

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Antropologie a genetika člověka



Mgr. Adéla Novotná

**Využití analýzy stabilních izotopů uhlíku a dusíku k rekonstrukci výživy ve
vztahu ke zdravotnímu stavu langobardské populace**

The use of the stable isotope analysis of carbon and nitrogen in the dietary reconstruction
of the Lombard population in relation to the health status

Diplomová práce

Vedoucí závěrečné práce: Mgr. Sylva Kaupová, Ph.D.

Konzultanti: RNDr. Petr Velemínský, Ph.D.

Mgr. Jaromír Šmerda

Praha, 2017

Poděkování:

Děkuji paní Mgr. Sylvě Kaupové, Ph.D. a panu RNDr. Petrovi Velemínskému, Ph.D. za vedení této diplomové práce, jejich ochotné rady a připomínky obzvláště pak za ty interkontinentální. Také bych ráda poděkovala paní Mgr. Aleně Černíkové, Ph.D. za pomoc se statistickým zpracováním dat a paní RNDr. Petře Stránské za konzultování.

Ráda bych poděkovala své rodině, především Jiřánymu, za podporu, které se mi od nich dostalo během psaní diplomové práce.

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, dne 26. 4. 2017

Podpis

Abstrakt:

Diplomová práce se věnovala rekonstrukci výživy a studiu životních podmínek germánského kmene Langobardů z pohřebiště Kyjov z doby stěhování národů (5. až 6. století). Hlavním cílem byla charakterizace stravy této populační skupiny a její srovnání s výživou jiných skupin z období stěhování národů a raného středověku. Výživu jsme studovali na základě analýzy stabilních izotopů uhlíku ($\delta^{13}\text{C}$) a dusíku ($\delta^{15}\text{N}$), které byly hodnoceny u 60 dospělých jedinců (30 mužů a 30 žen). S ohledem na interpretaci hodnot izotopů byly stabilní izotopy C a N vyhodnoceny i u několika druhů zvířat (N=19). Dalším cíle práce bylo vyhodnocení výskytu vybraných osteologických znaků, které nepřímo vypovídají o zdravotním stavu a kvalitě životních podmínek studované skupiny. Znaky byly hodnoceny ve vztahu k výživě. Výsledky ukázaly, že strava populační skupiny z Kyjova byla založena na C3 rostlinách a živočišných proteinech, podobně jako tomu bylo na dalších lokalitách z doby stěhování národů. V porovnání s velkomoravskými lokalitami se ukázal rozdíl v konzumaci prosa, které bylo na Velké Moravě běžnou součástí jídelníčku, zatímco na lokalitě Kyjov mohlo tvořit pouze malou část stravy. Další rozdíl spočíval ve větším zastoupení živočišných proteinů ve stravě velkomoravských center. U langobardské populace byly zjištěny mezipohlavní rozdíly v příjmu živočišných proteinů a rozdílná rostlinná strava mezi mladší a starší věkovou skupinou. U některých sledovaných osteologických znaků (ICE, obrus stoliček, LEH, délka femuru) byl prokázán vztah k izotopovým hodnotám.

Klíčová slova: Langobardi, stabilní izotopy uhlíku a dusíku, výživa, projevy nespecifické zátěže na kostře

Abstract:

This diploma thesis deals with a reconstruction of the Germanic tribe of the Lombards' diet found at Kyjov burial site dated back to the Migration Period (5th – 6th century A.D.) as well as a research of their living conditions. The principal aim is a description of this population diet and its comparison to the other populations within this period and the Early Middle Ages era. The diet was examined by considering of carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) stable isotopes analysis received and evaluated from a group of 60 adult individuals (30 men and 30 females). In regard to the interpretation of the isotopes values, the stable isotopes C and N were present in some animal species (N=19). Apart from the above mentioned, several significant health indicators were chosen for evaluation which indirectly show health condition and quality of living conditions of the examined group. These health indicators were evaluated in relation to the diet. The results of this study indicate that the diet of Lombards' population was based on C3 plants and animal proteins, which is similar to the other localities in the time of the Migration Period. It shows a difference, namely in consumption of millet, providing that the Lombards to the Great Moravian's localities are compared. The millet seemed to be common part of their dietary regime in the Great Moravia sites whereas it was a possible minor part of diet in Kyjov site. Another difference resides in larger animal proteins contained in the diet of Great Moravian centers. The Lombards population shows some intersexual variances in consumption of animal proteins on the one hand and different plant consumption between younger and older people on the other hand. It was proved that there was a certain relation of some health indicators (ICE, tooth wear, LEH, femur length) to the isotopic values.

Keywords: the Lombards, the Migration Period, stable isotopes of carbon and nitrogen, diet, non-specific stress indicators

Obsah

1	Úvod	1
2	Langobardi	3
2.1	Stručné dějiny kmene Langobardů	3
2.2	Sociální struktura společnosti	4
2.3	Náboženství	4
2.4	Pohřbívání	5
2.5	Klimatické podmínky a zemědělství doby stěhování národů	7
3	Výživa a její odraz ve zdravotním stavu jedince a hodnotách stabilních izotopů	9
3.1	Zubní kaz	9
3.2	Hypoplazie zubní skloviny	11
3.3	Abraze zubů	12
3.4	<i>Cribra orbitalia</i>	13
3.5	Výška postavy	15
3.6	Stabilní izotopy uhlíku a dusíku	16
4	Cíle práce	21
5	Materiál a metody	23
5.1	Materiál	23
5.2	Metody	24
5.3	Statistické vyhodnocení	28
6	Výsledky	31
6.1	Izotopová analýza	32
6.2	Závislost izotopových hodnot na zdravotním stavu	40
7	Diskuze	49
7.1	Zachovalost vzorků	49
7.2	Izotopová data zvířat	49
7.3	Strava langobardské populační skupiny z Kyjova	56
7.4	Strava jednotlivých podskupin populace	64
7.5	Zdravotní stav ve vztahu k charakteru výživy	68
8	Závěry	72
9	Literatura	74

10	Přílohy.....	89
10.1	Tabulky	89
10.2	Obrázky	96

1 Úvod

Období, kterým se tato diplomová práce zabývá, se nazývá dobou stěhování národů. Doba, která pro evropský kontinent znamenala zánik antického světa a přechod ke středověké společnosti. V tomto období se mnohá etnika přesouvala napříč kontinentem, propukaly četné válečné konflikty a v důsledku toho (a vnitřních problémů říše) i zaniklo římské císařství. V té době již hlavní náboženství římského státu, křesťanství, začalo pronikat i k barbarským kmenům. Ty počaly budovat první politické útvary a tím se Evropa přiblížila středověku. Tradiční datování doby stěhování národů spadá do období mezi roky 375 (překročení Donu Huny) a 568 (založení langobardského státu na území Itálie) (Bednaříková, 2013).

Na našem území toto období představuje poslední etapu pravěku. Začalo přesuny germánských kmenů na sklonku 4. století a skončilo příchodem Slovanů na přelomu 6. a 7. století (Droberjar, 2008). V době stěhování národů hrály důležitou úlohu v prostoru střední Evropy především kmeny Burgundů, Duryнкů, Vandalů, Almanů, Gepidů a Langobardů. Na počátku 5. století se u nás začala usazovat cizí etnika, která postupně překryla či nahradila původní obyvatelstvo, v Čechách Markomany, na Moravě Markomany společně s Kvády. Na sklonku 5. století jeden z výše zmíněných kmenů, Langobardi, migroval přes naše území a usazoval se zde. Sídliště a pohřebiště tohoto kmene jsou u nás datovaná od té doby až do pozdních fází druhé poloviny 6. století (Pleiner & Rybová, 1978; Podborský, 1993).

Jakkoli se v posledních desetiletích situace zlepšuje, doba stěhování národů stále zůstává jedním z nejméně probádaných období dějin u nás i jinde v Evropě. Podíl na tom má nedostatek písemných, ale i archeologických pramenů. Zájem o studium tohoto období má počátky v závěru 19. století. V průběhu 20. století přibývalo prozkoumaných nalezišť a postupem času začaly vznikat první souborné práce, pojednávající o této dějinné éře. Odkryty byly sídlištní i pohřební areály, což umožňuje komplexní zkoumání běžného života i pohřebních praktik, sociálního členění společnosti, řemeslných dovedností či stravovacích zvyklostí (Pleiner & Rybová, 1978; Droberjar, 2008).

Rekonstrukce stravy se s rychlým rozvojem bioarcheologických a chemických metod dostává do popředí zájmu studia minulých populací. Jednou skupinou metod sloužících k nahlédnutí do jídelníčku našich předků jsou archeobotanické a archeozoologické

analýzy, které poskytují sice nepřímé doklady o stravování lidí, ale zároveň přináší cenné informace o tom, jaké rostliny a zvířata mohly být konzumovány, jaké způsoby hospodaření člověk používal, zda součástí stravy byly i divoké rostliny a zvířata, apod. (Harlan, 1992; Reitz & Wing, 2008). Vypovídací schopnosti těchto analýz naráží na zchovalost materiálu (lepší zchovalost archeobotanických nálezů v jezerním či bažinatém prostředí, špatná zchovalost kosterního materiálu v kyselých půdách) a strategii archeologického výzkumu (vzorkování, plavení) (Kočár & Dreslerová, 2010). Archeobotanické či archeozoologické nálezy také mohou odrážet jednorázovou událost a nemusí tak vypovídat o každodenní stravě jedinců ve zkoumané populaci (Richards, 2002).

Další možností rekonstrukce stravy v minulosti je zkoumání kosterních pozůstatků samotných lidí. Kvalita výživy se do určité míry odráží ve zdravotním stavu jedince a tak některé patologie mohou signalizovat nutriční stres. Kromě patologií mohou o špatné výživě vypovídat i jiné kosterní znaky, které nelze považovat přímo za chorobné (např. nízký vzrůst, silný obrus zubů) (Larsen, 1995). Na zdravotním stavu se projeví až dlouhodobý vliv výživy, takže konzumace vzácných zdrojů potravy se na kosterním materiálu projeví minimálně.

V posledních letech se rozvíjí především chemické metody, které stravu jedince odráží přímo. Nejčastěji používanou metodou z tohoto okruhu je analýza stabilních izotopů. Poměry izotopů jednotlivých prvků se liší v rámci různých prostředí (suchozemské vs. mořské ekosystémy) a trofických úrovní. Tyto rozdíly se potravou přenáší do tkání lidí a přímo tak odráží konzumovanou stravu (DeNiro, 1987; Schwarcz & Schoeninger, 1991).

Tato diplomová práce se zabývá analýzou stabilních izotopů uhlíku a dusíku a posuzováním osteologických znaků, které mohou odrážet kvalitu výživy u germánského kmene Langobardů z naleziště v Kyjově. Archeozoologický soubor z této lokality, až na drobné výjimky z inventáře hrobů, není dostupný.

2 Langobardi

2.1 Stručné dějiny kmene Langobardů

Za původní domov kmene Langobardů je v díle benediktýnského mnicha Paula Diacona z 8. století uváděna Skandinávie. Přímé doklady o jejich přítomnosti jsou však známy až z dnešního severozápadního Německa. Langobardi patřili mezi polabské Germány (germánské Svéby). Význam jejich jména se vykládá jako „dlouhovousí“, avšak dle jejich vlastní tradice se původně nazývali Winilové („bojovníci“) (Christie, 1995; Droberjar, 2002; Droberjar, 2005a; Bednaříková, 2013).

Ve 2. polovině 4. století odešel tento kmen ze svých dolnolabských sídel, aby se v 6. století nakonec usadil v severní Itálii. Jejich putování vedlo přes naše území ve 2. polovině 5. století a o jejich pobytu v oblasti dnešního Dolního Rakouska máme přímé doklady z konce 5. století. Oblasti severně od Dunaje a na území římské provincie Noricum ripense – tzv. Rugiland, byly před příchodem opuštěny původními barbarskými obyvateli a tak Langobardům nestálo nic v cestě se zde usídlit (uvádí se rok 488/489 n. l.). Odtud se jejich osídlení rozšířilo až na Moravu, která byla jednotlivými rodinami Langobardů osídlena již z dřívější doby, kdy se tudy tento kmen přesouval (Droberjar, 2008; Bednaříková, 2013).

Po osídlení Rugilandu a Moravy se jejich sousedy a hlavními nepřáteli stali Herulové. Mezi lety 505 a 508 n. l. je úspěšně pod vedením krále Tatona Langobardé porazili. Za vlády krále Wachona (cca 512 – 540 n. l.) se jejich území začalo rozšiřovat na jihovýchod do Pannonie. Tím končí severodunajská fáze jejich stěhování (488/489 - 526/527 či 546/547 n. l.) a začíná panonská fáze (526/527 či 546/547 – 568 n. l.). V této době navázali diplomatické vztahy s Byzancí a franckou říší, především pomocí sňatkové politiky krále. V následujícím období se jejich protivníky stali Gepidi. Za válek s tímto kmenem uzavřeli spojení s Avary a společnými silami nepřátele nakonec porazili. Po těchto konfliktech nastává třetí fáze přesunů – italská (568 – 774 n. l.) (Collins, 2005; Droberjar, 2008; Bednaříková, 2013).

Roku 568 započal pod tlakem Avarů a Slovanů přesun z Pannonie do Itálie (Collins, 2005; Bednaříková, 2013). Po zběsilém plenění a vyhánění velkostatkářů, se langobardští válečníci na území Itálie usazovali a podrobovali si původní italské obyvatelstvo. Postupem času vyšší langobardské vrstvy začaly uzavírat sňatky s románskými

velkostatkáři, což vedlo ke vzniku jednotné aristokracie a upevnění vlády. Nadále langobardské a románské obyvatelstvo žilo bez větších konfliktů bok po boku, o čemž svědčí např. společná pohřebiště (Droberjar, 2008; Bednaříková, 2013).

V 8. století již jiné „barbarské“ státy buď neexistovaly, nebo byly připojeny k francké říši. Poslední z langobardských králů Desiderius se dostal do konfliktu s papežem Hadrianem a s Karlem Velikým. Poté co byli zapuzeni svým strýcem, odešli synové Karlova bratra Karlomanna hledat azyl k Langobardům. Papež Hadrianus odmítl Karlomannovy potomky pomazat křížem, aby stvrdil jejich právo na trůn. Desiderius chtěl danou situaci vyřešit tím, že vytáhl s vojskem proti Římu. Pod hrozbou exkomunikace z církve však papeže nenapadl. Odmítl podmínky mírové smlouvy s Karlem Velikým, což vedlo k bojovému tažení Franků proti Langobardům. Roku 774 n. l. byli Langobardi poraženi a jejich stát se stal součástí francké říše (Christie, 1995; Droberjar, 2008; Bednaříková, 2013).

2.2 Sociální struktura společnosti

Podobu sociální stratifikace u Langobardů lze odvozovat především ze zákoníků vydávaných jejich králi (např. edikt krále Rothariho - 643 n. l.). Nejvyšší moc měl král (*kuning*) a po něm jednotliví vévodové (*duces*). Základní jednotkou společnosti byla *fara*, v jejímž čele stál vévoda. Základy *fary* vytvářeli jednotliví bojovníci a jejich rodiny. Langobardská společnost byla tvořena elitou (šlechta – *adalingi*, členové královské družiny – *gasindi*), svobodnými (*arimanni*), polosvobodnými (*aldiones*) i otroky (*skalki*) a zajatci. Bojovníci mohli patřit jednak ke svobodným nebo také k polosvobodným mužům (Bóna & Horváth, 2009; Bednaříková, 2013; Kováčová, 2013).

2.3 Náboženství

Původním náboženstvím Langobardů byl polyteismus, jehož panteon bohů vyznávali všichni severští Germáni. Tak jako u ostatních barbarských kmenů se i u nich křesťanství začalo šířit po kontaktu s římskou říší. V podunajských oblastech se křesťanství objevuje již za markomanských válek (mezi lety 166-180 n. l.), kdy v římských táborech sloužili vojáci z různých koutů říše a různého vyznání. Od této doby se na noricko-panonském území v archeologickém záznamu objevují předměty ozdobené křesťanskými motivy (např. kříž, kotva, ryba) (Droberjar, 2005b).

Roku 313 n. l. bylo v Římské říši křesťanství zrovnoprávněno s ostatními náboženstvími a začíná získávat na síle. Kromě katolictví získává hodně následovatelů i ariánství (učení presbytera Aria). Církev ariánství vnímala jako heretickou větev křesťanství a jeho vyznavatelé byli vytlačováni z římské říše, čímž se dostávali do kontaktu s barbary. Kromě jiných kmenů se toto učení dostalo na konci 5. století i k Langobardům, kteří poprvé přijali křesťanství v Rugilandu. Odtud se šířilo i na Moravu příp. do Čech (Droberjar, 2005b; Bednaříková, 2013).

Dle archeologických dokladů se předpokládá, že jako první křesťanství přijaly germánské ženy z vyšších společenských vrstev. Do Itálie si tento kmen přináší ještě ariánské vyznání, avšak již brzy poté se mezi Langobardy začalo šířit katolictví. (Droberjar, 2005b).

2.4 Pohřbívání

Pohřebiště mohou poskytnout cenné informace o populaci, která na nich pohřbívala své mrtvé. Lze sledovat úpravu hrobové jámy, způsob uložení těla, obsah hrobu, umístění jednotlivých hrobů a jejich vzájemné vztahy a vyvozovat z těchto poznatků společenské postavení jedince či skupiny (Binford, 1971; Krekovič, 2005).

V Čechách v 5. století u příslušníků tzv. vinařické skupiny zcela převažuje kostrový pohřební ritus. Zatímco na Moravě se v 5. století zpočátku ještě pohřbívalo na žárových pohřebištích s chudým hrobovým inventářem. Tyto chudé hroby patřily pravděpodobně původnímu svébskému obyvatelstvu. Později příchozí Langobardi v Čechách i na Moravě pohřbívali své mrtvé do země. Hroby tohoto germánského kmene mají západo-východní orientaci a mrtví jsou povětšinou ukládáni s rukama podél těla. V Čechách se pohřebiště zakládala na svazích a jednotlivé hroby byly umístěny v nepravidelných řadách. Nebožtíci byli do hrobů ukládáni bez rakví či na dřevěných márách. Na Moravě byly hroby rozmístěny pravidelně, mrtví byli také ukládáni na záda s rukama podél těla (objevují se však i jiné polohy) někdy i na dřevěné desce či v dřevěné rakvi nebo komoře. Příležitostně byly k pohřbívání používány starší mohylovníky z doby bronzové. Byly zde nalezeny i koňské hroby. Langobardské hroby obsahují mnoho předmětů, avšak bývají často vykradeny. (Unger, 2006).

Hroby bohatší vrstvy langobardského kmene, jak se předpokládá, se vyznačují tím, že mívají větší a hlubší hrobové jámy, těla do nich byla uložena v rakvích či komorách nebo

mají kamenné obložení či dřevěnou konstrukci, jejich poloha na pohřebišti bývá situovaná centrálně (či jinak, ale odděleně od chudších hrobů) (Podborský, 1993; Kováčová, 2013).

Hrobový inventář langobardských hrobů L. Kováčová (2013) rozděluje na ryze mužský, ryze ženský a milodary přikládané do hrobů bez ohledu na pohlaví. Posledně jmenované předměty se nachází v hrobech mužů i žen různých věkových skupin (i u dětí) napříč celými pohřebišti. Jde o železné nože, kostěné hřebeny, pinzety, keramické nádoby a potravu. Jde o běžně přikládané předměty a projevy kultu, tedy podle nich nelze rekonstruovat společenskou příslušnost jedinců. Na druhou stranu některé z typicky mužských či ženských předmětů můžou něco o společenské hierarchii vypovědět. Mužský hrobový inventář obsahuje dvojsečné meče (*spathy*), hroty kopí a vrhacích oštěpů (*ango*), hroty šípů, různé typy seker, železné dýky, štíty, toulce a koňské postroje. Ženský hrobový inventář obsahuje korálky, skleněné či křišťálové perly, spony, přezky, nákončí, závěsy (např. bronzové klíče) a nástroje ke tkaní – přesleny či mečíky (obzvláště typické pro langobardské hroby). Muži z nejvyšších společenských vrstev měli v hrobech kompletní výzbroj a často byli pohřbíváni s jezdeckým koněm či loveckým psem. Hroby žen z těchto vrstev obsahovaly spony z drahých kovů a nástroje určené ke tkaní. Nižší vrstvy mužů pak byly vyzbrojeny pouze luky a šípy, u nichž lze v hrobech identifikovat železné hroty a součásti toulce. Ženy z nižší vrstvy pravděpodobně nenosily ozdoby z drahých kovů. Nejnížší vrstvy pak nejspíše tvoří majitele hrobů bez inventáře (Podborský, 1993; Kováčová, 2013). Obdobný přístup k socioekonomickému třídění jedinců dle hrobové výbavy jako navrhuje L. Kováčová bychom našli i u prací zabývajících se velkomoravskými lokalitami (Stloukal, 1970; Velemínský, 2000; Unzeitigová, 2000).

Zajímavým fenoménem langobardských pohřebišť jsou zvířecí hroby. Jde především o koňské a psí pohřby (Kováčová, 2013; Bartosiewicz, 2015). Zvířatům byly vykopány vlastní hrobové jámy nebo byla pohřbena společně s lidmi. Při společném uložení do hrobu se předpokládá vlastnický vztah člověka ke zvířeti, ale nelze vyloučit ani rituální účel zvířete v hrobě. Například na pohřebišti Ménfőcsanak-Bevásárlóközpont v Maďarsku byl nalezen hrob ženy se dvěma psy a autor předpokládá, že nemuselo jít nutně o majetek pohřbené ženy, ale psi mohli vyjadřovat její sociální status či s ní být pohřbeni jakožto ochránci (Bartosiewicz, 2015). U samostatných pohřbů koní se nabízí, že pokud je v blízkosti pohřben bojovník se součástí koňského postroje, je mezi těmito pohřby

souvislost a kůň pravděpodobně patřil tomuto bojovníkovi (Kováčová, 2013). Ojediněle se vyskytují i případy žen pohřbených společně s koňmi. V takových případech pak bývají přítomny postroje tažné nikoliv jezdecké a soudí se, že koně byli zapřaháni za dvoukolové vozy. Tyto nálezy se objevily např. na lokalitě Žurán u Brna či Hauskirchen v Dolním Rakousku. V obou případech byla hrobová výbava velmi bohatá (Poulík, 1995; web 1). Kromě pohřbů zvířat se vyskytují zvířecí pozůstatky v hrobech jako milodary v podobě jídla. Tyto nálezy nám mohou kromě rituálních praktik poodhalit i využití zvířat jako potravních zdrojů (Bartosiewicz, 2015).

2.5 Klimatické podmínky a zemědělství doby stěhování národů

Periodizace holocénu byla, kromě jiných systémů, vypracována i na biostratigrafickém základě. Biostratigrafické zóny odráží klima převládající v jednotlivých fázích a vývoj lesní vegetace (Firbas, 1949, 1952; Filip, 1930; Jäger, 1969). Doba stěhování národů, kterou se tato práce zabývá, spadá do klimatické fáze subatlantik (Ložek, 2007).

Předchozí období subboreálu se vyznačovalo především suchým klimatem. V tomto období se na našem území rozrůstá pravěké osídlení a to i do vyšších poloh předtím neosídlených. Využívání krajiny lidmi se zvětšuje a projevuje se odlesněním a zvýšenou prostupností krajiny (Pokorný, 2011).

V subatlantiku nastává vlhčí a studenější období, kterému odpovídá doba železná, římská a stěhování národů (Ložek, 2007). Předpokládá se, že k ochlazení přispěl i výbuch sopky v roce 536 n. l. (Büntgen et al., 2011). Během doby železné a římské se zvýšily nároky na palivové dříví. Příčinou byla produkce dřevěného uhlí pro účely výroby železa. Avšak předpokládá se, že pařezinový způsob hospodaření, který byl pravděpodobně praktikován, nemohl mít na lesy devastující účinky. Uvažuje se spíše o změně druhové skladby ve prospěch habru (tomuto druhu pařezinování vyhovuje) (Ložek, 2007; Dreslerová et al., 2007; Pokorný, 2011).

Osídlení se postupem času stahuje do nižších poloh a razantně řídne. To potvrzují i pylové analýzy, které v této době ukazují snížený podíl antropogenních indikátorů a nárůst některých dřevin (Pokorný 2004, 2005, Pokorný a kol., 2010). Úbytek obyvatel způsobil úpadek kulturní krajiny a neosídlená území se mohla zalesnit. Vrchol odlidnění našeho území spadá do období stěhování národů. Předpokládá se, že změna klimatických

podmínek v tomto období ovlivnila negativně i zemědělskou produkci a zdravotní stav lidí (Pearson, 1997; Ložek, 2007; Büntgen et al., 2011; Pokorný, 2011).

Archeobotanické analýzy naznačují, že v době stěhování národů bylo využíváno orného zemědělství se širokým spektrem pěstovaných plodin. Zemědělci využívali dvojpolního systému obdělávání polí (Droberjar, 2002; Kočár & Dreslerová, 2010). Tempír (2007) z analýzy makrozbytků ze sídliště z doby stěhování národů v Břežně usuzuje i na možné využívání soustavy úhorové (trojpolní systém), které je ovšem obvykle přisuzováno pozdějším obdobím. V souborech byla nalezena nahá pšenice, ječmen, žito a oves. Dvouzrnka má vysoké zastoupení stejně jako v předchozích obdobích. Mezi pěstované luštěniny patřil hrách a čočka, možná i vikev setá. Z olejnin se našel mák setý. V hojném množství se našel i merlík, u kterého se uvažuje o záměrném pěstování (Droberjar, 2002; Tempír, 2007). V nadcházejícím slovanském období se skladba užitkových plodin pěstovaných u nás změnila. V archeobotanických souborech zcela převažují nahé pšenice a žito. Vedle nich se objevuje ječmen, oves a proso. Proso je považováno za plodinu typickou pro slovanské kmeny, jejíž rozšíření a výraznější využívání je na našem území spojováno s jejich příchodem (Reitsema & Kozłowski, 2013; Halffman & Velemínský, 2015). Nicméně proso se na našem území objevuje již v době bronzové a jeho nepřítomnost v době stěhování národů může být tedy jen zdánlivá např. způsobena malým počtem zkoumaných lokalit (Kočár & Dreslerová, 2010).

Rekonstrukce chovu a lovu zvířat v době stěhování národů ve středoevropském prostoru je komplikovaná vzhledem k malému množství sídelních lokalit. Většina archeozoologických nálezů pochází z pohřebišť a jejich výpovědní hodnota vzhledem k daným otázkám je pochybná (Bökönyi, 1974). Chované druhy zvířat se v tomto období oproti obdobím předchozím zásadně nezměnily. Pokračuje chov druhů „neolitického balíčku“: tuři, prasata, ovce a kozy. Dalšími domestikovanými druhy vyskytujícími se mezi nálezy byly koně, psi, kuři a husy. Z tohoto období u nás máme i nejstarší doklady o přítomnosti domestikovaných koček, které sem přišly společně s Římany (Bökönyi, 1974; Kyselý, 2016). K loveným druhům doby římské a doby stěhování národů u nás patřil jelen evropský (*Cervus elaphus*), zajíc polní (*Lepus europaeus*), srnec obecný (*Capreolus capreolus*), prase divoké (*Sus scrofa*), bobr evropský (*Castor fiber*), pratur (*Bos primigenius*), los (*Alces alces*), z šelem jde především o lišku obecnou (*Vulpes vulpes*) a medvěda hnědého (*Ursus arctos*) (Droberjar, 2002; Kyselý, 2005).

3 Výživa a její odraz ve zdravotním stavu jedince a hodnotách stabilních izotopů

Výživa je realizována příjmem potravy, která slouží jako zdroj vody, živin, minerálních látek, vitamínů a stopových prvků. Tyto látky jsou nezbytné pro stavbu a obnovu orgánů a tkání a udržují organismus v chodu. Minerální látky, vitaminy a stopové prvky jsou nezbytné především pro metabolické reakce, zatímco živiny slouží k získání energie a stavebních látek pro tělo (Merkunová, 2008; Jandová et al., 2011; Kasper, 2015). Hlavními zdroji energie jsou sacharidy, lipidy a bílkoviny (Kasper, 2015). Aby příjem potravy splňoval energetickou potřebu jedince, musí pokrýt bazální metabolismus (50-70 % spotřeby energie), pracovní činnost, termogenezi a energii vynaloženou na specifické životní podmínky (růst, těhotenství, kojení) (Stránský & Ryšavá, 2014; Kasper, 2015).

Malnutrice je patologický stav, kdy výživa nesplňuje všechny nároky organismu na správné fungování. Izolovaný deficit jedné z živin např. vitamínů, stopových prvků nebo esenciálních mastných kyselin se nazývá karence (Žák, 2007; Zadák, 2008). Jak malnutrice či karence, tak i nevyvážená strava mohou vést ke vzniku některých onemocnění nebo k němu přispět (Kasper, 2015). V následujících podkapitolách budou popsány osteologické a dentální znaky, které lze dávat do souvislosti s nekvalitní výživou, které byly sledovány u jedinců z langobardského pohřebiště v Kyjově.

3.1 Zubní kaz

Zubní kaz je výsledkem procesu demineralizace tvrdých zubních tkání začínající většinou na povrchu skloviny. Ve výsledku vede ke ztrátě těchto tkání (v pokročilých stádiích i ke ztrátě celého zubu). Demineralizace je způsobena organickými kyselinami, jež produkují kariogenní bakterie v zubním plaku ze sacharidů přijímaných v potravě. Bakterie vytvoří plak schopný metabolizovat (zkvasit) sacharidy a produkovat kyseliny za zhruba 24-48 hodin. Proces demineralizace je částečně reverzibilní. Když v počátečních stádiích zasahuje pouze sklovina, může dojít k remineralizaci (Weber, 2006; Seydlová & Hlíňáková, 2008).

Vznik kazů je komplexní proces, na kterém se podílí mnoho vlivů. Přítomnost kariogenních bakterií v ústech nemusí nutně znamenat kazivost, především záleží na stravě jedince (Mayhall, 1970; Schamschula et al., 1980; Walker & Hewlett, 1990; Lanfranco

& Eggers, 2012). Nadměrný příjem sacharidů a jejich přeměna v kyseliny je hlavní příčinou demineralizace. Podobnou roli v tomto procesu může hrát škrob. Při tepelné úpravě (nad 80 °C) škrob želatinizuje. Tím se stane více adhezivním, přilne k zubům a přidrží na jejich povrchu zbytky potravy. Také se tím stává lépe rozložitelný slinami a bakteriemi v ústech a tím získává kariogenní vlastnosti (Grenby, 1997; Lanfranco & Eggers, 2012).

Některé potraviny působí proti kazům protektivně. Jde například o maso (obsahuje mastné kyseliny s antibakteriálními účinky a má schopnost odstraňovat zubní plak), mléčné produkty a ryby (upravují hladiny pH a množství produkováných slin, což vede k redukci plaku) a potraviny obsahující polyfenoly (kakao, káva, čaj), které tlumí bakteriální metabolismus a stimulují produkci slin (Bowen, 1994; Gazzani et al., 2012).

Socioekonomická příslušnost jedince se může odrazit v jeho přístupu k různým potravinám a tím i v jeho orálním zdraví. Vyšší třídy měly v minulosti častěji přístup k masu a celkově pestřejší stravě, zatímco třídy nižší byly mnohdy závislé na stravě složené převážně z obilovin (např. Frayer, 1984; Walker & Hewlett, 1990; Reed, 1994). Vysoká míra kazivosti zubů v pozdějším životě je spojená s nízkým socioekonomickým statusem a podvýživou v dětství (Alvarez, 1988). Ne vždy tento vztah platí. Například bylo zjištěno, že v novověku byla frekvence kazů vyšší u bohatých lidí, kteří si mohli dovolit sladkosti (Lanfranco & Eggers, 2012)

V některých populacích byla prokázána vyšší frekvence kazů u žen (např. Larsen et al., 1991; Lukacs, 1996; Cucina et al., 2003). Může být způsobena větší predispozicí žen ke vzniku kazu, odlišným přístupem k potravinám mezi pohlavími nebo kombinací obou mechanismů (Larsen et al., 1991). Složení slin mužů a žen se liší, přičemž sliny žen vytváří prostředí vhodnější pro vznik kazů než sliny mužů. Hladiny estrogenů pozitivně korelují s výskytem zubního kazu a hormonální výkyvy v pubertě, při menstruaci či v těhotenství mohou negativně ovlivnit pufovací schopnost slin (Lukacs & Largaespada, 2006).

Kulturní mechanismus může spočívat v preferenci chlapců před dívkami a tím k podávání kvalitnější potravy jedincům mužského pohlaví (Šlaus et al., 1997; Lukacs, 2011). Muži také mohou mít snadnější přístup k masité stravě ve společnostech, kde sami maso obstarávají, zatímco ženy sbírají rostlinnou stravu (Walker & Erlandson, 1986; Walker & Hewlett, 1990). Závislost výskytu zubního kazu na pohlaví není prokazatelná

u všech zkoumaných populací, což naznačuje, že dispozice behaviorálního charakteru mají větší význam než fyziologické faktory (Larsen et al., 1991; Lukacs, 2011).

3.2 Hypoplazie zubní skloviny

Hypoplasie zubní skloviny (EH – „enamel hypoplasia“) je vývojová porucha tvorby skloviny (Goodman & Rose, 1991; Hillson, 2005 Sloothweg, 2007). Patří do skupiny zubních defektů DDE (z anglického „dental defects of enamel“). Světová dentální federace (FDI) dělí kvantitativní defekty skloviny do 4 typů: jamky (typ 3), horizontální rýhy (typ 4), vertikální rýhy (typ 5) a celková absence skloviny (typ 6). Typ 1 a 2 jsou kvalitativního charakteru - změny barvy a opacity (FDI, 1982). Tyto defekty vznikají při formování korunky zubů a vzhledem k neměnnosti skloviny po jejím vytvoření, zůstávají patrné po celý život jedince. Typ 4 je znám pod názvem lineární (či chronologická) hypoplasie skloviny (LEH) a je nejčastější a také nejčastěji zkoumanou formou hypoplasie skloviny v antropologických studiích (Goodman & Rose, 1991).

Příčinou vzniku je silný stres působící na organismus v době vytváření skloviny (amelogenese). Stres ovlivňuje fyziologii a metabolismus ameloblastů. Pokud stres přesáhne prahovou hodnotu, ameloblasty nejsou nadále schopny dostatečně vytvářet sklovinu (Goodman & Rose, 1991; Hillson, 2005 Sloothweg, 2007). Za hlavní faktory ovlivňující funkci ameloblastů byly navrženy: 1. genetické faktory – individuální vnímavost vůči stresu či geneticky podmíněné oslabení funkce ameloblastů, 2. výživa – nedostatečná výživa, neefektivní využití zdrojů nebo nedostupnost klíčových živin a 3. nemoci. Všechny tyto stresové faktory se sčítají, a pokud stres přesáhne prahovou hodnotu pro vznik, nastávají poruchy amelogenese (Goodman & Rose, 1991).

