

**Západočeská univerzita v Plzni**

**Fakulta filozofická**

**Bakalářská práce**

**Rekonstrukce kojení a odstavení z lidských  
kosterních pozůstatků**

**Alena Ferenčíková**

Plzeň 2016

**Západočeská univerzita v Plzni**

**Fakulta filozofická**

Katedra antropologie

**Studijní program Antropologie**

**Studijní obor Sociální a kulturní antropologie**

**Bakalářská práce**

**Rekonstrukce kojení a odstavení z lidských  
kosterních pozůstatků**

**Alena Ferenčíková**

*Vedoucí práce:*

Mgr. Anna Pankowská, Ph. D.

Katedra antropologie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

Plzeň 2016

Prohlašuji, že jsem práci zpracovala samostatně a použila jen uvedených pramenů a literatury.

*Plzeň, duben 2016*

.....

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucí školitelce mé bakalářské práce Mgr. Anně Pankowské, Ph. D za navržení tématu, cenné rady a čas, který věnovala mé osobě. Poděkování patří i mé rodině a přátelům, kteří mi v průběhu studia byli oporou a motivovali mě k úspěšnému dokončení této práce.

# Obsah

<b>1. ÚVOD</b>	<b>1</b>
<b>2. CÍL PRÁCE</b>	<b>3</b>
<b>3. KOJENÍ A PROCES ODSTAVOVÁNÍ</b>	<b>4</b>
3.1. Kojení	4
3.2. Ukončení kojení	5
<b>4. MATEŘSKÉ MLÉKO</b>	<b>9</b>
4.1. Složení mateřského mléka	9
<b>5. STUDIUM DÉLKY KOJENÍ A ODSTAVENÍ</b>	<b>12</b>
5.1. Zuby	12
5.1.2. Stavba zubu	13
5.1.3. Vývoj dočasného a stálého chrupu	15
5.1.4. Chemické složení zubů	16
5.1.5. Prvky obsažené v zubní tkáni	17
5.1.6. Izotopová analýza zubů dentinu kolagenu	18
<b>6. BIOCHEMICKÁ ANALÝZA</b>	<b>19</b>
6.1. Analýza stabilních izotopů	19
6.1.2. Dusík	20
6.1.3. Uhlík	21
6.1.4. Kyslík	22
6.1.5. Síra	23
6.2. Analýza stopových prvků	23
<b>7. PŘÍKLADY VYUŽITÍ STABILNÍCH IZOTOPŮ A STOPOVÝCH PRVKŮ V PRAXI</b>	<b>26</b>
7.1. Využití stabilních izotopů dusíku a uhlíku	26
7.2. Využití stopových prvků barya a stroncia	30

<b>8. ZÁVĚR</b>	<b>32</b>
<b>9. POUŽITÁ LITERATURA</b>	<b>33</b>
<b>10. RESUMÉ</b>	<b>44</b>

## 1. ÚVOD

Během prenatálního období je dítě živeno skrze placentu od matky. Po narození začíná období kojení, kdy dítě zpravidla začíná přijímat mateřské mléko. (Humphrey, 2010). Světová zdravotnická organizace doporučuje výlučné kojení minimálně po dobu prvních šesti měsíců. (World Health Organization, 2016; Fewtrell, et al., 2007; Kramer a Kakuma, 2009) Mateřské mléko poskytuje dítěti potřebné živiny v prvních dnech a měsících života i základní imunitní ochranu. Během kojení se utváří i vztah mezi matkou a dítětem. (Schneiderová, 2005; Paulová, 2008a)

S vývojem dítěte a jeho stoupajícími energetickými nároky již mateřské mléko plně nezásobí dítě živinami a začíná proces odstavování. K mateřskému mléku se přidávají další nemléčné potraviny. Odstavování může být jen moment ve výživě jedince nebo může trvat i několik let. Během odstavování se sníží energetické nároky na matku, která se může připravit na příchod dalšího potomka. Snižuje se i imunitní ochrana, kterou dítě přijímalo prostřednictvím mateřského mléka, tím se může zhoršit vývoj dítěte. (Humphrey, 2010; Tsutaya a Yoneda, 2015)

