-	Ri	Crc	pre-
Mikulčice	80/IX	10–11	žena	F	F	pre-	R1/2	R1/2	pre-
Mikulčice	91a/IX	8–9	žena	E	E	pre-	R1/2	R1/4	pre-
Mikulčice	468	20	žena	H	H	post-	Ac	Ac	post-
Mikulčice	696	15–16	žena	G	–	post-	A1/2	–*	post-
Mikulčice	1055	15	žena	H	G	post-	Ac	A1/2	post-
Mikulčice	1129	16–17	žena	H	G	post-	Ac	A1/2	post-
Mikulčice	1236	15–16	žena	H	H	post-	Ac	Ac	post-
Mikulčice	17058	15–16	žena	H	G	post-	A1/2	Rc	post-
Mikulčice	17018	15–16	žena	H	H	post-	Ac	Ac	post-
Mikulčice	1/IV	15–16	žena	H	H	post-	Ac	Ac	post-
Mikulčice	100/VI	15–16	žena	H	H	post-	Ac	Ac	post-
Mikulčice	91b/IX	15	žena	–	H	post-	–	Ac	post-

^a podle studie Lacoste Jeanson et al. (2016)

* zub chybí nebo nelze hodnotit

Tab. 12 Hodnocení premenarče a postmenarče u dívek z Rajhradu na základě stupně mineralizace prvního (P1) a druhého (P2) třenového zubu dolní čelisti podle mineralizačních stádií Dermirjian et al. (1973) a Moorrees et al. (1963).

lokalita	hrob	věk	pohlaví	Demirjian et al. (1973)			Moorrees et al. (1963)		
				P1	P2	menarče ^a	P1	P2	menarče ^a
Rajhrad	11706	11	žena	F	F	pre-	R _c	R _½	pre-
Rajhrad	11744	10	žena	F	E	pre-	R _¼	R _i	pre-
Rajhrad	11827	8	žena	E	E	pre-	R _¼	R _i	pre-
Rajhrad	11836	12	žena	F	F	pre-	R _c	R _¾	pre-
Rajhrad	11921	12–13	žena	F	F	pre-	R _½	R _½	pre-
Rajhrad	11932	8	žena	E	E	pre-	R _i	Cr _c	pre-
Rajhrad	11963	11	žena	–*	F	pre-	–	R _¼	pre-
Rajhrad	12041	10	žena	F	E	pre-	R _¾	R _½	pre-
Rajhrad	12152	8–9	žena	E	E	pre-	R _¼	R _¼	pre-
Rajhrad	12202	11–12	žena	F	F	pre-	R _¾	R _¾	pre-
Rajhrad	12205	11–12	žena	F	F	pre-	R _¾	R _¾	pre-
Rajhrad	11710	14	žena	G	G	post-	A _½	R _c	post-
Rajhrad	11739	15–16	žena	H	H	post-	A _c	A _c	post-
Rajhrad	11892	13	žena	G	G	post-	A _½	R _c	post-
Rajhrad	11898	16–18	žena	H	G	post-	A _c	A _½	post-
Rajhrad	11925	14	žena	H	H	post-	A _c	A _c	post-
Rajhrad	11935	18–20	žena	H	H	post-	A _c	A _c	post-
Rajhrad	11976	18–20	žena	–	H	post-	–	A _c	post-
Rajhrad	12079	16	žena	H	H	post-	A _c	A _c	post-
Rajhrad	12088	15	žena	G	G	post-	A _½	A _½	post-
Rajhrad	12215	18–20	žena	H	H	post-	A _c	A _c	post-

^a podle studie Lacoste Jeanson et al. (2016)

* zub chybí nebo nelze hodnotit

9.2.4 Výsledky hodnocení puberty na základě mineralizace trvalého špičáku u chlapců z lokality Mikulčice a Rajhrad

Na základě stádií mineralizace trvalého špičáku dolní čelisti je možno hodnotit prepubertu či začátek puberty a akcelerační fázi puberty.

Prepuberta/nástup puberty

Období prepuberty, charakterizované dosažením stádia F, trvala u chlapců z Mikulčic do 10–11 let (Tab. 13) a u chlapců z Rajhradu do 9.–11. roku (Tab. 14).

Akcelerace

Na základě mineralizace trvalého špičáku dolní čelisti (stádium G) trvala akcelerační fáze puberty u chlapců z Mikulčic od 12–13 do 15–16 let (Tab. 13) a u chlapců z Rajhradu od 11 do 13 let (Tab. 14).

PHV a vyšší

Období PHV a vyšší fáze puberty, charakterizovány dosažením mineralizačního stádia H, dosahovali chlapci v Mikulčicích od 13–14 let (Tab. 13) a v Rajhradu od 15. roku (Tab. 14).

Tab. 13 Hodnocení stupně mineralizace trvalého špičáku (C) dolní čelisti u chlapců z Mikulčic

lokality	hrob	věk	pohlaví	stupeň C ^a	fáze ^b
Mikulčice	1124	10–11	muž	F	prepuberta/nástup
Mikulčice	720	15–16	muž	G	akcelerace
Mikulčice	1522	15–16	muž	G	akcelerace
Mikulčice	17126	12–13	muž	G	akcelerace
Mikulčice	33/IV	13–14	muž	G	akcelerace
Mikulčice	155/VI	15	muž	G	akcelerace
Mikulčice	45/IX	13–14	muž	G	akcelerace
Mikulčice	65	15	muž	H	PHV
Mikulčice	444	15–17	muž	H	PHV
Mikulčice	785	17–18	muž	H	PHV
Mikulčice	1144	15–16	muž	H	PHV
Mikulčice	1465	13–14	muž	H	PHV
Mikulčice	1467	15–17	muž	H	PHV
Mikulčice	1529	15–17	muž	H	PHV

^a podle mineralizačních stádií Demirjian et al. (1973)

^b podle Shapland a Lewis (2013)

Tab. 14 Hodnocení stupně mineralizace trvalého špičáku (C) dolní čelisti u chlapců z Rajhradu

lokality	hrob	věk	pohlaví	stádium ^a	fáze ^b
Rajhrad	11704	8	muž	F	prepuberta/nástup
Rajhrad	11736	8	muž	E	prepuberta/nástup
Rajhrad	11947	9–11	muž	F	prepuberta/nástup
Rajhrad	12165	9–10	muž	F	prepuberta/nástup
Rajhrad	11814	13	muž	G	akcelerace
Rajhrad	11817	11–12	muž	G	akcelerace
Rajhrad	12045	11	muž	G	akcelerace
Rajhrad	11679	16	muž	H	PHV
Rajhrad	11728	15	muž	H	PHV
Rajhrad	11766	18–20	muž	H	PHV
Rajhrad	12004	15–16	muž	H	PHV
Rajhrad	12068	16–18	muž	H	PHV
Rajhrad	12189	16–18	muž	H	PHV

^a podle mineralizačních stádií Demirjian et al. (1973)

^b podle Shapland a Lewis (2013)

9.2.5 Výsledky hodnocení puberty na základě maturace krčních obratlů u chlapců z lokality Mikulčice a Rajhrad

Prepuberta/nástup

Období prepuberty, charakterizované maturací krčních obratlů ve stádiu 1, trvalo u chlapců z Mikulčic do 10.–11. roku (Tab. 15) a v lokalitě Rajhrad do 9.–11. roku (Tab. 16).

Akcelerace

V akcelerační fázi puberty, charakterizované stádiem 2, se chlapci z Mikulčic nacházeli mezi 13.–14. rokem (Tab. 15), oproti tomu chlapci z Rajhradu již od 11 roku (Tab. 16).

PHV

Maturačního stádia 3, charakteristického pro období PHV, dosahovali chlapci z Mikulčic mezi 12.–13. až 15.–17. rokem (Tab. 15), chlapci z Rajhradu do toho období spadali již od 11–12 let až do 16.–18. roku (Tab. 16).

Decelerace

Chlapci z Mikulčic se v decelerační fázi puberty (stádium 4) nacházeli mezi 15.–17. a 17.–18. rokem života (Tab. 15). Chlapci z Rajhradu ve věkovém intervalu 16 až 18–20 let (Tab. 16).

Postpuberta

Pro období postpuberty je charakteristické dosažení stádia 5 maturace krčních obratlů. Žádný jedinec z obou lokalit nespadal stupněm maturace krčních obratlů do tohoto období (Tab. 15 a Tab. 16).

Tab. 15 Hodnocení puberty na základě maturace krčních obratlů u chlapců z lokality Mikulčice podle metody Shapland a Lewis (2014)

lokality	hrob	věk	pohlaví	stádia CV	fáze
Mikulčice	1124	10–11	muž	2–1–1	prepuberta/nástup
Mikulčice	45/IX	13–14	muž	2–2	akcelerace
Mikulčice	65	15	muž	3–3–3	PHV
Mikulčice	720	15–16	muž	3–3–2	PHV
Mikulčice	1144	15–16	muž	3–3–3	PHV
Mikulčice	1465	13–14	muž	3–2–3	PHV
Mikulčice	1522	15–16	muž	4–3–3	PHV
Mikulčice	1529	15–17	muž	3–3	PHV
Mikulčice	17126	12–13	muž	3–3	PHV
Mikulčice	33/IV	13–14	muž	3–3–3	PHV
Mikulčice	155/VI	15	muž	3–3–2	PHV
Mikulčice	444	15–17	muž	5–4–4	decelerace
Mikulčice	785	17–18	muž	5–4–4	decelerace
Mikulčice	1467	15–17	muž	5–4–4	decelerace

* druhý, třetí a čtvrtý krční obratel

Tab. 16 Hodnocení puberty na základě maturace krčních obratlů u chlapců z lokality Rajhrad podle metody Shapland a Lewis (2014)

lokality	hrob	věk	pohlaví	stádia CV*	fáze
Rajhrad	11704	8	muž	2–1–1	prepuberta/nástup
Rajhrad	11736	8	muž	2–1–1	prepuberta/nástup
Rajhrad	11947	9–11	muž	2–1–1	prepuberta/nástup
Rajhrad	12165	9–10	muž	2–1–1	prepuberta/nástup
Rajhrad	12045	11	muž	2–2–3	akcelerace
Rajhrad	11728	15	muž	4–3–3	PHV
Rajhrad	11814	13	muž	3–3	PHV
Rajhrad	11817	11–12	muž	3–3–2	PHV
Rajhrad	12004	15–16	muž	3–3	PHV
Rajhrad	12068	16–18	muž	3–3–2	PHV
Rajhrad	12189	16–18	muž	3–2–3	PHV
Rajhrad	11679	16	muž	4–4–4	decelerace
Rajhrad	11766	18–20	muž	4–4	decelerace

* druhý, třetí a čtvrtý krční obratel

9.2.6 Porovnání nástupu a průběhu puberty mezi dívkami z lokality Mikulčice a Rajhrad

Podle stupně mineralizace trvalého špičáku dolní čelisti

Prepuberta končila u dívek z Mikulčic okolo 9–10 let, tedy o 1 rok později než u dívek z Rajhradu (8–9 let). Do akcelerační fáze puberty vstupovaly dívky z obou lokalit ve shodném věku 10 let a trvala u dívek z Rajhradu o 2 roky déle (Tab. 17).