Etiologie EH není zcela známa a tudíž její využití jakožto specifického indikátoru stresu není možná. Prevalence tohoto defektu se odvíjí od životních podmínek, ve kterých zkoumaná populace žije. Frekvence jedinců s EH je ve vyspělých státech oproti rozvojovým zemím velice nízká (např. Anderson & Stevenson, 1930; Enwonwu, 1973; Cutress & Suckling, 1982). Výskyt EH odráží nízký socioekonomický status a nekvalitní výživu jedince (Sweeney et al., 1971; Infante & Gillespie, 1974). Ve studii Goodmana a kolektivu (1991) byla skupině dětí z Mexika suplementována strava živinami a některými mikronutrienty. Oproti kontrolní skupině, vykazovaly děti s obohacenou stravou nižší výskyt LEH. Tyto děti také prodělaly méně respiračních a průjemových onemocnění

(počítáno na dny). Není tedy jisté, zda chudá strava měla přímý vliv na výskyt LEH nebo zvýšila náchylnost dětí k nemocem, které byly příčinou LEH. Pravděpodobný se zdá model popsaný výše, kdy se na vzniku LEH podílí více faktorů současně.

V některých populacích se objevují rozdíly ve výskytu LEH mezi pohlavími. Častěji se vyskytuje situace, kdy je frekvence LEH vyšší u mužů (např. Zhou & Corruccini, 1998). Pro tento stav se hledalo vysvětlení a bylo navrženo mnoho hypotéz, např.: ženy jsou odolnější vůči stresovým faktorům; existují pohlavní rozdíly v genech pro amelogenin, což vede k jiné struktuře a kvalitě skloviny; existuje pohlavně variabilní doba kalcifikace zubů a tudíž jsou zuby mužů déle vystaveny stresovým faktorům apod. (Guatelli-Steinberg & Lukacs, 1999). V některých populacích je ale frekvence LEH vyšší u žen (Goodman et al., 1991). Vysvětlení bude tkvět pravděpodobněji v kultuře jednotlivých populací (např. preference potomků jednoho pohlaví). Pro to svědčí LEH vznikající prenatálně. Pohlavní rozdíly ve frekvenci se u těchto LEH nepotvrdily (Guatelli-Steinberg & Lukacs, 1999).

3.3 Abraze zubů

Abraze zubů je jedním z procesů vedoucích k jejich obrusu (např. Imfeld, 1996; Habsha, 1999; Hillson, 2005, 2007; Lopéz Frías et al., 2012). Obrus zubů je funkční ztráta tvrdých zubních tkání postupující z vnějšího povrchu (Imfeld, 1996). V případě abraze dochází ke ztrátám zubních tkání během mechanického otěru, kdy je zub v kontaktu s cizími předměty či substancemi (např. s jídlem) (Imfeld, 1996; Habsha, 1999; Hillson, 2005, 2007; Lopéz Frías et al., 2012). V současné moderní společnosti je hlavní příčinou abraze čištění zubů za pomoci zubního kartáčku a pasty, v minulosti to byla strava, která obsahovala mnohem více abrazivních složek než dnes (Habsha, 1999; Alt & Rossbach, 2009; d’Incau et al., 2012; Esclassan et al., 2015). Ztráta zubních tkání probíhající při žvýkání potravy je někdy vyčleňována jako samostatný proces obrusu zubů a je označována jako „demastikace“ (může na ni být pohlíženo jako na kombinaci abraze a atrice, viz dále) (Imfeld, 1996).

Kromě abraze (příp. demastikace) se na obrusu zubů podílí: 1. atrice (fyziologická ztráta zubních tkání v důsledku kontaktu zubů, lze ji rozdělit na okluzální a aproximální), 2. eroze (postupná ztráta zubních tkání elektrolytickými a chemickými procesy, nejčastěji působením kyselin, které nejsou produktem ústní mikroflóry, např. z kyselých potravin, žaludeční kyseliny při častém zvracení, apod.) (Imfeld, 1996; Habsha, 1999; Kaidonis,

2008), 3. abfrakce (tj. cervikální abraze, způsobuje klínovité defekty na krčkové oblasti zubu, příčina vzniku není zcela známá, pravděpodobně působení biomechanických páčivých sil či nadměrná aktivita jazyka) (Imfeld, 1996; web 2).

U minulých populací můžeme pomocí zkoumání obrusu získat informace o některých aspektech života jedince či populace. Obrus odráží subsistenci, kulturní zvyklosti a lze dle něj odhadnout věk v době úmrtí (Smith, 1984; Hillson, 2007). Na abrazi tvrdých zubních tkání může mít vliv kromě žvýkání (mastikace) stravy i používání zubů pro jiné činnosti, které mohou odrážet zvyky komunity či jedince. Artificiální modifikace chrupu jsou charakteristické pro některé regiony a období. Můžou se v nich projevovat kulturní zvyky (např. mutilace zubů), poškození způsobená povoláním či zvyky a zlozvyky jednotlivců nebo léčebné zákroky (Molnar et al., 1972; Alt & Pichler, 1998).

Dle rozsahu obrusu lze, za předpokladu nepřítomnosti patologických stavů, odhadnout biologický věk jedince v době úmrtí. Touto problematikou se zabývala řada autorů a postupy pro posouzení obrusu v závislosti na věku navrhuje např. Murphy (1959), Miles (1962), Scott (1979), Lovejoy (1985). V několika studiích byl prokázán rozdíl obrusu dentice mezi pohlavími (např. Slaus et al., 1997; Esclassan et al., 2015). Vysvětlení spočívá v jiných stravovacích návycích mužů a žen. U dalších studií tyto rozdíly nebyly pozorovány (např. Brabant, 1973; Esclassan et al., 2015).

3.4 *Cribra orbitalia*

Cribra orbitalia jsou porotické změny patrné na povrchu stropu očníce. Některé studie uvádí, že jde o variantu porotické hyperostózy, která se může projevit také na kostech temenních či týlní kosti. Tyto léze jsou způsobeny hypertrofií kostní dřeně v diploe lebečních kostí. Etiologie není přesně známa, a tudíž není možné *cribra orbitalia* použít jako indikátor specifického stresu, ale spíše jako obecný ukazatel zdravotního stavu. Jsou to jedny z nejfrekventovaněji nalézáných lézí na kostrovém materiálu, avšak bez klinické paralely (Vyhnánek, 1999; Walker et al., 2009; Zarina et al., 2016).

Za příčinu porotických hyperostóz je nejčastěji považována anémie (též anemický syndrom), tj. patologický nedostatek červených krvinek či hemoglobinu. Může dojít ke třem stavům, které způsobí anémii: 1. ztráta krve, 2. snížená erytropoéza a 3. zvýšená hemolýza. Tyto stavy se mohou u jedince objevit současně. Anémie mohou být geneticky podmíněné nebo získané. Získané anémie jsou častější (pro tzv. „nutriční anémii“

z nedostatečné výživy se uvádí postižení 30 % současné populace). Mohou vznikat z nedostatku železa, esenciálních aminokyselin, některých vitamínů (A, B₁₂, B₆) nebo kyseliny listové. (Walker et al., 2009; Penka & Buliková, 2009; Buliková, 2011).

Dříve se předpokládalo, že porotické hyperostózy jsou způsobeny sideropenickou anémií (např. Sheldon, 1936; Britton et al., 1960; Powell et al., 1965). Výzkumy posledních let ukázaly, že sideropenická anémie je výsledkem snížení produkce červených krvinek (např. Brugnara, 2003) a tudíž nemůže způsobovat hypertrofii kostní dřeně (Walker et al., 2009). Naopak megaloblastická nebo hemolytická anémie mohou. Hemolytická anémie je výsledkem předčasné destrukce červených krvinek, která vede kostní dřev k jejich větší produkci. Zvýšené nároky na kostní dřev způsobují její hypertrofii. Megaloblastická anémie funguje na podobném principu. Chronická karence nebo malabsorpce vitamínu B₁₂ a/nebo kyseliny listové je její nejčastější příčinou. Hemopoetické buňky se zvětšují v důsledku zvětšení jejich jádra pramenící z nesprávné syntézy DNA. Defektní buňky nejsou schopny produkovat dostatečné množství červených krvinek, což vede k hypertrofii kostní dřevě (Koury et al., 2000; Walker et al., 2009). Kromě anémie se jako o příčinách vzniku hypertrofie kostní dřevě a lézí podobných *cribra orbitalia* uvažuje také o kurdějích, křivici, hemangiomech a též údajně může být jejich vznik podmíněn traumatickými poraněními (Walker et al., 2009).

Vysoký výskyt *cribra orbitalia* u minulých populací se vysvětluje především podvýživou, ke které přispívala špatná hygiena zvyšující pravděpodobnost nakažení se infekční chorobou a kulturní praktiky spojené s těhotenstvím a kojením (Walker et al., 2009). Vitamín B₁₂ se vyskytuje téměř jenom v potravě živočišného původu (Stabler & Allen, 2004). Striktní vegetariáni a vegani často trpí karencí vitamínu B₁₂, ale také karencí železa a dalších živin, které tělo může získat pouze z masa (Walker et al., 2009; Kasper, 2015). Nedostatečný přísun tohoto vitamínu prenatálně se projeví ve větší náchylnosti k chorobám v dětském věku (Newberne & Young, 1973). Děti jsou k nedostatečnému přísunu B₁₂ náchylnější než dospělí a symptomy B₁₂ deficiencie se u nich projevují záhy (u dětí kojených ženami s nedostatečným přísunem B₁₂ již po několika měsících). Dospělí oproti nim mají zásoby tohoto vitamínu v játrech, ze kterých se postupně mohou, v případě potřeby, uvolňovat a rozvoj symptomů B₁₂ karence je pozvolný a trvá mnoho let (Walker et al., 2009).

U některých populací může být vznik megaloblastické anémie podpořen přítomností parazitů v gastrointestinálním traktu (např. *Giardia lamblia*, *Enterobius vermicularis*,...) (Olivares et al., 2002). Také průjemová onemocnění vedou k malabsorpci vitamínů B-komplexu, vitamínů C a E, selenu a železa a tím k rozvoji anémie (Walker, 1986; Long et al., 2007).

Frekvence výskytu *cribra orbitalia* se v populaci snižuje s rostoucím věkem (např. Obertová & Thurzo, 2004; Sullivan, 2005; Walker et al., 2009). Předpokládá se, že větší výskyt *cribra orbitalia* u dětí a adolescentů než u dospělých, je dán odlišnými místy produkce červených krvinek. Zatímco v dětství je to, kromě jiného, především diploe plochých kostí. V dospělosti erytropoéza probíhá především ve spongióze obratlů, žeber či hrudní kosti (Walker et al., 2009). Rozdíly mezi pohlavími nebyly ve většině studií prokázány (např. Beňuš et al., 2010; Jatautis et al., 2011). Vyšší výskyt *cribra orbitalia* u jednoho z pohlaví ve své práci uvedli Mittler a Van Gerven (1994) (u mužů) a Sullivan (2005) (u žen). Sullivan rozdíly mezi pohlavími vysvětluje zvýšenými nároky žen na příjem železa, vitamínu B₁₂ a kyseliny listové během menstruace, těhotenství a laktace. V práci Sullivana se také potvrdily rozdíly ve frekvenci *cribra orbitalia* mezi jednotlivými socioekonomickými vrstvami (nižší status znamená vyšší frekvenci výskytu).

3.5 Výška postavy

Výška postavy jedince je dána především pohlavím, dědičností a etnickou příslušností (Krishan & Kanchan, 2012). Rozdíly ve výšce postavy v rámci jedné populace a daného pohlaví mohou být ovlivněny rozdíly ve výživě. Výživa hraje zásadní roli v dětství při růstu jedince. Podvýživa v dětském věku může vést k nevyužití genetického růstového potenciálu. Nejrizikovější skupinou jsou děti z nižších socioekonomických tříd (Tanner, 1994; Lifshitz, 2009). Sekulární trend ve vyspělých zemích posledních 150 let, ovlivněný zlepšením výživy, zdravotní péče a životních podmínek obecně, vedl k nárůstu výšky postavy u „západních“ populací. Před tímto obdobím se průměrná výška postavy v populacích měnila v závislosti na výkyvech environmentálních faktorů jako je klima, nemoci, dostupnost potravy a populační hustota (Maat, 2005; Grasgruber et al., 2014).

Existují dva základní přístupy, jak odhadovat výšku postavy u minulých populací. První z nich je „matematický“ a druhý „anatomický“. Matematický způsob používá regresní rovnice odvozené na základě délek dlouhých kostí končetin u souborů jedinců se

známou výškou postavy. Délka dlouhých kostí vykazuje nejvyšší korelaci s výškou postavy. Nevýhodou tohoto přístupu je, že souvislost mezi délkou kosti a výškou postavy je specifická pro každou populaci a tak použití těchto rovnic není univerzální a udává pouze orientační výsledek. Jde pouze o odhad, kdy směrodatná odchylka se uvádí minimálně ± 2 cm (Feldesman & Fountain, 1996, Kuželka, 1999). Výhodou je, že k odhadu výšky stačí pouze jedna zachovalá kost. Regresní metodu pro výpočet výšky postavy z délky dlouhých kostí navrhli dříve např. Manouvrier (1894), Pearson (1899), Breitinger (1937) a Bach (1965), Zeman & Králík (2012). Druhý – „anatomický“ - přístup je založen na součtu rozměrů více kostí podílejících se na výsledné výšce postavy se započítáním příspěvku měkkých tkání (Fully, 1956). Nevýhodou tohoto přístupu je nutnost dobré zachovalosti většího počtu kosterních elementů, což u archeologického materiálu nebývá obvyklé. Výhodu představuje použití skutečných rozměrů kostí, nikoliv jejich odhadů. V poslední době se nejčastěji používá „hybridní“ přístup, který využívá „anatomické“ metody provedené na vzorku populace k získání regresních rovnic použitelných pro zbytek populace. S použitím posledně jmenovaného přístupu jsou vypracovávány rovnice s možností využití u různých populací. Pro holocénní populace evropského kontinentu vypracoval regresní rovnice Ruff a kolektiv (2012). V rámci této práce bylo pracováno s délkou femuru, která nejlépe koreluje s výškou postavy. Vytvoření populačně specifických rovnic nebylo vzhledem k zachovalosti materiálu možné a použití rovnic navržených pro velkomoravskou populaci (Sládek et al., 2015) by nebylo vhodné vzhledem k tomu, že se jedná o rozdílné populace.

Dobisíková a kolektiv (2007) ve své práci hodnotí vývoj výšky postavy na našem území v období od neolitu po současnost. Zmiňuje, že se výška postavy v tomto období s několika zakolísáními spíše zvyšovala. Nejvyšší průměrné hodnoty (před strmým vzestupem po tzv. malé době ledové) dosáhla v období stěhování národů. Za nepříznivých klimatických podmínek se také snižoval rozdíl mezi průměrnou výškou mužů a žen.

3.6 Stabilní izotopy uhlíku a dusíku

Většina prvků existuje ve dvou či více formách – izotopech, které mají stejný počet elektronů a protonů, ale liší se v počtu neutronů v jádře. Tyto izotopy se dělí na stabilní a nestabilní (radioaktivní). Stabilní izotopy biogenních prvků (např. C, N, O, H a S) mohou posloužit k řešení některých otázek biologie či ekologie. Vzhledem k jejich rozdílným počtům neutronů v jádře, mají rozdílnou hmotnost a tím i rozdílné kinetické

a termodynamické vlastnosti. Ve studiích zabývajících se stravou minulých populací se používají především izotopy uhlíku (C) a dusíku (N). Uhlík má dva stabilní izotopy ^{12}C a ^{13}C , které se v přírodě vyskytují v poměru 98,9 % ku 1,1 %. Dusík má také dva izotopy ^{14}N a ^{15}N s poměrem 99,64 % ku 0,36 % (Hoefs, 1987; Schwarcz & Schoeninger, 1991).

Princip, na kterém jsou studie stravy pomocí izotopů založeny, se nazývá frakcionace. Během chemických a fyzikálních reakcí se zastoupení jednotlivých izotopů mění a tudíž jejich poměr se liší u substrátu a produktu reakce (Schwarcz & Schoeninger, 1991). Základní premisou je, že izotopové složení stravy se odráží v izotopovém složení konzumenta. Tkáně býložravců tak vykazují relativní obohacení o ^{13}C a ^{15}N vzhledem k rostlinám a tkáně masožravců další obohacení v závislosti na umístění v rámci potravního řetězce (Fogel, 1997). Obsah izotopů (R) se vyjadřuje poměrem těžkého izotopu ku lehkému (např. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) a k jeho změření se používá hmotnostní spektrometrie. Vzhledem k tomu, že rozdíl poměrů izotopů je po frakcionaci velmi malý, nevyjadřuje se v absolutních hodnotách, ale v relativních:

$$\delta_x = \left(\frac{R_x}{R_s} - 1 \right) * 1000$$

δ_x je rozdíl poměrů izotopů; R_x je poměr izotopů ve vzorku; R_s je poměr izotopů standardu; jednotkou δ jsou ‰ (např. O'Leary, 1981; Farquhar et al., 1989; Schwarcz & Schoeninger, 1991).

Pro izotopové analýzy je možné využít různých tkání těla, v retrospektivních studiích se nejčastěji používají kosti a zuby (Tieszen et al., 1983; Schwarcz & Schoeninger, 1991; O'Connell et al., 2001; Lee-Thorp, 2008). Kosti a zuby se skládají jak z pro analýzy vhodných organických molekul (kolagen), tak z minerální složky (apatit). Kolagen je nejhojnějším proteinem organické části kostí a zubního dentinu, zatímco apatit je jejich hlavní anorganickou substancí a vyskytuje se ve velkém množství v zubní sklovině. Kostní a zubní tkáně se liší v tom, zda odráží stravu konzumovanou v raném období života či v období předcházející smrti jedince. Zubní tkáně se vytváří v dětství (kromě třetích stoliček) a od té doby se jejich složení nemění. Naopak složení kostní tkáně se v průběhu života obnovuje a odráží tedy stravu konzumovanou v posledních letech života (Schwarcz & Schoeninger, 1991; Hedges et al., 2007; Lee-Thorp, 2008). V této diplomové práci se pro izotopovou analýzu využil kolagen obsažený v kostech.

3.6.1 Uhlík

Variabilita obsahu izotopů uhlíku konzumentů vychází z variability primárních suchozemských i vodních producentů (Lee-Thorp, 2008). Sladkovodní a mořské rostliny mají jiné poměry izotopů $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ než suchozemské rostliny (Osmond et al., 1981). Použití uhlíku při studiu stravy v minulosti založené na suchozemských zdrojích se zakládá na faktu, že C3 a C4 rostliny vykazují rozdílné hodnoty poměru izotopů tohoto prvku, vycházející z frakcionace během fixace uhlíku při fotosyntéze (Smith & Epstein, 1971; O'Leary, 1981). Standardem pro izotopové hodnoty uhlíku je vápenec ze souvrství Pee Dee v Jižní Karolíně (Coplen, 1995).

Hodnota $\delta^{13}\text{C}$ pro atmosférický kyslík je přibližně -8 ‰ (s vlivem spalování fosilních paliv se dostává do zápornějších hodnot). Pro C3 rostliny je průměrná hodnota $\delta^{13}\text{C}$ -28 ‰ (-24 až -36 ‰) a pro C4 rostliny přibližně -14 ‰ (O'Leary, 1981, 1988; Lee-Thorp, 2008). Mezi významné hospodářské C3 rostliny patří např. pšenice, ječměn, oves, rýže, brambory, manioky a jamy. Mezi C4 hospodářské rostliny např. kukuřice, čirok, cukrová třtina a proso (Lee-Thorp, 2008). Primární producenti moří (fytoplankton, řasy, ...) jsou oproti terestriálním C3 ekosystémům obohaceni o ^{13}C a vykazují hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ cca -20 ‰.

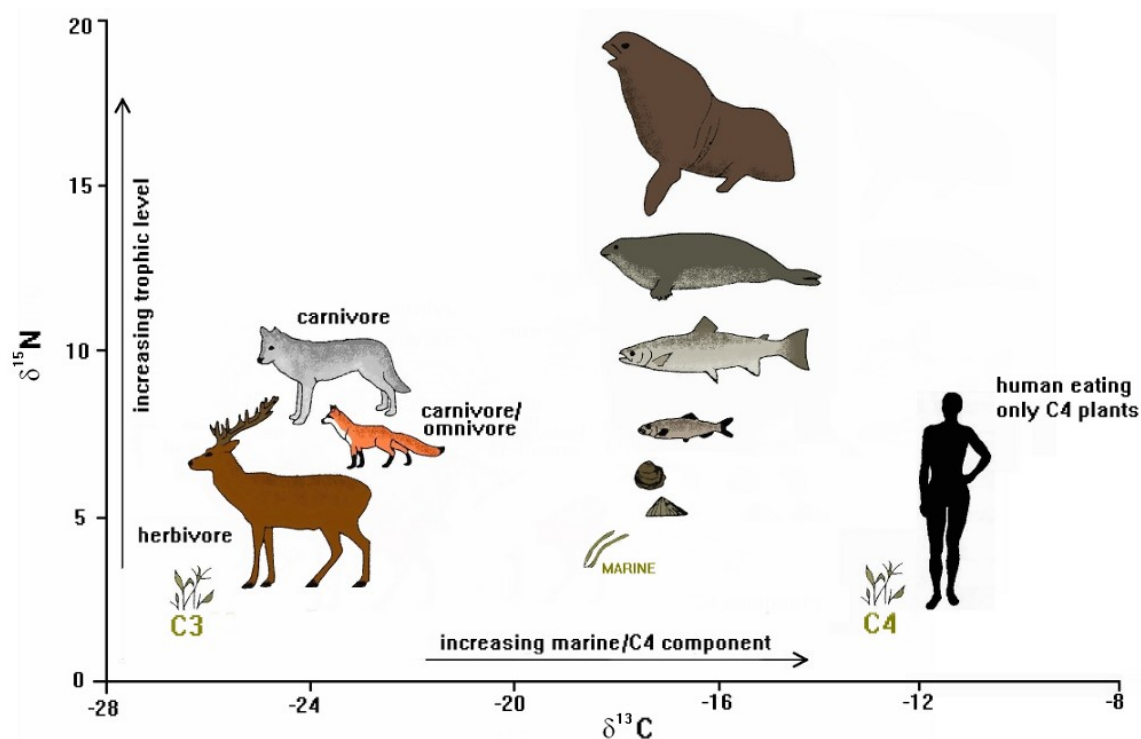
Herbivoři odráží hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ konzumovaných rostlin ve svých tkáních (v každé tkáni ovšem jiným způsobem). V kolagenu je rozdíl mezi $\delta^{13}\text{C}$ stravy a tkáně zhruba +5 ‰. Na dalších trofických úrovních (omnivoři, karnivoři) se rozdíl navýší o 0 až 2 ‰ (např. DeNiro & Epstein, 1981; van der Merwe, 1982; Lee-Thorp et al., 1989; Bocherens & Drucker, 2003; Lee-Thorp, 2008). Ve sladkovodním prostředí ovlivňuje hodnoty uhlíku především dané prostředí. Lokální podmínky ovlivňují hodnoty vodních rostlin, které se pak odráží v jejich konzumentech. Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ bývají obdobné či nižší, než hodnoty v terestriálních systémech (Osmond et al., 1981).

3.6.2 Dusík

Variabilita obsahu izotopů dusíku v jednotlivých ekosystémech vychází z rovnováhy mezi biologickou fixací, asimilací, koloběhem v biosféře a zpětným uvolňováním dusíku do atmosféry (Lee-Thorp, 2008). Atmosférický dusík má jednotné izotopové složení tzn. $\delta^{15}\text{N} = 0$ ‰ a slouží jako standard (Coplen et al., 1992; web 3). Půda a rostliny jsou vzhledem k atmosféře obohaceny o ^{15}N ($\delta^{15}\text{N} = 1$ až 4 ‰) (Lee-Thorp, 2008). Pro mořské primární producenty jsou nejdostupnější formou dusíku dusičnany a hodnoty $\delta^{15}\text{N}$

mořských ekosystémů jsou velmi variabilní. Nejbohatší na živiny jsou oblasti podmořských okrajů kontinentů (Liu & Kaplan, 1989).

Poměr izotopů dusíku se liší mezi jednotlivými trofickými úrovněmi. Mezi jednotlivými stupni (rostliny – herbivoři, herbivoři – karnivoři) je rozdíl cca +2 až 6 ‰. Mořské potravní řetězce jsou delší než ty suchozemské a tak konzumenti vykazují vysoké $\delta^{15}\text{N}$. Obdobně to funguje i u sladkovodních ekosystémů (rozdíl mezi sladkovodními a mořskými ekosystémy je patrný na hodnotách $\delta^{13}\text{C}$). U vodních primárních producentů se $\delta^{15}\text{N}$ rovná přibližně +5 ‰. U konzumentů mořských ryb je $\delta^{15}\text{N}$ v průměru rovno +16,5 ‰ (DeNiro and Epstein 1981; Minagawa & Wada, 1984; Schoeninger & DeNiro, 1984). Změny hodnot v rámci jednotlivých ekosystémů jsou znázorněny na obrázku 3.1.



Obr. 3.1: Schéma změn hodnot izotopů uhlíku a dusíku v terestriálních (C3 a C4) a mořském ekosystému. Převzato z <http://www.chrono.qub.ac.uk/Publications/IRMS/>

3.6.3 Další faktory ovlivňující izotopové hodnoty uhlíku a dusíku

Izotopové hodnoty uhlíku a dusíku jedince jsou kromě „výživových“ faktorů ovlivňovány i dalšími vlivy. Tyto vlivy se měnily v průběhu času a liší se i v různých částech světa (van Klinken et al., 2002).

Izotopové hodnoty uhlíku rostlin ovlivňují charakteristiky lokálního prostředí jako je půdní vlhkost, vlhkost vzduchu, ozáření, teplota, dostupnost dusíku, salinita či koncentrace atmosférického CO₂ (např. Tieszen, 1991; Drucker et al., 2008; Diefendorf et al., 2010). Vliv některých z výše zmíněných faktorů na hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ je zřejmý při srovnání lesního prostředí s otevřenou krajinou. V lesním prostředí působí tzv. „canopy effect“, který způsobuje vyšší hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ ve vyšších patrech lesa a nižší hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ v nižších patrech lesa (Heaton, 1999).

Charakteristiky lokálního prostředí do velké míry ovlivňují také izotopové hodnoty dusíku. Vedle nich je to například i mykorhizní symbióza, která se projevuje na hodnotách $\delta^{15}\text{N}$ (Dawson et al., 2002). Kromě přírodních podmínek ovlivňují hodnoty dusíku také lidské zásahy do ekosystémů. Jedním z největších zásahů do přirozeného stavu dusíku je hnojení. Hnojení fekáliemi obohacuje půdu a rostliny na ní rostoucí o 2,6 až 8 ‰ v závislosti na intenzitě hnojení. (Bogaard et al., 2007; Fraser et al., 2011).

Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ jsou v posledních desetiletích člověkem nejvíce ovlivňovány spalováním fosilních paliv, které mění poměry izotopů v atmosféře (Peterson & Fry, 1987). Ze všech výše uvedených důvodů je vhodné použití zvířecích vzorků ze stejné lokality a období jako srovnávacího souboru k lidským vzorkům.

Kromě vnějšího prostředí, ovlivňují izotopové hodnoty jedince i jeho vlastní metabolické pochody. Převládající anabolické či katabolické procesy mohou vychýlit hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ tak, že neodráží natolik stravu jako právě pozměněný metabolismus. Studie na zvířatech ukázaly, že při hladovění začne převládat katabolismus proteinů v těle a to způsobí obohacení hodnot $\delta^{15}\text{N}$ (např. Hobson et al., 1993). Naopak snížení hodnot $\delta^{15}\text{N}$ bylo zjištěno u rostoucích dětí (Waters-Rist & Katzenberg, 2010) a těhotných žen (Fuller et al., 2004). Izotopové hodnoty dusíku mohou ovlivnit i některé patologické stavy nesouvisející přímo s příjmem potravy (Reitsema, 2013). Kostní tkáň dospělých se remodeluje pomalu a odráží dlouhodobý průměr. Krátkodobé výkyvy metabolismu tedy nemohou izotopové hodnoty ve větší míře zachytit. Z důvodu odlišného metabolismu a rychlosti remodelace také není vhodné porovnávat nedospělé jedince s dospělými.

4 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je přinést nové poznatky o stravování lidí v době stěhování národů, konkrétně příslušníků kmene Langobardů. Strava bude charakterizována na základě analýzy stabilních izotopů uhlíku a dusíku. Bude zjišťován podíl živočišných proteinů, prosa či ryb ve stravě. Dále bude zjišťován vztah mezi kvalitou výživy a dentálními patologiemi, obrusem stoliček a indikátory nespecifického stresu. Za účelem dosažení cíle práce budou testovány následující hlavní hypotézy:

U některých středověkých populací byly popsány mezipohlavní rozdíly ve stravování (např. Alt et al., 2014; Novak, 2015). Obvyklé zjištění v těchto případech bývá, že ve stravě žen bylo větší zastoupení sacharidů a méně živočišných proteinů. Tato zjištění ukazují na rozdílnou dostupnost určitých potravin (konkrétně živočišných proteinů) pro jednotlivá pohlaví. Byly popsány i rozdíly ve stravování u dětí a dospělých (např. Reitsema & Vercellotti, 2012). Rozdíly ve stravování mezi dospělými v různých věkových kategoriích nebyly doposud často řešeny. Pokud ano, nebyly rozdíly potvrzeny (Knipper et al., 2013). V této práci bude řešena rozdílnost stravy mezi pohlavími/věkovými skupinami v populační skupině Langobardů z doby stěhování národů na Moravě.

H₁: Strava se lišila mezi jednotlivými pohlavími a věkovými skupinami.

Někteří autoři zmiňují slovanskou tradici v pěstování prosa a považují proso za typickou plodinu pro slovanské kmeny, která umožňuje sledovat jejich migrace (např. Reitsema & Kozłowski, 2013). Předpokladem je, že do příchodu slovanských kmenů na daném území bylo proso konzumováno v zanedbatelném množství a po příchodu Slovanů se na výživě podílelo ve větší míře. Konzumace prosa slovanskou populací na území Moravy v raném středověku byla doložena izotopovou analýzou uhlíku (např. Kaupová, 2017). O době stěhování národů nemáme v tomto ohledu žádné informace.

H₂: Příslušníci kmene Langobardů v době stěhování národů na území Moravy nekonsumovali proso.

Výsledky některých studií naznačují, že existuje souvislost mezi kvalitou/složením stravy a výskytem některých patologií. V populacích konzumujících převážně stravu založenou na sacharidech byl popsán vyšší výskyt kazů (např. Keenleyside, 2008). Také se

ukazuje, že například vznik *cribra orbitalia* může mít souvislost s nedostatečným příjmem živočišné stravy, která je téměř jediným zdrojem vitamínu B₁₂ (Walker et al., 2009). U langobardské populační skupiny z Kyjova bude sledován vztah vybraných osteologických znaků k izotopovým hodnotám odrážejícím složení stravy.

H3: Výskyt dentálních patologií, obrus stoliček a projevy nespecifického stresu jsou ovlivněny kvalitou výživy, ze sledovaných parametrů zejména podílem živočišných proteinů ve stravě.

5 Materiál a metody

5.1 Materiál

5.1.1 Pohřebiště v Kyjově

V roce 2010 bylo na jihovýchodním okraji města Kyjova (jižní Morava) při záchranném archeologickém výzkumu odkryto polykulturní naleziště. Kromě několika sídlištních objektů se jednalo převážně o kostrové pohřebiště s nejméně 250 hroby. Hroby byly z velké části datovány do mladšího období stěhování národů, nejméně 9 hrobů spadá do pozdního eneolitu (únětická kultura, severojižní orientace) (Šmerda 2013; Šmerda, 2016).

Dle hrobové výbavy byla cca 240 hrobům spadajícím do 6. století přiřknuta příslušnost ke germánskému kmeni Langobardů. Hroby měly přibližně západovýchodní orientaci. Mnoho hrobů vykazuje známky po vykrádání, i přesto se dochovaly četné milodary (ozdoby a součásti oděvu z kovů i jiných materiálů, zbraně, předměty osobní hygieny, klíče, keramika, pozůstatky stravy) (Šmerda 2013; Šmerda, 2016). Tato diplomová práce se zabývá pouze langobardskými hroby.

5.1.2 Analyzovaný soubor jedinců

Pro zhodnocení zdravotního stavu jedinců na pohřebišti bylo vybráno 156 jedinců. Zařazení byli pouze dospělí jedinci obou pohlaví s dostatečnou zachovalostí kosterních pozůstatků umožňující zhodnotit alespoň jeden ze zkoumaných znaků (viz Metody).

Pro analýzu stabilních izotopů uhlíku a dusíku v kolagenu bylo vybráno 30 jedinců mužského a 30 jedinců ženského pohlaví. V rámci obou pohlaví bylo vybráno vždy 15 jedinců ve věku mezi 20 až 40 lety a 15 jedinců starších 40 let. Pohlaví a věk byly odhadnuty Doc. RNDr. Milanem Stloukalem, prom. hist., DrSc. Soupis hrobů/koster, které byly zařazeny do izotopové analýzy, je uveden v příloze v tabulce 10.1.

5.1.3 Zvířecí vzorky

Do izotopové analýzy bylo zahrnuto i 19 vzorků odebraných ze zvířecích kostí. Šlo o kosti přiložené k lidským pozůstatkům v hrobech. Zvířecí materiál pravděpodobně představuje jídlo přiložené do hrobů v podobě milodarů či zvířata symbolického významu (což naznačuje druhové složení, anatomie a porážkový věk) (Bartosiewicz, 2015). Přehled

druhů a částí skeletu, ze kterých byly vzorky odebírány, jsou uvedeny v tabulce 5.1. V každém cyklu extrakcí kolagenu byl zpracován i kontrolní vzorek pocházející z ovce domácí (*Ovis aries*).