Výživa v období dětství odráží zdraví a kvalitu života jedince i celé společnosti. Ukazuje nám, jaké byly nároky kladené na rodiče a vývoj dětí a jaký to mělo vliv na proces rozmnožování, především na fertilitu, délku porodního intervalu a plodnost celé populace, celkovou demografii. Velký vliv na proces odstavování mají i kulturní faktory, který mi mohou být náboženství, způsob obživy, sociální struktura společnosti nebo sociální status jedince. (Humphrey, 2010; Tsutaya a Yoneda, 2015)

Studium délky kojení a odstavování se provádí z měkkých tkání u současné lidské populace a především z tvrdých tkání u minulých lidských populací. Nejvhodnější tkání pro studium stravování během dětství jsou zuby, protože jsou velmi odolné, a v průběhu života se téměř nemění. Kostní tkáň se v průběhu života obměňuje a je vhodnější ke

studiu stravování na konci života. (Lee-Thorp, 2008; Tsutaya a Yoneda, 2015)

Zubní i kostní tkáň analyzujeme především pomocí biochemické analýzy stabilních izotopů a stopových prvků, které jsou obsažené v zubní nebo kostní tkáni. Pro analýzu se nejvíce využívá stabilní izotop dusíku, který je doplňován stabilními izotopy uhlíku, kyslíku nebo síry. Mezi stopovými prvky je důležitý poměr stroncia a vápníku nebo barya a vápníku. (Tsutaya a Yoneda, 2015)



## 2. CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je shrnout a popsat dosavadní metody rekonstrukce procesu kojení a odstavení u minulých lidských populací pomocí biochemické analýzy stabilních izotopů a stopových prvků. V bakalářské práci se zaměřuji především na využití stabilního izotopu dusíku, uhlíku, síry a kyslíku a stopových prvků stroncia a barya získaných z tvrdých tkání lidských pozůstatků.

### 3. KOJENÍ A PROCES ODSTAVOVÁNÍ

V prenatálním období je dítě energeticky zásobeno živinami a kyslíkem, které přijímá skrze placentu od matky. Po narození začíná období kojení. Dítě je vyživované mateřským mlékem, které pokryje energetickou potřebu dítě a přispívá ke správnému rozvoji imunity. Během vývoje dítěte stoupají i jeho energetické nároky, které nelze pokrýt mateřským mlékem a je nutné začít přidávat další stravu. V době, kdy dítě začne přijímat další nemléčnou stravu, začíná proces odstavování, který může trvat různě dlouhou dobu, dny, měsíce, roky. Moment, kdy dítě zcela přestane přijímat mateřské mléko, označujeme jako odstavení. (Humphrey, 2010)

#### 3.1. Kojení

Kojení je neoptimálnější forma výživy pro novorozence a kojence. WHO<sup>1</sup> a UNICEF<sup>2</sup> doporučují výlučné kojení po dobu prvních 6 měsíců věku dítěte a poté postupné zavádění mléčných i nemléčných příkrmů. Podle výzkumu Světové zdravotnické organizace z let 2007–2014 bylo zjištěno, že pouze 36 % dětí je výlučně kojeno po dobu prvních 6 měsíců života. (World Health Organization, 2016) Při včasném přiložení kojence k prsu se vytváří pevný vztah mezi matkou a dítětem, tzv. *bonding*. (Mrowetz, Chrastilová a Antalová, 2011)

Kojení chrání dítě před bakteriálními a virovými infekcemi. Zejména respiračními a gastrointestinálními infekcemi. Snižuje riziko náhlého úmrtí kojenců a v pozdějším věku výskyt obezity. Chrání před vznikem potravinových alergií. Dle některých studií mají děti kojené minimálně 9 měsíců vyšší IQ. (Schneidrová, 2005:131)

---

<sup>1</sup> WHO – World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)

<sup>2</sup> UNICEF – United Nations International Children's Emergency Fund (tento název se používal do roku 1953), nyní United Nations Children's Fund (Dětský fond Organizace spojených národů)

Při včasném přiložení se zvyšuje hladina oxytocinu v krvi matky, který způsobuje rychlejší zavnutí dělohy po porodu a dochází k menším ztrátám poporodní krve. Kojení prodlužuje období laktační amenorey a částečně chrání ženu před dalším otěhotněním. Není to však spolehlivá antikoncepce. (Hrstková, et al., 2003:77) Kojení také snižuje riziko rakoviny prsu, vaječníků a osteoporózou v menopauze. (Schneidrová, 2005:131; Nevoral a Paulová, 2007; Roztočil, 2008)