Tab. 17 Věkové rozmezí prepuberty a jednotlivých fází puberty hodnocených na základě mineralizace trvalého špičáku u dívek z lokality Mikulčice a Rajhrad

lokality	prepuberta/nástup	akcelerace
Mikulčice	do 9–10 let	10–11 let
Rajhrad	do 8–9 let	10–13 let

Podle stupně maturace krčních obratlů a mineralizace třenových zubů dolní čelisti

Prepuberta končila u dívek z Mikulčic okolo 8.–9. roku, v lokalitě Rajhrad období prepuberty nebylo možné hodnotit, jelikož žádný jedinec ženského pohlaví nespadal stupněm maturace krčních obratlů do tohoto období. Akcelerační fáze puberty začínala u dívek z obou lokalit ve shodném věku 8 let a trvala až o 3 roky déle u dívek z Rajhradu. PHV dosahovaly dívky z Mikulčic i z Rajhradu v podobném věku, dívky z Mikulčic ve věkovém intervalu 10–11 let až 16–17 let a dívky z Rajhradu mezi 11 až 16 lety. Menarche, hodnocena podle mineralizace prvního a druhého třenového zubu dolní čelisti, nastupovala v lokalitě Mikulčice o 2 roky později (15 let) než v lokalitě Rajhrad (13 let). Tento posun menarche do pozdějšího věku u dívek z Mikulčic je s největší pravděpodobností způsoben chybějícími jedinci ženského pohlaví v kosterním souboru ve věku mezi 11 a 15 lety. V deceleračním stádiu puberty se pohybovaly dívky z Mikulčic a z Rajhradu v podobném věku – mezi 15.–16 až 20. rokem v Mikulčicích a 16.–20. rokem v Rajhradu. Období postpuberty nastalo u dívek z Rajhradu ve věku 18–20 let (Tab. 18).

Tab. 18 Věkové rozmezí prepuberty a jednotlivých fází puberty hodnocených na základě maturace obratlů a mineralizace třenových zubů u dívek z lokality Mikulčice a Rajhrad

lokality	prepuberta	akcelerace	PHV	menarche	decelerace	postpuberta
Mikulčice	do 8–9 let	8 až 9–10 let	10–11 až 16–17 let	15 let	15–16 až 20 let	–
Rajhrad	–	8–14 let	11–16 let	13 let	16–20 let	18–20 let

9.2.7 Porovnání nástupu a průběhu puberty dívek a chlapců v rámci lokality Mikulčice

Podle stupně mineralizace trvalého špičáku dolní čelisti

U dívek z Mikulčic končila prepuberta až o 1 rok dříve, mezi 9.–10. rokem, než u chlapců (10.–11. rok). Akcelerační fáze puberty začínala dříve u dívek než u chlapců, ve věku 10–11 let, tedy o 1 až 2 roky dříve než u chlapců, u kterých měla až o 4–5 let delší trvání (Tab. 19).

Tab. 19 Věkové rozmezí prepuberty a jednotlivých fází puberty hodnocených na základě mineralizace trvalého špičáku u dívek a chlapců z lokality Mikulčice

Mikulčice	prepuberta/nástup	akcelerace
dívky	do 9–10 let	10–11 let
chlapci	do 10–11 let	12–13 až 15–16 let

Podle stupně maturace krčních obratlů

Prepuberta trvala u dívek do 8–9 let a akcelerace růstu začínala od 8. roku a končila okolo 11 let. Chlapci měli delší prepubertální období (do 10–11 let) a v akcelerační fázi puberty se nacházeli až ve 13–14 letech. PHV dosahovaly dříve dívky (10–11 let), zatímco chlapci za nimi zaostávali o 1 až 2 roky. Období decelerace pubertálního růstu nastalo u dívek i chlapců ve stejném věku 15 let. Ve fázi postpuberty se nenacházel žádný jedinec (Tab. 20).

Tab. 20 Věkové rozmezí prepuberty a jednotlivých fází puberty hodnocených na základě maturace druhého, třetího a čtvrtého obratle u dívek a chlapců z lokality Mikulčice

Mikulčice	prepuberta	akcelerace	PHV	decelerace	postpuberta
dívky	do 8–9 let	8 až 9–10 let	10–11 až 16–17 let	15–16 až 20 let	–
chlapci	do 10–11 let	13–14 let	12–13 až 15–17 let	15–17 až 17–18 let	–

9.2.8 Porovnání nástupu a průběhu puberty dívek a chlapců v rámci lokality Rajhrad

Podle stupně mineralizace špičáku dolní čelisti

Období prepuberty trvalo u dívek z lokality Rajhrad do 8–9 let, zatímco u chlapců až do 9.–11. roku. Stejně tak akcelerační fáze růstu začínala u dívek o 1 rok dříve než u chlapců, a končila u obou pohlaví okolo 13 let (15 let) (Tab. 21).

Tab. 21 Věkové rozmezí prepuberty a jednotlivých fází puberty hodnocených na základě mineralizace trvalého špičáku u dívek a chlapců z lokality Rajhrad

Rajhrad	prepuberta/nástup	akcelerace
dívky	do 8–9 let	10–13 let
chlapci	do 9–11 let	11–13 let

Podle stupně maturace krčních obratlů

Prepuberta trvala v lokalitě Rajhrad do 9–11 let u chlapců, na základě hodnocení maturace krčních obratlů nespádala žádná dívka do období prepuberty. Akcelerační fáze puberty nastala u dívek v 8 letech, u chlapců o 3 roky později. Období PHV nastalo u obou pohlaví ve stejném věku 11 let, u dívek končilo až o dva roky dříve než u chlapců (18 let). Decelerační fáze puberty, která nastává po dosažení PHV, se shodovala u obou pohlaví a trvala od 16 do 20 let. Konec puberty u dívek nastal mezi 18.–20. rokem (Tab. 22).

Tab. 22 Věkové rozmezí prepuberty a jednotlivých fází puberty hodnocených na základě maturace druhého, třetího a čtvrtého obratle u dívek a chlapců z lokality Rajhrad

Rajhrad	prepuberta	akcelerace	PHV	decelerace	postpuberta
dívky	–	8–14 let	11–16 let	16–20 let	18–20 let
chlapci	do 9–11 let	od 11 let	11–12 až 16–18 let	16 až 18–20 let	–

9.2.9 Syntéza získaných výsledků

Metody pro odhad nástupu a průběh puberty založené na mineralizaci špičáku dolní čelisti a maturaci krčních obratlů byly vyhodnoceny zvlášť, a to z toho důvodu, že jednotlivce řadily ve více případech do odlišných fází puberty (maximálně však o jednu fázi). Platí, že metoda založená na maturaci krčních obratlů zařazovala jedince do fází stejných či vyšších než metoda podle mineralizace trvalého špičáku. To je pochopitelné ve vyšších stádiích puberty, po dosažení PHV dále, jelikož uplatnění metody založené na mineralizaci špičáku je pouze pro období prepuberty či nástupu puberty a akcelerační fáze puberty.

Ze získaných výsledků obou metod vyplývá, že se věkový interval pro prepubertu a akcelerační fázi puberty neliší o více než 1–2 roky. To znamená, že rozmezí věku ohraničující prepubertu a akcelerační fázi puberty v jednotlivých populacích, získané aplikací obou metod, nevykazuje velké rozdíly a je možné interpretovat získané výsledky z obou metod dohromady (Tab. 23 a Tab. 24). Následná interpretace těchto celkových výsledků bude v souvislosti s cíli práce součástí Diskuze.