Tab. 5.1: Seznam zvířecích druhů zahrnutých do izotopové analýzy s danou částí skeletu, ze které byl odebírán vzorek pro extrakci kolagenu

číslo vzorku	číslo hrobu	druh	anatomie
Kyj 61	1018	prase domácí (<i>Sus domesticus</i>)	<i>ulna</i>
Kyj 62	1007	prase domácí (<i>Sus domesticus</i>)	<i>humerus</i>
Kyj 63	1026	prase domácí (<i>Sus domesticus</i>)	<i>humerus</i>
Kyj 65	871	prase domácí (<i>Sus domesticus</i>)	<i>humerus</i>
Kyj 66	828 I	ovce/koza (<i>Ovis/Capra</i>)	<i>vertebra</i>
Kyj 67	821	ovce/koza (<i>Ovis/ Capra</i>)	<i>vertebra</i>
Kyj 68	1004	ovce/koza (<i>Ovis/ Capra</i>)	<i>tibia</i>
Kyj 69	881	kůň domácí (<i>Equus caballus</i>)	<i>os carpale</i>
Kyj 70	1009	kůň domácí (<i>Equus caballus</i>)	<i>metapodium</i>
Kyj 71	928 II	kůň domácí (<i>Equus caballus</i>)	<i>metapodium</i>
Kyj 72	962	tur domácí (<i>Bos taurus</i>)	<i>tibia</i>
Kyj 73	1004	bobr evropský (<i>Castor fiber</i>)	<i>scapula</i>
Kyj 74	881	pes domácí (<i>Canis familiaris</i>)	<i>phalang</i>
Kyj 75	902	pes domácí (<i>Canis familiaris</i>)	<i>metacarpus V</i>
Kyj 76	840	kur domácí (<i>Gallus domesticus</i>)	<i>tibiotarsus</i>
Kyj 77	821	kur domácí (<i>Gallus domesticus</i>)	<i>tibiotarsus</i>
Kyj 78	811	kur domácí (<i>Gallus domesticus</i>)	<i>femur</i>
Kyj 79	1022	kur domácí (<i>Gallus domesticus</i>)	<i>humerus</i>
Kyj 80	815	kur domácí (<i>Gallus domesticus</i>)	<i>humerus</i>

5.2 Metody

5.2.1 Hodnocení zdravotního stavu

Na langobardském pohřebišti v Kyjově byly posuzovány patologie, u kterých se předpokládá, že na jejich vznik má vliv kvalita stravy. Byly to: zubní kaz, hypoplasie zubní skloviny a *cribra orbitalia*. Dále byla hodnocena abraze okluzních ploch prvních a druhých stoliček, která taktéž umožňuje posoudit kvalitu výživy a byla měřena délka stehenní kosti, která pozitivně koreluje s výškou postavy.

U zubního kazu byl hodnocen stav jako 1/0/N (přítomen/nepřítomen/nelze hodnotit). Pro určení stavu „přítomen“ byl potřeba minimálně jeden zubní kaz, na kterémkoliv zubu dentice. Jako „nehodnotitelné“ byly označeny dentice s méně než ¼ zubů. Byl spočítán index frekvence kazivosti (FCE), který je procentuálním vyjádřením počtu jedinců s kazem. Dále byl vypočítán index intenzity kazivosti (ICE) podle vzorce (Strouhal, 1959):

$$ICE = \left(\frac{\text{počet zubů s kazem}}{\text{počet hodnocených zubů}} \right) * 100 + \left(\frac{\text{počet zhojených alveolů}}{\text{počet hodnocených alveolů}} \right) * 100$$

Hypoplasie zubní skloviny (LEH) byla hodnocena stavy 1/0/N (přítomen/nepřítomen/nelze hodnotit). Pro určení stavu „přítomen“ byl potřeba výskyt LEH na minimálně 2 frontálních zubech. Hodnocené dentice sestávaly z minimálně 3 frontálních zubů dosahujících opotřebení maximálně stupně 5 dle metody Smith (1984), které nebyly pokryty zubním kamenem nebo jen v omezené míře umožňující LEH zhodnotit.

Klasifikace *cribra orbitalia* vycházela z práce Nathana a Haase (1966). Vzhledem k nepřítomnosti III. trabekulárního typu, byly očnice ohodnoceny pouze stupni 0/1/2 (*cribra orbitalia* nepřítomna/I. porotický typ/ II. kribrotický typ). Pro statistickou analýzu byly hodnoceny pouze stavy nepřítomna/přítomna (0/1).

Obroušení okluzních ploch prvních a druhých molárů bylo hodnoceno dle metody Scott (1979). Tato metoda hodnotí jednotlivé kvadranty stoličky zvlášť a výsledkem je součet hodnot pro jednotlivé kvadranty. Zuby se sklovinou poškozenou tafonomickými jevy nebyly hodnoceny.

Rozměry stehenních kostí byly měřeny na osteometrické desce. Změřen byl rozměr F1 (největší délka) (Bräuer, 1988). Změřena byla pravá i levá strana. Vzhledem k vyššímu zastoupení byly pro statistické výpočty použity hodnoty F1 pravých stehenních kostí. Kde bylo možno změřit pouze levostranné rozměry, byly použity tyto.

5.2.2 Příprava vzorků kolagenu na izotopovou analýzu

U vybraných jedinců byla pomocí řezného kotouče brusky (DREMEL 2222) uříznuta část žebra v délce cca 3 cm. Žebro bylo rozpůleno a pomocí brusného kužele očištěno od povrchových nečistot a spongiózy. Kost byla umístěna v kádince s destilovanou vodou do ultrazvukové lázně (CD-4820), kde se během několika pětiminutových cyklů

s opakovaným vyměňováním zakalené vody vyčistila. Vzorek byl poté umístěn na cca 24 hodin do sušárny vyhřáté na 40 °C. Mezi přípravou jednotlivých vzorků byly nástroje i pracovní plocha čištěny etanolem, aby nedošlo ke kontaminaci.

V dalším kroku byly vzorky kosti nadrceny. Pokud to křehkost kosti dovoľovala, pak byla nadrcena ručně v hmoždíři. Pevnější vzorky byly nadrceny v automatické drtičce (Fritsch Analysette 3 SPARTAN). Následně byla drť prosívána přes síto s velikostí ok 0,7 mm, což vedlo k získání fragmentů vhodné velikosti pro extrakci kolagenu.

Z nadrceného vzorku bylo do skleněné kádinky odváženo množství cca 0,25 g. Poté bylo možné přejít k vlastní extrakci kolagenu. V prvním kroku se kost demineralizovala. Do kádinky bylo nalito 40ml 1 M HCl. Vzorek byl následně po 20 minut míchán pomocí magnetického míchadla a poté přefiltrován. Při filtraci byl vzorek propláchnut destilovanou vodou a následně sejmuto z filtračního papíru a přeneseno do kádinky naplněné 40 ml 0,125 M NaOH, čímž byl zahájen druhý krok – odstranění organických nečistot. Vzorek byl v hydroxidu sodném ponechán 20 hodin při pokojové teplotě a následně opět přefiltrován.

Produkt druhé filtrace byl přenesen do skleněných zkumavek naplněných 0,01 M HCl a zahříván na 100 °C po 17 hodin v sušárně (Memmert UN 110). Tím došlo k solubilizaci kolagenu. Tekutý vzorek byl pomocí skleněné pipety přenesen do plastových zkumavek. Následně mohl být přefiltrován pomocí zásuvných filtrů (Elkay typ 9 ml Ezee Filter Separator). Produkt třetí filtrace byl přelit do skleněných vialek a zamrazen. Vialky byly předem zváženy, aby bylo později možno odečíst hmotnost vysušených vzorků.

Zmrazené vzorky byly vloženy do lyofilizátoru (Scan Vac CoolSafe Basic), kde byly desikovány po dobu 48 hodin při teplotě -110 °C. Vysušené vzorky byly zváženy a byl spočítán výtěžek kolagenu z kosti. Za použití hmotnosti kosti před extrakcí kolagenu (m_1) a hmotnosti kolagenu po extrakci (m_2) se vypočítal procentuální výtěžek dle následujícího vzorce:

$$\% \text{ kolagenu} = m_2 / m_1 \cdot 100.$$

Procentuální výtěžky kolagenu pro jednotlivé vzorky jsou uvedeny v příloze v tabulce 10.2.

Výtěžky kolagenu se pohybovaly pro lidské vzorky v rozmezí od 3 do 22,8 %. Pod hodnotou 5 % se nacházelo 6 vzorků (10, 15, 17, 37, 38, 50). Pro vzorky 11, 12 a 14 nemohl být výtěžek spočítán, vzhledem k tomu, že vialky s těmito vzorky po zmrazení praskly a vzorky musely být znovu přefiltrovány a přendány do nových vialek, které nebyly zváženy. Tyto nestandartní okolnosti přípravy těchto vzorků budou brány v potaz při interpretaci výsledků izotopové analýzy.

Výtěžky kolagenu pro zvířecí vzorky se pohybovaly od 1,9 do 20,4 %. Pod hodnotou 5 % se nacházelo 7 vzorků (67, 68, 69, 71, 72, 73 a 74). Vzhledem k nízké hodnotě vzorku 71 (1,9 %) bude s výsledky izotopové analýzy tohoto vzorku zacházeno obezřetně.

5.2.3 Izotopová analýza

Vzorky kolagenu byly odeslány do laboratoře Iso-Analytical sídlící ve městě Crewe ve Velké Británii. Tam byla provedena hmotnostní spektrometrie (Elemental Analysis - Isotope Ratio Mass Spectrometry - EA-IRMS). Jako referenční materiál byl použit sójový protein (IA-R068). Pro kontrolu kvality během analýzy našich vzorků byly použity vzorky sójového proteinu (IA-R068), L-alaninu (IA-R038), tuňákového proteinu (IA-R069) a směs cukrové třtiny (IA-R006) se síranem amonným (IA-R046), které jsou kalibrovány vůči srovnávacím standardům IAEA-CH-6 a IAEA-N-1 produkované International Atomic Energy Agency z Vídně.

5.2.4 Hodnocení kvality vzorků

Po obdržení výsledků z laboratoře Iso-Analytical byla nejprve posouzena kvalita kolagenu v jednotlivých vzorcích. Za indikátory kvality vzorků se považují: celkový obsah uhlíku (% C), celkový obsah dusíku (% N), poměr uhlíku a dusíku (C:N) a výše zmiňovaný výtěžek kolagenu z kosti (% kolagenu, viz kapitolu 5.2.2) (DeNiro, 1985; van Klinken, 1999; Ambrose, 1990; Reitsema, 2012). Hodnoty obsahu uhlíku a dusíku ve vzorcích byly součástí výsledků zaslaných laboratoří Iso-Analytical. Poměr uhlíku a dusíku (C:N) byl vypočítán pomocí následujícího vzorce:

$$C:N = \% C / \% N * 1,16$$

Vzhledem k relativním atomovým hmotnostem obou prvků (uhlík - 12,01115; dusík - 14,0067) je potřeba hodnoty pro dusík vynásobit koeficientem 1,16. Rozmezí hodnot ukazujících na dobrou zachovalost kolagenu v kosti je uvedeno v tabulce 5.2.

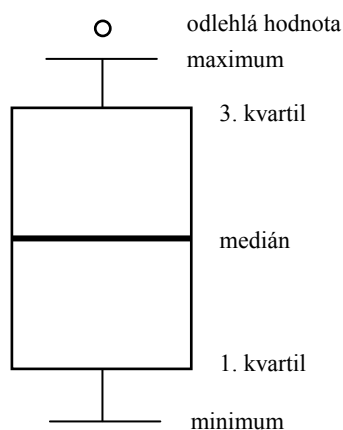
Tab. 5.2: Indikátory kvality kolagenu a jejich přijatelné rozmezí obsahu ve vzorku (DeNiro, 1985*; van Klinken, 1999**; Ambrose, 1990***)

indikátor kvality kolagenu	přijatelné rozmezí	
	přísnější kritéria	mírnější kritéria
% C	cca 30-40 %**	13-47 %***
% N	11-16 %**	5-17 %***
C:N	3,1-3,5**	2,9-3,6*
% kolagenu	od 3,5 %***	od 1 %**

Lidské vzorky obsahovaly od 30,6 % do 46,1 % uhlíku a od 11,2 % do 17,3 % dusíku. Poměr C:N se pohyboval v rozmezí od 3,036 do 3,210. Zvířecí vzorky obsahovaly od 18,2 % do 45,6 % uhlíku a od 6,1 % do 17,3 % dusíku. Poměr C:N se pohyboval v rozmezí od 3,05 do 3,45.

5.3 Statistické vyhodnocení

Nejprve se u spojitých dat otestovala normalita pomocí Shapiro-Wilkova testu (normální rozdělení dat vykazoval pouze ICE a $\delta^{13}\text{C}$). Poté byla u všech osteologických a izotopových dat zjištěna závislost na pohlaví a věku. Pro kategoriální data (přítomnost zubního kazu, hypoplasie zubní skloviny a *cribra orbitalia*) byl použit Fisherův exaktní test, kterým lze i při nízkých frekvencích spočítat pravděpodobnost, že dostaneme čtyřpolní tabulku stejně nebo více odlišnou při platnosti nulové hypotézy (Lepš & Šmilauer, 2016). Pro spojitá data (ICE, abraze, délka stehenní kosti, hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$) byl v závislosti na normalitě dat použit *t*-test pro data s normálním rozdělením a Wilcoxonův test pro data s nenormálním rozdělením. *T*-test srovnává průměry dvou výběrů pocházejících ze stejného základního souboru. Wilcoxonův test je neparametrickou obdobou *t*-testu. Pro porovnávání více než dvou výběrů byl použit Kruskal-Wallisův test. Kruskal-Wallisův test je neparametrickou obdobou analýzy variance (ANOVA jednoduchého třídění) založenou na pořadí, která porovnává více výběrů (Lepš & Šmilauer, 2016). K vizualizaci rozdílů izotopových hodnot mezi skupinami byly vytvořeny krabicové grafy. Krabicové grafy ukazují minimum, maximum, 1. a 3. kvartil, medián a odlehlé hodnoty (viz obrázek 5.1).



Obr. 5.1: Krabicový graf znázorňuje minimum, maximum, 1. a 3. kvartil, medián a odlehlé hodnoty

Dále byla pro osteologická data zjišťována závislost na izotopových hodnotách. U každé z proměnných (přítomnost zubního kazu, ICE, přítomnost LEH, stupeň obrusu stoliček, přítomnost *cribra orbitalia*, délka stehenní kosti) byla testována závislost na hodnotách $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$. Pro kategoriální závislé proměnné (přítomnost zubního kazu, přítomnost LEH a přítomnost *cribra orbitalia*) byly hledány zobecněné lineární modely (GLM), které by vyjádřily vztah mezi vysvětlovanou proměnnou a množinou vysvětlujících proměnných. Byla použita logistická regrese. Vždy byly pro model zvažovány všechny dostupné proměnné (tj. pohlaví, věk a izotopové hodnoty) a jejich interakce. Modely byly hledány zvlášť pro $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$. Pro nalezení nejvhodnějšího modelu byla hledána nejnižší hodnota Aikaikého kritéria (AIC).

Pro spojitě proměnné (ICE, stupeň obrusu stoliček, délka stehenní kosti) byly hledány vhodné lineární modely. Vždy byly pro model zvažovány všechny dostupné proměnné (tj. pohlaví, věk a izotopové hodnoty) a jejich interakce. Modely byly hledány zvlášť pro $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$. Pro nalezení nejvhodnějšího modelu bylo zohledňováno procento vysvětlené variability, p-hodnoty u jednotlivých proměnných a p-hodnota celkového F-testu. Hodnoty ICE kvůli velkému množství nul a velkému rozptylu ostatních hodnot nebylo možno použít v původní podobě. Data byla transformována - namísto původních hodnot bylo do modelů použito pořadí hodnot. A k vyhodnocení bylo použito neparametrické regrese. Všechny lineární modely byly otestovány, zda splňují předpoklady. V modelu pro ICE byla zjištěna mírná heteroskedasticita (nestabilita rozptylu), nicméně není natolik velká, aby znehodnotila získané odhady. Další porušení předpokladu bylo zaznamenáno u délky stehenní kosti, kde byla rovněž porušena stabilita

rozptylu. Proto byla tato proměnná také transformována. Od hodnot délky stehenní kosti bylo odečteno číslo 35 a poté byla data zlogaritmována a tím se problém s nesplněním stability rozptylu vyřešil. Zahrnutí hodnot $\delta^{13}\text{C}$ větších než -17 ‰ v tomto modelu výrazně měnilo odhady regresních koeficientů (jedinci s těmito hodnotami se pravděpodobně řídí jiným modelem než jedinci s $\delta^{13}\text{C}$ menší než -17 ‰). Výsledky tohoto modelu se tak týkají pouze skupiny jedinců s $\delta^{13}\text{C}$ menší než -17 ‰). Počet pozorování pro jedince s hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ většími než -17 ‰ není dostatečný k vytvoření vlastního modelu.

6 Výsledky

Prvním krokem statistické analýzy bylo testování závislosti zkoumaných proměnných (dat osteologické i izotopové analýzy) na pohlaví a věku. Pro účely statistické analýzy byli zkoumaní jedinci rozděleni do dvou věkových skupin (mladší 40 let a starší 40 let).

Pro zubní kaz byl vypočítán FCE (index frekvence kazivosti) a byly vypočteny hodnoty ICE (index intenzity kazivosti). Následně bylo testováno, zda se tyto hodnoty vzájemně liší mezi pohlavími a věkovými skupinami. Bylo zjištěno, že ze 135 hodnocených jedinců byla přítomnost kazu potvrzena u 51,1 % (ženy 50,8 %; muži 51,4 %). Mezi muži a ženami se rozdíl ve výskytu kazu nepotvrdil ($p=1$). Mezi věkovými skupinami rozdíl potvrzen byl ($p=0,005$). Ve mladší věkové skupině kazem trpělo 39,7 % a ve starší skupině 65,2 % jedinců. Pro hodnoty ICE byly zjištěny obdobné výsledky. Rozdíl mezi pohlavími nebyl signifikantní ($p=0,549$), zatímco pro věkové skupiny signifikantní byl ($p<0,001$).

Závislost výskytu hypoplasie zubní skloviny u 114 zkoumaných jedinců nebyla potvrzena ani u pohlaví ($p=1$), ani u věku ($p=0,402$). Pro stupeň abraze okluzních ploch stoliček byla zjištěna závislost na pohlaví s tím, že ženy měly medián obrusu nižší ($N=132$; $p=0,004$; $\bar{x}_{\text{ženy}}=21$; $\bar{x}_{\text{muži}}=23,1$). Závislost na věku se, dle očekávání, také potvrdila ($p<0,001$). Výskyt *cribra orbitalia* byl závislý na pohlaví a procento mužů s těmito lézemi bylo vyšší než procento takto postižených žen ($N=106$; $p=0,031$; ženy 42,6 %; muži 64,4 %). Závislost na věku nebyla prokázána. Jak bylo předpokládáno, v délce stehenní kosti byl zjištěn rozdíl mezi pohlavími ($N=82$; $p<0,001$; $\bar{x}_{\text{ženy}}=43,3$ cm; $\bar{x}_{\text{muži}}=46$ cm) a nebyla zjištěna závislost na věku ($p=0,897$).

Nebyl zjištěn rozdíl v hodnotách $\delta^{13}\text{C}$ mezi muži a ženami ($p=0,631$). Rozdíl mezi věkovými skupinami také nebyl prokázán ($p=0,450$). Rozdíl v hodnotách $\delta^{15}\text{N}$ mezi muži a ženami byl průkazný. Vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ vykazovali muži ($p=0,037$; $\bar{x}_{\text{ženy}}=9,4$; $\bar{x}_{\text{muži}}=9,7$). Rozdíl mezi věkovými skupinami nebyl průkazný ($p=0,252$). Přehled p -hodnot pro jednotlivé proměnné je uveden v tabulce 6.1.

Tab. 6.1: Přehled dosažených p -hodnot pro závislost mezi demografickými parametry (pohlaví, věk) a osteologickými znaky (přítomnost zubního kazu, ICE, přítomnost hypoplasie zubní skloviny, stupeň abraze okluzních ploch stoliček, přítomnost *cribra orbitalia*, délka stehenní kosti) příp. hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$. Signifikantní hodnoty jsou zvýrazněny ($p < 0,05$)

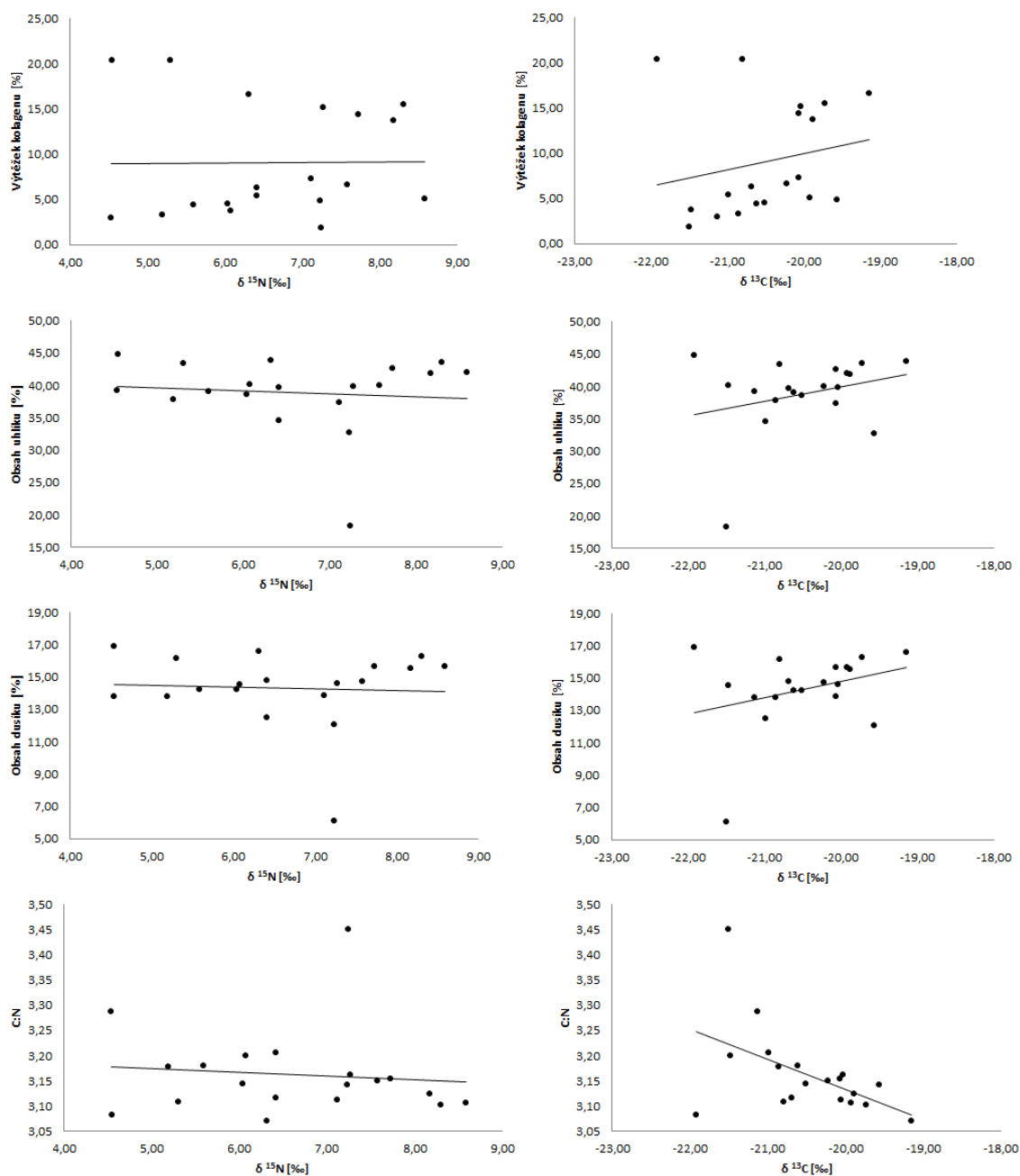
	pohlaví	věk
kazy	0,951	0,005
ICE	0,549	<0,001
LEH	1	0,402
obrus stoliček	0,004	<0,001
<i>cribra orbitalia</i>	0,031	0,243
délka stehenní kosti	<0,001	0,901
$\delta^{13}\text{C}$	0,631	0,450
$\delta^{15}\text{N}$	0,038	0,255

6.1 Izotopová analýza

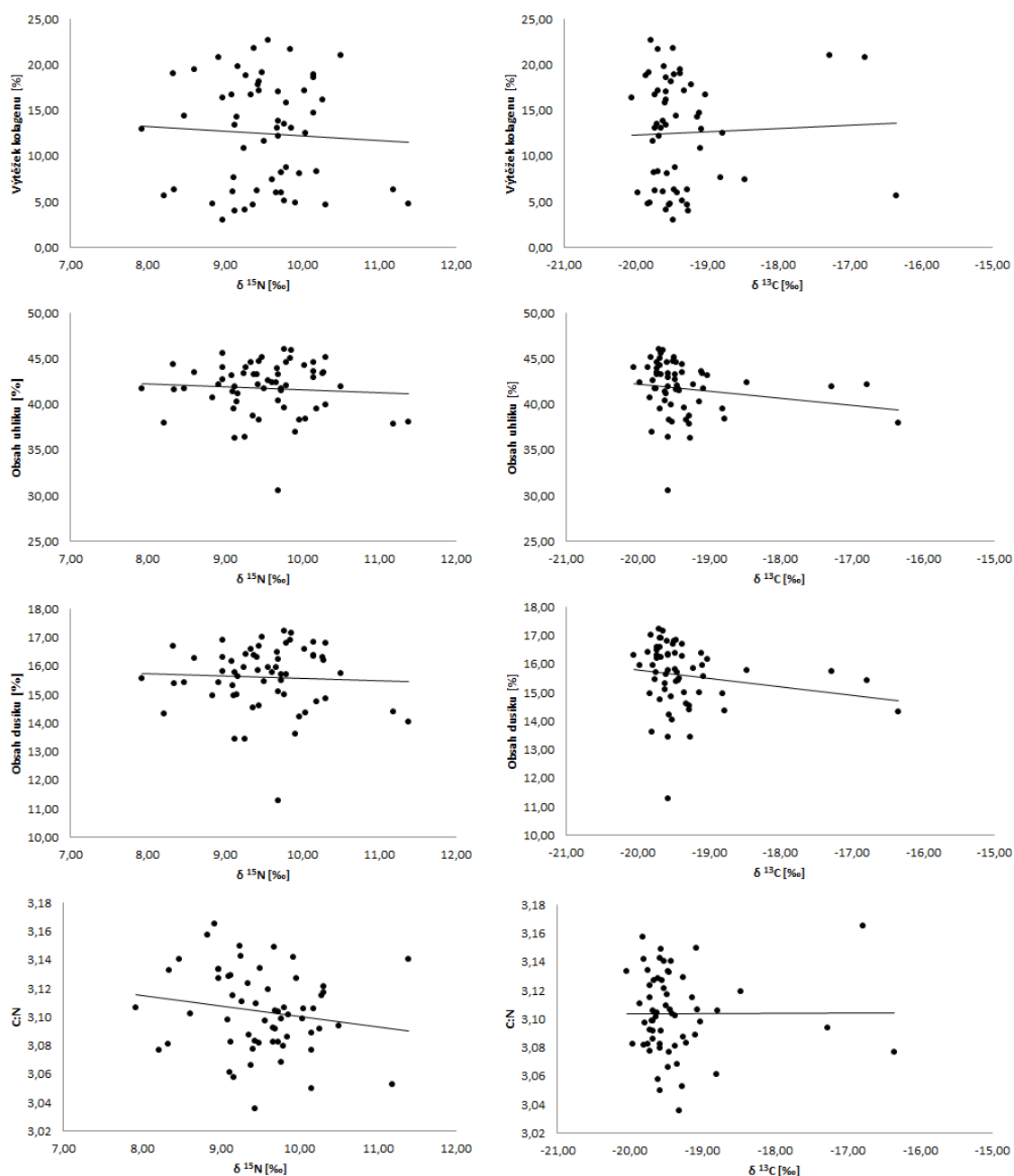
Všechny zvířecí i lidské vzorky splňovaly kritéria zachovalosti (DeNiro, 1985; Ambrose, 1990; van Klinken, 1999). U zvířecích vzorků byla nalezena korelace mezi izotopovými hodnotami uhlíku a C:N (viz tabulku 6.2 a graf 6.1). U lidských vzorků byla nalezena korelace mezi izotopovými hodnotami uhlíku a obsahem uhlíku a dusíku (viz tabulku 6.2 a graf 6.2).

Tab. 6.2: P -hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu. Závislost izotopových hodnot ($\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$) a kritérií zachovalosti kolagenu pro zvířecí a lidské vzorky

		výtěžek	obsah uhlíku	obsah dusíku	C:N
$\delta^{13}\text{C}$	zvířata	0,105	0,389	0,232	0,022
	lidé	0,769	0,016	0,014	0,491
$\delta^{15}\text{N}$	zvířata	0,405	0,684	0,497	0,441
	lidé	0,989	0,796	0,626	0,155



Graf 6.1: Vztah mezi izotopovými hodnotami ($\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$) a kritérii zachovalosti kolagenu u zvířecích vzorků



Graf 6.2: Vztah mezi izotopovými hodnotami ($\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$) a kritérii zachovalosti kolagenu u lidských vzorků

Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ zvířecích vzorků se pohybovaly v rozmezí -21,9 až -19,2 ‰ s průměrem -20,5 ‰ (SD=0,7) a mediánem -20,5 ‰. Hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ se pohybovaly v rozmezí 4,5 až 8,6 ‰ s průměrem 6,6 ‰ (SD=1,2) a mediánem 6,4 ‰. Nejvyšší průměrné hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ vykazovaly druhy domácích zvířat žijících v blízkosti lidí a konzumujících kuchyňské zbytky - psi a kuři. Vysoké průměrné hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ byly zjištěny u těchto druhů a u prasat, jakožto omnivorů. Přehled průměrných hodnot pro jednotlivé druhy je uveden v tabulce

6.4 a soupis všech jedinců a jejich příslušných hodnot $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ je uveden v příloze v tabulce 10.4.

Tab. 6.4: Přehled průměrných hodnot $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ pro jednotlivé druhy zahrnuté do izotopové analýzy

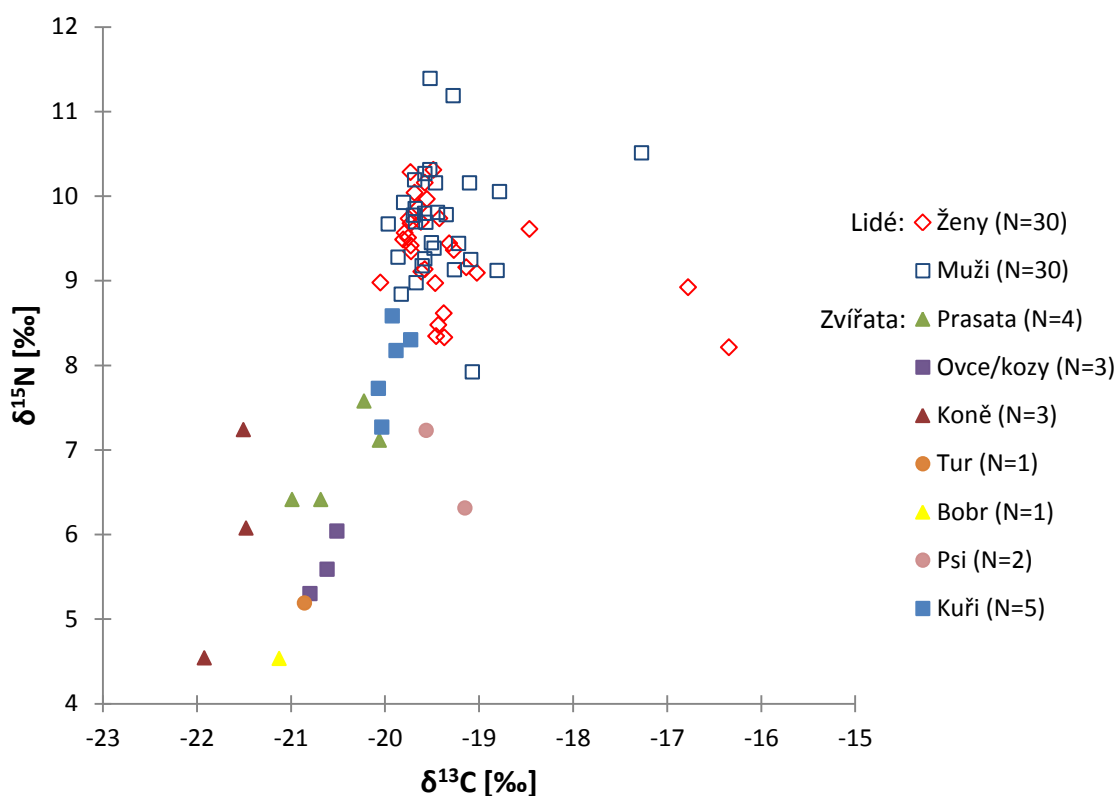
druh	N	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)			$\delta^{15}\text{N}$ (‰)		
		průměr	min	max	průměr	min	max
prase (<i>Sus domesticus</i>)	4	-20,5±0,4	-23,0	-20,1	6,9±0,5	6,4	7,6
ovce/koza (<i>Ovis/Capra</i>)	3	-20,6±0,1	-20,8	-20,5	5,6±0,3	5,3	6,0
kůň (<i>Equus caballus</i>)	3	-21,6±0,2	-21,9	-21,5	6±1,1	4,5	7,2
tur (<i>Bos taurus</i>)	1	-20,9±0,0	x	x	5,2±0,0	x	x
bobr evropský (<i>Castor fiber</i>)	1	-21,1±0,0	x	x	4,5±0,0	x	x
pes (<i>Canis familiaris</i>)	2	-19,4±0,2	-19,6	-19,2	6,8±0,5	6,3	7,2
kur (<i>Gallus domesticus</i>)	5	-19,9±0,1	-20,1	-19,7	8,0±0,5	7,3	8,6

Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ lidských vzorků se pohybovaly v rozmezí -20,1 až -16,4 ‰ s průměrem -19,4 ‰ (SD=0,7) a mediánem -19,6 ‰. Hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ se pohybovaly v rozmezí 7,9 až 11,4 ‰ s průměrem 9,5 ‰ (SD= 0,7) a mediánem 9,5 ‰. Podrobnější přehled charakteristik souboru dat z izotopové analýzy je uveden v tabulce 6.5 a soupis všech jedinců a jejich příslušných hodnot $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ je uveden v příloze v tabulce 10.3.