Kojení je nevhodné u dětí, které mají vrozenou metabolickou poruchu. Mezi tyto poruchy se řadí *galaktozemie* (porucha metabolismu laktózy, kterou organismus neumí zpracovat) nebo *fenyketonurie* (porucha metabolismu aminokyseliny fenylalaninu), u které lze kojit částečně. Záleží na individuální toleranci fenylalaninu. (Mydlilová, 2006:60)

V případech kontraindikace ze strany matky by měla být laktace udržována odstříkáváním mateřského mléka. Pokud má matka aktivní *herpes simplex* nebo *herpes zoster*, je možné dítěti podávat odstříkané mléko. V případě, že má matka plané neštovice nebo aktivní neléčenou infekci TBC<sup>3</sup>, měla by být izolována od dítěte. Odstříkané mateřské mléko dítě může užívat. Když je matka léčena radioaktivními izotopy, mělo by být kojení přerušeno na dobu pětinasobku poločasu rozpadu izotopu. (Mydlilová, 2006:60)

### 3.2. Ukončení kojení

Proces odstavování začíná zařazením jiné stravy mimo mateřského mléka a končí úplným vynecháním mateřského mléka z jídelníčku dítěte. Během odstavování se postupně snižuje četnost kojení. Tento proces můžete trvat několik měsíců či let nebo je to jen okamžik v procesu stravování dítěte. Odstavování má své výhody pro matku. Matce se sníží

---

<sup>3</sup> TBC – tuberkulóza je nemoc, jejíž příčinou je *Mycobacterium tuberculosis complex*

energetické nároky a může se připravit na příchod dalšího potomka. (Humphrey, 2010; Tsutaya a Yoneda, 2015)

Moment, kdy dítě přestane vyžadovat kojení, můžeme označit za přirozené ukončení kojení. Přirozené ukončení kojení nastává mezi 3. a 4. rokem života dítěte. Četnost jednotlivých kojení během procesu odstavování se může měnit. Kojení má také význam jako prostředek k uspokojení, potěšení nebo komunikaci mezi kojencem a matkou. Doporučuje se ukončit kojení přirozenou cestou. (Kudlová a Mydlilová, 2005; Weigert, 2006; Čamková, 2015)

K částečnému ukončení kojení dochází, když matce momentálně kojení nevyhovuje v určité době. Zpravidla to je noční kojení. K plnému kojení se matka může vždy vrátit. Dítěti se může místo prsu podávat odstříkané mateřské mléko, náhrada mateřského mléka nebo u starších dětí jiná potrava nebo tekutina. (Kudlová a Mydlilová, 2005; Čamková, 2015)

Postupné ukončení kojení by mělo být velmi pomalé, podle situace, která k ukončení vede. Záleží na věku dítěte a způsobu, který se pro postupné odstavení zvolí. Je potřeba změnit zaběhnuté denní návyky. Dítě má potřebu kojení v určitou naučenou dobu nebo na určitém místě. V době, kdy mělo být kojení, je důležité nabídnout dítěti nějakou alternativu a odvézt pozornost dítěte od kojení. Pokud si dítě kojení vyžádá, byla snaha o odvedení pozornosti neúčinná. V tomto případě je dobré dítě nakojit, ale během kratší doby. Postupné ukončení je nejúčinnější u dětí starších dvou let. (Kudlová a Mydlilová, 2005; Čamková, 2015)

Náhlé ukončení kojení je obtížné pro matku i dítě. Pokud je to možné, je lepší se této variantě vyhnout a zvolit jeden z předešlých způsobů ukončení kojení. Pokud je doba času ukončení kojení pět dní a kojilo se 10krát denně, je vhodné dvě kojení denně nahradit krměním z lahve. Pokud je doba času ukončení kojení dva dny, vynechá se první den každé druhé kojení a další den se vynechají zbylá kojení. Mateřské

mléko z nalitých prsou je dobré odstříkat rukou, odsáváním se tvorba mléka zvyšuje. Případně použít na uvolnění teplý obklad a mít vhodnou podprsenku, která prsa podpírá. K ukončení laktace se mohou použít po dohodě s lékařem i léky. (Kudlová a Mydlilová, 2005; Weigert, 2006; Čamková, 2015)