Tab. 23 Syntéza výsledků obou metod (mineralizace trvalého špičáku dolní čelisti a maturace krčních obratlů) a výsledky mineralizace třenových zubů pro odhad nástupu menarche u dívek z lokality Mikulčice a Rajhrad

lokality	prepuberta	akcelerace	PHV	menarche	decelerace	postpuberta
Mikulčice	do 8–9 let	8 až 10–11 let	10–11 až 16–17 let	15 let	15–16 až 20 let	–
Rajhrad	do 8–9 let	8 až 14 let	11–16 let	13 let	16–20 let	18–20 let

Tab. 24 Syntéza výsledků obou metod (mineralizace trvalého špičáku dolní čelisti a maturace krčních obratlů) u chlapců z lokality Mikulčice a Rajhrad

lokality	prepuberta	akcelerace	PHV	decelerace	postpuberta
Mikulčice	do 10–11 let	12–13 až 15–16 let	12–13 až 15–17 let	15–17 až 17–18 let	–
Rajhrad	do 9–11 let	11–13 let	11–12 až 16–18 let	16 až 18–20 let	–

10 DISKUZE

Tato diplomová práce si kladla za cíl odhadnout věk nástupu puberty a chronologii puberty u jedinců z vybraných lokalit Velké Moravy z 9.–11. století. Z celkových výsledků, které jsou syntézou metod založených na mineralizaci trvalého špičáku a maturaci krčních obratlů, vyplývá, že období prepuberty končilo u dívek z Mikulčic a Rajhradu ve stejném věku, a to zhruba v 8.–9. letech. Do akcelerační fáze puberty vstupovaly dívky z obou lokalit ve stejném věku (8 let) a tato fáze trvala téměř o 3 roky déle u dívek z Rajhradu. PHV dosahovaly dívky z obou lokalit přibližně ve stejném věku 10–11 let. Rozdíl mezi lokalitami je patrný v nástupu menarche, hodnocené na základě mineralizace třenových zubů, kdy u dívek z Mikulčic byl zpožděn její nástup až o 2 roky (15 let) oproti dívkám z Rajhradu (13 let). Tento rozdíl může být způsoben tím, že v kosterním souboru z lokality Mikulčice chybí zastoupení dívek od 11 do 15 let. Z tohoto důvodu nelze s jistotou říci, zda se dívky v tomto věkovém rozmezí nevyskytovaly v lokalitě Mikulčice již v období postmenarche. Do decelerační fáze puberty vstupovaly dívky z obou lokalit taktéž v podobném věku 15–16 let. Tyto výsledky vykazující téměř nulové rozdíly v načasování puberty mezi dívkami z různých lokalit velkomoravské společnosti, čímž nepotvrzují naši hypotézu o rozdílném načasování vývoje dívek z lokalit s odlišnou socioekonomickou úrovní. Nejenže se podle našich výsledků nástup puberty shodoval, ale dokonce byl nástup menarche v lokalitě Mikulčice zpožděn. Ovšem, jak bylo zmíněno výše, můžeme předpokládat, že tento výsledek je ovlivněn absencí mikulčických dívek ve věku 11–15 let v našem kosterním souboru.

Při porovnání načasování puberty mezi dívkami a chlapci v rámci každé lokality vyplývá, že nástup puberty nastal dříve u dívek než u chlapců a to v obou lokalitách. Prepuberta končila dříve u dívek, které také dříve vstupovaly do akcelerační fáze puberty. Pozdější fáze puberty nastaly u obou pohlaví ve stejném nebo podobném věku. Konkrétně v lokalitě Mikulčice měli chlapci o 1 až 2 roky delší období prepuberty (do 10–11 let) oproti dívkám (8–9 let). PHV dosahovaly dívky také o 2 roky dříve a do období decelerace vstupovaly v podobném věku jako chlapci. V lokalitě Rajhrad končila prepuberta u dívek taktéž o 1–2 roky dříve než u chlapců, avšak PHV dosahovali

obě pohlaví v podobném věku 11–12 let a ve stejném věku (16 let) také vstupovali do období decelerace. Na základě našich výsledků lze potvrdit hypotézu o rozdílném načasování nástupu puberty a dosažení PHV mezi oběma pohlavími. Tento závěr je v souladu s informacemi o odlišném fyziologickém vývoji a načasování puberty mezi oběma pohlavími, které jsou známé z dnešní populace (Marshall a Tanner, 1986; Hauspie, 2002). Z našich výsledků vyplývá, že konec prepuberty a vstup do akcelerační fáze puberty nastal u dívek z obou lokalit v nižším věku než u chlapců. Stejně tak PHV dosahovaly dříve dívky než chlapci v lokalitě Mikulčice, výjimkou je dosažení PHV v lokalitě Rajhrad, kterého bylo dosaženo ve stejném věku 11–12 let u obou pohlaví.

Podle informací získaných z výzkumu puberty u evropských dospívajících ze současné Evropy vyplývá, že puberta nastupuje u dívek okolo 10. roku a u chlapců okolo 12. roku života (Aksglaede et al., 2008). K podobným výsledkům jsme došli také v naší studii z raně středověké populace Velké Moravy. Všechny dívky nad 10–11 let a chlapci nad 12 let se nacházeli v období puberty a všechny dívky mladší 10 let a chlapci mladší 12 let v období prepuberty. Tento závěr potvrzuje naši hypotézu předpokládající nástup puberty v raně středověké populaci v podobném věku jako v populaci současné. Rozdíly v načasování pubertálního vývoje mezi současnou a raně středověkou populací můžeme nalézt ve vyšších fázích puberty. PHV nastává dle dnešního modelu přibližně 2 roky po nástupu puberty, tedy ve 12 letech u dívek a 14 letech u chlapců, a konečné maturace spojené s koncem puberty, mezi 13.–17. rokem u dívek a 15.–18. rokem u chlapců (Hägg a Taranger, 1982). Z informací, získaných z lokality Mikulčice o dosahování PHV u dívek, nelze vyvozovat žádné závěry, jelikož, jak již bylo výše zmíněno, se v kosterním souboru z této lokality nenacházely jedinci ženského pohlaví mezi 11 a 15 lety, což mohlo značně zkreslit výsledek. V lokalitě Rajhrad dívky dosahovaly PHV v různém věku, a to v rozmezí od 11 až do 15–16 let. U chlapců v obou lokalitách bylo nejčastěji PHV dosaženo mezi 15–18 rokem (cca 67%), což značí posun PHV u raně středověkých chlapců do období konce pubertálního vývoje u dnešních chlapců (Hägg a Taranger, 1982). Stejně tak se v naší studii nacházeli dívky a chlapci z obou lokalit v období decelerace ještě v 18–20 letech. Konec puberty byl zaznamenán pouze v lokalitě Rajhrad (mezi 18. a 20. rokem u dívek) a překrýval se s decelerační fází puberty ostatních jedinců.

Naše výsledky o načasování pubertálního vývoje u raně středověké populace Velké Moravy korelují s výsledky ze studie Lewis et al. (2015), kteří se zaměřili na zkoumání puberty u dospívajících ze středověké Anglie. Podle jejich výsledků vstupovali středověcí jedinci do období puberty ve stejném věku (10–12 let) jako současní dospívající, ale pozdější fáze puberty byly posunuty do pozdějšího věku a celkové období puberty bylo oproti dnešku prodlouženo – chlapci se nacházeli v decelerační fázi puberty ještě kolem 20. roku života (Lewis et al., 2015). Podle uvedené studie dosahovaly dívky z období středověku nástupu menarche až o 3 roky později (15 let) než dívky z recentní anglické populace (12 let). To mohlo být způsobeno nevhodně zvolenými metodami pro odhad pohlaví, kvůli kterým se mohli do souboru dívek dostat také jedinci mužského pohlaví, kteří mají oproti dívkám posunutě načasování puberty do pozdějšího věku (Tanner, 1962). Použité metody pro odhad pohlaví jsou rozebírány v následující kapitole. V naší studii se věk nástupu menarche mohl hodnotit pouze v lokalitě Rajhrad, kde byl zaznamenán nejdříve ve 13 letech a dívky se v období premenarche nacházely nejpozději ve věku 12–13 let, což se blíží věku nástupu menarche u dnešních dívek.

10.1 Limity výzkumu a použitých metod

Stupeň zachovalosti kosterních pozůstatků dětí a nedospělých jedinců je menší než zachovalost koster jedinců dospělých (Scheuer a Black, 2000; Mays, 2002). Tato skutečnost platila i v případě našeho výzkumu, kdy z velkého množství nedospělých jedinců z vybraných lokalit Velké Moravy mohla být pro výzkum použita poměrně malá část těchto jedinců, kteří měli zachovalé specifické ukazatele kostry potřebné pro náš výzkum (špičák, třenové zuby, první a druhou stoličku dolní čelisti a krční obratle). Z toho důvodu nebylo dostatečné zastoupení jedinců ve všech věkových kategoriích. Například v lokalitě Mikulčice chyběly dívky ve věku od 11 do 15 let, což mohlo ovlivnit výsledky výzkumu, konkrétně dosažení PHV a nástup menarche u dívek z Mikulčic.

Vzhledem k významným rozdílům v načasování a povaze růstu pubertálního růstového spurtu u mužů a žen (Tanner, 1962), bylo potřeba odhadnout pohlaví. Hodnocení pohlaví u nedospělých jedinců je mimořádně problematické (Sutter, 2003), avšak v případě hodnocení puberty zcela nezbytné (Parent et al., 2003). Použitím

stejných metod pro odhad pohlaví jako ve studiích Shapland a Lewis (2013, 2014) a Lewis et al. (2015) bychom opakovali stejné metodologické chyby: metoda Buikstra a Ubelaker (1994), založená na hodnocení kosti stydké a velkého sedacího zářezu, je použitelná pouze u dospělých jedinců; metoda Schutkowski (1993), založená na hodnocení velkého sedacího zářezu, je aplikovatelná pouze u nedospělých jedinců od 0 do 5 let věku, metoda Weaver (1980) je použitelná pouze u plodů a jedinců do 6 měsíců po narození a metoda Bass (2005) není spolehlivá kvůli populační specifitě.