Tab. 6.5: Přehled základních charakteristik (průměr, SD, medián, minimum, maximum) souboru dat z izotopové analýzy pro jednotlivá pohlaví a věkové skupiny

pohlaví	věková skupina	n	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)				$\delta^{15}\text{N}$ (‰)			
			průměr	medián	min	max	průměr	medián	min	max
ženy	20-40	15	-19,2±0,8	-19,4	-19,8	-16,4	9,2±0,6	9,2	8,2	10,3
	40-60	15	-19,5±0,7	-19,7	-20,1	-16,8	9,5±0,4	9,6	8,9	10,2
	celkem	30	-19,3±0,8	-19,6	-20,1	-16,4	9,4±0,6	9,4	8,2	10,3
muži	20-40	15	-19,4±0,2	-19,5	-19,8	-19,1	9,7±0,9	9,8	7,9	11,4
	40-60	15	-19,4±0,6	-19,6	-20,0	-17,3	9,7±0,4	9,7	9,1	10,5
	celkem	30	-19,4±0,5	-19,5	-20,0	-17,3	9,7±0,7	9,7	7,9	11,4
ženy a muži	20-40	30	-19,3±0,6	-19,4	-19,8	-16,4	9,4±0,8	9,4	7,9	11,4
	40-60	30	-19,4±0,7	-19,6	-20,1	-16,8	9,6±0,4	9,7	8,9	10,5
	celkem	60	-19,4±0,7	-19,6	-20,1	-16,4	9,5±0,6	9,5	7,9	11,4

Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ pro všechny jedince a zvířata byly vyneseny do grafu 6.3. Průměrná hodnota $\delta^{13}\text{C}$ lidí se liší o 1,5 ‰ od průměrné hodnoty všech zvířecích vzorků. Hlavní hospodářsky využívané druhy (tuři, ovce/kozy, prasata) se lišily o 1,3 ‰. Psi nevykazují žádný rozdíl v průměrných hodnotách $\delta^{13}\text{C}$ v porovnání s lidmi. Nejmenší rozdíly vykazují kuři (0,6 ‰) a po nich prasata (1,1 ‰). Ovce/kozy se liší o 1,3 ‰, tur o 1,5 ‰, bobr se liší o 1,8 ‰ a nejvíce odlišné jsou průměrné hodnoty pro koně (2,3 ‰). Průměrná hodnota $\delta^{15}\text{N}$ lidí se liší o 2,9 ‰ od průměrné hodnoty všech zvířecích vzorků. Hlavní hospodářsky využívané druhy se lišily o 3,6 ‰. Nejméně se od lidských průměrných hodnot odlišují kuři (1,5 ‰), poté prasata (2,7 ‰) a psi (2,8 ‰). Koně se v průměrných hodnotách $\delta^{15}\text{N}$ liší o 3,6 ‰, ovce/kozy o 3,9 ‰ a tur o 4,3 ‰. Nejvyšší rozdíl vykazuje bobr (5,0 ‰). Přehled hodnot pro srovnávané skupiny je v tabulce 6.6.

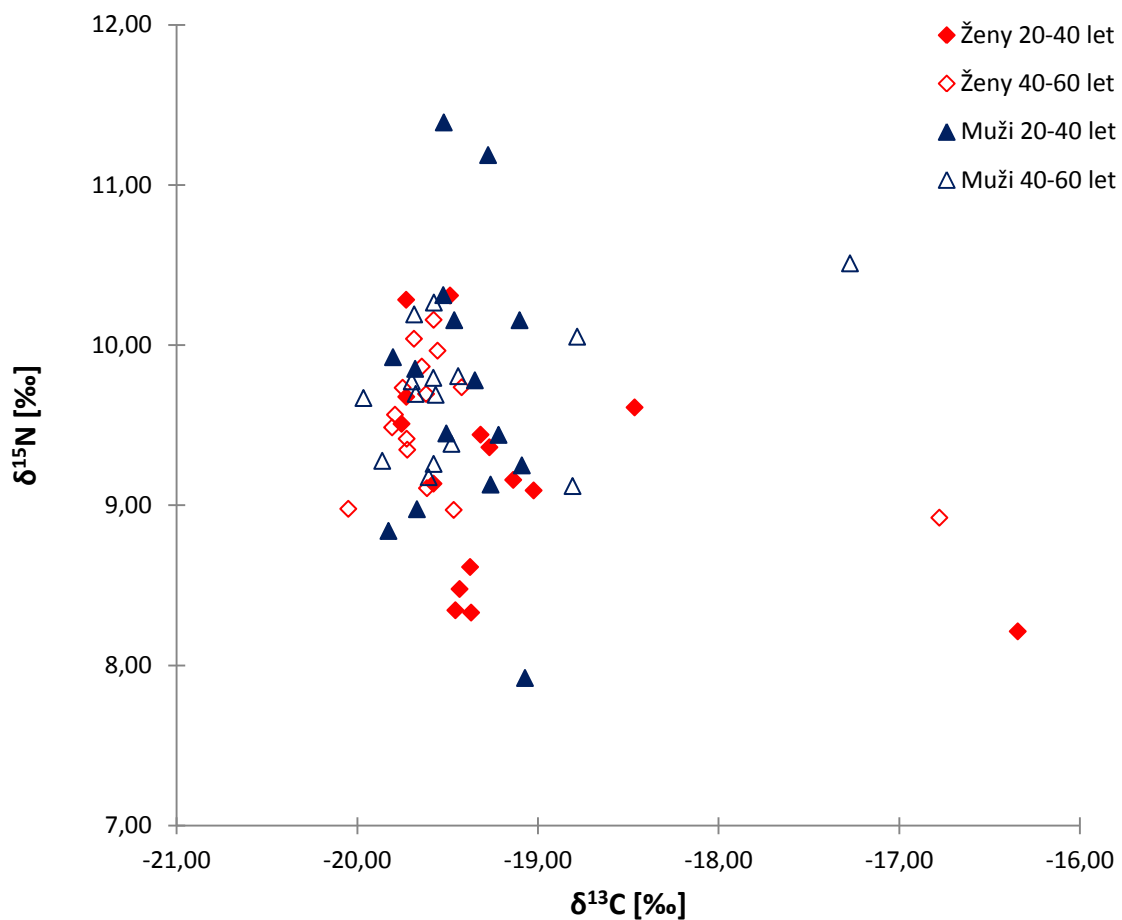


Graf 6.3: Izotopové hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ lidských a zvířecích vzorků

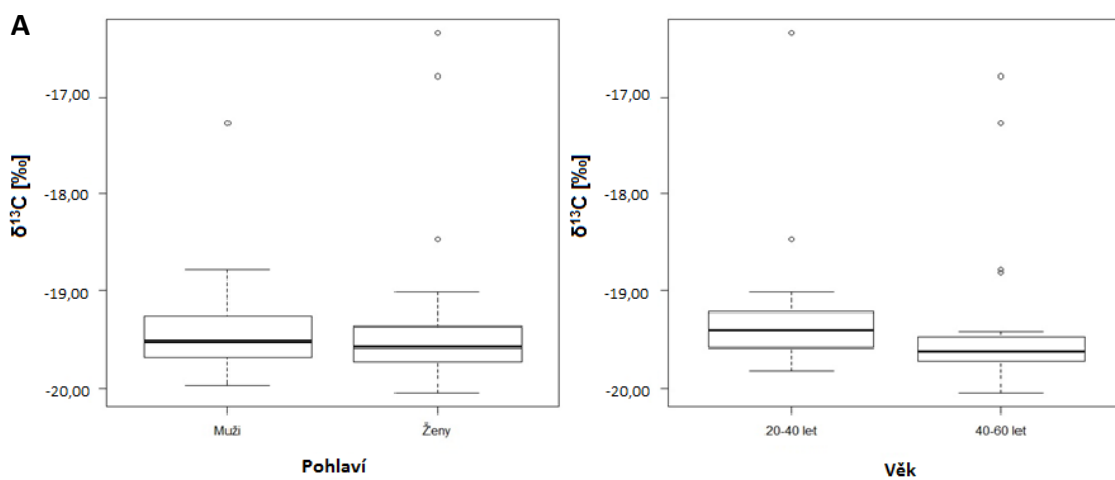
Tab. 6.6: Přehled rozdílů průměrných hodnot $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ mezi lidskými a zvířecími vzorky (* prasata, ovce/kozy a tuři)

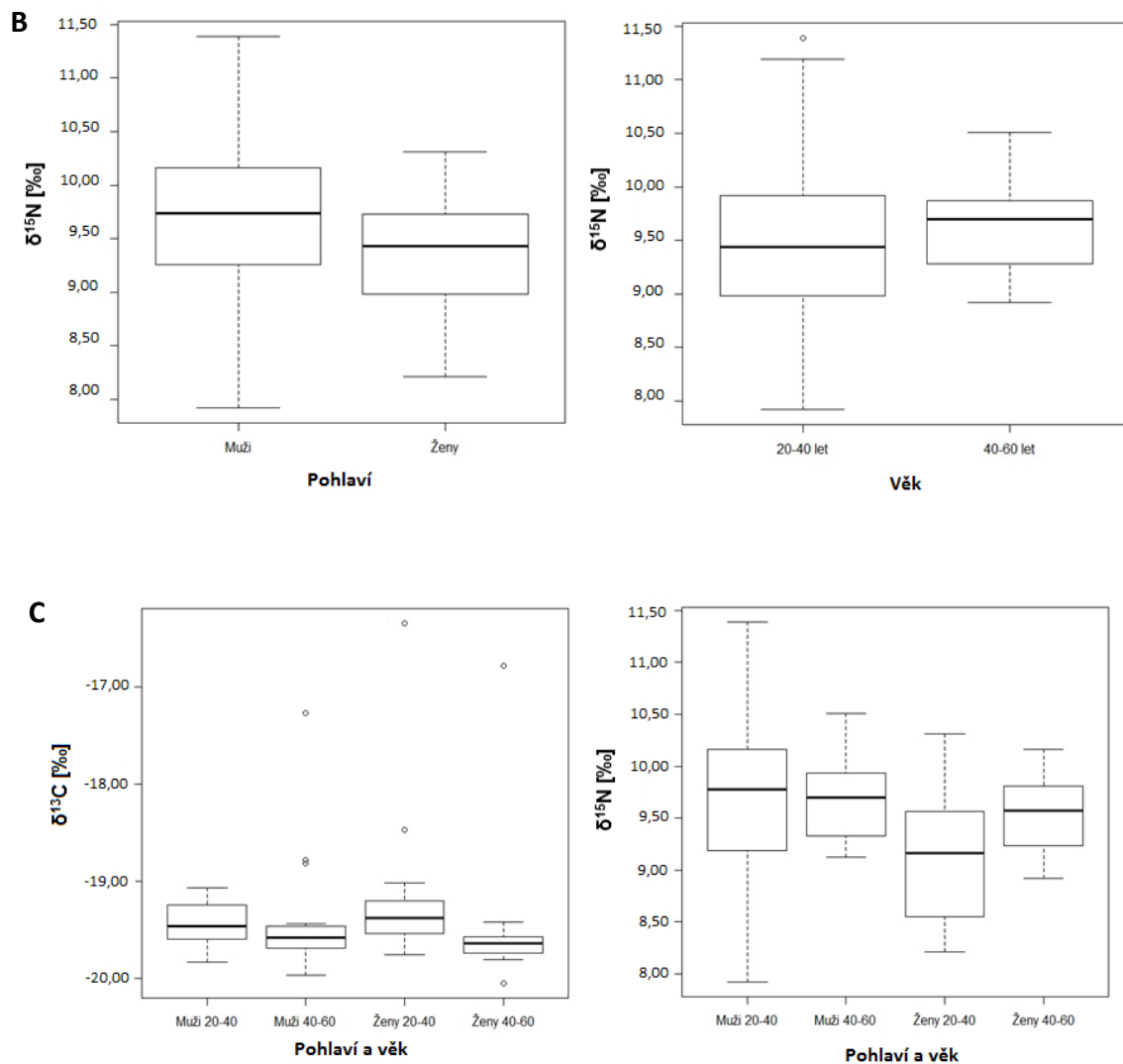
porovnávané skupiny	rozdíl $\delta^{13}\text{C}$ (‰)	rozdíl $\delta^{15}\text{N}$ (‰)
lidé-všechna zvířata	1,5	2,9
lidé-hlavní hospodářsky využívané druhy*	1,3	3,6
lidé-prasata	1,1	2,7
lidé-ovce/kozy	1,3	3,9
lidé-koně	2,3	3,6
lidé-tur	1,5	4,3
lidé-bobr	1,8	5,0
lidé-psi	0,0	2,8
lidé-kuři	0,6	1,5

Jak bylo popsáno výše (viz tabulka 6.1), při testování vlivu pohlaví a věku na hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ t -testem, příp. Wilcoxonovým testem, vychází signifikantně pouze rozdíl mezi muži a ženami v hodnotách $\delta^{15}\text{N}$. Při rozdělení studovaného vzorku populace do 4 kategorií dle pohlaví a věku (ženy mladší 40 let, ženy starší 40 let, muži mladší 40 let, muži starší 40 let) a použití Kruskal-Wallisova testu vychází signifikantní rozdíl mezi těmito skupinami pro $\delta^{13}\text{C}$ ($p=0,045$). Pro $\delta^{15}\text{N}$ je výsledek testu nesignifikantní ($p=0,1$). Při párovém porovnání vychází signifikantní rozdíl v hodnotách $\delta^{13}\text{C}$ mezi staršími ženami a mladšími ženami ($p=0,012$) a mezi staršími ženami a mladšími muži ($p=0,034$). Signifikantní rozdíl v hodnotách $\delta^{15}\text{N}$ vychází mezi mladšími ženami a staršími muži ($p=0,016$). Rozdíl těsně nad hranicí signifikantnosti ($p=0,1$) vychází mezi mladšími ženami a mladšími muži. Všechny p -hodnoty párového porovnání jsou uvedeny v tabulce 6.7. Při použití Wilcoxonova testu s odfiltrováním vlivu druhé proměnné (věku, resp. pohlaví) vychází signifikantní rozdíl mezi věkovými skupinami pro hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ ($p=0,011$) a mezi pohlavími pro hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ ($p=0,037$). Rozdíly v hodnotách $\delta^{13}\text{C}$ pro pohlaví a $\delta^{15}\text{N}$ pro věk nebyly signifikantní ($p=0,613$, resp. $p=0,238$). Vztah mezi pohlavím a věkem a hodnotami izotopů uhlíku a dusíku jsou znázorněny v grafech 6.4 a 6.5.



Graf 6.4: Izotopové hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ pro jednotlivá pohlaví (muži, ženy) a věkové skupiny (20-40 let, 40-60 let)





Graf 6.5: Krabicové grafy hodnot $\delta^{13}\text{C}$ (A) a $\delta^{15}\text{N}$ (B) pro muže a ženy, věkové skupiny 20-40 let a 40-60 let a hodnot $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ (C) pro podskupiny muži (20-40 let), muži (40-60 let), ženy (20-40 let) a ženy (40-60 let). Krabicové grafy ukazují minimum, maximum, 1. a 3. kvartil, medián a odlehlé hodnoty

Tab. 6.7: *P*-hodnoty Wilcoxonova testu pro porovnání jednotlivých podskupin - muži (20-40 let), muži (40-60 let), ženy (20-40 let) a ženy (40-60 let) pro hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$. Signifikantní hodnoty jsou zvýrazněny ($p < 0,05$). Hodnoty označené * jsou nesignifikantní hodnoty blízké 0,05

		muži 20-40 let	muži 40-60 let	ženy 20-40 let
muži 40-60 let	$\delta^{13}\text{C}$	0,290	x	x
	$\delta^{15}\text{N}$	1	x	x
ženy 20-40 let	$\delta^{13}\text{C}$	0,633	0,152	x
	$\delta^{15}\text{N}$	0,090*	0,016	x
ženy 40-60 let	$\delta^{13}\text{C}$	0,034	0,253	0,012
	$\delta^{15}\text{N}$	0,468	0,310	0,126

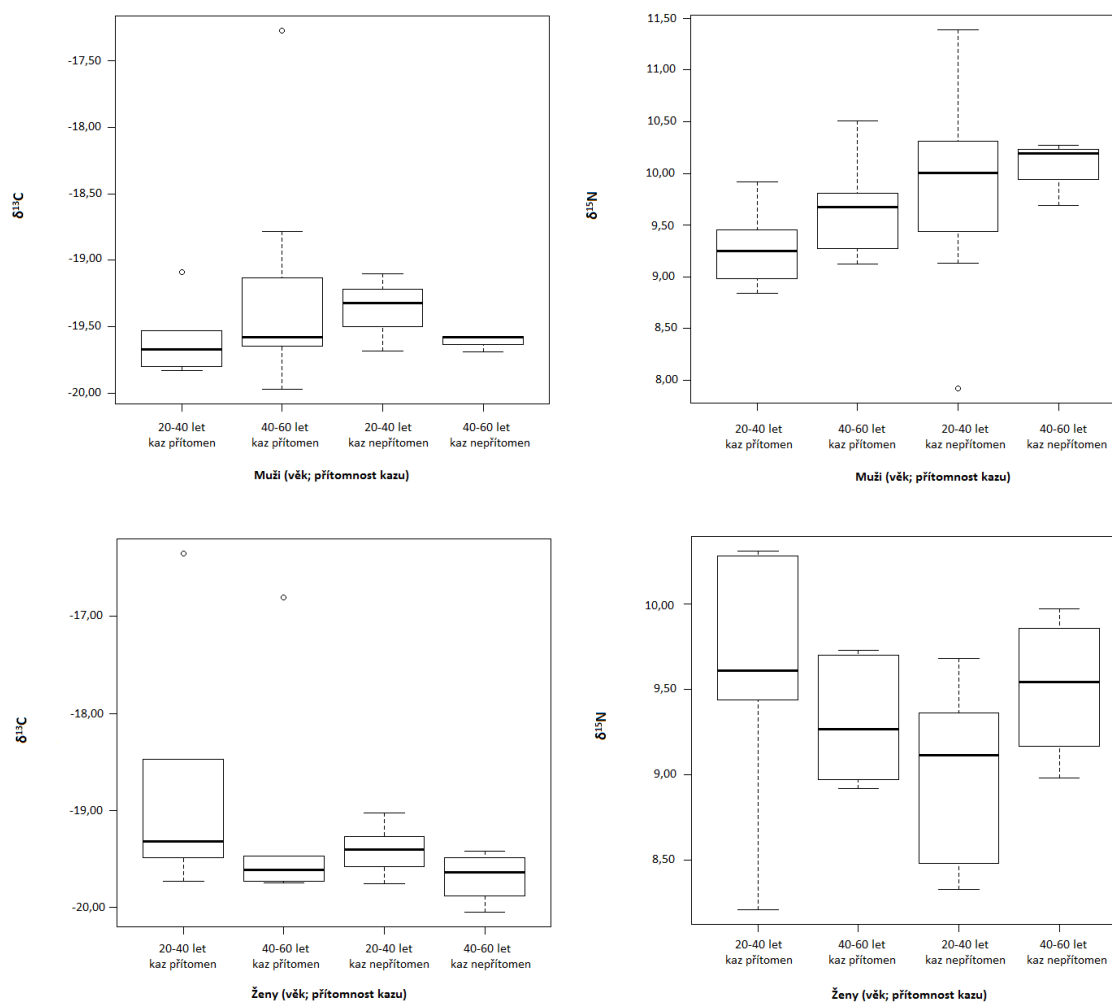
6.2 Závislost izotopových hodnot na zdravotním stavu

K zjištění vztahu mezi hodnotami stabilních izotopů a osteologickými znaky, byly vytvořeny jednotlivé statistické modely sloužící k vysvětlení pozorované variability u osteologických znaků. Do těchto modelů byla kromě izotopových hodnot uhlíku a dusíku zvažována také demografická data (pohlaví a věk) a vzájemné interakce těchto nezávislých proměnných.

V rámci osteologické analýzy byla přítomnost zubního kazu hodnocena u 29 mužů a 25 žen, u kterých byla současně provedena analýza stabilních izotopů uhlíku a dusíku. Pro přítomnost zubního kazu se signifikantní ukázal pouze vliv věku (pro $\delta^{13}\text{C}$ $p=0,005$; pro $\delta^{15}\text{N}$ $p=0,011$). U modelu pro výskyt zubního kazu se zahrnutím $\delta^{13}\text{C}$ bylo vyjmuto pohlaví, jakožto nevýznamná proměnná, která nevysvětluje žádnou či pouze málo pozorované variability. Hodnota AIC byla u tohoto GLM 70,16. Z druhého modelu se zahrnutím $\delta^{15}\text{N}$ vyšel vliv pohlaví těsně nad hranici významnosti ($p=0,053$), obdobně také vyšla interakce mezi izotopovými hodnotami dusíku a pohlavím ($p=0,058$). Hodnota AIC byla u tohoto GLM 71,95. Výsledky GLM jsou uvedeny v tabulce 6.8. Vztah mezi izotopovými hodnotami a přítomností/nepřítomností zubního kazu je znázorněn v grafu 6.6.

Tab. 6.8: Výsledky GLM pro vyhodnocení závislosti přítomnosti zubního kazu na izotopových hodnotách (zvláště pro $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$), pohlaví a věku případně jejich vzájemných interakcích. Signifikantní hodnoty jsou zvýrazněny ($p < 0,05$). Hodnoty označené * jsou nesignifikantní hodnoty blízké 0,05

	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
pohlaví	x	0,053*
věk	0,005	0,011
izotopové hodnoty	0,163	0,296
pohlaví:izotopové hodnoty	x	0,058*

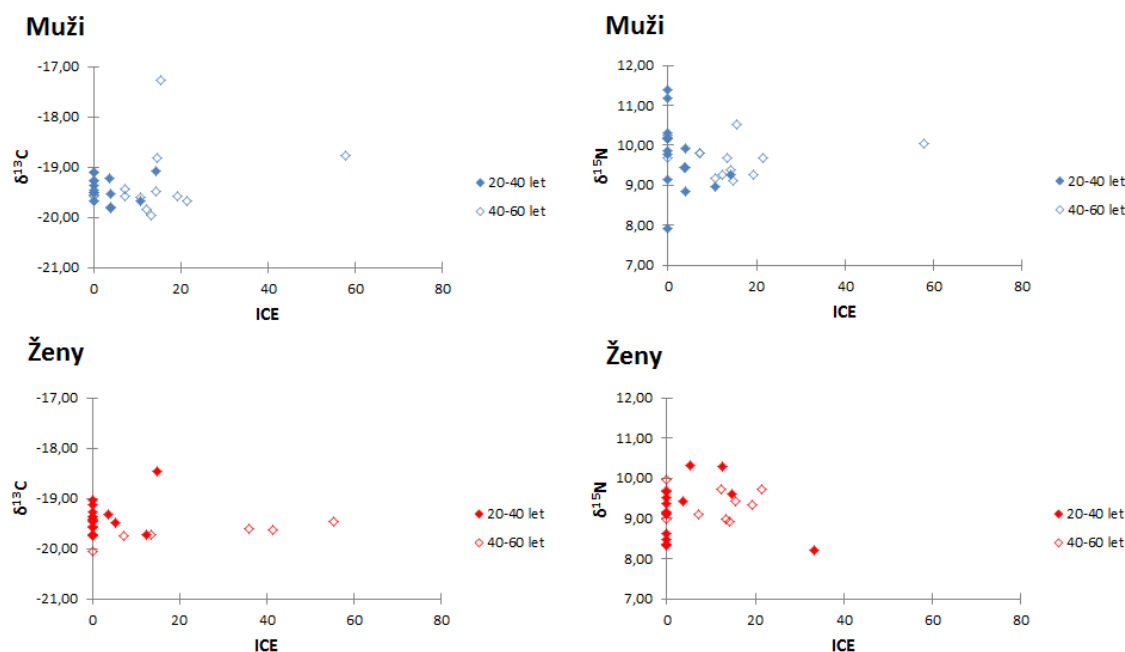


Graf 6.6: Krabicový graf ukazující vztah mezi přítomností/nepřítomností zubního kazu a hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ pro jednotlivá pohlaví

Hodnoty ICE byly vypočítány u 29 mužů a 25 žen, u kterých byla současně provedena analýza stabilních izotopů uhlíku a dusíku. Do modelu pro vysvětlení ICE se zahrnutím $\delta^{13}\text{C}$ vyšel signifikantní věk ($p < 0,001$), tak i izotopové hodnoty ($p = 0,044$). P -hodnota celkového F-testu byla signifikantní ($p < 0,001$) a procento vysvětlené variability činí 24 %. V modelech snažících se vysvětlit variabilitu v hodnotách ICE se zahrnutím $\delta^{15}\text{N}$ mohl být z proměnných použit pouze věk, ostatní proměnné byly nevýznamné. Model tedy nebyl vytvořen. Výsledky neparametrické regrese jsou uvedeny v tabulce 6.9. Vztah mezi intenzitou kazivosti a izotopovými hodnotami je znázorněn v grafu 6.7.

Tab. 6.9: Výsledky neparametrické regrese pro vyhodnocení závislosti indexu intenzity kazivosti (ICE) na izotopových hodnotách ($\delta^{13}\text{C}$) a věku případně jejich vzájemných interakcích. Signifikantní hodnoty jsou zvýrazněny ($p < 0,05$)

	$\delta^{13}\text{C}$
věk	<0,001
izotopové hodnoty	0,0434



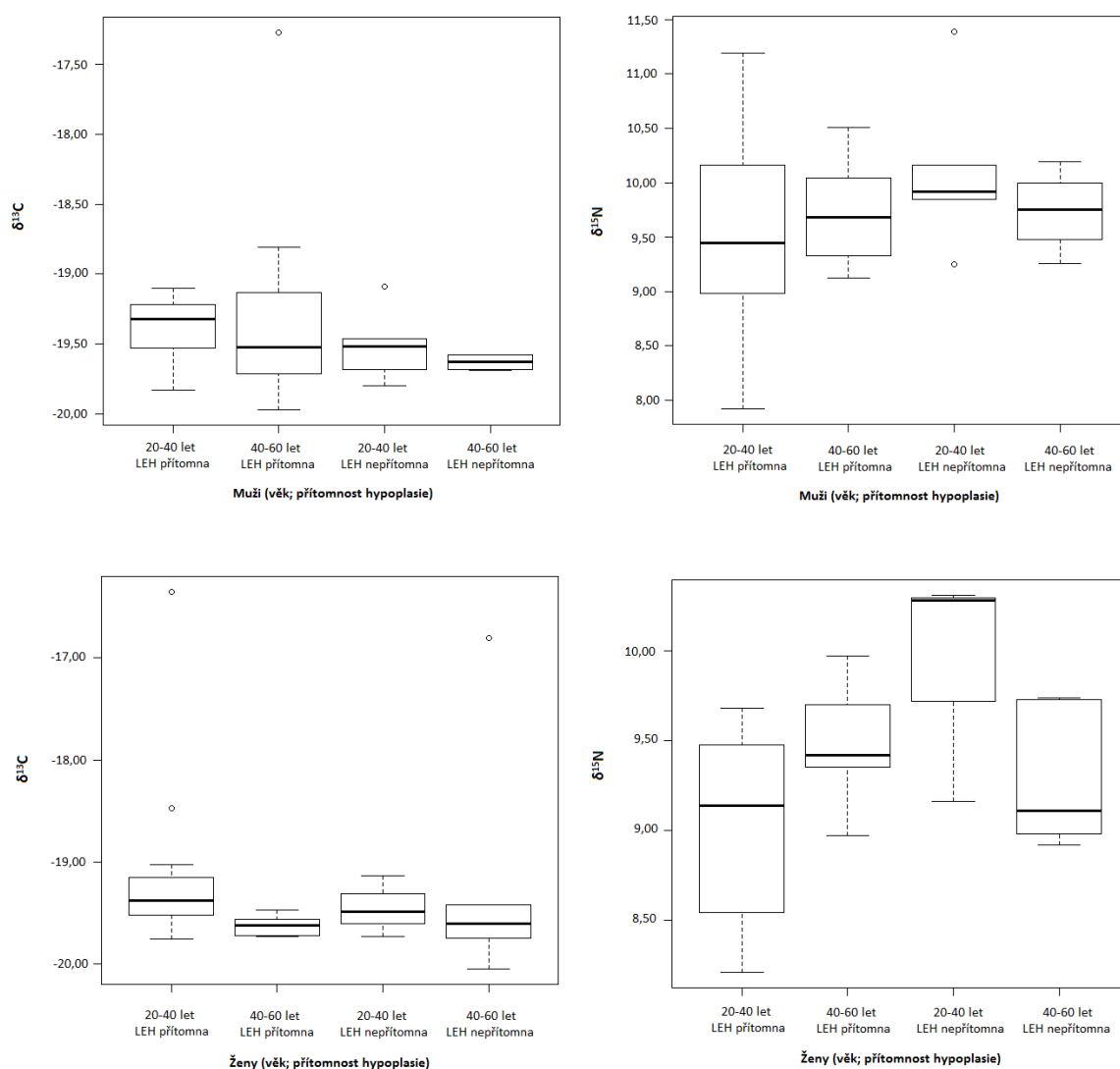
Graf 6.7: Vztah mezi intenzitou kazivosti (ICE) a izotopovými hodnotami

V rámci osteologické analýzy byla hypoplasie zubní skloviny sledována u 27 mužů a 24 žen, u kterých byla současně provedena analýza stabilních izotopů uhlíku a dusíku. V modelu vysvětlující variabilitu přítomnosti hypoplasie se zahrnutím hodnot $\delta^{13}\text{C}$ nevyšla

žádná signifikantní proměnná. AIC hodnota tohoto modelu byla 69,58. V modelu vysvětlující variabilitu přítomnosti hypoplasie se zahrnutím hodnot $\delta^{15}\text{N}$ byly izotopové hodnoty proměnnou signifikantně vysvětlující tuto variabilitu ($p=0,04$). Věk ($p=0,075$) a interakce věku a izotopových hodnot ($p=0,083$) byly těsně nad hranicí významnosti. AIC hodnota tohoto modelu byla 65,59. Výsledky GLM jsou uvedeny v tabulce 6.10. Vztah mezi izotopovými hodnotami a přítomností/nepřítomností zubního kazu je znázorněn v grafu 6.8.

Tab. 6.10: Výsledky GLM pro vyhodnocení závislosti přítomnosti hypoplasie zubní skloviny na izotopových hodnotách ($\delta^{15}\text{N}$), pohlaví a věku případně jejich vzájemných interakcích. Signifikantní hodnoty jsou zvýrazněny ($p<0,05$). Hodnoty označené * jsou nesignifikantní hodnoty blízké 0,05

	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
věk	0,339	0,075*
izotopové hodnoty	0,574	0,04
věk:izotopové hodnoty	x	0,083*



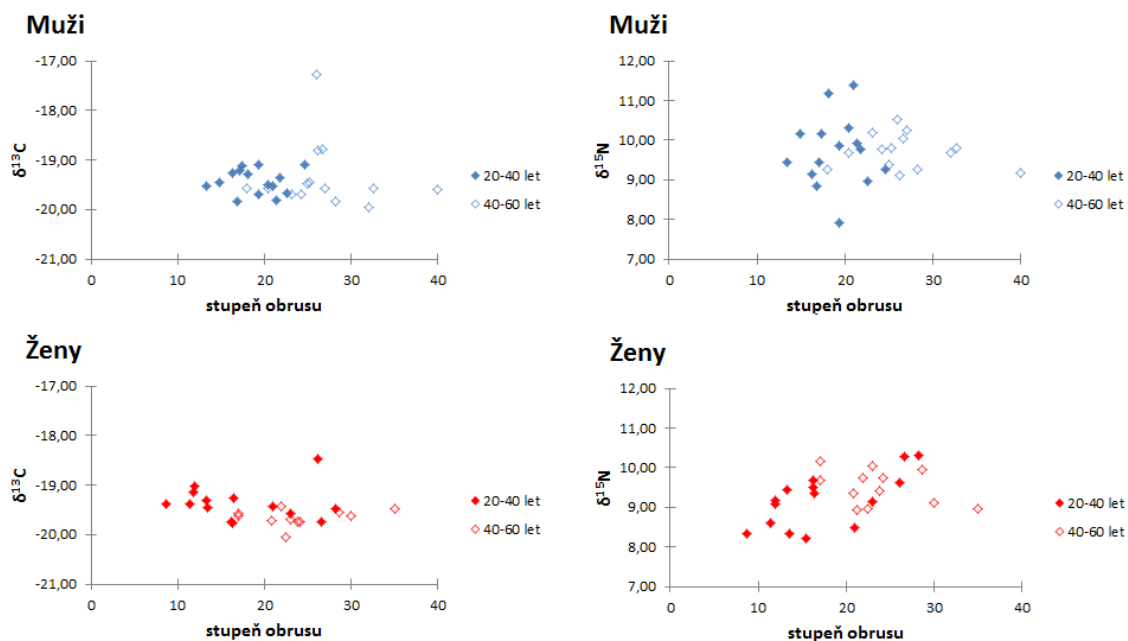
Graf 6.8: Krabicový graf ukazující vztah mezi přítomností/nepřítomností hypoplasie zubní skloviny (LEH) a hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ pro jednotlivá pohlaví

V rámci osteologické analýzy byl stupeň obrusu prvních a druhých stoliček zjišťován u 29 mužů a 27 žen, u kterých byla současně provedena analýza stabilních izotopů uhlíku a dusíku. V modelech snažících se vysvětlit variabilitu stupně obrusu stoliček se zahrnutím hodnot $\delta^{13}\text{C}$ nebyla tato proměnná významná. Na variabilitě obrusu stoliček se tedy signifikantně podílí pouze věk ($p < 0,001$) a těsně nad hranici významnosti pohlaví ($p = 0,099$). P -hodnota celkového F-testu byla signifikantní ($p < 0,001$) a procento vysvětlené variability činí 37 %. Do modelu pro vysvětlení stupně obrusu stoliček se zahrnutím $\delta^{15}\text{N}$ vyšly signifikantně proměnné pohlaví ($p = 0,015$), věk ($p = 0,004$) i izotopové hodnoty ($p = 0,003$),

také interakce pohlaví:izotopové hodnoty ($p=0,016$) a věk:izotopové hodnoty ($p=0,006$). P -hodnota celkového F-testu byla signifikantní ($p<0,001$) a procento vysvětlené variability činí 50 %. Výsledky lineárního modelu jsou uvedeny v tabulce 6.11. Vztah mezi stupněm obrusu prvních a druhých stoliček a izotopovými hodnotami je znázorněn v grafu 6.9.