Stravovací návyky kojenců a dětí odráží zdraví, růst a vývoj nejen daného konkrétního jedince, ale i celé společnosti. Stravování v raném období života ovlivňuje kvalitu života dospělého jedince. Studium kojení a procesu odstavování nám ukazuje informace, které jsou důležité pro vývoj společnosti a jejich sociálních systémů. Ukazuje nám také, jaké požadavky byly kladené na rodiče, vývoj dětí a v neposlední řadě informace o způsobu rozmnožování. Zkoumání procesu odstavování je významným aspektem, pomocí kterého můžeme zkoumat plodnost společnosti, například interval mezi jednotlivými porody. Pokud se zkrátí doba procesu kojení a jsou sníženy energetické nároky na matku, žena pak má možnost mít dalšího potomka dříve a tím se zvyšuje i populační růst celé společnosti. Velký vliv na proces odstavování mají i kulturní faktory. Příkladem je sociální struktura společnosti (socio-ekonomický status společnosti, náboženství nebo jaký mají jednotlivé společnosti způsob obživy (lovci a sběrači nebo zemědělci, aj.) Studium kojení a odstavování je hlavně důležité pro kulturní antropology, archeology, bioarcheology, historiky a bývá také spojeno s vývojem pediatrie a gynekologie. (Humphrey, 2010; Tsutaya a Yoneda, 2015; Valas, 2015)

Obecně savci své potomky odstavují průměrně v době, kdy potomek dosáhne jedné třetiny váhy dospělého jedince. V tomto ohledu se liší primáti a lidé od ostatních savců, protože své potomky odstavují dříve. Pokud bychom vzali ukazatel hmotnosti, bylo by přirozené odstavovat lidské potomky ve věku zhruba 4-6 let u dívek a zhruba 5-7 let u chlapců. Skutečný věk při odstavení u neindustriálních společností je 2,4-2,7 let. Okolo šestého měsíce se začíná přidávat i jiná nemléčná strava kromě mateřského mléka. (Humphrey, 2010; Tsutaya a Yoneda, 2015; Valas, 2015)

Sellen ve své studii 113 neindustriálních společností analyzoval demografické zprávy publikované v letech 1873-1998. Podle této studie zjistil, že doba výlučného kojení, doba odstavování a zavádění ostatních nemléčných potravin se liší. Například společnost Hadza, která žije v Tanzanii a ještě nyní se částečně živí jako lovci a sběrači, dle studie z roku 1980-1992 ukončovala kojení mezi druhým a třetím rokem života dítěte. V průměru kolem třicátého měsíce. Trobriandané, kteří žijí na Trobriandových ostrovech u pobřeží Nové Guinei a jsou zemědělci dle dvou studií z let 1914-1920 a 1971-1972 ukončovali kojení v rozmezí jednoho až třech let věku dítěte. V průměru kolem 23 měsíce. Tekutou nemléčnou stravu začali přidávat již od narození a pevnou stravu začali přidávat kolem jednoho roku života. Kungové, kteří žijí na poušti Kalahari v oblasti Namibie, Botswany a Angoly se živí jako lovci a sběrači. Během studie z let 1963-1972 bylo zjištěno, že ukončují kojení mezi třetí a čtvrtým rokem života dítěte, v průměru kolem 42 měsíce. Nemléčnou stravu přidávají zpravidla od 6 měsíce i dříve. (Sellen, 2001)

U moderních společností (ekonomicky vyspělých zemí) se odstavuje co nejdříve i přes doporučení Světové zdravotnické organizace, která doporučuje začít s odstavováním po šesti měsících výlučného kojení a poté pokračovat v kojení během procesu odstavování. Na počátku 19. století doporučovala americká pediatriká společnost začít s odstavováním ve věku devíti až dvanácti měsíců života dítěte. Během 19. století se věk začátku odstavování začal snižovat, což zvýšilo kojeneckou úmrtnost. (Mutch, 2004; Valas, 2015)