V naší studii jsme tedy pro odhad pohlaví použili metodu Cardoso (2008) založenou na rozměrech zubních korunek stálých zubů, které se podle výsledků mnoha studií liší mezi jedinci mužského a ženského pohlaví. Stálé zuby nedospělých jedinců jsou vytvořeny s velikostí zubů dospělého člověka a jejich dimorfní morfologický charakter zůstává v průběhu času nezměněn (Rösing, 1983). Především rozměry trvalého špičáku vykazují největší míru pohlavního dimorfismu a přiřazení pohlaví na základě daného zubu by mělo být až s 80% spolehlivostí. Toto procento přiřazení jedinců ke správnému pohlaví je podobné nebo vyšší než procento přiřazení správného pohlaví na základě morfologických metod (Sutter, 2003). Stejně tak druhá stolička dolní čelisti stálé dentice vykazuje míru pohlavního dimorfismu blížící se 80 %, především bukolinguální rozměr korunky (Cardoso, 2008). První stolička dolní čelisti byla vybrána kvůli pohlavnímu dimorfismu, a jelikož se jedná o první prořezávající se zub stálé dentice (6.–8. rok), mohla být použita pro naměření potřebných rozměrů u nejmladších jedinců souboru. Podmínkou pro odhad pohlaví u nedospělých jedinců bylo naměření stejných rozměrů zubů u dospělých jedinců ze stejné populace, kteří měli pohlaví odhadnuté z pánevní kosti. Pohlavní dimorfismus trvalého špičáku a první a druhé stoličky byl potvrzen výsledky mnoha studií (Moorrees et al., 1957; Garn et al., 1964; Ghose a Baghdady, 1979; Rösing, 1983; Hattab et al., 1997; Lund, 1999; Pettenati-Soubayroux et al., 2002; Iscan a Kedici, 2003; Karaman, 2006; Acharya a Mainali, 2007; Cardoso, 2008; Pereira et al., 2010; Hassett, 2011; Zorba et al., 2011; Viciano et al., 2013). U šesti nedospělých jedinců se srostlou pánevní kostí v acetabulu, u kterých bylo navíc odhadnuto pohlaví primární pohlavní diagnózou podle metody

Brůžek (2002), se výsledky primární a sekundární pohlavní diagnózy, založené na rozměrech stálých zubů, shodovaly.

10.1.1 Metody spojené s hodnocením puberty

Ve studii Lewis et al. (2015) byly použity v souvislosti s hodnocením puberty ještě další osteologické ukazatele – tvorba háku na os hamatum, přirůstání epifýzy článků prstů a přirůstání epifýzy distálního konce vřetenní kosti. Problémem je, že se takto malé kosti jako je os hamatum v kosterních nálezech příliš nezachovávají (Baker et al., 2005), stejně tomu bylo v našem kosterním souboru. Navíc samotná identifikace nedospělé, ne zcela osifikované, kosti představuje velmi obtížný úkol (Baker et al., 2005). Podobně články prstů vykazují malou zachovalost, navíc hodnocení osifikace či přirůstání epifýz je značně problematické, jelikož osifikované, ale nepřirostlé epifýzy bývají v kosterním souboru jen zřídka nalezeny a jejich absenci nelze brát jako důkaz o tom, že osifikace nebylo dosaženo (Shapland a Lewis, 2013). Tuto skutečnost jsme si ověřili při hodnocení osifikace hřebene kosti kyčelní, kdy v celém kosterním souboru byla nalezena pouze jedna jediná pánevní kost se zchovalou epifýzou hřebene kosti kyčelní ve stádiu, která přirůstala ke kosti kyčelní.

Při hodnocení stupně maturace krčních obratlů bylo u některých jedinců (17 %) dosahováno odlišného stupně maturace jednotlivých obratlů. Navíc při absenci některého obratle bylo obtížné určit, o jaký obratel se v souvislosti s jeho pořadím jedná. V některých případech se stupeň maturace lišil dokonce u každého ze tří obratlů a nebylo tak možné stanovit konečné stádium maturace a s ním spojenou fázi puberty. Tito jedinci proto nebyli do následného výzkumu puberty zařazeni. O tomto problému se autoři metody zmiňují pouze v souvislosti s druhým krčním obratlem, u kterého může být ztíženo určení stupně maturace z důvodu odlišné stavby obratle (Shapland a Lewis, 2014). Stejně tak mohly být rozdíly v maturaci mezi krčními obratli způsobeny ne zcela jasnými hranicemi mezi jednotlivými stádii maturace, minimálními popisy jednotlivých stádií či nekvalitními fotografiemi zobrazujícími stupeň maturace ve studii Shapland a Lewis (2014). Určitou míru chybovosti nelze vyloučit ani na straně autora výzkumu, jelikož přiřazení stupně maturace jednotlivému obratli bylo zcela závislé na jeho individuálním posouzení.

V souvislosti s odhadem nástupu menarche podle metody Lacoste Jeanson et al. (2016), založené na stupni mineralizace třenových zubů dolní čelisti za použití popisu mineralizačních stádií zubů Demirjian et al. (1973) a Moorrees et al. (1963), se výsledek zařazení jedince ženského pohlaví do období premenarche či postmenarche shodoval ve všech případech.

10.2 Použité metody z pohledu jiných autorů

Mezi použité metody v rámci našeho výzkumu patřily metody Shapland a Lewis (2013, 2014) které zkoumaly nástup a průběh puberty u středověké anglické populace. Tyto metody však nebyly nikdy aplikovány na recentní populaci, tedy na jedince známého věku a se známým stavem puberty. Jako reakce na tento nedostatek vznikla metoda Lacoste Jeanson et al. (2016), která se zaměřila na průběh puberty u dívek, přesněji na odhad nástupu menarche na základě mineralizace třenových zubů dolní čelisti. Tato metoda byla, na rozdíl od metod Shapland a Lewis (2013, 2014), vytvořena na vzorku dívek recentní francouzské populace, u nichž byl znám věk nástupu první menstruace. Podle výsledků studie má tato metoda spolehlivost odhadu 92 % podle mineralizačních stádií Demirjian et al. (1973) a 77 % podle mineralizačních stádií Moorrees et al. (1963).

Podle výsledků studie Fisk et al. (2017), testující kosterní a dentální ukazatele související s nástupem menarche, patří mezi nejlepší indikátory menarche právě mineralizace druhého třenového zubu a přirůstání epifyzy distálního konce vřetenní kosti. Limitací těchto ukazatelů je, že výrazně korelují s menarche až v posledních stádiích svého vývoje. Autoři navrhují, že možným kandidátem pro posouzení menarcheálního stavu by mohl být vývoj třetí stoličky, který probíhá až do pozdějšího věku jedince (Fisk et al., 2017).

Studie Henderson a Padez (2016), která jako první aplikovala metody Shapland a Lewis (2013, 2014) na vzorku jedinců známého věku z lokality Coimbra v Portugalsku, potvrdila korelaci získaných výsledků podle těchto metod se známými daty zkoumaných dívek. Autoři však upozornili na asymetrii vývoje mezi levou a pravou

stranou kostry, kdy hlavně ve vyšších fázích puberty byli někteří jedinci na základě vývoje levé strany kostry zařazeni do vyšších fází než podle vývoje pravé strany. Věk nástupu menarche podle osifikace hřebenu kosti kyčelní byl podle výsledků konzistentní, ale poněkud vyšší než se předpokládalo podle historických dat z počátku 20. století.

Jedním z významných omezení bioarcheologických výzkumů pubertálního vývoje je tzv. selektivní mortalita (Wood et al., 1992), kdy jedinci s menší odolností vůči stresorům okolního prostředí, například nemocem či špatné výživě, umírají dříve než jedinci stresu odolní. Tito "nepřeživší" (Wood et al., 1992), pak mohou v důsledku působení těchto vlivů vykazovat v souvislosti s pubertou zpoždění pubertálního vývoje oproti ostatním jedincům (DeWitte a Stojanowski, 2015) a nemohou být reprezentativními vzorky charakterizující celou populaci. Tato selektivní mortalita může do jisté míry ovlivnit a omezit srovnání načasování pubertálního vývoje mezi minulými a současnými populacemi (Arthur et al., 2016). Vždy je potřeba mít na paměti, že jak puberta, tak i celkový vývoj skeletu jedince, jsou paralelně regulovány nutričními, genetickými a endokrinními faktory (Flor-Cisneros et al., 2006).

11 ZÁVĚR

Tato práce představuje první pokus o zmapování pubertálního vývoje u raně středověké populace Velké Moravy 9.–11. století. Práce byla založena na hodnocení puberty u 66 jedinců z lokality Mikulčice a Rajhrad na základě maturace kostry a mineralizace dentice. Výzkum byl cílen na odhad věku nástupu puberty a jejího průběhu v uvedených lokalitách, na porovnání nástupu puberty a menarche u dívek s odlišným socioekonomickým statusem a na porovnání načasování puberty mezi dívkami a chlapci v rámci jednotlivých lokalit Velké Moravy.

Výsledky studie nepotvrdily odlišné načasování puberty u dívek pocházejících z lokalit s odlišnou socioekonomickou úrovní. Naopak u nich byla zjištěna shoda ve věku nástupu puberty, dosažení vrcholu pubertálního růstu (PHV) i vstupu do decelerační fáze puberty. Jediný rozdíl představoval věk nástupu první menstruace, který byl u dívek z Mikulčic zpožděn až o 2 roky oproti dívkám z Rajhradu, kde byl zaznamenán ve věku 13 let. Posun nástupu menarche v lokalitě Mikulčice může být způsoben absencí jedinců ženského pohlaví mezi 11. a 15. rokem ve zkoumaném kosterním souboru z této lokality. Z tohoto důvodu nelze ze získaných výsledků vyvozovat žádné závěry a nelze s jistotou potvrdit, že se v chybějícím věkovém rozmezí nenacházely dívky z Mikulčic již v období postmenarche.

Odlišné načasování pubertálního vývoje bylo však patrné mezi dívkami a chlapci v obou lokalitách, což koreluje s očekáváním v souvislosti s odlišným načasováním pubertálního vývoje mezi oběma pohlavími. U dívek nastupovala puberta o 1–2 roky dříve než u chlapců. V lokalitě Mikulčice dosahovaly vrcholu pubertálního růstu (PHV) dříve dívky než chlapci, zatímco do decelerační fáze puberty vstupovala obě pohlaví v podobném věku. V lokalitě Rajhrad se věk dosažení PHV a decelerační fáze puberty shodoval u obou pohlaví. V decelerační fázi puberty se nacházeli dívky i chlapci z obou lokalit ještě kolem 18.–20. roku života, pouze dva jedinci ženského pohlaví z lokality Rajhrad byly v tomto věku již v období postpuberty.