Tab. 6.11: Výsledky lineárního modelu pro vyhodnocení závislosti stupně obrusu prvních a druhých stoliček na izotopových hodnotách (zvlášť pro $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$), pohlaví a věku případně jejich vzájemných interakcích. Signifikantní hodnoty jsou zvýrazněny ($p<0,05$). Hodnoty označené * jsou nesignifikantní hodnoty blízké 0,05

	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
pohlaví	0,099*	0,015
věk	<0,001	0,004
izotopové hodnoty	x	0,003
pohlaví:věk	x	0,111
pohlaví:izotopové hodnoty	x	0,016
věk:izotopové hodnoty	x	0,006



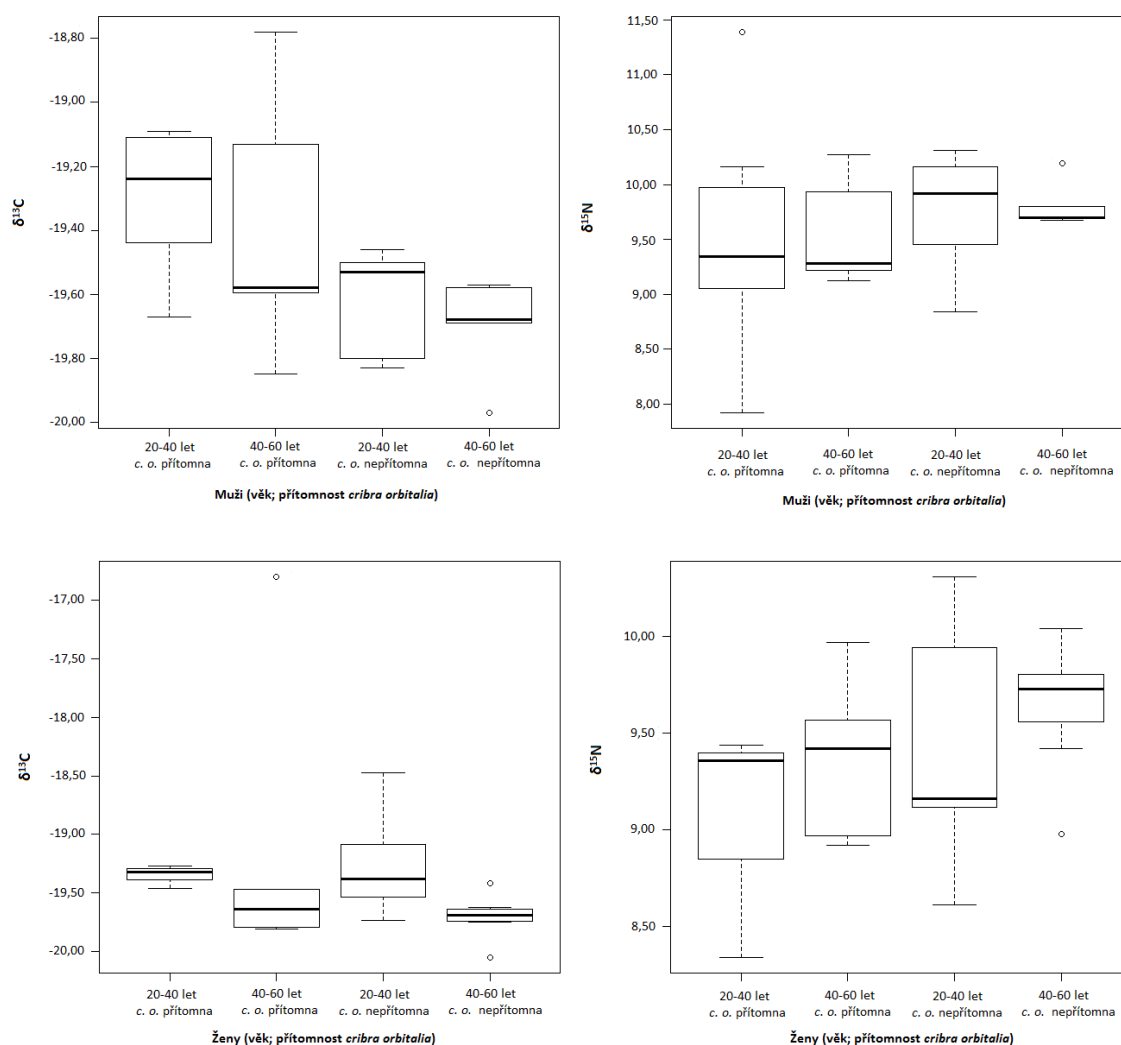
Graf 6.9: Vztah mezi stupněm obrusu prvních a druhých stoliček a izotopovými hodnotami

V rámci osteologické analýzy byla *cribra orbitalia* sledována u 25 mužů a 23 žen, u kterých byla současně provedena analýza stabilních izotopů uhlíku a dusíku. V modelu vysvětlující variabilitu přítomnosti *cribra orbitalia* se zahrnutím hodnot $\delta^{13}\text{C}$ byly

proměnnými signifikantně vysvětlující tuto variabilitu pohlaví ($p=0,043$) a interakce pohlaví a izotopových hodnot ($p=0,045$). AIC hodnota tohoto modelu byla 63,01. V modelu vysvětlující variabilitu přítomnosti *cribra orbitalia* se zahrnutím hodnot $\delta^{15}\text{N}$ nevyšla žádná signifikantní proměnná. AIC hodnota tohoto modelu byla 68,04. Výsledky GLM jsou uvedeny v tabulce 6.12. Vztah mezi izotopovými hodnotami a přítomností/nepřítomností *cribra orbitalia* je znázorněn v grafu 6.10.

Tab. 6.12: Výsledky GLM pro vyhodnocení závislosti přítomnosti *cribra orbitalia* na izotopových hodnotách (zvláště pro $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$), pohlaví a věku případně jejich vzájemných interakcích. Signifikantní hodnoty jsou zvýrazněny ($p<0,05$). Hodnoty označené * jsou nesignifikantní hodnoty blízké 0,05

	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
pohlaví	0,043	0,094*
věk	0,224	x
izotopové hodnoty	0,382	0,141
pohlaví:izotopové hodnoty	0,045	x

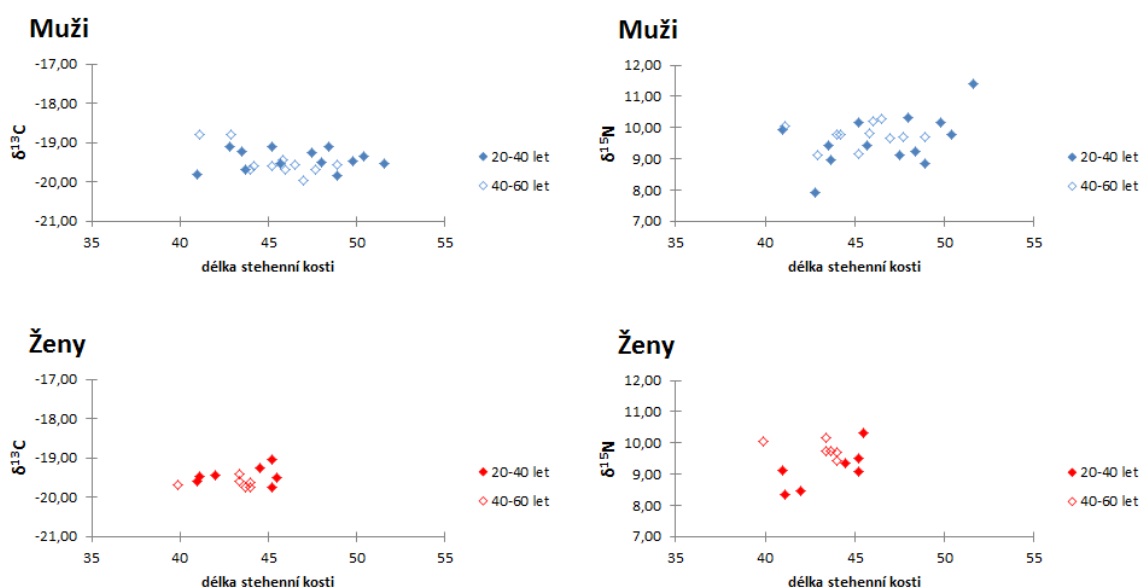


Graf 6.10: Krabicový graf ukazující vztah mezi přítomností/nepřítomností *cribra orbitalia* (c. o.) a hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ pro jednotlivá pohlaví

V rámci osteologické analýzy byla délka stehenní kosti (rozměr F1) měřena u 24 mužů a 13 žen, u kterých byla současně provedena analýza stabilních izotopů uhlíku a dusíku. V modelech snažících se vysvětlit variabilitu v délce stehenní kosti se zahrnutím hodnot $\delta^{13}\text{C}$ se ukázalo pouze pohlaví jako signifikantně významná proměnná ($p=0,003$). P -hodnota celkového F-testu byla signifikantní ($p=0,01$) a procento vysvětlené variability činí 24 %. Do modelu pro vysvětlení variability délky stehenní kosti se zahrnutím $\delta^{15}\text{N}$ vyšly signifikantně proměnné pohlaví ($p=0,009$) a izotopové hodnoty ($p=0,011$). P -hodnota celkového F-testu byla signifikantní ($p=0,002$) a procento vysvětlené variability činí 38 %. Výsledky lineárního modelu jsou uvedeny v tabulce 6.13. Vztah mezi délkou stehenní kosti a izotopovými hodnotami je znázorněn v grafu 6.11.

Tab. 6.13: Výsledky lineárního modelu pro vyhodnocení závislosti zlogaritmované délky stehenní kosti (-35) na izotopových hodnotách (zvláště pro $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$), pohlaví a věku případně jejich vzájemných interakcích. Signifikantní hodnoty jsou zvýrazněny ($p < 0,05$)

	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
pohlaví	0,003	0,009
věk	x	0,121
izotopové hodnoty	0,305	0,011
věk:izotopové hodnoty	x	0,103



Graf 6.11: Vztah mezi délkou stehenní kosti a izotopovými hodnotami

7 Diskuze

7.1 Zachovalost vzorků

Zachovalost zvířecích kostí v souboru byla variabilní. Korelace hodnot C:N a $\delta^{13}\text{C}$ může být ovlivněna ve velké míře vzorkem Kyj 71 (kůň, C:N=3,5), který se od průměrné hodnoty 3,2 liší nejvíce. Také jde o malý počet vzorků pocházející od různých druhů zvířat s odlišnou biologií, což může korelaci také ovlivnit. Vzhledem k tomu, že všechny vzorky splňují kritéria zachovalosti, nebyl žádný z nich vyloučen ze statistických analýz (DeNiro, 1985; van Klinken, 1999; Ambrose, 1990). Zachovalost lidských vzorků byla převážně dobrá. Korelace hodnot mezi indikátory kvality (obsah uhlíku, obsah dusíku) s hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ může být ovlivněna vzorkem Kyj 53, který vykazuje nejnižší obsah uhlíku a dusíku. Nicméně i tento vzorek splňuje všechna kritéria zachovalosti. Ostatní vzorky se pohybují s obsahy uhlíku a dusíku u horní hranice, což ukazuje na velmi dobrou zachovalost vzorků (van Klinken, 1999; Ambrose, 1990). Z těchto důvodů byly do statistických analýz zahrnuty všechny vzorky.

7.2 Izotopová data zvířat

Soubor izotopových hodnot zvířecích vzorků slouží jako srovnání pro lidské vzorky. Izotopové hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ fauny z této lokality (-21,9 až -19,2 ‰) odpovídají ekosystému C3 rostlin, který je typický pro střední Evropu (Schoeninger & DeNiro, 1984). Hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ fauny z kyjovské lokality spadaly do rozmezí 4,5 až 8,6 ‰. Tyto hodnoty představují základ, ze kterého lze odvozovat podíl živočišných proteinů ve stravě lidí, neboť většinu druhů ze souboru zvířat tvoří konzumované domácí druhy.

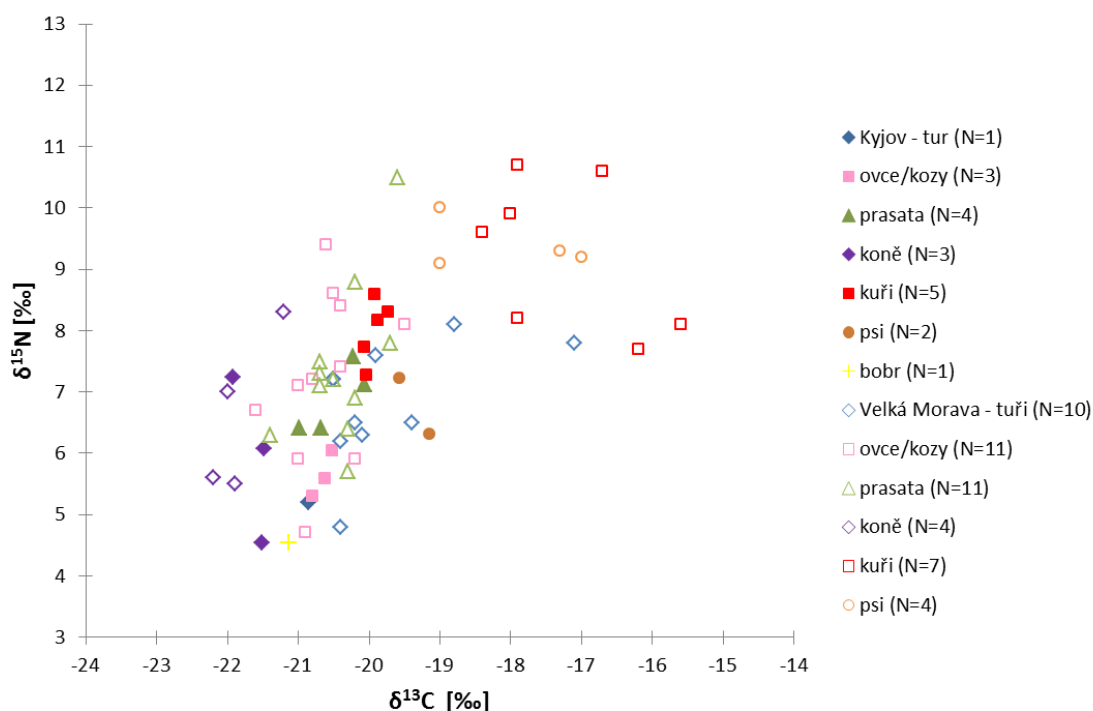
Izotopové hodnoty dusíku psů a kurů vykazují nižší hodnoty než hodnoty u lidí. Zatímco jejich hodnoty odlišné od zbytku domácích zvířat jsou běžným zjištěním (striktní herbivorie vs. omnivorie/karnivorie) (např. psi - Lightfoot et al., 2012; kuři - Alt et al., 2014), jejich pozice částečně či zcela mimo lidské hodnoty obvyklá není. Obvykle spadají do lidské variability neboť, jak se soudí, tyto druhy žily v těsné blízkosti lidí a krmily se kuchyňským odpadem.

Izotopové hodnoty uhlíku koní jsou nejzápornější z celého analyzovaného souboru (průměr -21,6 ‰) a hodnoty dusíku jsou velmi variabilní (4,5-7,2 ‰). Prasata vykazují hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ shodné či mírně vyšší než typičtí herbivoři (tur, ovce/kozy), což

ukazuje na jejich částečnou omnivorii. Izotopové hodnoty ovčí/koz a tura jsou typické pro herbivory živící se na C3 rostlinách. Totéž platí i pro bobra evropského, který byl jediným divokým zástupcem fauny. Větší zastoupení vzorků divoké fauny je nevýhodou kyjovského souboru, neboť právě izotopové hodnoty divokých zvířat odráží specifika lokálního prostředí nejlépe.

Podobné hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ byly zjištěny i v souborech z jiných lokalit z doby stěhování národů. Místně nejbližší jsou lokality z jižní Moravy z velkomoravského období (Mikulčice, Pohansko, Josefov a Mutěnice; 9.-10. století). U těchto lokalit se nedá vyloučit vliv odlišného prostředí, které by mohlo ovlivnit izotopové hodnoty (např. prostředí říční nivy). Zde domestikovaná zvířata vykazovala průměrné hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ -19,8 ‰ (největší kuři -15,6 ‰ a nejmenší koně -22,2 ‰) a divoká zvířata -20,9 ‰. Průměrné hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ pro domácí zvířata ve velké míře ovlivňují kuři příkrmovaní pšenou a tedy C3 ekosystém lépe odráží divoké druhy. Průměrná hodnota $\delta^{13}\text{C}$ pro hlavní hospodářsky využívané druhy (tj. tuři, ovce/kozy, prasata) je -20,3 ‰ (Kaupová et al., 2016; Kaupová, 2017). Mezi hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ hlavních hospodářsky využívaných druhů pro Kyjov a velkomoravské lokality nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. Je tedy pravděpodobné, že tato zvířata byla v oblasti Moravy krmena obdobným způsobem během obou po sobě následujících období.

Na velkomoravských lokalitách byla zjištěna průměrná hodnota $\delta^{15}\text{N}$ pro domácí druhy 7,6 ‰ (nejméně ovce/kozy 4,7 ‰ a nejvíce kuři 10,7 ‰) a pro divoké druhy 5,3 ‰ (Kaupová et al., 2016; Kaupová, 2017). Rozdíl v hodnotách $\delta^{15}\text{N}$ hlavních hospodářských druhů byl u velkomoravských lokalit statisticky odlišný od kyjovské lokality (byl v průměru o 0,9 ‰ větší). Tento rozdíl by mohl odrážet specifika prostředí, avšak statistický vzorek je v obou případech malý a to mohlo ovlivnit výsledek testu. Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ zvířecích vzorků pro kyjovský soubor a soubory z velkomoravských lokalit jsou znázorněny v grafu 7.1.



Graf 7.1: Izotopové hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ pro zvířata z Kyjova a velkomoravských lokalit (Mikulčice, Pohansko, Josefov, Mutěnice) (Kaupová, 2017)

U dalších srovnávacích lokalit se vliv odlišného prostředí také vyloučit nedá, avšak spadají do období, které je blízko datování kyjovské lokality. Vhodné se zdá srovnání především s izotopovými hodnotami zvířat z pohřebiště Szólád (Maďarsko). Zde byly odkryty langobardské hroby spadající do 6. století (Alt et al., 2014). Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ pro domácí zvířata spadala mezi -20,7 až -16,9 ‰. Nejvyšší hodnotu vykazoval tur nalezený v hrobě s mužem, jehož hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ byly v porovnání se zbytkem populace také vysoké a autoři u něj nevylučují nelokální původ. Po vyjmutí tohoto jedince ze souboru je nejvyšší hodnota $\delta^{13}\text{C}$ -19,6 ‰. Izotopové hodnoty uhlíku hlavních hospodářských druhů se (tuři, ovce/kozy, prasata) mezi kyjovskou a maďarskou lokalitou statisticky neliší (v maďarském souboru je však zahrnut velmi malý počet jedinců - $N=4$, což by mohlo ovlivnit výsledek testu). Neliší se se ani hodnoty hlavních hospodářských druhů pro $\delta^{15}\text{N}$. Pro jediného analyzovaného kura byla hodnota $\delta^{15}\text{N}$ 8,3 ‰. Také zde, stejně jako v kyjovském souboru, byla hodnota $\delta^{15}\text{N}$ kura nižší než lidské hodnoty (o 1,5 ‰). Psi do této studie nebyli zahrnuti a jejich porovnání s lidmi tedy není možné. Ze srovnání těchto dvou langobardských lokalit by se dalo předpokládat, že tento kmen využíval velmi podobné hospodářské praktiky nezávisle na tom, kde sídlil (Morava vs. Maďarsko).

K potvrzení tohoto předpokladu by byla nutná analýza dalších zvířat z langobardských nalezišť.

Na ostatních lokalitách z doby stěhování národů bylo u domácích zvířat zjištěno podobné rozmezí izotopových hodnot uhlíku a mírně vyšší maximální hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ než u kyjovského souboru. Přehled rozmezí izotopových hodnot uhlíku a dusíku je uveden v tabulce 7.1.

Tab. 7.1: Rozmezí hodnot $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ pro domácí druhy zvířat na středoevropských lokalitách z doby stěhování národů

region	lokalita (citace)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)		$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	
		min	max	min	max
Morava	Kyjov	-23,0	-19,2	4,5	8,6
Maďarsko	Szólád (Alt et al., 2014)	-20,7	-16,9 (-19,6)	4,3	8,3
Německo	více lokalit (Hakenbeck et al., 2010)	-23,3	-20,6	3,9	11,6
Německo	více lokalit (Knipper et al., 2013)	-22,6	-20,7	3,9	10,3
Rakousko	Volders (McGlynn, 2007)	-23,1	-20,7	3,6	9,4

Průměrné hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ psů jsou v kyjovském souboru o 2,8 ‰ nižší než lidské a u kurů jsou nižší o 1,5 ‰. Statisticky byl potvrzen rozdíl v hodnotách $\delta^{15}\text{N}$ mezi kury a ostatními hospodářskými druhy zvířat. Odlišnost hodnot $\delta^{15}\text{N}$ psů od hodnot ostatních hospodářských zvířat nebyla statisticky potvrzena. Odlišné hodnoty psů a kurů od lidských hodnot na kyjovské lokalitě by mohly ukazovat na na tu dobu neobvyklý přístup těchto druhů k potravě. Je možné, že kuři a psi nežili v těsné blízkosti lidí, jak se to předpokládá

na jiných lokalitách, a neživili se v takové míře lidským odpadem. Vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ kurů oproti psům mohou být způsobeny tím, že kuři se do určité míry živí i bezobratlými, které najdou, a tím jsou pro ně oproti psům dostupnější živočišné proteiny (McGlynn, 2007). Dále se uvádí větší obohacení dusíkem u ptačího kolagenu oproti savčímu (Schoeninger & DeNiro, 1984). Velmi nízké hodnoty izotopů dusíku u psů jsou překvapivé především vzhledem k tomu, že se na langobardských pohřebištích nalézají pohřby se psy (Kováčová, 2013; Bartosiewicz, 2015). Tito psi bývají asociováni s lidmi z vyšších společenských vrstev a přisuzuje se jim zvlášť význam. Je pravděpodobné, že psi byli v této společnosti ceněni. Dieta s nízkým příjmem masa by byla v tomto případě nečekaná. Avšak je nutné upozornit na velmi malý vzorek (psi $N=2$; kuři $N=5$), který neumožňuje větší zobecnění.

Obdoba tohoto jevu byla nalezena pouze pro kura u langobardské populační skupiny z území dnešního Maďarska (viz výše, Alt et al., 2014). Na jiných lokalitách z tohoto období byly hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ kurů a psů velmi blízké lidským (např. Hakenbeck et al., 2010; Knipper et al., 2013)

Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ u kurů a psů z kyjovské lokality na rozdíl od hodnot dusíku odpovídají lidské stravě. Rozdíl mezi kury a lidmi byl v průměru 0,6 ‰ a mezi psy a lidmi nebyl žádný. Rozdíl hodnot $\delta^{13}\text{C}$ mezi kury a ostatními hospodářskými zvířaty i psy a ostatními hospodářskými zvířaty je statisticky významný. Izotopové hodnoty uhlíku těchto dvou druhů ukazují na to, že stejně jako u lidí i u psů a kurů byla strava založena na C_3 rostlinách či jejich konzumentech.

Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ pro kury a psy se mezi kyjovským a velkomoravskými soubory liší. Statisticky významný rozdíl byl nalezen pouze pro hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ u kurů. Nicméně statistický vzorek je velmi malý a více nám může prozradit rozdíl těchto hodnot. Izotopové hodnoty jsou u velkomoravských kurů a psů vyšší u $\delta^{13}\text{C}$ o 3,3 ‰ resp. 1,3 ‰ a u $\delta^{15}\text{N}$ o 1,3 ‰ resp. 2,8 ‰. Ve velkomoravském období byla na rozdíl od doby stěhování národů v tomto regionu doložena významnější konzumace C_4 rostlin (prosa) jak u lidí, tak i u kurů a psů. Zatímco hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ velkomoravských psů byly velmi blízké lidským (rozdíl byl 0,14 ‰), kuři vykazovali mnohem vyšší hodnoty než lidé (kuři vykazovali hodnoty uhlíku o 1,33 ‰ větší než lidé), což ukazuje na to, že v jejich stravě hrálo proso důležitější roli, než tomu bylo u lidí. V případě kurů a psů se tedy nepotvrzují závěry předpokládané u hlavních hospodářsky využívaných druhů (tuři, ovce/kozy, prasata), že strava těchto

druhů byla v obou obdobích podobná. Naopak se ukazuje, že chovatelský přístup ke kurům a psům se v průběhu času změnil. Podobný trend ve změně složení stravy lidí a potažmo i zvířat na určitém území byl zjištěn ve studii Lightfoot a kol. (2012) zabývající se diachronními změnami stravy od doby železné po raný středověk na chorvatských lokalitách. Mezi dobou římskou a raným středověkem se zde udála změna, která vedla k větší konzumaci prosa u lidí i psů. Autoři změnu připisují příchodu slovanských kmenů do této oblasti.

Zápornější hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ u koní než u ostatních herbivorů byly nalezeny i na jiných lokalitách (McGlynn, 2007; Hakenbeck et al., 2010; Lightfoot et al., 2012; Knipper et al., 2013; Kaupová, 2017). Tento jev může mít několik vysvětlení. Pokud by se koně pásli na jiných lokalitách či na větším území obsahujícím různá prostředí než ostatní herbivoři, mohly by se na jejich izotopovém signálu podílet faktory, které ovlivňují hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ u rostlin jako je půdní vlhkost, vlhkost vzduchu, ozáření, teplota, dostupnost dusíku, salinita či koncentrace atmosférického CO_2 (Drucker et al., 2008). Kdyby se koně pásli zčásti v lesním prostředí (tedy by na ně působil tzv. „canopy effect“) (Heaton, 1999) či na vlhkých půdách (Kohn, 2010) mohlo by to posunout jejich hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ do zápornějších čísel. Vysvětlení nižších hodnot $\delta^{13}\text{C}$ u koní by se dalo hledat i v jejich odlišném metabolismu (Cunha, 2012).

Na velkomoravské lokalitě Mikulčice byl zjištěn vliv příkrmování na hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ (Halffman & Velemínský, 2015). Hodnoty uhlíku koní ($N=2$) se překrývaly s hodnotami ostatních hospodářských zvířat. U zvířat z této lokality autoři předpokládají možnost příkrmování prosem. Na jiných velkomoravských lokalitách nic podobného ovšem zjištěno nebylo ($N=4$) (Kaupová, 2017). K potvrzení příkrmování koní prosem na Velké Moravě by bylo nutné zvětšit zkoumaný soubor koní. Pokud by se proso ve stravě velkomoravských koní potvrdilo, ukazovalo by to na možnost odlišného chovu koní u Slovanů a Langobardů.

Hodnoty izotopů dusíku koní vykazovaly velkou variabilitu (nutné je znovu zmínit malý počet analyzovaných vzorků: $N=3$ a horší kvalitu kolagenu vzorku Kyj 71). Toto zjištění by se opět dalo vysvětlit faktory různého prostředí zmíněnými výše. Rozdílné mohlo být místo pastvy v okolí sídliště, ale vzhledem k tomu, že jde o transportní zvířata, tyto rozdíly mohly být způsobeny pastvou na různých lokalitách. S koňmi také mohl fungovat dálkový obchod. Nelokální původ navrhuji ve své studii Hakenbeck a kolegové (2010) u koně s vyššími hodnotami $\delta^{13}\text{C}$, který musel pocházet z míst, kde bylo běžné

přikrmování prosem. Při vysokých hodnotách izotopů dusíku u herbivorů je nutné vždy zvážit i jiné možnosti navyšující hodnoty $\delta^{15}\text{N}$, například že šlo o stále ještě kojená zvířata či o dlouhodobě hladovějící zvířata (Hobson et al., 1993; Jenkins et al., 2001).

Prasata (N=4) se svými izotopovými hodnotami stojí mezi herbivory a kury. Dva jedinci vykazovali hodnoty bližší herbivorům ($\delta^{13}\text{C}=-20,8\text{ ‰}$, $\delta^{15}\text{N}=6,4\text{ ‰}$) a dva jedinci se svými hodnotami blížili kurům ($\delta^{13}\text{C}=-20,1\text{ ‰}$, $\delta^{15}\text{N}=7,4\text{ ‰}$). Pro posouzení, zda na této lokalitě existovalo více rozdílných hospodářských praktik v přístupu k prasatům, však chybí dostatečně velký soubor. U prasat jako typických omnivorů jsou vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ oproti jiným hospodářským druhům obvyklé (např. McGlynn, 2007; Hamilton et al., 2009; Oelze et al., 2011; Knipper et al., 2013). Předpokládá se, že jejich hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ odráží spíše hospodářské praktiky než preference samotných prasat. U lokalit, kde je na hodnotách dusíku zřejmá omnivorie, se předpokládá, že se prasata v určité míře živila na antropogenním odpadu. Hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ může navyšovat také konzumace bezobratlých živočichů či hub (ta ovlivňuje i hodnoty $\delta^{13}\text{C}$) (Hamilton et al., 2009). Na jiných lokalitách prasata naopak spadají do izotopové variability ostatních herbivorů a předpokládá se, že byla vyháněna na společnou pastvu (např. Hakenbeck et al., 2010; Kaupová, 2017). Na velkomoravských lokalitách byla vysledována dvě protichůdná zjištění a to, že prasata (N=5) vykazovala statisticky významně vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ než jiné hospodářské druhy tj. tuři a ovce/kozy (Halffman & Velemínský, 2015) a že prasata (N=11) spadají do variability těchto herbivorů (až na jednu výjimku s $\delta^{15}\text{N}=10,5\text{ ‰}$) a jejich hodnoty dusíku se statisticky významně neliší od ostatních druhů (Kaupová, 2017). Při spojení těchto souborů vychází statistický test neprůkazně, tedy že prasata se od turů a ovcí/koz neliší. Zvětšení vzorku prasat z kyjovské lokality by umožnilo srovnání s Velkou Moravou a zjištění, zda se chov prasat změnil s příchodem slovanských kmenů do této oblasti. Některé studie změnu v přístupu k chovu prasat v čase zmiňují. Dvě studie ze středního Německa (Oelze et al., 2011; Knipper et al., 2013) ukazují, že při srovnání prasat z neolitické lokality a lokality z období stěhování národů, ta neolitická vykazují vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$, zatímco ta z období stěhování národů spadají do variability herbivorních zvířat. Podobný trend se ukazuje i na chorvatských lokalitách v rámci kratšího časového úseku (Lightfoot et al., 2012). Prasata z římského období mají průměrnou hodnotu $\delta^{15}\text{N}$ vyšší (6,4 ‰) než prasata z raného středověku ($\delta^{15}\text{N}=5,1\text{ ‰}$). Nelze vyloučit ani variantu

praktikování obou přístupů současně (chov v blízkosti člověka a konzumace jeho odpadu vs. pastva).

Ovce/kozy a tur vykazovali izotopové hodnoty odpovídající herbivorům žijícím v C3 ekosystému. Průměrné hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ pro ovce/kozy a tura odpovídají hodnotám zjištěným na jiných lokalitách. Izotopové hodnoty bobra evropského odrážejí C3 ekosystém a jeho trofickou úroveň (striktní herbivor). Jeho hodnota $\delta^{13}\text{C}$ je mírně zápornější než u ostatních herbivorů vyjma koní ($\delta^{13}\text{C} = -21,1 \text{ ‰}$). To by mohlo odrážet ekologickou niku (živí se rostlinami rostoucími v okolí řeky). Vylučuje to ovšem možnost, že by vlhké prostředí bylo důvodem nižších hodnot $\delta^{13}\text{C}$ u koní.

Přehled izotopových hodnot pro jednotlivé druhy ze srovnávacích lokalit je uveden v příloze v tabulce 10.5.

7.3 Strava langobardské populační skupiny z Kyjova

Strava populační skupiny kmene Langobardů z naleziště v Kyjově byla založena převážně na terestriálních zdrojích obsahujících C3 rostliny a živočišné proteiny. Toto zjištění odpovídá archeozoologickým i archeobotanickým nálezům. Dle archeologických nálezů z období stěhování národů se usuzuje, že hlavním zdrojem živočišných proteinů v této době byli tuři, prasata a ovce/kozy a v rámci rostlinné složky stravy převládala pšenice, ječmen, žito, oves, hrách a čočka (Bökönyi, 1974; Kočár a Dreslerová, 2010). Tyto předpoklady se potvrzují i při srovnání lidských hodnot a izotopových hodnot hlavních hospodářských druhů (tj. tuři, ovce/kozy, prasata), u kterých se předpokládá, že tvořily základ jídelníčku z hlediska živočišných proteinů (včetně nemasných produktů např. mléka) a zároveň odrážejí izotopové pozadí dané lokality. Průměrný rozdíl hodnot $\delta^{13}\text{C}$ spadá do rozmezí 0-2 ‰ a $\delta^{15}\text{N}$ do rozmezí 3-5 ‰, což odpovídá typickému obohacení těchto hodnot mezi trofickými úrovněmi (Bocherens & Drucker, 2003).

Na jiných lokalitách z doby stěhování národů byly zjištěny podobné hodnoty. Průměrná hodnota $\delta^{13}\text{C}$ kyjovské populační skupiny patří spíše k vyšším v kontextu střední Evropy. Autoři studie z Maďarska prováděné na langobardské populační skupině, která vykazovala vůbec nejvyšší hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ ze středoevropských lokalit z doby stěhování národů, vysvětlují tento jev sušší vegetační sezónou tohoto regionu či mírnou konzumací C4 rostlin (prosa) touto populací (Alt et al., 2014). Průměrná hodnota kyjovského souboru je především ovlivněna třemi jedinci s výrazně vyššími hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ (Kyj 04, Kyj 06,

Kyj 60). Při odebrání těchto jedinců je průměrná hodnota $\delta^{13}\text{C}$ kyjovské populační skupiny -19,5 ‰ a nevybočuje z průměrů ostatních studií ze sledovaného období (např. Hakenbeck et al., 2010, Knipper et al., 2013).

Hranice, od které se vyšší hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ považují za indikační pro konzumaci C_4 rostlin, je -18 ‰ (Lightfoot et al., 2013). Z kyjovského souboru tuto hranici překročili 3 jedinci. Na velkomoravských a raně středověkých chorvatských lokalitách, kde se předpokládá větší podíl prosa ve stravě, byly zjištěny vyšší průměrné hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ než u langobardské populační skupiny z Kyjova. I variabilita hodnot $\delta^{13}\text{C}$, která se při odebrání tří netypických jedinců s hodnotami pod -18 ‰ pohybuje v rozmezí od -20,1 do -18,5 ‰, je oproti velkomoravským lokalitám (-19,8 až -15,6 ‰) posunuta. Rozdíl mezi těmito populacemi je statisticky průkazný. Tyto hodnoty odráží variabilitu v rámci C_3 ekosystému a nenaznačují větší podíl prosa ve stravě kyjovské populace (možnost mírné konzumace prosa však nevylučují). Toto zjištění potvrzují i poznatky archeobotaniky - v době stěhování národů není proso doloženo v nálezech z našeho území (avšak počet analyzovaných lokalit je velmi nízký a tudíž proso nemuselo být zachyceno). Nicméně o jeho záměrném pěstování na našem území jsou doklady již z doby bronzové a znovu od raného středověku, tedy jeho konzumaci nelze v námi sledovaném období zcela vyloučit (Kočár & Dreslerová, 2010).

Proso bylo domestikováno v Číně a odtud se rozšířilo do celé Eurasie. Nejstarší doklady konzumace prosa v Evropě pochází z neolitické lokality v Maďarsku (Pearson & Hedges, 2007). Z následujících století pochází doklady o konzumaci prosa z mnoha míst Evropy, avšak populace, jejichž strava by byla založena na prosu z velké části, se objevují sporadicky. Důvody, z jakých se určité populace uchýlily k rozsáhlejšímu zařazení prosa do svého jídelníčku, zůstávají nejasné. Bylo navrženo několik teorií snažících se vysvětlit jeho šíření a důvody k jeho vyššímu podílu ve stravě u některých populací. Jones a kolektiv (2011) předpokládají, že jeho šíření souviselo s klimatickými změnami. V případě zhoršení klimatu mohla kratší vegetační doba prosa představovat velkou výhodu v konkurenci s ostatními plodinami. Jiný důvod rozšíření navrhuje Boivin a kolegové (2012), kteří sledují více sociální aspekt a navrhuje, že v raných fázích mohlo být proso vnímáno jako exotická (např. léčivá) plodina a tedy považováno za drahou komoditu (podobně jako koření v pozdějších dobách) a až postupem času se stalo běžně pěstovanou plodinou zajišťující obživu.