## 4. MATEŘSKÉ MLÉKO

Mateřské mléko je základní výživou pro novorozence a kojence. Svým složením odpovídá potřebám novorozence a kojence. V průběhu prvních dní se mění podle aktuálních energetických potřeb kojence. (Paulová, 2008a:24)

Mateřské mléko se dělí na 3 základní druhy, které se mění během prvních dní, ale i během jednoho kojení v závislosti na potřebách kojence. Mateřské mléko dělíme na mlezivo, přechodné mateřské mléko a zralé mateřské mléko. (Paulová, 2008a:24)

Mlezivo neboli kolostrum se začíná tvořit v mléčné žláze již koncem těhotenství a tvoří se i v prvních dnech po porodu. Obsahuje hlavně bílkoviny a vitamíny (A, E, K). (Novotná, 2009:21-22)

Přechodné mateřské mléko se tvoří přibližně mezi třetím a pátým dnem po porodu. Jedná se o přechod mezi mlezivem a zralým mateřským mlékem. (Paulová, 2008a:24)

Zralé mateřské mléko je zpravidla produkováno mezi desátým a čtrnáctým dnem od porodu. „Přední mléko“ je většinou lehce namodralé barvy a má v sobě více vody a kojeneček ho saje z plného prsu. „Zadní mléko“ je smetanově žluté barvy a obsahuje tuky a více živin. Kojeneček ho saje z téměř prázdného prsu. (Novotná, 2009:22)

### 4.1. Složení mateřského mléka

Složení mateřského mléka se mění podle potřeb kojence. Hlavní součástí mateřského mléka tvoří voda. V mateřském mléce je 90 % vody. Dále jsou v mateřském mléce zastoupeny bílkoviny, tuky, cukry, vitamíny, minerální látky a stopové prvky. Kalorická hodnota mateřského mléka je přibližně 67 kcal/100 ml. Složení základních živin v mateřském mléce je téměř po celou dobu kojení konstantní. Výjimku tvoří tuky. (Paulová, 2008a:24)

Bílkoviny v mateřském mléce odpovídají 7–10 % kalorické hodnoty. Nejvíce jich najdeme v kolostru 2,3 g/100 ml. Bílkoviny mají význam pro obranyschopnost dítěte. Většina bílkovin se podílí na funkci střevní flóry dítěte. Obsah bílkovin v mateřském mléce odpovídá hodnotám pro optimální růst dítěte. Poměr laktalbumin:kasein (70:30) v mateřském mléce zajišťuje snadnou stravitelnost. Mateřské mléko obsahuje více aminokyselin cystinu než kravské mléko. Aminokyseliny cystinu jsou důležité pro vývoj centrálního nervového systému. Kasein ovlivňuje vstřebávání železa. Vstřebává se až 80 % železa. (Paulová, 2008:24)

Cukry v mateřském mléce jsou obsaženy v rozmezí 38–40 % kalorické hodnoty. V mateřském mléce najdeme monosacharidy (glukózu a galaktózu), disacharidy (laktózu a fruktózu) a malé množství oligosacharidů. Laktóza je hlavním cukrem obsaženým v mateřském mléce. Laktóza pomáhá ke vstřebávání minerálů vápníku, hořčíku, fosforu a železa. Laktóza se štěpí na glukózu a galaktózu, tvoří galaktolipidy, které jsou důležité pro vývoj centrální nervové soustavy. Oligosacharidy spolu s laktózou podporují optimální růst střevní mikroflóry. Kyselina máselná má pozitivní vliv na vstřebávání vápníku. Hladinu cholesterolu ovlivňuje kyselina propionová. Kyselina mléčná snižuje pH ve střevech. (Paulová, 2008b:46)

Mateřské mléko obsahuje 40–50 % kalorické hodnoty tuků. Tuky jsou hlavním zdrojem energie. Téměř 57 % mastných kyselin je nenasycených. Nenasycené mastné kyseliny jsou důležité pro růst a vývoj centrální nervové soustavy, sítnice oka, ovlivňují neurohumorální informace, vasomotorické reakce a zánětlivé procesy. (Paulová, 2008b:46)