Přestože není možné přímo srovnávat načasování puberty mezi archeologickou a recentní populací, lze z výsledků studie usuzovat, že puberta začínala u raně středověkých dospívajících z Velké Moravy v podobném věku jako dnes (okolo 10 let u dívek a 12 let u chlapců), stejně jako u dívek nástup menarche (13 let). Pubertální období však bylo u obou pohlaví celkově prodlouženo až do 18.–20. roku života. Tento posun jednotlivých fází puberty do pozdějšího věku mohl být způsoben vlivem environmentálních faktorů zahrnující ve středověku časté hladomory, nedostatečnou lékařskou péči spojenou se šířením nemocí a těžkou fyzickou prací.

Výsledky této studie o načasování a průběhu puberty jsou v souladu se závěry dřívějších studií provedených na velkém vzorku jedinců ze středověké Anglie, ovšem s ohledem k malému vzorku jedinců této studie nelze získané výsledky zobecňovat pro celou populaci Velké Moravy. Pro zobecnění je nezbytné aplikovat tyto metody na větším vzorku jedinců s rovnoměrným rozložením věku ve všech věkových kategoriích.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Abbassi V. 1998.** Growth and normal puberty. *Pediatrics* 102:507–11.
- Acharya A, Prabhu S, Muddapur M. 2011.** Odontometric sex assessment from logistic regression analysis. *J Forensic Leg Med* 20:673–677.
- Acharya AB, Mainali S. 2007.** Univariate sex dimorphism in the Nepalese dentition and the use of discriminant functions in gender assessment. *Forensic Sci Int* 173:47–56.
- van den Akker OBA, Stein GS, Neale MC, et al. 1987.** Genetic and environmental variation in menstrual cycles: Histories of two British twin samples. *Acta Genet Med Gemellol (Roma)* 36:541–548.
- Aks glaede L, Olsen LW, Sørensen TI, Juul A. 2008.** Forty years trends in timing of pubertal growth spurt in 157,000 Danish school children. *PLoS One* 3.
- Alqahtani SJ, Hector MP, Liversidge HM. 2014.** Accuracy of Dental Age Estimation Charts: Schour and Massler, Ubelaker, and the London Atlas. *Am J Phys Anthropol* 154:70–78.
- Alvesalo L, Tammisalo E, Hakola P. 1985.** Enamel thickness in 47, XYY males' permanent teeth. *Ann Hum Biol* 12:421–427.
- Alvesalo L, Tammisalo E, Therman E. 1987.** 47 XXX females, sex chromosomes and tooth crown structure. *Hum Genet* 77:345–348.
- Alvesalo LE, Tammisalo E. 1981.** Enamel thickness in 45, Y females' permanent teeth. *Am J Hum Genet* 33:464–469.
- Anderson DL, Thompson GW, Popovich F. 1976.** Age of attainment of mineralization stages of the permanent dentition. *J Forensic Sci* 21:191–200.
- Arthur NA, Gowland RL, Redfern RC. 2016.** Coming of age in Roman Britain: Osteological evidence for pubertal timing. *Am J Phys Anthropol* 159:698–713.
- Austad SN. 1997.** Comparative aging and life histories in mammals. *Exp Gerontol* 32:23–38.
- Baccetti T, Franchi L, McNamara J. 2002.** An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod* 72:316–323.

- Bailey DA, McKay HA, Mirwald RL, Crocker PR, Faulkner RA. 1999.** A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: the university of Saskatchewan bone mineral accrual study. *J bone Miner Res* 14:1672–1679.
- Baker BJ, Dupras TL, Tocheri MW. 2005.** The osteology of infants and children. Texas: Texas A&M University Anthropology Series.
- Baker ER. 1985.** Body weight and the initiation of puberty. *Clin Obstet Gynecol* 28:573–579.
- Başaran G, Ozer T, Hamamci N. 2007.** Cervical vertebral and dental maturity in Turkish subjects. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 131:447.e13-447.e20.
- Bass W. 2005.** Human osteology: a laboratory and field manual. Columbia: Missouri Archaeological Society.
- Belachew T, Hadley C, Lindstrom D, Gebremariam A, Lachat C, Kolsteren P. 2011.** Food insecurity, school absenteeism and educational attainment of adolescents in Jimma Zone Southwest Ethiopia: a longitudinal study. *Nutr J* 10:29.
- van den Berg S, Boomsma DI. 2007.** The familial clustering of age at menarche in extended twin families. *Behav Genet* 37:661–667.
- Beyer-Olsen EMS, Alexandersen V. 1995.** Sex assessment of medieval Norwegian skeletons based on permanent tooth crown size. *Int J Osteoarchaeol*:274–281.
- Billewicz WZ, Fellowes H. M, Hytten CA. 1976.** Comments on the critical metabolic mass and the age of menarche. *Ann Hum Biol* 3:51–9.
- Bogin B. 1994.** Adolescence in evolutionary perspective. *Acta Paediatr* 406:29–35.
- Bogin B. 1999a.** Evolutionary perspective on human growth. *Annu Rev Anthropol* 28:109–153.
- Bogin B. 1999b.** Patterns of Human Growth. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bogin B, Smith BH. 1996.** Evolution of the Human Life Cycle. *Hum Biol* 8:703–716.
- Bonner JT. 1965.** Size and cycle. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Boskey AL. 2007.** Mineralization of bones and teeth. *Elements* 3:385–391.

- Boynton-Jarrett R, Harville EW. 2012.** A prospective study of childhood social hardships and age at menarche. *Ann Epidemiol* 22:731–737.
- Brůžek J. 2002.** A Method for Visual Determination of Sex, Using the Human Hip Bone. *Am J Phys Anthropol* 117:157–168.
- Buehl C, Pyle S. 1942.** The use of age at first appearance of three ossification centers in determining the skeletal status of children. *J Pediatr* 21:335–342.
- Buikstra JE, Ubelaker DH. 1994.** Standards for data collection from human skeletal remains: Proceedings of a Seminar at the Field Museum of Natural History. Fayetteville.: Arkansas Archeological Society.
- Cameron N. 2004.** Measuring maturity. In: *Methods in Human Growth Research*. Cambridge: Cambridge University Press. p 530–531.
- Cameron N, Bogin B. 2012.** *Human Growth and Development*. 2nd ed. Academic Press.
- Cardoso HF V. 2008.** Sample-specific (universal) metric approaches for determining the sex of immature human skeletal remains using permanent tooth dimensions. *J Archaeol Sci* 35:158–168.
- Coleman L, Coleman J. 2002.** The measurement of puberty: a review. *J Adolesc* 25:535–550.
- Coutinho S, Buschang PH, Miranda F. 1993.** Relationships between mandibular canine calcification stages and skeletal maturity. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 104:262–268.
- Crews DE, Gerber LM. 2003.** *Reconstructing Life History of Hominids and Humans*. *Coll Antropol* 27:7–22.
- Čihák R. 2002.** *Anatomie 2*. 2nd ed. Praha: Grada Publishing, spol. s r. o.
- Dean C, Leakey MG, Reid D, Schrenk F, Schwartz GT, Stringer C, Walker A. 2001.** Growth processes in teeth distinguish modern humans from *Homo erectus* and earlier hominins. *Nature* 414:1–4.
- DeHeinzelin J, Clark D, White T. 1999.** Environment and behavior of the 2.5-million-year-old Bouri hominids. *Science* 284:625–635.
- Demirjian A, Buschang PH, Tanguay R, Patterson DK. 1985a.** Interrelationships among measures of Somatic, Skeletal, Dental, and Sexual Maturity. *Am J Phys Anthropol* 88:433–438.

- Demirjian A, Buschang PH, Tanguay R, Patterson DK. 1985b.** Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. *Am J Orthod* 88:5.
- Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. 1973.** A new system of dental age assessment. *Hum Biol* 45:211–227.
- Demirjian A, Levesque GY. 1980.** Sexual differences in dental development and prediction of emergence. *J Dent Res* 59:1110–1122.
- DeWitte SN, Stojanowski CM. 2015.** The Osteological Paradox 20 Years Later: Past Perspectives, Future Directions. *J Archaeol Res* 23:397–450.
- Diamond J. 2002.** Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature* 418:700–707.
- DiVall SA, Radovick S. 2008.** Pubertal development and menarche. *Ann N Y Acad Sci* 1135:19–28.
- Dostál B. 1987.** Vývoj obydlí, sídlišť a sídlištní struktury na jižní Moravě v době slovanské (6. – 10. století). In: Mikulovská sympozia: Vývoj obydlí, sídlišť a sídlištní struktury na jižní Moravě. p 13–32.
- Eastell R. 2005.** Role of oestrogen in the regulation of bone turnover at the menarche. *J Endocrinol* 185:223–234.
- Elamin F, Liversidge HM. 2013.** Malnutrition Has No Effect on the Timing of Human Tooth Formation. *PLoS One* 8:1–8.
- Ellis BJ. 2004.** Timing of pubertal maturation in girls: An integrated life history approach. *Psychol Bull* 130:920–958.
- Ellison PT. 1982.** Skeletal growth, fatness, and menarcheal age: a comparison of two hypotheses. *Hum Biol* 54:269–281.
- Ellison PT, Reiches MW. 2012.** Puberty. In: Human growth and development.
- Ellison PT, Reiches MW, Shattuck-Faegre H, Breakey A, Konecna M, Urlacher S, Wobber V. 2012.** Puberty as a life history transition. *Ann Hum Biol*:1–9.
- Eveleth PB, Tanner JM. 1990.** Worldwide variation in human growth. Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Fanning EA, Moorrees CFA. 1969.** A comparison of permanent mandibular molar formation in Australian Aborigines and Caucasoids. *Arch Oral Biol* 14:999–1006.