Po rozšíření do Evropy zůstává počet populací s doloženou významnější konzumací prosa relativně malý, což ukazuje, že šlo spíše o vyjímečnou hospodářskou strategii. Význam prosa také u těchto populací nevzrostl ihned poté, co byla tato nová plodina v daných oblastech k dispozici, ale až po delších obdobích. Lightfoot a kolegové (2013) pro to navrhuji tři možná vysvětlení: 1. tyto populace využívaly specifického přírodního prostředí v jejich okolí nebo 2. šlo o migrující populace z východu přinášející si do dané oblasti původní způsoby hospodaření či 3. jedinci z těchto lokalit mohly být zástupci určité socio-ekonomické třídy v rámci rozsáhlejší populace, kteří z nutnosti či vlastní volby měli větší podíl prosa ve stravě. Na možnou souvislost s migracemi upozorňují i Reitsema a Kozłowski (2013). Uvádí, že výskyt vyššího podílu prosa ve stravě podléhá spíše kulturním vzorcům než geografickým či klimatickým podmínkám. Předkládají hypotézu, že větší konzumace prosa charakterizuje Slované a lze ji používat ke sledování migrací slovanských kmenů. Tento předpoklad zakládají i na historické studii zabývající se stravou v Polsku v historických obdobích (Dembińska, 1999).

Studie prováděné na velkomoravských populacích raného středověku potvrzují hypotézu, že proso bylo plodinou „typickou“ pro slovanské kmeny (Halffman & Velemínský, 2015; Kaupová, 2017), neboť větší podíl prosa ve stravě byl prokázán. Dosud však nebylo jisté, zda nebylo větší množství prosa zahrnuto do jídelníčku již před příchodem Slovanů do této oblasti. To vyvrací zjištění této diplomové práce, která ukázala, že germánská populační skupina Langobardů z doby stěhování národů (tedy doby předcházející velkomoravskému období) ze stejného regionu větší podíl prosa ve stravě neměla a podstatnější konzumace této plodiny byla v této oblasti zavedena až s příchodem Slovanů. Význam tří jedinců z kyjevské populační skupiny, u kterých jako jediných byla větší konzumace prosa prokázána, bude probrán v kapitole 7.3.

Na lokalitách, kde se předpokládá konzumace stravy s podstatným zastoupením živočišných proteinů z terestriálních zdrojů, byly zjištěny obdobné hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ jako pro kyjevský soubor. V příjmu potravy živočišného původu se langobardská populační skupina v kontextu středoevropského prostoru a doby stěhování národů nijak nevymyká. Na velkomoravských lokalitách byl příjem živočišných proteinů signifikantně vyšší. Průměrné hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ lidí a jejich rozdíly oproti průměrným hodnotám hlavních hospodářsky využívaných druhů (tuři, ovce/kozy, prasata) ze středoevropských lokalit z doby stěhování národů a raného středověku jsou uvedeny v tabulce 7.2.

Tab. 7.2: Přehled průměrných hodnot $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ a rozdílů těchto hodnot od hodnot hlavních hospodářsky využívaných druhů (tuři, ovce/kozy, prasata) pro srovnávací lokality

region	lokalita (citace)	průměr $\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\Delta^{13}\text{C}_{\text{lidé-hosp.}}$ druhy (‰)	průměr $\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\Delta^{15}\text{N}_{\text{lidé-hosp.}}$ druhy (‰)
Morava	Kyjov	-19,4±0,7	1,3	9,5±0,7	3,6
Morava	Mikulčice, Pohansko, Josefov (Kaupová, 2017)	-17,9±0,6	2,4	10,6±1,0	3,6
Morava	Mikulčice (Halffman & Velemínský, 2015)	-17,8±0,6	2,6	10,0±1,0	3,5
Maďarsko	Szólád (Alt et al., 2014)	-19,1±0,4	1,2	9,6±0,8	3,9
Německo	více lokalit (Hakenbeck et al., 2010)	-19,6 (= $\bar{x}$)	1,6	9,6 (= $\bar{x}$)	2,7
Německo	Obermöllern, Rathewitz (Knipper et al., 2013)	-19,8±0,3	1,7	9,6±0,9	3,2
Rakousko	Volders (McGlynn, 2007)	-20,0±0,4	1,7	10,1±0,8	4,3
Chorvatsko	více lokalit (Lightfoot et al., 2012)	-17,9±0,6	2	9,6±0,6	4,2

Míra významu živočišných proteinů ve stravě byla u různých jedinců kyjovské populační skupiny odlišná. Šířka intervalu pro hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ byla 3,5 ‰. Jedinec s nejnižší hodnotou se od hlavních hospodářských druhů lišil o 2,0 ‰. Jedinci s nejvyššími hodnotami se od hlavních hospodářských druhů lišili až o 5,5 ‰. Tato hodnota mírně překračuje hodnotu typického obohacení u konzumentů herbivorů (tj. 3-5‰) (Bocherens & Drucker, 2003).

Nižší hodnoty v intervalu hodnot $\delta^{15}\text{N}$ odrážejí jedince, kteří se stravovali rostlinami ve větší míře, než bylo obvyklé pro průměrného příslušníka této populace. Hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ může dále výrazným způsobem snížit větší konzumace luštěnin oproti obilovinám. Luštěniny mají vzhledem k jiným hospodářským rostlinám schopnost fixovat vzdušný dusík za pomoci symbiotických bakterií a vzduch je oproti jiným zdrojům obohacen o ^{14}N .

Luštěniny poté vykazují nižší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ a jak ukazují některé experimenty, výrazně nižší hodnoty vykazují i jejich konzumenti v závislosti na podílu luštěnin ve stravě (Virginia & Delwiche, 1982; Devincenzi et al., 2014). Archeobotanické doklady luštěnin v době stěhování národů na našem území jsou doloženy, tedy jejich větší konzumace některými příslušníky kyjovské populace není vyloučena (Kočár & Dreslerová, 2010). Organismy, které vykazují nižší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ v porovnání s herbivorními organismy ze stejného prostředí, a v minulosti se konzumovaly, jsou měkkýši a korýši. Malé obohacení $\delta^{15}\text{N}$ těchto bezobratlých oproti jejich stravě se připisuje hlavně způsobu vylučování dusíku v podobě amoniaku a detritivorní stravě (Vanderklift & Ponsard, 2003). Vzhledem k hodnotám herbivorních ryb (viz dále) není pravděpodobné, že by hodnoty měkkýšů či korýšů dosahovaly tak nízkých hladin, aby jejich konzumenti spadali ke spodní hranici intervalu $\delta^{15}\text{N}$ kyjovské populace. Také větší podíl měkkýšů či korýšů ve stravě lidí je nepravděpodobný.

Vyšší hodnoty v intervalu hodnot $\delta^{15}\text{N}$ by mohlo způsobit několik faktorů. Jedním z faktorů zvyšující hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ je konzumace všežravců či masožravců, kteří vykazují oproti býložravcům zvýšené hodnoty dusíku a ty se odráží v konzumentech vyššího řádu. Jedinec s nejvyšší hodnotou $\delta^{15}\text{N}$ v kyjovské populaci se od býložravců (hlavních hospodářských druhů) liší o 5,5 ‰. Výhradní masožravci (např. vlk obecný (*Canis lupus*), rys ostrovid (*Lynx lynx*), kočka divoká (*Felis silvestris*) či dravci (Accipitriforme) nebyli běžnou součástí lidské stravy (pravděpodobně nebyli konzumováni vůbec) (Kyselý, 2005; Pluskowski, 2006; Makowiecki et al., 2014). Z tohoto důvodu se zdá být lepším vysvětlením konzumace všežravců. Z divokých druhů připadají v úvahu medvěd hnědý (*Ursus arctos*) a prase divoké (*Sus scrofa*). Podíl lovených divokých prasat byl vždy větší než podíl medvědů (Kyselý, 2005). Navíc mohou být divoká prasata v archeozoologických souborech podhodnocena vzhledem k obtížnému odlišení od domácích prasat (Rowley-Conwy et al., 2012). Nicméně podíl lovených zvířat byl v jídelníčku lidí ve všech historických obdobích na našem území minimální a nedá se předpokládat, že by mohla výrazně ovlivnit jejich izotopové hodnoty (Kyselý, 2016). Z domácích druhů jsou všežravá prasata, psi a kuři. Stejně jako u divokých druhů, ani u psů se nedá předpokládat, že byli konzumováni ve větší míře. Izotopové hodnoty dusíku u prasat se pohybovaly mezi 6,4 až 7,6 ‰, což jsou hodnoty na pomezí hospodářských herbivorů a kurů. Větší zastoupení prasat v jídelníčku by tedy mohlo u některých jedinců zvýšit hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ oproti zbytku

populace. Nejvyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ vykazovali kuři (7,3-8,6 ‰). Tyto hodnoty odráží omnivorní stravu a také přirozeně vyšší hodnoty ptáků oproti savcům (Schoeninger & DeNiro, 1984). Vyšší podíl konzumace kurů by se tedy projevil na hodnotách dusíku výrazněji než konzumace prasat.

V souboru zvířat z Kyjova byly nalezeny také pozůstatky husy (*Anser sp.*). Husy jsou převážně herbivoři, stravu si však zpestřují živočišnou složkou. Ve své studii Alt a kolektiv (2014) provedli analýzu stabilních izotopů uhlíku a dusíku i na jednom jedinci husy domácí (*Anser anser*). Jeho hodnoty byly: $\delta^{13}\text{C}=-20,6$ ‰ a $\delta^{15}\text{N}=7,9$ ‰. Hodnoty dusíku ukazují na omnivorii. Kromě konzumace kurů mohla tedy vyšší hodnoty dusíku ovlivnit i konzumace hus. Chov hus domácích je potvrzen v době stěhování národů i u kmene Avarů (Bökönyi, 1974). Kromě domácích druhů ptáků, mohly jídelníček lidí zpestřovat i divoké druhy. Dalším faktorem navyšujícím hodnoty $\delta^{15}\text{N}$, který nelze vyloučit, je konzumace vajec. Vejce vykazují vyšší hodnoty dusíku i uhlíku, než ptáci samotní. Bílek, žloutek a vaječné membrány bývají v průměru obohaceny v hodnotách $\delta^{15}\text{N}$ o 3,4 ‰ oproti stravě příslušných ptáků. Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ bývají u bílku vyšší v průměru o 1,5 ‰ a u žloutku o 2,6 ‰ (Hobson, 1995).

Dalším faktorem, který by mohl navýšit hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ u lidí je konzumace mláďat savců. Mláďata, která jsou stále kojena, mají vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$, než jejich matky. Tyto hodnoty mohou dosáhnout až rozdílu mezi dvěma trofickými úrovněmi (spíše je však rozdíl menší – 2-3 ‰) (Jenkins et al., 2001; Tsutaya & Yoneda, 2015). Maso savčích mláďat je i v dnešní době považováno za chutnější a kvalitnější (zároveň se z mláďete získá méně masa než z dospělého), to z něj dělá exkluzivní záležitost. V minulosti tak mohlo být konzumováno především vyššími společenskými třídami.

Další ze složek stravy, která může navyšovat izotopové hodnoty dusíku lidí oproti hospodářsky využívaným herbivorům, jsou ryby. Trofické řetězce ve vodním prostředí bývají delší a tomu odpovídají i vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ (Schoeninger et al., 1983). Izotopové hodnoty uhlíku sladkovodních živočichů pak ve velké míře odráží lokální podmínky, které ovlivňují hodnoty vodních rostlin. Bývají obdobné nebo nižší než hodnoty lidí (Osmond et al., 1981). V blízkosti kyjovské lokality se nachází řeka Kyjovka (levostranný přítok Dyje) a konzumace ryb by tedy nebyla vyloučena. Vzhledem k nepřítomnosti rybích kostí v dostupném souboru, nebylo možné provést izotopovou analýzu zástupců této nadřady.

živočichů a získat srovnávací soubor přímo ze zkoumané lokality. Nejbližšími lokalitami, kde byl tento materiál dostupný a analyzovaný, byly Mikulčice (N=6; kapr obecný (*Cyprinus carpio*), štika obecná (*Esox lucius*), další do druhu neurčení jedinci) a Pohansko (N=1, do druhu neurčený jedinec). Ryby z těchto lokalit by bylo možné použít jako srovnávací soubor i pro lokalitu Kyjov. Průměrná hodnota $\delta^{13}\text{C}$ u ryb byla na velkomoravských lokalitách -24,5 ‰ a $\delta^{15}\text{N}$ 9,1 ‰ (Kaupová, 2017). Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ jsou, jak bylo naznačeno výše, závislé na lokálním prostředí a trofické úrovni jedince, tedy na biologii a ekologii každého druhu (Kilham et al., 2009; Robson et al., 2015). Tento fakt se ukazuje i na zástupcích ekologicky odlišných druhů z Mikulčic: kapr obecný $\delta^{13}\text{C}=-24,3$ ‰ a $\delta^{15}\text{N}=7,8$ ‰ a štika obecná $\delta^{13}\text{C}=-22,9$ ‰ a $\delta^{15}\text{N}=11,5$ ‰ (Kaupová, 2017). Zatímco kapr obecný (dunajský) žije v teplých, pomalých či stojatých vodách a živí se bentickými organismy a rostlinami (web 4), štika obecná žije v malých čistých jezerech a v létě migruje do hlubších studenějších vod či do přítoků jezera a živí se jako dravec (web 5), což odráží zvýšené hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ oproti kaprovi. Z toho je zřejmé, že pro posouzení podílu ryb ve stravě je nutné znát charakter vodního zdroje, ze kterého ryby pocházejí, a druhovou příslušnost. Za předpokladu, že velkomoravské lokality jsou v těchto aspektech podobné Kyjovu (stejný region a stejné povodí), není vyšší konzumace sladkovodních ryb touto langobardskou populační skupinou pravděpodobná vzhledem k vyšším hodnotám $\delta^{13}\text{C}$ i u jedinců s vyšší hodnotou $\delta^{15}\text{N}$. Při konzumaci ryb na nižší trofické úrovni např. kaprů, by však hodnota $\delta^{15}\text{N}$ vyšší být nemusela. Vyšší konzumace ryb by se dala předpokládat za současné vyšší konzumace prosa. Izotopový signál prosa by mohl „vynulovat“ účinek sladkovodních ryb na hodnoty $\delta^{13}\text{C}$.

Vyšší hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ na rozdíl od sladkovodních ryb, vykazují ryby mořské. Uvádí se, že populace závislé ve velké míře na mořských zdrojích vykazují vysoké hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ (14-16 ‰) a vyšší hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ (-12 až -14,5 ‰) než populace závislé na terestriálních C3 zdrojích (Schoeninger et al., 1983). Občasná konzumace mořských ryb by tedy mohla vysvětlit vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ u některých jedinců a posunula by hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ do méně záporných hodnot. Konzumace mořských ryb je však na této vnitrozemské lokalitě velice nepravděpodobná. Počátky dálkového obchodu s konzervovanými mořskými rybami se umisťují do 9. až 10. století n. l., avšak plný rozvoj propukl až ve 13. až 14. stol. n. l., což je o mnoho století později, než období, do kterého spadá v této práci zkoumaná lokalita (Makowiecki, 2008; Barrett et al., 2011). Další množností, jak by se vnitrozemská

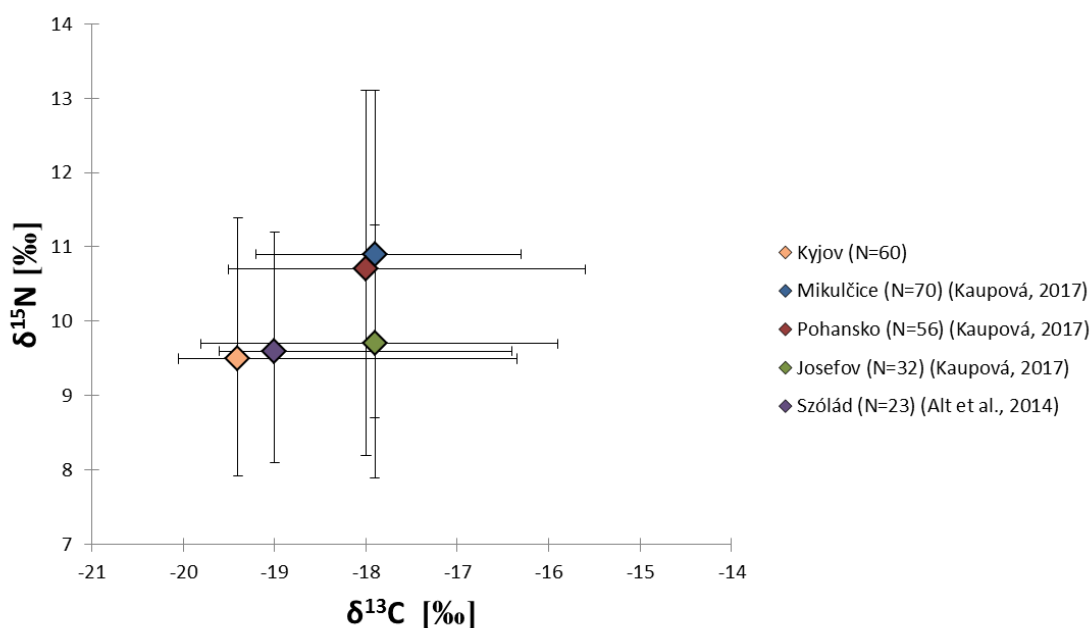
populace mohla dostat ke zdrojům s mořským izotopovým signálem vedle dálkového obchodu, je přítomnost anadromních ryb v místním vodním zdroji. Anadromní migrace spočívá v tahu ryb z moří do řek za účelem tření (web 6). V povodí Dunaje se jedná především o zástupce řádu jeseterů (*Acipenseriformes*). Archeologicky jsou jeseteři doloženi pouze z dolního a středního toku Dunaje, ale předpokládá se, že se vyskytovali i na našem území (web 7; web 8; Bartosiewicz et al., 2008). Pokud by si tyto ryby nesly izotopový signál z moře až k místu tření v řekách, mohly by ovlivnit izotopové hodnoty lidí stejně, jako je ovlivňují mořské ryby. Avšak dosud publikované hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ (-21,3 až -19,4 ‰) a $\delta^{15}\text{N}$ (7,8 až 10,1 ‰) pro jeseterovité (*Acipenseridae*) odpovídají hodnotám hospodářských zvířat a izotopové hodnoty lidí by výrazněji ovlivnit nemohly (Borić et al., 2004; Nehlich et al., 2010)

Poslední faktor potencionálně zvyšující hodnoty $\delta^{15}\text{N}$, který zde bude zmíněn, je hnojení. Hnojení zvířecími fekáliemi obohacuje půdu a rostliny na ní rostoucí o $\delta^{15}\text{N}$. Dopad je větší u obilovin než u luštěnin. Nárůst $\delta^{15}\text{N}$ v hnojených rostlinách se uvádí mezi 2,6 až 8 ‰ v závislosti na intenzitě hnojení. Za zmínku jistě stojí i fakt, že hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ jsou vyšší u zrn oproti jiným částem rostliny (Bogaard et al., 2007; Fraser et al., 2011). Pokud bychom předpokládali, že obilky byly konzumovány převážně lidmi a zvířata konzumovala jiné části rostlin, mohl by rozdíl považovaný za trofický být odrazem konzumace rozdílných částí rostlin.

Variabilita hodnot $\delta^{15}\text{N}$ na velkomoravských lokalitách byla rozdílná mezi centry a zázemím. Zatímco ve velkomoravských centrech (Mikulčice, Pohansko) se hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ pohybovaly v rozmezí 8,7-13,1 ‰ (resp. 8,2-13,1 ‰), ve velkomoravském zázemí (Josefov) byly v rozmezí od 7,9 do 11,3 ‰. To ukazuje na vyšší příjem živočišných proteinů obyvateli center. Zároveň i šířka intervalu pro hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ byla ve velkomoravských centrech velká (4,4 resp. 4,9 ‰) a ukazuje na možnost větší dostupnosti různé potravy (např. drůbeže či vajec). Toto zjištění není překvapivé vzhledem k tomu, že zde sídlily vyšší socioekonomické třídy včetně velkomoravské elity (Kaupová, 2017). Průměrná hodnota $\delta^{15}\text{N}$ velkomoravského zázemí i šířka intervalu těchto hodnot langobardské lokalitě Kyjov odpovídá více než hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ pro centra a ukazuje, že příjem živočišných proteinů byl obdobný. Statistické porovnání také neodhalilo žádný rozdíl mezi těmito lokalitami. Rozdíl mezi kyjovskou lokalitou a velkomoravskými centry je statisticky průkazný. Toto zjištění by mohlo ukazovat například na nepřítomnost elit na

kyjovském pohřebišti, či na neexistenci rozdílů v příjmu živočišných proteinů mezi socioekonomickými třídami. Tyto předpoklady by však bylo nutné dát do souvislosti s archeologickými daty, která prozatím nejsou k dispozici.

Na maďarské lokalitě Szólád se hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ pohybovaly v rozmezí od 8,2 do 11,3 ‰ (šířka intervalu 3,1 ‰) (Alt et al., 2014). A ukazují, že příjem živočišných proteinů byl u obou langobardských populačních skupin velmi podobný. Srovnání hodnot $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ zjištěných na lokalitě Kyjov, velkomoravských lokalitách (Mikulčice, Pohansko, Josefov) a maďarské lokalitě Szólád je znázorněno v grafu 7.2.



Graf 7.2: Srovnání hodnot $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ zjištěných na lokalitě Kyjov, velkomoravských lokalitách (Mikulčice, Pohansko, Josefov) (Kaupová, 2017) a maďarské lokalitě Szólád (Alt et al., 2014). Značka ukazuje průměrnou hodnotu $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ a úsečky rozmezí těchto hodnot

7.4 Strava jednotlivých podskupin populace

V langobardské populační skupině z Kyjova byl zjištěn rozdíl mezi hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ mezi věkovými skupinami (mladší jedinci měli v průměru vyšší hodnoty než starší jedinci) a rozdíl v hodnotách $\delta^{15}\text{N}$ mezi pohlavími (muži měli v průměru vyšší hodnoty než ženy). To s největší pravděpodobností ukazuje na rozdílnou stravu mezi věkovými skupinami a vyšší příjem živočišných proteinů muži.

V porovnání s ostatními lokalitami se mezipohlavní rozdíly v hodnotách $\delta^{15}\text{N}$ langobardské populační skupiny z Kyjova nezdají být ničím výjimečným. Bylo běžné, že muži měli ve stravě větší zastoupení živočišných proteinů než ženy. Vzhledem k tomu, že živočišná strava byla obvykle oproti rostlinné považována za kvalitnější, mohl být tento rozdíl dán patriarchálním uspořádáním společnosti. V tom případě by na živočišné proteiny bohatší strava byla přednostně konzumována muži (Danforth, 1999; Curet & Pestle, 2010). Při párovém porovnání skupin žen a mužů rozdělených dle věkové skupiny se ukázalo, že nižší přísun živočišných proteinů v porovnání s muži se týkal mladší věkové skupiny žen (mladší 40 let). Starší ženy mohly vzhledem ke svému pokročilejšímu věku zaujímat vyšší společenské postavení než mladší ženy podobné tomu mužskému a tím mít přístup k většímu množství živočišných proteinů.

Mladší věková kategorie spadá do období života, ve kterém ženy rodí své potomky. Smrt v souvislosti s porodem nebyla v evropské společnosti až do druhé poloviny 20. století ničím neobvyklým a dá se předpokládat, že mnoho z těchto žen zemřelo na porodní či poporodní komplikace (Stone, 2016). Nižší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ u těhotných či kojících žen byly doloženy v některých studiích (např. Fuller et al., 2005). Je tedy možné, že nižší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ mladších žen z této populace jsou ovlivněné vychýlenou rovnováhou anabolismu a katabolismu dusíku v důsledku mateřství. Nicméně kostní kolagen odráží dlouhodobý průměr a krátkodobé výkyvy se v jeho hodnotách nemusí projevit. Projevit by se tento faktor mohl např. v případě, kdyby žena, která prodělala více těhotenství za sebou a zemřela krátce po posledním porodu (Nitsch et al., 2010). Tento faktor mohl k nízkým hodnotám $\delta^{15}\text{N}$ některých jedinců alespoň v určité míře přispívat.

Pravděpodobnost, že by vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ u mužů byly způsobeny hladověním a následným odbouráváním proteinů vlastního těla, se nejeví příliš velká. Navíc krátkodobé výkyvy by izotopový signál kostí nezachytil a muselo by jít o dlouhodobé strádání. Zajímavým zjištěním je také velká variabilita hodnot $\delta^{15}\text{N}$ mladších mužů oproti ostatním skupinám. Vysvětlení může spočívat v jejich větší mobilitě, která umožnila přístup k rozličnějším potravním zdrojům. Mohlo jít např. o bojovníky, kteří podnikali vojenská tažení do vzdálenějších regionů.

Na velkomoravských lokalitách byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi pohlavími pouze na lokalitě Josefov. Muži z této lokality vykazují vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ a nižší hodnoty $\delta^{13}\text{C}$. Mezi věkovými skupinami zde nebyl zjištěn rozdíl (Kaupová, 2017). Autorka toto

zjištění připisuje nižší konzumaci živočišných proteinů a vyšší konzumaci prosa ženami. Na dalších dvou zkoumaných lokalitách – Mikulčice a Pohansko, které jsou považovány za velkomoravská centra, nebyl zjištěn rozdíl v hodnotách izotopů uhlíku a dusíku ani mezi pohlavími, ani mezi věkovými skupinami. To opět ukazuje na větší podobnost langobardské populační skupiny z Kyjova s velkomoravským zázemím než s centry. I zde byl přístup žen a mužů k potravinovým zdrojům odlišný. Na lokalitě Szólád byl rozdíl mezi muži a ženami zjištěn také. Opět byl přísun živočišných proteinů vyšší u mužů než u žen (Alt et al., 2014).

Interpretace rozdílů v hodnotách $\delta^{13}\text{C}$ mezi věkovými kategoriemi je poněkud složitější. Ovlivnění hodnot třemi výrazně odlišnými jedinci tento jev nevysvětluje vzhledem k tomu, že dva ze tří jedinců s výrazně vyššími hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ spadají do starší věkové skupiny. Při odstranění těchto jedinců ze statistické analýzy se rozdíl mezi věkovými skupinami ukazuje jako průkaznější ($p=0,003$). To ukazuje na to, že mladší a starší jedinci měli stravu založenou na jiných plodinách. Mohlo jít o rozdílné rostliny v rámci variability C_3 ekosystému nebo o mírnou konzumaci C_4 rostlin (prosa) mladšími jedinci. K zjištění, zda šlo opravdu o malý podíl prosa ve stravě, by mohla napomoci analýza stabilních izotopů uhlíku provedená na bioapatitu (tj. minerální složka kostí). Zatímco kolagen odráží především proteinovou složku stravy, bioapatit zachycuje stravu jako celek a v jeho izotopovém signálu se může odrazit i konzumování malého množství C_4 rostlin (Harrison & Katzenberg, 2003). Že mohlo jít skutečně o konzumaci prosa a nemuselo jít nutně o variabilitu C_3 rostlin, podporují archeobotanické nálezy z našeho území prosa z předcházejících období (Kočár & Dreslerová, 2010).

Jedinou další populací, kde byly zjištěny intrapopulační rozdíly v izotopových hodnotách uhlíku, byl Josefov. Zde nižší hodnoty vykazovali muži. Tento jev se připisuje menší konzumaci prosa muži než ženami, neboť v této populaci byla konzumace prosa prokázána (Kaupová, 2017).

Zajímavým jevem, který se objevil v kyjovské populační skupině, je výskyt jedinců s výrazněji odlišnými hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ či $\delta^{15}\text{N}$ od ostatních jedinců. V kyjovském souboru se v hodnotách $\delta^{13}\text{C}$ od zbytku populace velmi lišili 3 jedinci (2 ženy a 1 muž). Pouze u těchto jedinců hodnoty uhlíku přesáhly -18 ‰, konkrétní hodnoty byly: Kyj 04 -17,3 ‰, Kyj 06 -16,8 ‰ a Kyj 60 -16,4 ‰. Extrémně nízké hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ oproti zbytku populace nevykazovali žádní jedinci. V hodnotách $\delta^{15}\text{N}$ se lišili 2 mladí muži, kteří vykazovali jako

jediní hodnoty vyšší než 11 ‰ (Kyj 40 11,2 ‰ a Kyj 41 11,4 ‰). Dále 1 mladý muž s hodnotou pod 8 ‰: Kyj 49 7,9 ‰. U dolní hranice rozmezí hodnot $\delta^{15}\text{N}$ bylo i 5 mladých žen ($\delta^{15}\text{N}=8,2$ až $8,6$ ‰), které se vydělují od zbytku populace.

V porovnání s ostatními lokalitami z doby stěhování národů i z jiných období se ukazuje, že přítomnost jedinců s odlišným izotopovým signálem v pohřbené populační skupině není nic neobvyklým (např. Alt et al., 2014; Lightfoot et al., 2013). Ukazuje se, že v době stěhování národů byly populace běžně složeny z biologicky i kulturně odlišných jedinců. Vysoká mobilita byla běžná jak na populační úrovni (pro to hovoří např. krátká doba pohřbívání na pohřebišti v Szólád (Alt et al., 2014), tak na individuální úrovni (toto dokazuje např. nález ženy na lokalitě Altenerding, jejíž hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ naznačují významnější konzumaci mořských ryb a v jejíž hrobové výbavě byly nalezeny předměty spojovány se Skandinávií či Pobaltím (Hakenbeck et al., 2010). Důvod přítomnosti těchto jedinců v populaci může mít různá vysvětlení. Mohlo jít o jedince, kteří se ke skupině přidali z vlastní vůle či k tomu byli přinuceni (např. váleční zajatci, otroci) nebo o původní obyvatele regionu, do kterého daná skupina lidí přimigrovala.

V případě 3 jedinců z kyjovského souboru s prokázaným podstatným podílem prosa ve stravě, je možné, že šlo o původní obyvatele Moravy. Jak bylo zmíněno výše v textu, kultivace prosa byla na našem území doložena archeobotanickými nálezy před i po době stěhování národů a Langobardi jistě nepřišli do neosídlené oblasti. Mohli se smísit s původním obyvatelstvem, tak jako to udělali po příchodu do Itálie. Původní obyvatelé si však zachovali stravovací návyky z doby před příchodem Langobardů a tedy se v izotopovém signálu od nich odlišují (např. Bednaříková, 2013). Tento předpoklad by však bylo vhodné dát do souvislosti s hrobovou výbavou, což není možné, dokud nebudou k dispozici archeologické údaje o jednotlivých hrobech. Přítomnost několika málo jedinců konzumujících během svého života ve větší míře prosa v populaci, jejíž strava je založena na C3 rostlinách byla zjištěna na minimálně 23 evropských pravěkých lokalitách (Lightfoot et al. 2013). Nejde tedy o ojedinělý úkaz. Lightfootová a kolegové (2013) také nabízí možná vysvětlení přítomnosti těchto jedinců v populaci. Mohlo jít kupříkladu o migranty z východních populací, u nichž byla konzumace prosa běžná, a tento zvyk si přinesli do nové domoviny, či to mohli být příslušníci specifické socioekonomické třídy, pro niž byla konzumace prosa typická. Konzumace prosa by pak mohla odrážet buď vysoký či naopak nízký socioekonomický status těchto jedinců.

V langobardské populační skupině z maďarského Szóládu byli také nalezeni tři jedinci s vysokými hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ oproti ostatním jedincům (muž, žena a kojenec). Hroby těchto jedinců postrádaly jakoukoli výbavu a žena byla pohřbena mimo ostatní hroby. Autoři vzhledem k daným zjištěním předpokládají, že tito jedinci měli v rámci langobardské populace jiné společenské postavení. U muže vzhledem k jeho vysokým hodnotám dusíku nevylučují ani možnost konzumace mořské stravy a nelokální původ. Analýza stabilních izotopů stroncia, vysoká variabilita v hodnotách $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ a nález vzácných haplotypů mtDNA pro tento region u některých jedinců ukazují na biologicky i kulturně heterogenní populaci (Alt et al., 2014). Nelze tedy vyloučit, že také kyjovská populační skupina Langobardů mohla být geneticky či kulturně rozmanitá a jedinci s odchýlenými izotopovými hodnotami byli příslušníci jiných etnik.

Interpretace relativně vyšších hodnot $\delta^{15}\text{N}$ není jednoduchá. Hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ u dvou mužů, kteří se vydělují od zbytku populace, nejsou ve srovnání s ostatními jedinci nikterak extrémní. Archeologická data (např. hrobová výbava, konstrukce hrobu apod.) nejsou pro tuto lokalitu zatím dostupná a nelze z nich tedy usuzovat na sociální status či nelokální původ těchto jedinců. Navíc, jak ukazují některé studie, ne vždy musí vysoká hodnota $\delta^{15}\text{N}$ odrážet vyšší socioekonomický status jedince (např. Hakenbeck et al., 2010). Konzumace ryb u těchto jedinců není vzhledem k hodnotám $\delta^{13}\text{C}$ pravděpodobná. Hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ jsou také mnohem nižší, než by odpovídalo významnému podílu ryb ve stravě. U populace doby kamenné žijící v blízkosti Dunaje, u které byl zjištěn vysoký podíl sladkovodních ryb ve stravě, byly naměřeny hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ mezi 13,2 a 15,3 ‰. Tyto hodnoty se v průměru lišily od hodnot herbivorů o 8,6 ‰ (Cook et al., 2001). V tomto případě šlo spíše o konzumaci většího množství živočišných proteinů z terestriálních zdrojů nebo o konzumaci mláďat, která vykazovala signál kojení. Strava by tedy nenaznačovala nelokální původ, ale spíše vyjíměčné postavení v rámci komunity. Mohlo jít o vážené bojovníky či příslušníky elity. Také to mohli být muži se specifickou úlohou, např. lovci divokých zvířat, kteří měli větší přístup k masu než ostatní, či jedinci, kteří ve svém domácím chovu dávali přednost chovu drůbeže.