- Fisk S, Spake L, Marinho L, Gooderham E, Cardoso H. 2017.** The Use of Dental and Skeletal Indicators to Predict the Age of Menarche in Juvenile Human Skeletal Remains. In: Society for American Archaeology.
- Flohr S, Kierdorf U, Kierdorf H. 2016.** Odontometric sex estimation in humans using measurements on permanent canines . A comparison of an early Neolithic and an early medieval assemblage from Germany. *J Biol Clin Anthropol* 3:225–233.
- Flor-Cisneros A, Roemmich JN, Rogol AD, Baron J. 2006.** Bone age and onset of puberty in normal boys. *Mol Cell Endocrinol* 254–255:202–206.
- Flores-Mir C, Burgess CA, Champney M, Jensen RJ, Pitcher MR, Major PW. 2006.** Correlation of Skeletal Maturation Stages Determined by Cervical Vertebrae and Hand-wrist Evaluations. *Angle Orthod* 76.
- Flores-Mir C, Mauricio FR, Orellana MF, Major PW. 2005.** Association between growth stunting with dental development and skeletal maturation stage. *Angle Orthod* 75:935–940.
- Forbelská M. 2001.** Neparametrická diskriminační analýza. In: *Robust 2000: Sborník prací 11. letní školy*. Praha: Jednota českých matematiků a fyziků. p 50–58.
- Freedman DS, Khan LK, Serdula MK, Dietz W, Srinivasan RS, Berenson GS. 2002.** Relation of Age at Menarche to Race, Time Period and Anthropometric Dimension : The Bogalusa Heart Study. *Pediatrics* 110:43.
- Frisch RE. 1985.** Fatness, menarche, and female fertility. *Perspect Biol Med* 28:611–633.
- Frisch RE, McArthur JW. 1974.** Menstrual cycles: fatness as a determinant of minimum weight for height necessary for their maintenance or onset. *Science* 80:949–951.
- Frisch RE, Revelle R. 1970.** Height and Weight at Menarche and a Hypothesis of Critical Body Weights and Adolescent Events. *Science* 169:397-9.
- Frisch RE, Revelle R. 1971.** Height and weight at menarche and a hypothesis of menarche. *Arch Dis Child* 46:695–701.
- Gandini P, Mancini M, Andreani F. 2006.** A comparison of hand-wrist bone and cervical vertebral analyses in measuring skeletal maturation. *Angle Orthod* 76:984–989.
- Garn SM, Lewis AB, Kerewsky RS. 1964.** Sex differences in tooth size. *J Dent Res* 43:306.

- Garn SM, Lewis AB, Kerewsky RS. 1965.** Genetic, Nutritional, and Maturational Correlates of Dental Development. *J Dent Res* 44:228–242.
- Garn SM, Lewis AB, Kerewsky RS. 1966.** Sexual dimorphism in the buccolingual tooth diameter. *J Dent Res* 45:1819.
- Garn SM, Lewis AB, Koski K, Polacheck DL. 1958.** The sex difference in tooth calcification. *J Dent Res* 37:561–567.
- Ghose LJ, Baghdady VS. 1979.** Analysis of the Iraqi dentition: mesiodistal crown diameters of permanent teeth. *J Dent Res* 58:1047–1054.
- Del Giudice M, Angeleri R, Manera V. 2009.** The juvenile transition : A developmental switch point in human life history. *Dev Rev* 29:1–31.
- Gluckman PD, Hanson MA. 2006a.** Evolution, development and timing of puberty. *Trends Endocrinol Metab* 17:7–12.
- Gluckman PD, Hanson MA. 2006b.** Changing times: The evolution of puberty. *Mol Cell Endocrinol* 254–255:26–31.
- Golden WL. 1981.** Reproductive histories in a Norwegian twin population: Evaluation of the maternal effect in early spontaneous abortion. *Acta Genet Med Gemellol (Roma)* 30:91–165.
- Goyal S, Goyal S, Gugnani N. 2014.** Assessment of skeletal maturation using mandibular second molar maturation stages. *J Clin Pediatr Dent* 39:79–84.
- Grumbach MM. 2000.** Estrogen, bone, growth and sex: a sea change in conventional wisdom. *J Pediatr Endocrinol Metab* 13:1439–1455.
- Hägg U, Taranger J. 1982.** Maturation indicators and the pubertal growth spurt. *Am J Orthod* 82:299–309.
- Hanáková H, Staňa Č, Stloukal M. 1986.** Velkomoravské pohřebiště v Rajhradě. Praha: Národní muzeum v Praze - Přírodovědecké muzeum.
- Hassel B, Farman AG. 1995.** Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 107:58–66.
- Hassett B. 2011.** Technical note: Estimating sex using cervical canine odontometrics: a test using a known sex sample. *Am J Phys Anthropol* 146:486–489.
- Hattab FN, Al-Momani AS, Yassin OM. 1997.** Odontometric study of deciduous and permanent teeth in Jordanians. *Dent News* 4:17–24.

- Hauspie RC. 2002.** Adolescence: somatic growth and sex differences. In: Human Growth and Development.
- Havlík L. 2013.** Kronika o Velké Moravě. Praha: Jota.
- Henderson CY, Padez C. 2016.** Testing times: identifying puberty in an identified skeletal sample. *Ann Hum Biol* 44: 332-337.
- Hendrychová S. 2015.** Velkomoravská pohřebiště v Rajhradě a Rajhradících.
- Hillson S. 1996.** Dental Anthropology. 1st ed. Cambridge University Press.
- Himes JM. 2011.** Why study child growth and maturation? In: Methods in Human Growth Research. Cambridge University Press. p 530–531.
- Höglund J, Sheldon BC. 1998.** The cost of reproduction and sexual selection. *Oikos* 83:478–483.
- Horký D, Nováková K. 2005.** Morfologie orofaciálního systému pro studenty zubního lékařství. 1st ed. Olomouc: UP Olomouc.
- Hosmer DW. 2000.** Applied Logistic Regression. 2nd ed. New York: Chichester, Wiley.
- Chaillet N, Nyström ME, Demirjian A. 2005.** Comparison of dental maturity in children of different ethnic origins: international maturity curves for clinicians. *J Forensic Sci* 50:1164–1174.
- Charnov EL. 1993.** Life history invariants: Some explorations of symmetry in evolutionary ecology. Oxford: Oxford University Press.
- Chertkow S. 1980.** Tooth mineralization as an indicator of the pubertal growth spurt. *Am J Orthod* 77:79–91.
- Iscan PS, Kedici MY. 2003.** Sexual variation in bucco-lingual dimensions in Turkish dentition. *Forensic Sci Int* 137:160–164.
- Jayaraman J. 2014.** Secular trends in dental development. *Dent Trib* 10.
- Jurca A, Lecturer A, Lazar L, Pacurar M, Bica C, Chibeleian M, Bud E, Lecturer A. 2014.** Dental Age Assessment Using Demirjian’s Method – a Radiographic Study. *Eur Sci J* 10:51–60.
- Kamal M, Goyal S. 2006.** Comparative evaluation of hand wrist radiographs with cervical vertebrae for skeletal maturation in 10–12 years old children. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 24:127–135.

- Kaprio J, Rimpelä A, Winter T, Viken RJ, Rimpelä M, Rose RJ. 1995.** Common Genetic Influences on BMI and Age at Menarche. *Hum Biol* 67:739–753.
- Karaday B, Af H, Ozaslan A, Karaday S. 2014.** Development of dental charts according to tooth development and eruption for Turkish children and young adults. *Imaging Sci Dent* 44:103–113.
- Karaman F. 2006.** Use of diagonal teeth measurements in predicting gender in a Turkish dentition. *J Forensic Sci* 51:630–635.
- Karapanou O, Papadimitriou A. 2010.** Determinants of menarche. *Reprod Biol Endocrinol* 8:115.
- Karel L, Žák A, et al. 2014.** Chorobné znaky a příznaky: Diferenciální diagnostika. Praha: Grada.
- Karlberg J. 1989.** A biologically-oriented mathematical model (ICP) for human growth. *Acta Paediatr Scand* 350:70–94.
- Karlberg J. 2002.** Secular trends in pubertal development. *Horm Res* 57 Suppl 2:19–30.
- Kaygisiz E, Uzuner FD, Yeniay A, Darendeliler N. 2016.** Secular trend in the maturation of permanent teeth in a sample of Turkish children over the past 30 years. *Forensic Sci Int* 259:155–160.
- Khan RMS, Ijaz A. 2011.** Correlation of Dental Calcification and Skeletal Maturity Indicators. *Annals* 17:22–26.
- Klanica Z. 1981.** Výzkum pohřebiště z 8. – 11. stol. a pravěkých a slovanských sídlišť v Prušánkách v roce 1979. Brno.
- Knudson KJ, Stojanowski CM. 2008.** New Directions in Bioarchaeology: Recent Contributions to the Study of Human Social Identities. *J Archaeol Res* 16:397–432.
- Knutsson F. 1961.** Growth and differentiation of the postnatal vertebrae. *Acta radiol* 55:401–405.
- Kondo S, Townsend GC. 2006.** Associations between carabelli trait and cusp areas in human permanent maxillary first molars. *Am J Phys Anthropol* 129:196–203.
- Krásničanová H, Veselá M. 2006.** Vztahy hmotnost-výška a menstruační cyklus u pacientek s mentální anorexií. *Česká a Slov Psychiatr* 2:66–72.
- Lacoste Jeanson A, Santos F, Bruzek J, Urzel V. 2016.** Detecting menarcheal status through dental mineralization stages? *Am J Phys Anthropol* 161(2):367-73.