7.5 Zdravotní stav ve vztahu k charakteru výživy

Zjistilo se, že na některé ze zkoumaných osteologických znaků mají statisticky významný vliv hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ či $\delta^{15}\text{N}$. ICE byl ovlivňován hodnotami $\delta^{13}\text{C}$: jedinci s vyššími hodnotami ICE měli vyšší hodnoty $\delta^{13}\text{C}$, tedy jejich strava měla jiné složení

(např. konzumovali ve větší míře jinou C3 plodinu nebo v určité míře proso). Toto zjištění je v rozporu se zjištěním u velkomoravské populace, kde se ukázalo, že muži s nižšími hodnotami, tedy konzumující méně prosa, mají větší intenzitu kazivosti. (Kaupová, 2017). Na frekvenci kazivosti měly mírný vliv (těsně nad hranicí statistické významnosti) hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ v interakci s pohlavím. Podobná frekvence kazivosti jako na kyjovské lokalitě (53 %) byla zjištěna na langobardském pohřebišti v Maďarsku (59 %), kde byl příjem živočišných proteinů obdobný (Alt et al., 2014). Na velkomoravských lokalitách, kde byl podíl živočišných proteinů ve stravě vyšší, byla frekvence kazivosti větší a byla větší i u zázemí, kde byl doložen příjem živočišných proteinů obdobný (Mikulčice-hrad – 65 %, Mikulčice-podhradí – 77 %, Josefov-zázemí – 68 %) (Velemínský et al., 2008; Kaupová, 2017).

Kromě vlivu na intenzitu kazivosti, byl u mužů z velkomoravských lokalit zjištěn i vliv hodnot $\delta^{13}\text{C}$ na stupeň obrusu zubů (muži konzumující méně prosa měli silnější obrus) (Kaupová, 2017). To je opět rozdílné zjištění od kyjovské lokality, kde byl naopak zjištěn vztah k hodnotám $\delta^{15}\text{N}$. Zde lidé konzumující více živočišných proteinů měli v průměru vyšší obrus prvních a druhých stoliček. To ukazuje na to, že jednotlivé složky stravy (rostlinná a živočišná) měly odlišný vliv na stav dentice u kyjovské a velkomoravské populace. Tyto rozdíly mohou být způsobeny kulturně. Kaupová (2017) ve své práci předpokládá, že sledované rozdíly mohly být způsobeny texturou stravy (proso bylo v té době běžně konzumováno ve formě kaše). Je možné, že Langobardi používali jiné způsoby přípravy potravy a to ovlivnilo způsob, jakým se strava odrazila na dentálním zdraví.

Vliv izotopových hodnot na hypoplasii zubní skloviny byl řešen pouze v této práci. Výsledky statistické analýzy ukázaly, že existuje vztah mezi hodnotami $\delta^{15}\text{N}$ a touto patologií (nižší příjem živočišných proteinů koreluje s vyšším výskytem LEH). Zároveň existuje závislost přítomnosti LEH na věku (těsně nad hranicí významnosti) a na interakci těchto dvou proměnných. Z grafů je zřejmé, že vztah hodnot $\delta^{15}\text{N}$ k přítomnosti LEH je silnější u mladší věkové kategorie, zejména u žen. Tedy že mladší ženy s LEH měly v potravě méně živočišných proteinů. Vzhledem k období života, ve kterém vzniká LEH, což je dětství, je překvapivé, že tyto rozdíly přetrvávají do dospělosti. To naznačuje, že kvalita stravy je stejná v průběhu celého života a že jedinci s nižší kvalitou (tj. nižším příjmem živočišných proteinů) se dožívají nižšího věku, než jedinci s kvalitnější stravou. Toto tvrzení by bylo třeba ověřit izotopovou analýzou zubní tkáně utvářející se v dětství a zjistit tím, zda se strava v průběhu života u daných jedinců skutečně neměnila. Frekvence

LEH v kyjovské populaci byla 67 %, což je velmi podobná hodnota jako u maďarské populační skupiny Langobardů (68 %) (Alt et al., 2014). Na velkomoravských lokalitách byla LEH sledována pouze u dětí, což neumožňuje srovnání (Trefný & Velemínský, 2008).

U *cribra orbitalia* byl zjištěn vztah k pohlaví. Muži byli těmito lézemi postiženi častěji než ženy. V rámci jednotlivých pohlaví byli více postiženi jedinci s vyššími hodnotami $\delta^{13}\text{C}$ (přítomnost *cribra orbitalia* byla hodnocena u jednoho jedince s prokázanou konzumací prosa a nález byl pozitivní). Pokud byly rozdíly v $\delta^{13}\text{C}$ opravdu způsobeny mírnou konzumací prosa částí populace, mohlo by to ukazovat na odlišný obsah některých živin v prosu oproti jiným hospodářským plodinám, které se podílí na vzniku těchto lézí. Nicméně etiologie *cribra orbitalia* není zcela pochopená a zdá se, že její vznik je multifaktoriální, tedy hledání vysvětlení tohoto jevu je náročné. Frekvence *cribra orbitalia* byla v kyjovské populaci 50 %, což je podobné zjištění jako u langobardské populace ze Szóládu. Zde byly tyto léze zjištěny u 41 % dospělých (Alt et al., 2014). U velkomoravských lokalit, kde byla konzumace prosa doložena, byla frekvence *cribra orbitalia* nižší, což nenaznačuje, že by konzumace prosa měla na jejich vznik vliv. V případě kyjovské populace by to mohlo ukazovat na konzumaci jiné C3 plodiny. Na lokalitě Josefov bylo postiženo 25,5 % dospělých jedinců a na lokalitě Mikulčice bylo procento postižených ještě nižší (Stránská et al., 2002; Velemínský et al., 2008).

Délka femuru, jak se ukázalo, má vztah nejen k pohlaví, ale i k hodnotám $\delta^{15}\text{N}$. Tento vztah se však neukázal u velkomoravské populace (Kaupová, 2017). Ve vzorku z této populace je však zahrnut menší podíl mladších jedinců oproti starším. Nalezení vztahu délky femuru k izotopovým hodnotám by se nedalo předpokládat vzhledem k tomu, že zatímco růst se uskutečňuje v dětství, izotopové hodnoty jsou odrazem kvality stravy v dospělosti. Je ale možné, že za výsledkem z této práce, stojí hodnoty mladších jedinců (kterých bylo zahrnuto obdobný počet jako starších jedinců) nesoucích si stále ještě izotopový signál z růstového období.

Přehled proměnných se statisticky prokázaným vlivem na osteologické znaky pro kyjovskou populaci a pro velkomoravskou populaci (Mikulčice, Pohansko, Josefov) (Kaupová, 2017) je uveden v tabulce 7.2. Není zde uveden vliv izotopových hodnot v interakci s jinou proměnnou, z důvodu neporovnatelnosti s velkomoravským souborem.

Tab. 7.2: Přehled proměnných se statisticky prokázaným vlivem na osteologické znaky pro langobardskou populaci v Kyjově a pro velkomoravskou populaci. ano – statisticky významná proměnná, ne – vliv proměnné nebyl statisticky prokázán

závislá proměnná	nezávislé proměnné	Kyjov	Velká Morava
zubní kaz	pohlaví	ne	ne
	věk	ano	ne
	izotopové hodnoty	ne	ne
ICE	pohlaví	ne	ano
	věk	ano	ano
	izotopové hodnoty	ano ($\delta^{13}\text{C}$)	ano (u mužů pro $\delta^{13}\text{C}$)
obrus	pohlaví	ano	ne
	věk	ano	ano
	izotopové hodnoty	ano ($\delta^{15}\text{N}$)	ano (u mužů pro $\delta^{13}\text{C}$)
<i>cribra orbitalia</i>	pohlaví	ano	ne
	věk	ne	ano
	izotopové hodnoty	ne	ne
délka femuru	pohlaví	ano	ano
	věk	ne	ne
	izotopové hodnoty	ano ($\delta^{15}\text{N}$)	ne

8 Závěry

Analýza stabilních izotopů uhlíku a dusíku provedená u populační skupiny germánského kmene Langobardů (5.- 6. století) z pohřebiště v Kyjově ukázala, že strava této skupiny byla založena především na konzumaci C3 rostlin a živočišných proteinů. Toto zjištění odpovídá výsledkům jiných studií zabývajících se studiem stravy germánských populací v té době (např. Alt et al., 2014).

Izotopové hodnoty dusíku psů a kurů z této lokality nezapadají do variability lidí. Obvykle tyto druhy žily v těsné blízkosti člověka a živily se kuchyňským odpadem. Vztah Langobardů k těmto zvířatům byl zřejmě odlišný. Toto zjištění naznačují i dřívější výzkumy Langobardů z maďarského pohřebiště Szólád (Alt et al., 2014).

U zkoumané langobardské populační skupiny byl zjištěn rozdíl v hodnotách $\delta^{13}\text{C}$ mezi věkovými skupinami a rozdíl v hodnotách $\delta^{15}\text{N}$ mezi pohlavími. Mladší jedinci měli v průměru vyšší hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ než starší jedinci, což naznačuje větší konzumaci prosa mladší částí populace. Muži měli v průměru vyšší hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ než ženy. Tento rozdíl ukazuje na vyšší podíl živočišných proteinů ve stravě mužů.

Průměrné hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ neukazují na významný podíl prosa ve stravě této populace. Opačný stav byl zjištěn u velkomoravských lokalit z 9.-10. století ze stejného regionu. U této slovanské populace byla konzumace prosa ve větším množství potvrzena (Kaupová, 2017). Zjištění této diplomové práce podporuje předpoklad, že proso bylo plodinou typickou pro slovanské kmeny a že konzumace prosa jinými kmeny byla okrajová.

Vztah mezi některými osteologickými znaky a hodnotami stabilních izotopů byl prokázán. Na variabilitu hodnot ICE měly statisticky významný vliv hodnoty $\delta^{13}\text{C}$: jedinci s vyššími hodnotami ICE měli vyšší hodnoty $\delta^{13}\text{C}$. Jedinci konzumující více živočišných proteinů měli v průměru vyšší obrus prvních a druhých stoliček. Naopak nižší příjem živočišných proteinů koreluje s vyšším výskytem hypoplasie zubní skloviny. Délka femuru, jak se ukázalo, má vztah k hodnotám $\delta^{15}\text{N}$. Zdravotní stav kyjovské populační skupiny je podobnější langobardské populační skupině z maďarské lokality Szólád (Alt et al., 2014), než velkomoravským populacím (např. Velemínský et al., 2008).

Další výzkum tohoto pohřebiště by bylo vhodné zaměřit na rozšíření souboru izotopových dat o další jedince. A izotopová data následně vztáhnout k archeologickým

údajům. Vedle toho provést analýzu minerální složky kostí k zjištění, zda variabilita v hodnotách $\delta^{13}\text{C}$ mohla být způsobena mírnou konzumací prosa. Dále by bylo zajímavé získat data o výživě v dětství, která by odhalila, zda se strava měnila v průběhu života.

9 Literatura

- Alt KW & Pichler SL (1998) Artificial modifications of human teeth. In: Dental Anthropology. Springer: Vienna, pp. 387-415
- Alt KW & Rossbach A (2009) Nothing in nature is as consistent as change. In: Koppe T, Meyer G, Alt KW (eds.) Comparative Dental Morphology. Karger Publishers: Basel, pp. 190-196
- Alt KW, Knipper C, Peters D, Müller W, Maurer AF, Kollig I, Nicole Nicklisch N, Müller C, Karimnia S, Guido Brandt G, Roth C, Rosner M, Mende B, Schöne BR, Vida T & von Freedon U (2014) Lombards on the move—an integrative study of the migration period cemetery at Szólád, Hungary. *PloS one* 9 (11): e110793
- Alvarez JO (1988) Chronic malnutrition, dental caries, and tooth exfoliation in Peruvian children aged 3-9 years. *American Journal of Clinic Nutrition* 48: 368-72
- Ambrose SH (1990) Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science* 17: 431-451
- Anderson BG & Stevenson PH (1930) The occurrence of mottled enamel among the Chinese. *Journal of Dental Research* 10 (2): 233-238
- Bach H (1965) Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßenknochen weiblicher Skelette. *Anthropologischer Anzeiger* 29: 12-21
- Barrett JH, Orton D, Johnstone C, Harland J, Van Neer W, Ervynck A, Roberts C, Locker A, Amundsen C, Enghoff IB, Hamilton-Dyer S, Heinrich D, Hufthammer AK, Jones AKG, Jonsson L, Makowiecki D, Pope P, O'Connell TC, de Roo T, Richards M & Hamilton-Dyer S (2011) Interpreting the expansion of sea fishing in medieval Europe using stable isotope analysis of archaeological cod bones. *Journal of Archaeological Science* 38 (7): 1516-1524
- Bartosiewicz L (2015) Animal remains from the Langobard cemetery of Ménfőcsanak (NW Hungary). *Antaeus* 33: 249-264
- Bartosiewicz L, Bonsall C & Şişu V (2008) Sturgeon fishing in the middle and lower Danube region. The iron gates in prehistory. *New perspectives*: 39-54
- Bednaříková J (2013) Stěhování národů. Vyšehrad: Praha, 416 pp.
- Beňuš R, Obertová Z & Masnicová S (2010) Demographic, temporal and environmental effects on the frequency of cribra orbitalia in three Early Medieval populations from western Slovakia. *HOMO-Journal of Comparative Human Biology* 61 (3): 178-190
- Binford RL (1971) Mortuary practices: their study and their potential. *Memoirs of the Society for American Archaeolog* 25: 6-29
- Bogaard A, Heaton TH, Poulton P & Merbach I (2007) The impact of manuring on nitrogen isotope ratios in cereals: archaeological implications for reconstruction of diet and crop management practices. *Journal of Archaeological Science* 34 (3): 335-343

- Bocherens H & Drucker D (2003) Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems. *International Journal of Osteoarchaeology* 13 (1-2): 46-53
- Boivin N, Fuller DQ & Crowther A (2012) Old World globalization and the Columbian exchange: Comparison and contrast. *World Archaeology* 44 (3): 452-469
- Bökönyi, S (1974) History of domestic mammals in central and eastern Europe. Akadémiai Kiadó: Budapest, 596 pp.
- Bóna I & Horváth JB (2009) Langobardische Gräberfelder in West-Ungarn. Magyar Nemzeti Múzeum: Budapest, 234 pp.
- Borić D, Grupe G, Peters J & Mikić Ž (2004) Is the Mesolithic–Neolithic subsistence dichotomy real? New stable isotope evidence from the Danube Gorges. *European Journal of Archaeology* 7 (3): 221-248
- Bowen WH (1994) Food components and caries. *Advances in dental research* 8 (2): 215-220
- Brabant H (1973) Odontological study of human remains discovered in the Gallo-roman and Merovingian cemetery at Dieue (Meuse), France. *Bulletin du Groupement international pour la recherche scientifique en stomatologie* 16 (4): 239-261
- Bräuer G (1988) Osteometrie. In: Knussmann R (ed.). *Anthropologie. Handbuch des vergleichenden Biologie des Menschen, Band 1: Wesen und Methoden der Anthropologie*. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, pp. 160-232
- Breitinger E (1937) Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßenknochen. *Anthropologischer Anzeiger* 14: 249–274
- Britton HA, Canby JP & Kohler CM (1960) Iron deficiency anemia producing evidence of marrow hyperplasia in the calvarium. *Pediatrics* 25: 621-628
- Brugnara C (2003) Iron deficiency and erythropoiesis: new diagnostic approaches. *Clinical Chemistry* 49 (10): 1573-1578
- Bulíková A (2011) Neonkologická hematologie. In: Penka M (ed.) *Hematologie a transfúzní lékařství I – Hematologie*. Grada: Praha, 421 pp.
- Büntgen U, Tegel W & Nicolussi K (2011) 2500 years of European climate variability and human susceptibility. *Science* 331: 578–582
- Collins R (2005) *Evropa raného středověku. 300-1000*. Vyšehrad: Praha, 480 pp.
- Cook GT, Bonsall C, Hedges RE, McSweeney K, Boronean V & Pettitt PB (2001) A freshwater diet-derived ¹⁴C reservoir effect at the Stone Age sites in the Iron Gates Gorge. *Radiocarbon* 43 (2A): 453-460
- Coplen TB (1995) Reporting of stable carbon, hydrogen, and oxygen isotopic abundances. Reference and intercomparison materials for stable isotopes of light elements 825: 31-34

- Coplen TB, Krouse HR, Břihlke JK (1992) Reporting of nitrogen-isotope abundances (Technical Report). *Pure and Applied Chemistry* 64: 907-908
- Cucina A, Tiesler V & Sierra T (2003) Sex differences in oral pathologies at the Late Classic Maya site of Xcambó, Yucatán. *Dental Anthropology* 16 (1): 45-51
- Cunha TJ (2012) *Horse Feeding and Nutrition*. Academic Press: New York. 308 pp.
- Curet LA & Pestle WJ (2010) Identifying high-status foods in the archeological record. *Journal of Anthropological Archaeology* 29 (4): 413-431
- Cutress TW & Suckling GW (1982) The assessment of non-carious defects of enamel. *International Dental Journal* 32 (2): 117-122
- d'Incau E, Couture C & Maureille B (2012) Human tooth wear in the past and the present: tribological mechanisms, scoring systems, dental and skeletal compensations. *Archives of oral biology* 57 (3): 214-229
- Danforth ME (1999) Nutrition and politics in prehistory. *Annual Review of Anthropology* 28 (1): 1-25
- Dawson TE, Mambelli S, Plamboeck AH, Templer PH & Tu KP (2002) Stable isotopes in plant ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33 (1): 507-559
- Dembinska M & Weaver WW (1999) *Food and drink in medieval Poland: rediscovering a cuisine of the past*. University of Pennsylvania Press: Pennsylvania, 256 pp.
- DeNiro MJ & Epstein S (1981) Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et cosmochimica acta* 45 (3): 341-351
- DeNiro MJ (1985) Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature* 317: 806-809
- DeNiro MJ (1987) Stable Isotopy and Archaeology. *American Scientist* 75 (2): 182-191
- Devincenzi T, Delfosse O, Andueza D, Nabinger C & Prache S (2014) Dose-dependent response of nitrogen stable isotope ratio to proportion of legumes in diet to authenticate lamb meat produced from legume-rich diets. *Food chemistry* 152: 456-461
- Diefendorf AF, Mueller KE, Wing SL, Koch PL & Freeman KH (2010) Global patterns in leaf ¹³C discrimination and implications for studies of past and future climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (13): 5738-5743
- Dobisíková M, Velemínský P, Katina S, Mansourová L, Měrtllová T & Stloukal M (2007) Výška postavy na území ČR od neolitu po současnost. *Slovenská Antropológia. Bulletin Slovenskej Antropologickej Spoločnosti při SAV* 10 (1): 24-30
- Dreslerová D & Kočár P (2010) Archeobotanické nálezy pěstovaných rostlin v pravěku České republiky. *Památky archeologické* 101: 203-242

- Dreslerová D, Horáček I & Pokorný P (2007) Přírodní prostředí Čech a jeho vývoj. In: Kuna M (ed.) Archeologie pravěkých Čech – Svazek 1: Pravěký svět a jeho poznání. Archeologický ústav Akademie věd: Praha, pp. 23 - 50
- Droberjar E (2002) Encyklopedie římské a germánské archeologie v Čechách a na Moravě. Libri: Praha, 456 pp.
- Droberjar E (2005a) Věk barbarů. Paseka: Praha, 264 pp.
- Droberjar E (2005b) Soumrak barbarů: na stopě prvních křesťanů u nás. Dějiny a současnost 27: 14-18
- Droberjar E (2008) Doba stěhování národů. In: Salač V (ed.). Archeologie pravěkých Čech – Svazek 8: Doba římská a stěhování národů. Archeologický ústav Akademie věd: Praha, pp. 156-194
- Drucker DG, Bridault A, Hobson KA, Szuma E & Bocherens H (2008) Can carbon-13 in large herbivores reflect the canopy effect in temperate and boreal ecosystems? Evidence from modern and ancient ungulates. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 266 (1): 69-82
- Enwonwu CO (1973) Influence of socio-economic conditions on dental development in Nigerian children. *Archives of oral biology* 18 (1): 95-115.
- Esclassan R, Hadjouis D, Donat R, Passarrius O, Maret D, Vaysse & Crubézy E (2015) A panorama of tooth wear during the medieval period. *Anthropologischer Anzeiger* 72 (2): 185-199
- Farquhar GD, Ehleringer JR & Hubick KT (1989) Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annual review of plant biology* 40(1): 503-537
- Federation Dentaire Internationale (1982) An epidemiological index of developmental defects of dental enamel (DDE Index). *International Dental Journal* 32: 159-167
- Feldesman MR & Fountain RL (1996) „Race“ Specificity and Femur/Stature Ratio. *American Journal of Physical Anthropology* 100: 207-224
- Filip J (1930) Porost a podnebí Čech v pravěku. *Památky archeologické* 36: 169- 188
- Firbas F (1949) Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. I. *Allgemeine Waldgeschichte*: Jena, 480 pp.
- Firbas F (1952) Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. II. *Waldgeschichte der einzelnen Landschaften*: Jena, 256 pp.
- Fogel ML, Tuross N, Johnson BJ & Miller GH (1997) Biogeochemical record of ancient humans. *Organic Geochemistry* 27(5): 275-287
- Fraser R, Bogaard A, Heaton T, Charles M, Jones G, Christensen BT, Halstead P, Merbach I, Poulton PR, Sparkes D & Styring A (2011) Manuring and stable nitrogen isotope ratios in cereals and pulses: towards a new archaeobotanical approach to the inference of land use and dietary practices. *Journal of Archaeological Science* 38: 2790-2804

- Frayner DW (1984) Tooth size, oral pathology and class distinctions: evidence from the Hungarian Middle Ages. *Anthropologiai Közlemények* 28: 47-54
- Fuller BT, Fuller JL, Sage NE, Harris DA, O'Connell TC & Hedges RE (2005) Nitrogen balance and $\delta^{15}\text{N}$: why you're not what you eat during nutritional stress. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 19 (18): 2497-2506
- Fuller BT, Fuller JL, Sage NE, Harris DA, O'Connell TC & Hedges RE (2004) Nitrogen balance and $\delta^{15}\text{N}$: why you're not what you eat during pregnancy. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 18 (23): 2889-2896
- Fully G (1956) Une nouvelle méthode de détermination de la taille. *Annales De Médecine Légale* 35: 266-273
- Gazzani G, Daglia M & Papetti A (2012) Food components with anticarcinogenic activity. *Current opinion in biotechnology* 23 (2): 153-159
- Goodman AH & Rose JC (1991) Dental enamel hyperplasias as indicators of nutritional status. In: Kelley MA & Larsen CS (eds.) *Advances in dental anthropology*. Alan R. Liss: New York, pp. 279-293
- Goodman AH, Martinez C & Chavez A (1991) Nutritional supplementation and the development of linear enamel hypoplasias in children from Tezonteopan, Mexico. *The American journal of clinical nutrition* 53 (3): 773-781
- Grasgruber P, Cacek J, Kalina T & Sebera M (2014) The role of nutrition and genetics as key determinants of the positive height trend. *Economics & Human Biology* 15: 81-100
- Grenby TH (1997) Summary of the dental effects of starch. *International Journal of food sciences and nutrition* 48: 411-416
- Guatelli-Steinberg D & Lukacs JR (1999) Interpreting sex differences in enamel hypoplasia in human and non-human primates: Developmental, environmental, and cultural considerations. *American journal of physical anthropology* 110 (S29): 73-126
- Habsha E (1999) The etiology and pathogenesis of tooth wear. *Oral Health* 89: 83-92
- Hakenbeck S, McManus E, Geisler H, Grupe G & O'Connell T (2010) Diet and mobility in Early Medieval Bavaria: a study of carbon and nitrogen stable isotopes. *The American Journal of Physical Anthropology* 143: 235-249
- Halffman CM & Velemínský P (2015) Stable isotope evidence for diet in early medieval Great Moravia (Czech Republic). *Journal of Archaeological Science: Reports* 2: 1-8
- Hamilton J, Hedges RE & Robinson M (2009) Rooting for pigfruit: pig feeding in Neolithic and Iron Age Britain compared. *Antiquity* 83 (322): 998
- Harlan JR (1992) *Crops and Man*. American Society of Agronomy: Madison, 284 pp.

- Harrison RG & Katzenberg MA (2003) Paleodiet studies using stable carbon isotopes from bone apatite and collagen: examples from Southern Ontario and San Nicolas Island, California. *Journal of Anthropological Archaeology* 22 (3): 227-244
- Heaton TH (1999) Spatial, species, and temporal variations in the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios of C3 plants: implications for palaeodiet studies. *Journal of Archaeological Science* 26 (6): 637-649
- Hedges RE, Clement JG, Thomas CDL & O'connell TC (2007) Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: Modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements. *American Journal of Physical Anthropology* 133(2): 808-816
- Hillson S (2005) *Teeth*. Cambridge University Press: Cambridge, 373 pp.
- Hillson S (2007) Dental pathology. *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. In: Katzenberg MA & Saunders SR (eds.) *Biological anthropology of the human skeleton*. John Wiley & Sons: New Jersey, pp. 299-340
- Hobson KA (1995) Reconstructing avian diets using stable-carbon and nitrogen isotope analysis of egg components: patterns of isotopic fractionation and turnover. *Condor*: 752-762
- Hobson KA, Alisauskas RT & Clark RG (1993) Stable-nitrogen isotope enrichment in avian tissues due to fasting and nutritional stress: implications for isotopic analyses of diet. *Condor*: 388-394
- Hoefs J (1987) *Stable isotope geochemistry*. Springer: Berlin, 241 pp.
- Christie N (1998) *The Lombards: The Ancient Longobards*. Wiley-Blackwell: Malden, 292 pp.
- Imfeld T (1996) Dental erosion. Definition, classification and links. *European journal of oral sciences* 104 (2): 151-155
- Infante PF & Gillespie GM (1974) An epidemiologic study of linear enamel hypoplasia of deciduous anterior teeth in Guatemalan children. *Archives of oral biology* 19 (11): 1055-1061
- Jäger KD (1969) Climatic Character and Oscillations of the Subboreal Period in the Dry Regions of the Central European Highlands. *Proceedings of the VII Congress INQUA* 16: 38-42
- Jandová K, Riljak V & Pokorný J (2011) *Výživa*. In: Kittnar O (ed.) *Lékařská fyziologie*. Grada: Praha, 800 pp.
- Jatautis Š, Mitokaitė I & Jankauskas R (2011) Analysis of cribra orbitalia in the earliest inhabitants of medieval Vilnius. *AnthropologicAl review* 74 (1): 57-68
- Jenkins SG, Partridge ST, Stephenson TR, Farley SD & Robbins CT (2001) Nitrogen and carbon isotope fractionation between mothers, neonates, and nursing offspring. *Oecologia* 129 (3): 336-341
- Jones M, Hunt H, Lightfoot E, Lister D, Liu X & Motuzaite-Matuzeviciute G (2011) Food globalization in prehistory. *World Archaeology* 43 (4): 665-675
- Kaidonis JA (2008) Tooth wear: the view of the anthropologist. *Clinical oral investigations* 12 (1): 21-26

- Kasper H (2015) *Výživa v medicíně a dietetika*. Grada: Praha, 592 pp.
- Kaupová S (2017) *Bioarchaeology of the medieval population of Central Europe: Relationships among health status, social context and nutrition*. PhD thesis. Prague: Charles University.
- Kaupová S, Velemínský P, Herrscher E, Sládek V, Macháček J, Poláček L & Brůžek J (2016) Diet in transitory society: isotopic analysis of medieval population of Central Europe (ninth–eleventh century AD, Czech Republic). *Archaeological and Anthropological Sciences* 1: 1-20
- Keenleyside A (2008) Dental pathology and diet at Apollonia, a Greek colony on the Black Sea. *International Journal of Osteoarchaeology* 18 (3): 262-279
- Kilham SS, Hunte-Brown M, Verburg P, Pringle CM, Whiles MR, Lips R, Zandona E, Salto R, Rica C (2009) Challenges for interpreting stable isotope fractionation of carbon and nitrogen in tropical aquatic ecosystems. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 30: 749-753
- Knipper C, Peters D, Meyer C, Maurer A-F, Muhl A, Schöne BR & Alt KW (2013) Dietary reconstruction in Migration Period Central Germany: a carbon and nitrogen isotope study. *Archaeological and Anthropological Sciences* 5: 17–35
- Kohn MJ (2010) Carbon isotope compositions of terrestrial C3 plants as indicators of (paleo)ecology and (paleo)climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (46): 19691-19695
- Koury MJ, Price JO & Hicks GG (2000) Apoptosis in megaloblastic anemia occurs during DNA synthesis by a p53-independent, nucleoside-reversible mechanism. *Blood* 96 (9): 3249-3255
- Kováčová L (2013) K sociálnym otázkam longobardských pohrebísk na vybraných lokalitách na strednom Dunaji. *Zborník Slovenského národného múzea CVII. Archeológia* 23: 237-244
- Krekovič E (2005) Pohrebisková sociológia. *Študijné zvesti AÚ SAV* 37: 9-12
- Krishan K & Kanchan T (2012) Stature and build. In: Siegel JA & Saukko PJ (eds.) *Encyclopedia of forensic sciences*. Academic Press: London. pp. 49-53.
- Kuželka V (1999) Osteometrie. In: Dobisíková M, Kuželka V, Stloukal M, Stránská P, Velemínský P, Vyhnánek L & Zvára K (eds.). *Antropologie. Příručka pro studium kostry*. Národní Museum: Praha, pp. 40-111
- Kyselý R (2005) Archeologické doklady divokých savců na území ČR v období od neolitu po novověk. *Lynx* 36: 55-101
- Kyselý R (2016) Historie chovu domácích zvířat v Čechách a na Moravě ve světle archeozoologických nálezů. *Živa* 64: 225-229
- Lanfranco LP & Eggers S (2012) *Caries through time: an anthropological overview*. INTECH Open Access Publisher.
- Larsen CS (1981) Skeletal and dental adaptations to the shift to agriculture on the Georgia coast. *Current Anthropology* 22 (4): 422-423

- Larsen CS (1995) Biological changes in human populations with agriculture. *Annual Review of Anthropology* 24(1): 185-213
- Larsen CS, Shavit R & Griffin MC (1991) Dental Caries Evidence for Dietary Change: An Archaeological Context. In: Kelley MA & Larsen CS (eds.) *Advances in dental anthropology*. Wiley-Liss: New York, pp.179–202
- Lee-Thorp JA (2008) On isotopes and old bones. *Archaeometry* 50(6): 925-950
- Lee-Thorp JA, Sealy JC & Van Der Merwe NJ (1989) Stable carbon isotope ratio differences between bone collagen and bone apatite, and their relationship to diet. *Journal of archaeological science* 16 (6): 585-599
- Lepš J & Šmilauer P (2016) *Biostatistika*. Episteme: České Budějovice, 438 pp.
- Lifshitz F (2009) Nutrition and Growth. *Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinology* 1 (4): 157-163
- Lightfoot E, Liu X & Jones MK (2013) Why move starchy cereals? A review of the isotopic evidence for prehistoric millet consumption across Eurasia. *World Archaeology*, 45 (4): 574-623
- Lightfoot E, Šlaus M, O'Connell T (2012) Changing cultures, changing cuisines: Cultural transitions and dietary change in iron age, roman, and early medieval croatia. *American Journal of Physical Anthropology* 148: 543–556
- Liu KK & Kaplan IR (1989) The eastern tropical Pacific as a source of ^{15}N -enriched nitrate in seawater off southern California. *Limnology and Oceanography* 34 (5): 820-830
- Long KZ, Rosado JL & Fawzi W (2007) The comparative impact of iron, the B-complex vitamins, vitamins C and E, and selenium on diarrheal pathogen outcomes relative to the impact produced by vitamin A and zinc. *Nutrition reviews* 65 (5): 218-232
- López Frías J, Castellanos Cosano L, Martín González J, Llamas Carreras, JM & Segura-Egea JJ (2012) Clinical measurement of tooth wear: Tooth wear indices. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 4 (1): 48-53
- Lovejoy CO (1985) Dental wear in the Libben population: its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death. *American journal of physical anthropology* 68 (1): 47-56
- Ložek V (2007) *Zrcadlo minulosti: česká a slovenská krajina v kvartéru*. Dokořán: Praha, 198 pp.
- Lukacs JR & Largaespada LL (2006) Explaining sex differences in dental caries prevalence: Saliva, hormones, and “life history” etiologies. *American journal of human biology* 18 (4): 540-555
- Lukacs JR (1996) Sex differences in dental caries rates with the origin of agriculture in South Asia. *Current Anthropology* 37 (1): 147-153
- Lukacs JR (2011) Sex differences in dental caries experience: clinical evidence, complex etiology. *Clinical oral investigations* 15 (5): 649-656

- Maat GJ (2005) Two millennia of male stature development and population health and wealth in the Low Countries. *International Journal of Osteoarchaeology* 15 (4): 276-290
- Makowiecki D (2008) Exploitation of early medieval aquatic environments in Poland and other Baltic Sea countries: an archaeozoological consideration. *Atti Delle Settimane di Studio Centro Italiano di Studi Sull'Alto Medioevo Spoleto* 55: 753-778
- Makowiecki D, Tomek T & Bochenski ZM (2014) Birds in early medieval Greater Poland: Consumption and hawking. *International Journal of Osteoarchaeology* 24 (3): 358-364
- Manouvrier L (1894) La détermination de la taille d'après les grands os des membres. *Memoires de la Societe d'Anthropologie de Paris* 4: 347-402
- Mayhall JT (1970) The effect of culture change upon the Eskimo dentition. *Arctic Anthropology* 7 (1): 117-121
- McGlynn G (2007) Using ^{13}C -, ^{15}N -, and ^{18}O stable isotope analysis of human bone tissue to identify transhumance, high altitude habitation and reconstruct palaeodiet for the early medieval Alpine population at Volders, Austria. Ph.D. Thesis. Munich: Ludwig-Maximilians-Universität.
- Merkunová A (2008) *Anatomie a fyziologie člověka*. Grada: Praha, 302 pp.
- Miles A (1962) Assessment of the ages of a population of Anglo-Saxons from their dentitions. *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 55 (10): 881-886
- Minagawa M & Wada E (1984) Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochimica et cosmochimica acta* 48 (5): 1135-1140
- Mittler DM & Van Gerven DP (1994) Developmental, diachronic, and demographic analysis of cribra orbitalia in the medieval Christian populations of Kulubnarti. *American Journal of Physical Anthropology* 93(3): 287-297
- Molnar S, Barrett MJ, Brian L, Brace CL, Brose DS, Dewey JR, Kennedy KA Frisch JE, Ganguly P, Gejvall N, Greene DL, Poirier FE, Pourchet MJ, Rhine S, Turner CG, Van Valen L, Von Koenigswald GHR, Wilkinson RG, Wolpoff MH & Wright GA (1972) Tooth Wear and Culture: A Survey of Tooth Functions Among Some Prehistoric Populations [and Comments and Reply]. *Current Anthropology* 13 (5): 511-526
- Murphy T (1959) Gradients of dentine exposure in human molar tooth attrition. *American Journal of Physical Anthropology* 17 (3): 179-186
- Nathan H & Haas N (1966) "Cribra orbitalia". A Bone Condition of the Orbit of Unknown Nature. Anatomical Study with Etiological Considerations. *Israel Journal of Medical Science* 2: 171-191
- Nehlich O, Borić D, Stefanović S & Richards MP (2010) Sulphur isotope evidence for freshwater fish consumption: a case study from the Danube Gorges, SE Europe. *Journal of Archaeological Science* 37 (5): 1131-1139
- Newberne PM & Young VR (1973) Marginal vitamin B₁₂ intake during gestation in the rat has long term effects on the offspring. *Nature* 242: 263-265

- Nitsch EK, Humphrey LT & Hedges RE (2010) The effect of parity status on $\delta^{15}\text{N}$: looking for the “pregnancy effect” in 18th and 19th century London. *Journal of Archaeological Science* 37 (12): 3191-3199
- Novak M (2015) Dental health and diet in early medieval Ireland. *Archives of Oral Biology* 60 (9): 1299-1309
- Obertová Z & Thurzo M (2004) Cribra orbitalia as an indicator of stress in the Early Medieval Slavic population from Borovce (Slovakia). *Anthropologie* 42 (2): 189
- O'Connell TC, Hedges RE, Healey MA & Simpson AHRW (2001) Isotopic comparison of hair, nail and bone: modern analyses. *Journal of Archaeological Science* 28 (11): 1247-1255
- Oelze VM, Siebert A, Nicklisch N, Meller H, Dresely V & Alt KW (2011) Early Neolithic diet and animal husbandry: stable isotope evidence from three Linearbandkeramik (LBK) sites in Central Germany. *Journal of Archaeological Science* 38 (2): 270-279
- O'Leary MH (1981) Carbon isotope fractionation in plants. *Phytochemistry* 20 (4): 553-567
- O'Leary MH (1988) Carbon isotopes in photosynthesis. *Bioscience* 38 (5): 328-336
- Olivares JL, Fernández R., Fleta J, Ruiz MY & Clavel A (2002) Vitamin B₁₂ and folic acid in children with intestinal parasitic infection. *Journal of the American College of Nutrition* 21 (2): 109-113
- Osmond CB, Valaane N, Haslam SM, Uotila P & Roksandic Z (1981) Comparisons of $\delta^{13}\text{C}$ values in leaves of aquatic macrophytes from different habitats in Britain and Finland; some implications for photosynthetic processes in aquatic plants. *Oecologia* 50 (1): 117-124
- Pearson JA & Hedges REM (2007) Stable Carbon and Nitrogen Analysis and the Evidence for Diet at Ecsegfalva and Beyond. In: Whittle A (ed.) *The Early Neolithic on the Great Hungarian Plain: Investigations of the Koros Culture Site of Ecsegfalva 23, County Bekes*. Akaprint: Budapest, pp. 413–419
- Pearson K (1899) IV. Mathematical contribution to the theory of evolution.-- V. On the reconstruction of the stature of prehistoric races. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A* 192: 169–244
- Pearson KL (1997) Nutrition and the early-medieval diet. *Speculum* 72: 1–32
- Penka M & Buliková A (2009) *Neonkologická hematologie*. Grada: Praha, 240 pp.
- Peterson BJ & Fry B (1987) Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18 (1): 293-320
- Pleiner R & Rybová A (1978) *Pravěké dějiny Čech*. Academia: Praha, 870 pp.
- Pluskowski A (2006) Where are the wolves? Investigating the scarcity of European grey wolf (*Canis lupus lupus*) remains in medieval archaeological contexts and its implications. *International Journal of Osteoarchaeology* 16 (4): 279-295
- Podborský V (1993) *Pravěké dějiny Moravy*. Muzejní a vlastivědná společnost: Brno, 543 pp.