- Lai EHH, Liu JP, Chang JZC, Tsai SJ, Yao CCJ, Chen MH, Chen YJ, Lin CP. 2008.** Radiographic assessment of skeletal maturation stages for orthodontic patients: Hand-wrist bones or cervical vertebrae? *J Formos Med Assoc* 107:316–325.
- Lancaster JB, Lancaster CS. 1983.** Parental investment: the hominid adaptation. In: Ortner DJ, editor. *How humans adapt*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press. p 33–65.
- Lánský P, Pokora O. 2015.** *Matematické modely v biologii*. Brno.
- Legge SS. 2005.** Estimating puberty in a prehistoric skeletal collection. *Ann Hum Biol* 32:383–9.
- Lewis M, Shapland F, Watts R. 2015.** On the threshold of adulthood: A new approach for the use of maturation indicators to assess puberty in adolescents from medieval England. *Am J Hum Biol* 28:48–56.
- Lewis M, Shapland F, Watts R. 2016.** The influence of chronic conditions and the environment on pubertal development. An example from medieval England. *Int J Paleopathol* 12:1–10.
- Ling JYK, Wong RWK. 2007.** Tooth dimensions of Southern Chinese. *Homo* 58:67–73.
- Liversidge HM. 2003.** Variation in modern human dental development. In: *Patterns of Growth and Development in the Genus Homo*. p 73–113.
- Liversidge HM. 2015.** Controversies in age estimation from developing teeth. *Ann Hum Biol* 42:397–406.
- Loesch DZ, Huggins R, Rogucka E, Hoang N. H, Hopper JL. 1995.** Genetic correlates of menarcheal age: a multivariate twin study. *Ann Hum Biol* 22:470–490.
- Lund H. 1999.** Gender determination by odontometrics in a Swedish population. *J Forensic Odontostomatol* 17:30–34.
- Maber M, Liversidge HM, Hector MP. 2006.** Accuracy of age estimation of radiographic methods using developing teeth. *Forensic Sci Int*.
- Mace R. 2000.** Evolutionary ecology of human life history. *Anim Behav* 59:1–10.
- Malina RM, Ryan RC, Bonci CM. 1994.** Age at menarche in athletes and their mothers and sisters. *Ann Hum Biol* 21:417–422.
- Malínský J, Malínská J, Michalíková Z. 2005.** *Morfologie orofaciálního systému pro studenty zubního lékařství*. 1st ed. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

- Marshall WA, de Limongi Y. 1976.** Skeletal maturity and the prediction of age at menarche. *Ann Hum Biol* 3:235–243.
- Marshall W, Tanner JM. 1969.** Variations in the Pattern of Pubertal Changes in Girls. *Arch Dis Child* 44:291–303.
- Marshall W, Tanner JM. 1986.** Puberty. In: Falkner F, Tanner J, editors. *Human Growth*. New York: Plenum Press. p 171–209.
- Mayhall JT. 2000.** Dental morphology: techniques and strategies. In: Katzenberg A, Saunders SR, editors. *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. New York: Wiley-Liss. p 103–134.
- Mays S. 2002.** *The Archaeology of Human Bones*. London: Routledge.
- McDowell MA, Brody DJ, Hughes JP. 2007.** Has Age at Menarche Changed? Results from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999-2004. *J Adolesc Heal* 40:227–231.
- McKee MD, Addison WN, Kaartinen MT. 2006.** Hierarchies of extracellular matrix and mineral organization in bone of the craniofacial complex and skeleton. *Cells Tissues Organs* 181:176–188.
- Mocanu V, Luca VC, Stoica AR, Zbranca E. 2001.** The influence of body weight upon the function of ovarian axis. *Medical-Surgical J* 105:469–474.
- Moisan J, Meyer F, Gingras S. 1990.** A nested case-control study of the correlates of early menarche. *Am J Epidemiol*.
- Moorrees CFA, Fanning EA, Hunt, E. E. J. 1963.** Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res* 42:1490–50.
- Moorrees CFA, Thomsen SØ, Jensen E, Kai-Jen Yen P. 1957.** Mesiodistal crown diameters of the deciduous and permanent teeth in individuals. *J Dent Res* 36:39–47.
- Mourelle R, Barbería E, Gallardo N, Lucavechi T. 2008.** Correlation between dental maturation and bone growth markers in paediatric patients. *Eur J Paediatr Dent* 9:23–29.
- de Muinich Keizer SM, Mul D. 2001.** Trends in pubertal development in Europe. *Hum Reprod* 7:287–291.

- Munthali A, Zulu E. 2007.** The timing and role of initiation rites in preparing young people for adolescence and responsible sexual and reproductive behaviour in Malawi. *Afr J Reprod Health* 11:150–167.
- Nadler GL. 1998.** Earlier dental maturation: fact or fiction? *Angle Orthod* 68:535–538.
- Nedorost L, Tomanová V, Eberlová L, Moztarzadeh O, Adlerová V, Hecová H, Kočová J, Fiala P, Slípka J, Tonar Z. 2009.** Atlas histologie tvrdých tkání. Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova v Praze, Výukový portál MEFANET <http://mefanet.lfp.cuni.cz>.
- Nelson SJ, Ash MM. 2010.** Wheeler's dental anatomy, physiology, and occlusion. 9th ed. St. Louis: Saunders.
- Nolla CA. 1960.** The development of the permanent teeth. *J Dent Child*:254–266.
- Ogodescu AE, Bratu E, Tudor A, Ogodescu A. 2011a.** Estimation of child's biological age based on tooth development. *Rom J Leg Med* 19:115–124.
- Ogodescu AE, Ogodescu A, Szabo K, Tudor A, Bratu E. 2011b.** Dental Maturity - a biologic indicator of chronological age : Digital radiographic study to assess Dental age in Romanian children. *Int J Biol Biomed Eng* 5:32–40.
- Parent AS, Teilmann G, Juul A, Skakkebaek NE, Toppari J, Bourguignon JP. 2003.** The Timing of Normal Puberty and the Age Limits of Sexual Precocity: Variations around the World, Secular Trends, and Changes after Migration. *Endocr Rev* 24:668–693.
- Pavelka MSM, Fedigan LM. 1991.** Menopause: A comparative life history perspective. *Am J Phys Anthropol* 34:13–38.
- Peiris TS, Roberts GJ, Prabhu N. 2009.** Dental Age Assessment: a comparison of 4- to 24-year-olds in the United Kingdom and an Australian population. *Int J Paediatr Dent* 19:367–376.
- Pereira C, Bernardo M, Pestana D, Santos JC, Mendonca MC. 2010.** Contribution of teeth in human forensic identification—discriminant function sexing odontometrical techniques in Portuguese population. *J Forensic Leg Med* 17:105–110.
- Pettenati-Soubayroux I, Signoli M, Dutour O. 2002.** Sex dimorphism in teeth: discriminatory effectiveness of permanent lower canine size observed in a XVIIIth century osteological series. *Forensic Sci Int* 126:227–232.

- Phillips KM. 2003.** Medieval maidens. Manchester: Manchester University Press.
- Poláček L. 2006.** Terénní výzkum v Mikulčicích. Praha: Archeologický ústav AV ČR Brno.
- Poláček L, Mazuch M, Hladík M, Bartošková A. 2007.** Stav a perspektivy výzkumu podhradí mikulčického hradiště. Brno.
- Poulik J. 1975.** Mikulčice: Sídlo a pevnost knížat velkomoravských. Praha: Academia.
- Prabhu S, Acharya AB. 2009.** Odontometric sex assessment in Indians. *Forensic Sci Int* 192:129e1–129e5.
- Prasad K, Reddy VN, Sreedevi G, Ponnada SR, Priya KP, Naik BR. 2013.** Objective evaluation of cervical vertebral bone age' its reliability in comparison with hand-wrist bone age: by TW3 method. *J Contemp Dent Pract* 14:806–813.
- Rai B. 2008.** The evaluation of two radiographic methods for age determination of children in an Indian population. *J Forensic Odontostomatol* 26:30–33.
- Rogol AD, Roemmich JN, Clark PA. 2002.** Growth at puberty. *J Adolesc Heal* 31:192–200.
- Rösing FW. 1983.** Sexing immature human skeletons. *J Hum Evol* 12:149–155.
- Sadler TW. 2010.** Langmanova lékařská embryologie. Praha: GRADA Publishing, a.s.
- San Román P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. 2002.** Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. *Eur J Orthod* 24:303–311.
- Sasso A, Spalj S, Mady Maričić B, Sasso A, Cabov T, Legović M. 2013.** Secular trend in the development of permanent teeth in a population of Istria and the littoral region of Croatia. *J Forensic Sci* 58:673–677.
- Saunders SR, Chan AHW, Kahlon B, Kluge HF, FitzGerald CM. 2007.** Sexual dimorphism of the dental tissues in human permanent mandibular canines and third premolars. *Am J Phys Anthropol* 133:735–740.
- Scoles P V., Salvagno R, Villalba K, Riew D. 1988a.** Relationship of iliac crest maturation to skeletal and chronologic age. *J Pediatr Orthop* 8:639–644.
- Shackelford LL, Stinespring-Harris AE, Konigsberg LW. 2012.** Estimating the distribution of probable age-at-death from dental remains of immature human fossils. *Am J Phys Anthropol* 147:227–253.

- Shapland F, Lewis ME. 2013.** Brief communication: A proposed osteological method for the estimation of pubertal stage in human skeletal remains. *Am J Phys Anthropol* 151:302–310.
- Shapland F, Lewis ME. 2014.** Brief communication: A proposed method for the assessment of pubertal stage in human skeletal remains using cervical vertebrae maturation. *Am J Phys Anthropol* 153:144–153.
- Scheuer L, Black S. 2000.** *Developmental Juvenile Osteology*. London: Academic Press.
- Schutkowski H. 1993.** Sex determination of infant and juvenile skeletons. I. Morphological features. *Am J Phys Anthropol* 90:199–205.
- Schwartz GT, Dean CM. 2005.** Sexual dimorphism in modern human permanent teeth. *Am J Phys Anthropol* 128:312–317.
- Schwarz G. 1978.** Estimating the Dimension of a Model. *Ann Stat* 6:461–464.
- Simmons K, Greulich WW. 1943.** Menarcheal age and the height, weight, and skeletal age of girls age 7 to 17 years. *J Pediatr* 22:518–548.
- Smith BH. 1990.** The cost of a large brain. *Behav Brain Sci* 13:365–366.
- Smith BH. 1991.** Dental development and the evolution of life history in Hominidae. *Am J Phys Anthropol* 86:157–174.
- Smith D. 1993.** *Human longevity*. New York: Oxford University Press.
- Steyn M, Patriquin ML. 2009.** Osteometric sex determination from the pelvis does population specificity matter? *Forensic Sci Int* 191:113e1-5.
- Stloukal M, Dobisíková M, Kuželka V, Stránská P, Velemínský P, Vyhnánek L, Zvára K. 1999.** *Antropologie: příručka pro studium kostry*. Praha: Národní muzeum.
- Stloukal M, Hanáková H. 1978.** Die Länge der Längsknochen altslawischer Bevölkerungen – Unter Besonderer Berücksichtigung von Wachstumsfragen. *Homo* 29:53–69.
- Stloukal M, Vyhnánek L. 1976.** *Slované z velkomoravských Mikulčic*. Praha: Academia.
- Stroud JL, Buschang PH, Goaz PW. 1994.** Sexual dimorphism in mesiodistal dentin and enamel thickness. *Dentomaxillofacial Radiol* 23:169–171.

- Sutter R. 2003.** Nonmetric subadult skeletal sexing traits. I. A blind test of the accuracy of eight previously proposed methods using prehistoric known-sex mummies for northern Chile. *J Forensic Sci* 48:20–25.
- Tanner JM. 1962.** Growth at adolescence. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Tanner JM. 1989.** Fetus into Man. Harvard University Press.
- Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N. 2001.** Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method). London: Harcourt Publishers.
- Thomas F, Renaud F, Benefice E, de Meeüs T, Guegan JF. 2001.** International variability of ages at menarche and menopause: patterns and main determinants. *Hum Biol* 73:271–290.
- Thompson DW. 1942.** On Growth and Form. Rev. ed. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Thompson JL, Nelson AJ. 2000.** The place of Neandertals in the evolution of hominid patterns of growth and development. *J Hum Evol* 38:475–495.
- Todd TW. 1937.** Atlas of the skeletal maturation. C.V. Mosby Company.
- Treloar SA, Martin NG. 1990.** Age at menarche as a fitness trait: Nonadditive genetic variance detected in a large twin sample. *Am J Hum Genet* 47:137–148.
- Trippa L, Waldron L, Huttenhower C, Parmigiani G. 2015.** Bayesian nonparametric cross-study validation of prediction methods. *Ann Appl Stat* 9:402–428.
- Turner VW. 1969.** The Ritual Process: Structure and Anti-Structure. Chicago: Aldine Pub. Co.
- Ubelaker DH. 1978.** Human skeletal remains: excavation, analysis, interpretation. Taraxacum.
- Ulijaszek SJ, Johnston FE, Preece MA. 1998.** The Cambridge Encyclopedia of Human Growth and Development. Cambridge University Press.
- Uysal T, Sari Z, Ramoglu SI, Basciftci FA. 2004.** Relationships between dental and skeletal maturity in Turkish subjects. *Angle Orthod* 74:657–664.
- Vacek Z. 2006.** Embryologie. 1st ed. Praha: Grada Publishing, a.s.

- Valizadeh S, Eil N, Ehsani S, Bakhshandh H. 2012.** Correlation between dental and cervical vertebral maturation in Iranian females. *Iran J Radiol* 10:1–7.
- Velemínský P, Poláček L. 2008.** Studien zum Burgwall von Mikulčice, Band 8. Brno: Archäologisches Institut der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik.
- Viciano J, Sandra L, Alemán I. 2013.** Sex Estimation Based on Deciduous and Permanent Dentition in a Contemporary Spanish Population. *Am J Phys Anthropol* 43:31–43.
- Vodanovic M, Demo Z, Njemirovskij V, Keros J, Brkic H. 2007.** Odontometrics: a useful method for sex determination in an archaeological skeletal population? *J Archaeol Sci* 34:905–913.
- Vucic S, de Vries E, Eilers PH, Willemsen SP, Kuijpers MA, Prahj-Andersen B, Jaddoe VW, Hofman A, Wolvius EB, Ongkosuwito EM. 2014.** Secular trend of dental development in Dutch children. *Am J Phys Anthropol* 155:91–98.
- Weaver D. 1980.** Sex Differences in the Iliac Crest of a Known Sex and Age Sample of Fetal and Infant Skeletons. *Am J Phys Anthropol* 52:191–195.
- Wilson L, Ives R, Cardoso H, Humphrey L. 2015.** Shape, size and maturity trajectories of the human ilium. *Am J Phys Anthropol* 156:19–34.
- Wood JW, Milner GR, Harpending HC, Weiss KM. 1992.** The osteological paradox: problems of inferring prehistoric health from skeletal samples. *Curr Anthropol* 33:343–370.
- Zapletalová D. 2002.** Několik poznámek k velkomoravskému Rajhradu. In: *Brno v minulosti a dnes*. Brno: Archaia Brno. p 13–31.
- Zorba E, Moraitis K, Manolis SK. 2011.** Sexual dimorphism in permanent teeth of modern Greeks. *Forensic Sci Int* 210:74–81.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma znázorňující chronologii růstu dívky mezi 3. a 18. rokem.....	12
Obr. 2 Stádia zubního vývoje	17
Obr. 3 Zubní základy dočasné a stálé dentice	18
Obr. 4 Mechanismus osy hypothalamus-hypofýza-gonády působící v období puberty u obou pohlaví	21
Obr. 5 Mesiodistální a bukolinguální rozměry jednokořenových a vícekořenových zubů.....	30
Obr. 6 Vzájemná poloha lokality Mikulčice, Rajhrad, Josefov a Prušánky.....	34
Obr. 7 Mineralizační stádia špičáku dolní čelisti	38
Obr. 8 Mineralizační stádia třenových zubů	39
Obr. 9 Mineralizační stádia třenových zubů	40
Obr. 10 Maturace krčních obratlů	41
Obr. 11 Osifikující a přirůstající epifýza hřebene pravé kosti kyčelní.....	42
Obr. 12 Rentgenové snímky dolních čelistí	45

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Přehled vybraných velkomoravských lokalit s ohledem na jejich socioekonomickou úroveň	35
Tab. 2 Mineralizační stádia třenových zubů dolní čelisti ve vztahu k menarche	40
Tab. 3 Stádia kosterních a dentálních ukazatelů korelujících s pubertou	46
Tab. 4 P-hodnoty rozměrů zubů pro obě pohlaví na základě provedení Wilcoxonova testu.....	47
Tab. 5 Sekundární pohlavní diagnóza	48
Tab. 6 Výsledky hodnocení puberty podle mineralizačního stádia špičáku (stádium C) a maturačního stupně krčních obratlů (stádia CV) u jedinců z Mikulčic a z Rajhradu	53
Tab. 7 Hodnocení stupně mineralizace trvalého špičáku (C) dolní čelisti u dívek z Mikulčic.....	56
Tab. 8 Hodnocení stupně mineralizace trvalého špičáku (C) dolní čelisti u dívek z Rajhradu	57
Tab. 9 Hodnocení puberty na základě maturace krčních obratlů (CV) u dívek z lokality Mikulčice podle metody Shapland a Lewis (2014).....	59
Tab. 10 Hodnocení puberty na základě maturace krčních obratlů (CV) u dívek z lokality Rajhrad podle metody Shapland a Lewis (2014)	60
Tab. 11 Hodnocení premenarče a postmenarče u dívek z Mikulčic na základě stupně mineralizace prvního (P1) a druhého (P2) třenového zubu dolní čelisti podle mineralizačních stádií Dermirjian et al. (1973) a Moorrees et al. (1963).....	62
Tab. 12 Hodnocení premenarče a postmenarče u dívek z Rajhradu na základě stupně mineralizace prvního (P1) a druhého (P2) třenového zubu dolní čelisti podle mineralizačních stádií Dermirjian et al. (1973) a Moorrees et al. (1963)..	63
Tab. 13 Hodnocení stupně mineralizace trvalého špičáku (C) dolní čelisti u chlapců z Mikulčic.....	65

Tab. 14 Hodnocení stupně mineralizace trvalého špičáku (C) dolní čelisti u chlapců z Rajhradu	65
Tab. 15 Hodnocení puberty na základě maturace krčních obratlů u chlapců z lokality Mikulčice podle metody Shapland a Lewis (2014).....	67
Tab. 16 Hodnocení puberty na základě maturace krčních obratlů u chlapců z lokality Rajhrad podle metody Shapland a Lewis (2014)	67
Tab. 17 Věkové rozmezí prepuberty a jednotlivých fází puberty hodnocených na základě mineralizace trvalého špičáku u dívek z lokality Mikulčice a Rajhrad ...	68
Tab. 18 Věkové rozmezí prepuberty a jednotlivých fází puberty hodnocených na základě maturace obratlů a mineralizace třenových zubů u dívek z lokality Mikulčice a Rajhrad	69
Tab. 19 Věkové rozmezí prepuberty a jednotlivých fází puberty hodnocených na základě mineralizace trvalého špičáku u dívek a chlapců z lokality Mikulčice ...	70
Tab. 20 Věkové rozmezí prepuberty a jednotlivých fází puberty hodnocených na základě maturace druhého, třetího a čtvrtého obratle u dívek a chlapců z lokality Mikulčice	70
Tab. 21 Věkové rozmezí prepuberty a jednotlivých fází puberty hodnocených na základě mineralizace trvalého špičáku u dívek a chlapců z lokality Rajhrad	71
Tab. 22 Věkové rozmezí prepuberty a jednotlivých fází puberty hodnocených na základě maturace druhého, třetího a čtvrtého obratle u dívek a chlapců z lokality Rajhrad	71
Tab. 23 Syntéza výsledků obou metod (mineralizace trvalého špičáku dolní čelisti a maturace krčních obratlů) a výsledky mineralizace třenových zubů pro odhad nástupu menarche u dívek z lokality Mikulčice a Rajhrad	72
Tab. 24 Syntéza výsledků obou metod (mineralizace trvalého špičáku dolní čelisti a maturace krčních obratlů) u chlapců z lokality Mikulčice a Rajhrad	72