- Pokorný P (2004) The effect of local human-impact histories on the development of Holocene vegetation. Case studies from central Bohemia. In Gojda M (ed.) *Ancient landscape, settlement dynamics and non-destructive archaeology*. Academia: Praha, pp. 171–185
- Pokorný P (2005) Role of man in the development of Holocene vegetation in Central Bohemia. *Preslia* 77:113-128
- Pokorný P (2011) *Neklidné časy*. Dokořán: Praha, 369 pp.
- Pokorný P, Chvojka O, Šída P, Žáčková P, Kuneš P, Světlík I & Veselý J (2010) Palaeoenvironmental research of the Schwarzenberg Lake, southern Bohemia, and exploratory excavations of this key Mesolithic archaeological area. *Památky archeologické* 101: 5-38
- Poulík J (1995) Žuráň in der Geschichte Mitteleuropas. *Slovenská archeológia* 43: 27–109
- Powell JW, Weens HS & Wenger NK (1965) The skull roentgenogram in iron deficiency anemia and in secondary polycythemia. *American Journal of Roentgenology* 95 (1): 143-147
- Reed DM (1994) Ancient Maya diet at Copan, Honduras, as determined through isotopes. In: Sobolik KD (ed.) *Paleonutrition: the diet and health of prehistoric Americans*. Center of Archaeological Investigation: Carbondale, pp. 210-221
- Reitsema LJ & Kozłowski T (2013) Diet and society in Poland before the state: stable isotope evidence from a Wielbark population (2nd c. AD). *Anthropological review* 76 (1): 1-22
- Reitsema LJ & Vercellotti G (2012) Stable isotope evidence for sex- and status- based variations in diet and life history at medieval Trino Vercellese, Italy. *American Journal of Physical Anthropology* 148 (4): 589-600
- Reitsema LJ (2012) Stable carbon and nitrogen isotope analysis of human diet change in prehistoric and historic Poland. PhD dissertation. Columbus: Ohio State University.
- Reitsema LJ (2013) Beyond diet reconstruction: stable isotope applications to human physiology, health, and nutrition. *American Journal of Human Biology* 25 (4): 445-456
- Reitz E & Wing YE (2008) *Zooarchaeology*. Cambridge Manual in Archaeology. Cambridge University Press: Cambridge, 455 pp.
- Richards MP (2002) A brief review of the archaeological evidence for Palaeolithic and Neolithic subsistence. *European Journal of Clinical Nutrition* 56 (12): 1270-1278
- Robson HK, Andersen SH, Clarke L, Craig OE, Gron KJ, Jones A, Karsten P, Milner N, Price TD, Ritchie K, Zabilska-Kunek M & Heron C (2015) Carbon and nitrogen stable isotope values in freshwater, brackish and marine fish bone collagen from Mesolithic and Neolithic sites in central and northern Europe. *Environmental Archaeology*: 1-14
- Rowley-Conwy P, Albarella U & Dobney K (2012). Distinguishing wild boar from domestic pigs in prehistory: a review of approaches and recent results. *Journal of World Prehistory* 25 (1): 1-44
- Ruff CB, Holt BM, Niskanen M, Sládek V, Berner M, Garofalo E, Garvin HM, Hora M, Maijanen H, Niinimäki S, Salo K, Schuplerová E & Tompkins D (2012) Stature and body mass estimation

- from skeletal remains in the European Holocene. *American Journal of Physical Anthropology* 148 (4): 601-617
- Scott EC (1979) Dental wear scoring technique. *American Journal of Physical Anthropology* 51: 213-218
- Seydlová M & Hliňáková P (2008) Zubní kaz. In: Dostálová T (ed.) *Stomatologie*. Grada: Praha, 193 pp.
- Sheldon W (1936) Clinical Reports and Demonstrations: Section for the Study of Disease in Children: Anæmia with Bone Changes in the Skull. *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 29 (7): 743
- Schamschula HG, Cooper MH, Wright HC & Agus HM (1980) Oral health of adolescent and adult Australian aborigines. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* 8 (7): 370-374
- Schoeninger MJ & DeNiro MJ (1984) Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48 (4): 625-639
- Schoeninger MJ, DeNiro MJ & Tauber H (1983) Stable nitrogen isotope ratios of bone collagen reflect marine and terrestrial components of prehistoric human diet. *Science* 220: 1381-1383
- Schwarcz HP & Schoeninger MJ (1991) Stable isotope analyses in human nutritional ecology. *American Journal of Physical Anthropology* 34 (S13): 283-321
- Sládek V, Macháček J, Ruff CB, Schuplerová E, Přichystalová R & Hora M (2015) Population-specific stature estimation from long bones in the early medieval Pohansko (Czech Republic). *American journal of physical anthropology* 158 (2): 312-324
- Slaus M, Pečina-Hrnčević A & Jakovljević G (1997) Dental disease in the late Medieval population from Nova Raca, Croatia. *Collegium antropologicum* 21 (2): 561-572
- Slootweg PJ (2007) *Dental Pathology: A Practical Introduction*. Springer: Heidelberg, 84 pp.
- Smith BH (1984) Patterns of Molar Wear in Hunter-Gatherers and Agriculturalists. *American Journal of Physical Anthropology* 63: 39-56
- Smith BN & Epstein S (1971) Two categories of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios for higher plants. *Plant physiology* 47 (3): 380-384
- Stabler SP & Allen RH (2004) Vitamin B₁₂ deficiency as a worldwide problem. *Annual Review of Nutrition* 24: 299-326
- Stloukal M (1970) Anthropologische Unterschiede bei Grabern mit Verschiedener Ausstattung im Graberfeld von Mikulčice. In: Sb. J. Poulikovi k šedesatinám, Archeologický ústav ČSAV: Brno, pp. 121-127
- Stone PK (2016) Biocultural perspectives on maternal mortality and obstetrical death from the past to the present. *American Journal of Physical Anthropology* 159 (S61): 150-171

- Stránská P, Velemínský P, Likoveský J & Velemínská J (2002) The great Moravian cemetery at Josefov. Basic anthropological characteristics, possible expressions of physiological and physical loads, state of health. *Journal of the National Museum (Prague), Natural History Series* 171: 131-75
- Stránský M & Ryšavá L (2014) *Fyziologie a patofyziologie výživy*. Jihočeská univerzita: České Budějovice, 274 pp.
- Strouhal E (1959) Zdravotní stav chrupu pravěkého člověka z hlediska životních podmínek. Diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova
- Sullivan A (2005) Prevalence and etiology of acquired anemia in Medieval York, England. *American Journal of Physical Anthropology* 128 (2): 252-272
- Sweeney AE, Saffir AJ & de Leon R (1971) Linear hypoplasia of deciduous incisor teeth in malnourished children. *The American Journal of clinical Nutrition* 24: 29-31
- Šlaus M, Pečina-Hrnčević A & Jakovljević G (1997) Population from Nova Rača, Croatia. *Collegium Antropologicum* 21 (2): 561-572
- Šmerda J (2013) Nové nálezy keramiky na pohřebišti z doby stěhování národů v Kyjově. *Zborník slovenského národného muzea, Archeológia* 23: 271-287
- Šmerda J (2016) Předběžné poznámky k počátku a konci pohřbívání na nekropoli z mladší fáze doby stěhování národů v Kyjově. Nepsaná práce.
- Tanner JM (1994). Introduction: Growth in Height as a Mirror of Standard of Living In: Komlos J (ed.) *Stature, living standards, and economic development: Essays in anthropometric history*. University of Chicago Press. 247 pp.
- Tempír Z (2007) Feldfruchte und Unkraut der Volkerwanderungszeit in Březno In: Pleinerová I (ed.) *Březno und Germanische Siedlungen der Jungeren Volkerwanderungszeit in Böhmen*. Archeologický ústav AV ČR: Praha, pp. 97-98
- Tieszen LL (1991) Natural variations in the carbon isotope values of plants: implications for archaeology, ecology, and paleoecology. *Journal of Archaeological Science* 18 (3): 227-248
- Tieszen LL, Boutton TW, Tesdahl KG & Slade NA (1983) Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: implications for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. *Oecologia* 57 (1-2): 32-37
- Trefný P & Velemínský P (2008) Linear enamel hypoplasia in an early medieval population of Great Moravia. In: Velemínský P & Poláček L (eds.) *Studien zum Burgwall von Mikulčice*. Archeologický ústav Akademie věd ČR: Brno, pp. 141-149
- Tsutaya T & Yoneda M (2015) Reconstruction of breastfeeding and weaning practices using stable isotope and trace element analyses: a review. *American Journal of Physical Anthropology* 156 (S59): 2-21
- Unger J (2006) Pohřební ritus 1. až 20. století v Evropě z antropologicko-archeologické perspektivy. Akademické nakladatelství CERM: Brno, 254 pp.

Unzeitigová V (2000) Morfologické znaky na postkraniálním skeletu z pohřebiště Josefov. Magister thesis. Prague: Charles University.

van der Merwe NJ (1982) Carbon Isotopes, Photosynthesis, and Archaeology: Different pathways of photosynthesis cause characteristic changes in carbon isotope ratios that make possible the study of prehistoric human diets. *American Scientist* 70 (6): 596-606

van Klinken GJ (1999) Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science* 26: 687-695

van Klinken GJ, Richards MP & Hedges BE (2002) An overview of causes for stable isotopic variations in past European human populations: environmental, ecophysiological, and cultural effects. In: Ambrose SH & Katzenberg MA (eds.) *Biogeochemical Approaches to Paleodietary Analysis*. Springer: New York, pp. 39-63

Vanderklift MA & Ponsard S (2003) Sources of variation in consumer-diet $\delta^{15}\text{N}$ enrichment: a meta-analysis. *Oecologia* 136 (2): 169-182

Velemínský P (2000) Mikulčice-Kostelisko. Projevy nespecifické zátěže a možnosti stanovení pokrevní příbuznosti na základě morfologických znaků. PhD thesis. Prague: Charles University.

Velemínský P, Dobisíková M, Stránská P, Trefný P & Likovský J (2008) The health status of the early medieval population of Greater Moravia in relations to social and economic structures. *Acta Universitatis Carolinae. Medica. Monographia* 156: 91-101

Virginia RA & Delwiche CC (1982) Natural ^{15}N abundance of presumed N_2 -fixing and non- N_2 -fixing plants from selected ecosystems. *Oecologia* 54 (3): 317-325

Vyhnánek L (1999) Nárys kosterní paleopatologie se zaměřením na radiodiagnostiku In: Dobisíková M, Kuželka V, Stloukal M, Stránská P, Velemínský P, Vyhnánek L & Zvára K (eds.) *Antropologie. Příručka pro studium kostry*. Národní Museum: Praha, pp. 386-432

Walker PL & Erlandson JM (1986) Dental evidence for prehistoric dietary change on the northern Channel Islands, California. *American Antiquity* 51: 375-383

Walker PL & Hewlett BS (1990) Dental health diet and social status among Central African foragers and farmers. *American Anthropologist* 92 (2): 383-398

Walker PL (1986) Porotic hyperostosis in a marine-dependent California Indian population. *American Journal of Physical Anthropology* 69 (3): 345-354

Walker PL, Bathurst RR, Richman R, Gjerdrum T & Andrushko VA (2009) The causes of porotic hyperostosis and cribra orbitalia: A reappraisal of the iron-deficiency-anemia hypothesis. *American Journal of Physical Anthropology* 139 (2): 109-125

Waters-Rist AL & Katzenberg MA (2010) The effect of growth on stable nitrogen isotope ratios in subadult bone collagen. *International Journal of Osteoarchaeology* 20 (2): 172-191

web 1: <https://www.google.com/culturalinstitute/beta/asset/langobardian-decorative-horse-tack/ewGOzx6AZR3Iyw>

- web 2: <http://www.stomateam.cz/cz/cervikalni-defekty-co-o-nich-vime/>
- web 3: <http://www.ciaaw.org/nitrogen-references.htm>
- web 4: Freyhof J & Kottelat M (2008) *Cyprinus carpio*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T6181A12559362.en>.
- web 5: NatureServe (2013) *Esox lucius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T135631A15363638.en>.
- web 6: <http://www.biolib.cz/cz/glossaryterm/id2736/>
- web 7: Gesner J, Chebanov M & Freyhof J (2010) *Huso huso*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-1.RLTS.T10269A3187455.en>.
- web 8: Gessner J, Freyhof J & Kottelat M (2010) *Acipenser gueldenstaedtii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-1.RLTS.T232A13042340.en>.
- Weber T (2006) *Memorix zubního lékařství*. Grada: Praha, 430 pp.
- Zadák Z (2008) *Výživa v intenzivní péči -2., rozšířené a aktualizované vydání*. Grada: Praha, 542 pp.
- Zarifa G, Sholts SB, Tichinin A, Rudovica V, Vīksna A, Engīzere A, Muižnieks V, Bartelink EJ & Wärmländer SK (2016) Cribra orbitalia as a potential indicator of childhood stress: Evidence from paleopathology, stable C, N, and O isotopes, and trace element concentrations in children from a 17th- 18th century cemetery in Jekabpils, Latvia. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 38: 131-137
- Zeman T & Králík M (2012) Historický přehled principů tvorby metod pro odhad výšky postavy člověka na základě skeletu. *Anthropologia integra* 3(1): 7-22
- Zhou L & Corruccini RS (1998) Enamel hypoplasias related to famine stress in living Chinese. *American Journal of Human Biology* 10 (6): 723-733
- Žák A (2007) Malnutrice a nutriční podpora v gastroenterologii. In: Lukáš K & Žák A (eds.) *Gastroenterologie a hepatologie – učebnice*. Grada: Praha, 380 pp.

10 Přílohy

10.1 Tabulky

Tab. 10.1: Soupis hrobů/koster zahrnutých do izotopové analýzy

číslo vzorku	číslo hrobu	číslo vzorku	číslo hrobu	číslo vzorku	číslo hrobu
Kyj 01	815	Kyj 21	861	Kyj 41	956
Kyj 02	823A	Kyj 22	867	Kyj 42	962
Kyj 03	823B	Kyj 23	869 jih	Kyj 43	963/2
Kyj 04	825	Kyj 24	876	Kyj 44	984
Kyj 05	829	Kyj 25	878	Kyj 45	1000
Kyj 06	833	Kyj 26	880 jih	Kyj 46	1005/1
Kyj 07	836 kostra 3	Kyj 27	884	Kyj 47	1008
Kyj 08	837	Kyj 28	887	Kyj 48	1019/2
Kyj 09	839	Kyj 29	889	Kyj 49	1022
Kyj 10	840	Kyj 30	892	Kyj 50	1010
Kyj 11	803	Kyj 31	895	Kyj 51	1013/1
Kyj 12	806	Kyj 32	900	Kyj 52	1015
Kyj 13	811	Kyj 33	904	Kyj 53	1026
Kyj 14	816	Kyj 34	912	Kyj 54	1027
Kyj 15	821	Kyj 35	915	Kyj 55	1030
Kyj 16	830 sever	Kyj 36	916	Kyj 56	1033
Kyj 17	836 kostra 2	Kyj 37	930 sever	Kyj 57	1034
Kyj 18	854	Kyj 38	937	Kyj 58	1040
Kyj 19	855	Kyj 39	949	Kyj 59	1049
Kyj 20	857	Kyj 40	951 východ	Kyj 60	1051

Tab. 10.2: Hmotnosti vzorků kostí a kolagenu po extrakci. Výtěžky kolagenu v procentech pro jednotlivé vzorky

číslo vzorku	hmotnost kosti (g)	hmotnost kolagenu (g)	% kolagenu
Kyj 01	0,251	0,016	6,2
Kyj 02	0,253	0,032	12,6
Kyj 03	0,251	0,019	7,7
Kyj 04	0,253	0,053	21,1
Kyj 05	0,253	0,055	21,8
Kyj 06	0,251	0,052	20,8
Kyj 07	0,252	0,050	19,8
Kyj 08	0,251	0,043	17,2
Kyj 09	0,251	0,047	18,6
Kyj 10	0,251	0,010	4,2
Kyj 11	0,253	N	N
Kyj 12	0,252	N	N

Kyj 13	0,189	0,014	7,4
Kyj 14	0,254	N	N
Kyj 15	0,257	0,012	4,6
Kyj 16	0,253	0,037	14,4
Kyj 17	0,252	0,012	4,8
Kyj 18	0,256	0,058	22,8
Kyj 19	0,250	0,042	16,7
Kyj 20	0,251	0,046	18,2
Kyj 21	0,250	0,040	16,2
Kyj 22	0,251	0,048	19,1
Kyj 23	0,251	0,041	16,4
Kyj 24	0,251	0,016	6,3
Kyj 25	0,251	0,015	6,1
Kyj 26	0,251	0,022	8,8
Kyj 27	0,252	0,043	17,2
Kyj 28	0,251	0,040	15,8
Kyj 29	0,250	0,015	6,0
Kyj 30	0,252	0,048	19,2
Kyj 31	0,253	0,017	6,8
Kyj 32	0,252	0,037	14,7
Kyj 33	0,258	0,031	12,2
Kyj 34	0,251	0,034	13,5
Kyj 35	0,251	0,020	8,1
Kyj 36	0,254	0,033	13,1
Kyj 37	0,252	0,008	3,0
Kyj 38	0,253	0,012	4,6
Kyj 39	0,231	0,019	8,3
Kyj 40	0,254	0,016	6,3
Kyj 41	0,256	0,013	5,1
Kyj 42	0,253	0,013	5,1
Kyj 43	0,253	0,030	11,7
Kyj 44	0,252	0,036	14,3
Kyj 45	0,258	0,046	17,8
Kyj 46	0,254	0,028	10,9
Kyj 47	0,256	0,027	10,4
Kyj 48	0,250	0,013	5,1
Kyj 49	0,259	0,034	13,0
Kyj 50	0,253	0,010	4,0
Kyj 51	0,251	0,049	19,5

Kyj 52	0,254	0,021	8,4
Kyj 53	0,253	0,043	17,1
Kyj 54	0,251	0,047	18,8
Kyj 55	0,252	0,041	16,1
Kyj 56	0,250	0,049	19,7
Kyj 57	0,258	0,016	6,0
Kyj 58	0,258	0,049	19,0
Kyj 59	0,253	0,034	13,4
Kyj 60	0,255	0,015	5,7
Kyj 61	0,253	0,019	7,3
Kyj 62	0,251	0,014	5,4
Kyj 63	0,252	0,014	5,7
Kyj 64	0,253	0,027	10,6
Kyj 65	0,263	0,014	5,5
Kyj 66	0,257	0,053	20,4
Kyj 67	0,255	0,011	4,5
Kyj 68	0,257	0,010	4,1
Kyj 69	0,257	0,010	3,8
Kyj 70	0,251	0,051	20,4
Kyj 71	0,254	0,005	1,9
Kyj 72	0,258	0,009	3,4
Kyj 73	0,253	0,008	3,0
Kyj 74	0,260	0,009	3,4
Kyj 75	0,252	0,043	17,1
Kyj 76	0,148	0,016	10,6
Kyj 77	0,259	0,041	15,6
Kyj 78	0,237	0,033	14,0
Kyj 79	0,095	0,012	12,5
Kyj 80	0,252	0,025	9,8

Tab. 10.3: Soupis všech jedinců zahrnutých do analýzy stabilních izotopů uhlíku a dusíku s uvedeným pohlavím, věkovou skupinou a příslušnými hodnotami $\delta^{15}\text{N}$ a $\delta^{13}\text{C}$

číslo vzorku	pohlaví	věk	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
Kyj 1	F	40-60	9,4	-19,7
Kyj 2	M	40-60	10,1	-18,8
Kyj 3	M	40-60	9,1	-18,8
Kyj 4	M	40-60	10,5	-17,3
Kyj 5	M	40-60	9,4	-19,5
Kyj 6	F	40-60	8,9	-16,8

Kyj 7	M	40-60	9,2	-19,6
Kyj 8	F	20-40	9,4	-19,3
Kyj 9	F	40-60	10,2	-19,6
Kyj 10	M	40-60	9,3	-19,6
Kyj 11	F	20-40	10,3	-19,7
Kyj 12	M	20-40	9,0	-19,7
Kyj 13	F	20-40	9,6	-18,5
Kyj 14	F	20-40	10,3	-19,5
Kyj 15	M	20-40	10,3	-19,5
Kyj 16	F	20-40	8,5	-19,4
Kyj 17	M	20-40	8,8	-19,8
Kyj 18	F	40-60	9,6	-19,8
Kyj 19	F	40-60	9,4	-19,7
Kyj 20	M	20-40	9,5	-19,5
Kyj 21	F	20-40	9,1	-19,0
Kyj 22	F	20-40	8,3	-19,4
Kyj 23	F	40-60	9,0	-20,1
Kyj 24	F	20-40	8,3	-19,5
Kyj 25	F	40-60	9,1	-19,6
Kyj 26	M	40-60	9,8	-19,5
Kyj 27	F	40-60	10,0	-19,7
Kyj 28	M	40-60	9,8	-19,6
Kyj 29	F	40-60	9,7	-19,4
Kyj 30	F	40-60	9,5	-19,8
Kyj 31	F	40-60	9,7	-19,6
Kyj 32	M	20-40	10,2	-19,1
Kyj 33	M	40-60	9,7	-19,7
Kyj 34	M	40-60	9,8	-19,7
Kyj 35	F	40-60	10,0	-19,6
Kyj 36	F	40-60	9,9	-19,7
Kyj 37	F	40-60	9,0	-19,5
Kyj 38	F	20-40	9,4	-19,3
Kyj 39	F	40-50	9,7	-19,8
Kyj 40	M	20-40	11,2	-19,3
Kyj 41	M	20-40	11,39	-19,5
Kyj 42	M	20-40	9,8	-19,4
Kyj 43	F	20-40	9,5	-19,8
Kyj 44	F	20-40	9,2	-19,1
Kyj 45	M	20-40	9,4	-19,2
Kyj 46	M	20-40	9,3	-19,1
Kyj 47	F	20-40	9,7	-19,7
Kyj 48	M	20-40	9,9	-19,8
Kyj 49	M	30-40	7,9	-19,1
Kyj 50	M	20-40	9,1	-19,3

Kyj 51	F	20-40	8,6	-19,4
Kyj 52	M	40-60	10,2	-19,7
Kyj 53	M	40-60	9,7	-19,6
Kyj 54	M	40-60	9,3	-19,9
Kyj 55	M	40-60	10,3	-19,6
Kyj 56	M	20-40	9,9	-19,7
Kyj 57	M	40-60	9,7	-20,0
Kyj 58	M	20-40	10,2	-19,5
Kyj 59	F	20-40	9,1	-19,6
Kyj 60	F	20-40	8,2	-16,4

Tab. 10.4: Soupis zvířecích vzorků s příslušnými hodnotami $\delta^{15}\text{N}$ a $\delta^{13}\text{C}$

číslo vzorku	druh	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
Kyj 61	prase (<i>Sus domesticus</i>)	7,1	-20,1
Kyj 62	prase (<i>Sus domesticus</i>)	6,41	-21,0
Kyj 63	prase (<i>Sus domesticus</i>)	7,6	-20,2
Kyj 65	prase (<i>Sus domesticus</i>)	6,4	-20,7
Kyj 66	ovce/koza (<i>Ovis/Capra</i>)	5,3	-20,8
Kyj 67	ovce/koza (<i>Ovis/Capra</i>)	5,6	-20,6
Kyj 68	ovce/koza (<i>Ovis/Capra</i>)	6,0	-20,5
Kyj 69	kůň (<i>Equus caballus</i>)	6,1	-21,5
Kyj 70	kůň (<i>Equus caballus</i>)	4,5	-21,9
Kyj 71	kůň (<i>Equus caballus</i>)	7,2	-21,5
Kyj 72	tur (<i>Bos taurus</i>)	5,2	-20,9
Kyj 73	bobr evropský (<i>Castor fiber</i>)	4,5	-21,1
Kyj 74	pes (<i>Canis familiaris</i>)	7,2	-19,6
Kyj 75	pes (<i>Canis familiaris</i>)	6,3	-19,2
Kyj 76	kur (<i>Gallus domesticus</i>)	7,3	-20,0
Kyj 77	kur (<i>Gallus domesticus</i>)	8,3	-19,7
Kyj 78	kur (<i>Gallus domesticus</i>)	7,7	-20,1
Kyj 79	kur (<i>Gallus domesticus</i>)	8,2	-19,9
Kyj 80	kur (<i>Gallus domesticus</i>)	8,6	-19,9

Tab. 10.5: Přehled izotopových hodnot uhlíku a dusíku zvířat z Kyjova a jednotlivých srovnávacích lokalit

druh	lokalita	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)			$\delta^{15}\text{N}$ (‰)		
		průměr	min	max	průměr	min	max
tuři	Morava - Kyjov (tato práce)	-20,9	x	x	5,2	x	x
	Morava - Mikulčice, Pohansko, Josefov (Kaupová, 2017)	-19,9	-21,2	-17,1	6,6	4,8	8,1
	Morava - Mikulčice (Halffman & Velemínský, 2015)	-20,3	-20,9	-19,4	6,0	5,5	7,0
	Maďarsko - Szólád (Alt et al., 2014)	-16,9	x	x	4,3	x	x
	Německo - Eching-Kleiststrasse, Freising-Attaching (Hakenbeck et al., 2010)	21,5	-22,8	-20,9	5,8	4,0	7,4
	Německo - Obermöllern, Rathewitz (Knipper et al., 2013)	-21,8	-22,1	-21,3	6,2	3,9	7,7
	Rakousko - Volders (McGlynn, 2007)	-21,7	-22,2	-20,7	5,2	3,6	6,0
	Chorvatsko - Velim-Velištak, Glavice Gluvine, Radašinovci-Vinogradine, Šibenik-Sveti Lovre (Lightfoot et al., 2012)	-20,0	-21,2	-19,1	5,0	3,4	6,5
ovce/kozy	Morava - Kyjov (tato práce)	-20,6	-20,5	-20,8	5,6	5,3	6,0
	Morava - Mikulčice, Pohansko, Josefov (Kaupová, 2017)	-20,8	-21,9	-19,5	7,1	4,7	9,4
	Morava - Mikulčice (Halffman & Velemínský, 2015)	-20,5	-20,9	-19,8	7,0	6,6	7,4
	Maďarsko - Szólád (Alt et al., 2014)	-20,2	-19,6	-20,7	6,0	5,9	6,1
	Německo - Eching-Kleiststrasse, Freising-Attaching (Hakenbeck et al., 2010)	-21,4	-21,9	-20,9	7,3	5,0	11,2
	Německo - Obermöllern, Rathewitz (Knipper et al., 2013)	-20,9	x	x	5,7	x	x
	Rakousko - Volders (McGlynn, 2007)	-21,8	-22,1	-21,6	5,0	4,4	5,8
	Chorvatsko - Velim-Velištak, Glavice Gluvine, Radašinovci-Vinogradine, Šibenik-Sveti Lovre (Lightfoot et al., 2012)	-19,7	-20,1	-19,4	5,7	4,9	6,8
prasata	Morava - Kyjov (tato práce)	-20,5	-20,1	-21,0	6,9	6,4	7,6
	Morava - Mikulčice, Pohansko, Josefov (Kaupová, 2017)	-20,3	-21,4	-19,3	6,8	3,1	10,5
	Morava - Mikulčice (Halffman & Velemínský, 2015)	-20,4	-21,1	-19,9	7,8	5,6	9,5
	Maďarsko - Szólád (Alt et al., 2014)	-20,4	-20,6	-20,3	6,2	5,9	6,6
	Německo - Eching-Kleiststrasse, Freising-Attaching (Hakenbeck et al., 2010)	-20,8	-21,7	-20,4	7,5	3,9	9,5
	Německo - Obermöllern, Rathewitz (Knipper et al., 2013)	-21,5	-21,8	-21,2	6,4	5,7	7,5

	Rakousko - Volders (McGlynn, 2007)	-22,0	-22,4	-21,6	6,6	3,9	8,1
	Chorvatsko - Velim-Velištak, Glavice Gluvine, Radašinovci-Vinogradine, Šibenik-Sveti Lovre (Lightfoot et al., 2012)	-19,6	-20,2	-19,1	5,1	4,4	5,9
kuři	Morava - Kyjov (tato práce)	-19,9	-19,7	-20,1	8,0	7,3	8,6
	Morava - Mikulčice, Pohansko, Josefov (Kaupová, 2017)	-16,6	-18,4	-12,0	9,3	7,7	10,7
	Maďarsko - Szólád (Alt et al., 2014)	-19,8	x	x	8,3	x	x
	Německo - Eching-Kleiststrasse, Freising-Attaching (Hakenbeck et al., 2010)	20,3	x	x	11,6	x	x
	Německo - Obermöllern, Rathewitz (Knipper et al., 2013)	-20,8	-20,9	-20,7	9,3	8,4	10,3
	Rakousko - Volders (McGlynn, 2007)	-20,9	-21,3	-20,7	9,3	9,2	9,4
koně	Morava - Kyjov (tato práce)	-21,6	-21,5	-21,9	6,0	4,5	7,2
	Morava - Mikulčice, Pohansko, Josefov (Kaupová, 2017)	-20,5	-22,2	-21,2	6,6	5,5	8,3
	Morava - Mikulčice (Halffman & Velemínský, 2015)	-20,3	-20,4	-20,3	6,9	6,8	6,9
	Německo - Eching-Kleiststrasse, Freising-Attaching (Hakenbeck et al., 2010)	22,0	22,4	21,4	7,3	4,0	9,6
	Německo - Obermöllern, Rathewitz (Knipper et al., 2013)	-22,0	-22,6	-21,4	5,0	4,4	5,6
	Rakousko - Volders (McGlynn, 2007)	-23,1	x	x	3,8	x	x
	Chorvatsko - Velim-Velištak, Glavice Gluvine, Radašinovci-Vinogradine, Šibenik-Sveti Lovre (Lightfoot et al., 2012)	-19,7	-21,0	-18,8	4,2	3,9	4,6
psi	Morava - Kyjov (tato práce)	-19,4	-19,6	-19,2	6,8	6,3	7,2
	Morava - Mikulčice, Pohansko, Josefov (Kaupová, 2017)	-18,1	-19,0	-17,0	9,4	9,1	10,0
	Morava - Mikulčice (Halffman & Velemínský, 2015)	-17,8	-17,1	-18,5	8,9	8,9	9,0
	Chorvatsko - Velim-Velištak, Glavice Gluvine, Radašinovci-Vinogradine, Šibenik-Sveti Lovre (Lightfoot et al., 2012)	-18,8	-20,4	-16,5	8,3	7,1	9,7
bobři	Morava - Kyjov (tato práce)	-21,1	x	x	4,5	x	x
	Morava - Mikulčice, Pohansko, Josefov (Kaupová, 2017)	-21,9	-22,0	-21,8	6,8	6,0	7,6

10.2 Obrázky



Obr. 9.1: Hrob č. 1016/1. Zubní kaz na bukální ploše druhého moláru na mandibule



Obr. 9.2: Hrob č. 946. Hypoplasie zubní skloviny na druhém řezáku a špičáku na mandibule. Šipky označují jednotlivé hypoplastické linie



Obr. 9.3: Hrob č. 837. Dentice horní čelisti s nízkým stupněm obrusu



Obr. 9.4: Hrob č. 962. Dentice horní čelisti s vysokým stupněm obrusu



Obr. 9.5: Hrob č. 946. *Cribra orbitalia*