Vitaminy obsažené v mateřském mléce odpovídají požadavkům dítěte. Některé vitaminy mohou kolísat, podle výživy matky. Vitaminy B a C jsou rozpustné ve vodě. Pokud je v těle matky nedostatek těchto vitaminů, znamená to, že bude snižené množství vitaminů i v mateřském mléce. Vitaminy A, E, D, K, které jsou rozpustné v tucích, mohou také



kolísat. Záleží na kolísání množství tuků v mateřském mléce. Pokud měla matka dostatečné množství vitaminů v těhotenství, není třeba tyto vitaminy dodávat dětem, které byly výlučně kojeny do 6 měsíců. Výjimkou je vitamin K. (Paulová, 2008c: 40)

V mateřském mléce zdravé matky najdeme dostatečné množství stopových prvků a minerálních látek. V mateřském mléce je obsažen sodík, vápník, železo, hořčík, draslík, fosfor, měď a fluor. Celkové množství minerálních látek odpovídá požadavkům dítěte a jeho metabolické aktivitě. Obsah železa může kolísat v závislosti na stravě matky. Nedostatek železa může vést k chudokrevnosti. Nejlépe se z mateřského mléka vstřebává vápník a železo. Vstřebatelnost je lepší než z kravského mléka. (Paulová, 2008c: 40; Roztočil, 2008)

## 5. STUDIUM DÉLKY KOJENÍ A ODSTAVENÍ

Z hlediska příjmu potravy se liší prenatální období, období během kojení a odstavování nebo odstavení. Tato období se liší konzumovanou stravou, transportem živin a jejich ukládáním v lidském těle. Každé období života má specifický obsah a poměr přijímaných prvků a izotopů. Existují však rozdíly v příjmu potravy během jednotlivých fází vývoje jedince. Potrava může být přijímána skrze placentu v prenatálním období, skrze mléčné žlázy matky, skrze trávicí ústrojí dítěte a trávicí ústrojí matky. Rozdíly jsou ve složení konkrétní stravy a celkovým obsahem prvků, které potraviny obsahují, transportem živin do organismu a rozdílným biologickým přijímáním těchto prvků do organismu. (Lee-Thorp, 2008; Tsutaya a Yoneda, 2015; Valas, 2015)

Studium délky kojení a procesu odstavování u současné populace se provádí z měkkých tkání, mezi které řadíme například vlasy nebo nehty. U minulých populací studujeme kojení a odstavování z tvrdých tkání, především ze zubů a kostní tkáňe, které jsou odolné. Díky svému složení a struktuře můžeme zjistit vývoj jedince a jeho růst. Tvrdé tkáně, zejména potom zuby jsou vhodné ke studiu stravování v období dětství. Během studia stravování se využívají stabilní izotopy nebo stopové prvky. Je vhodné zvolit takový prvek, který má rozdílnou biologickou dostupnost během jednotlivých fází života, především prenatálním obdobím, období kojení a odstavování a zbytkem života. Ke studiu stravování se využívá hlavně obsah stabilního izotopu dusíku, který bývá doplněn izotopy uhlíku, kyslíku a síry nebo pomocí stopových prvků stroncia, barya a vápníku. (Lee-Thorp, 2008; Tsutaya a Yoneda, 2015; Valas, 2015)

### 5.1. Zuby

Ke studiu stravování v raných fázích života jsou vhodné zuby. Zuby jsou orgány, které jsou velmi odolné a v průběhu života se téměř vůbec nemění. Díky své struktuře a složení odrážejí vývoj jedince na počátku jeho růstu, proto jsou vhodným objektem pro studium stravování v období

dětství. Zuby tvoří tvrdé tkáně bílé nebo nažloutlé barvy, které jsou umístěné v ústní dutině. Zuby jsou důležité pro uchopování, rozměňování potravy, k útoku a u člověka také pro správný vývoj řeči. Podle vývoje lze zuby rozdělit na dvě skupiny, na dočasné, mléčné zuby (*dentes decidui* nebo *dentes lactei*) a stálé zuby (*dentes permanentes*). Dočasné zuby tvoří 20 zubů, mezi které patří osm řezáků, čtyři špičáky a osm stoliček, které se prořezávají od prvního měsíce života přibližně do dvou let věku dítěte. Stálé zuby tvoří 32 zubů, osm řezáků (*incisivi*), čtyři špičáky (*canini*), čtyři třenové zuby (*praemolares*) a dvanáct stoliček (*molares*). Přibližně od šesti let začíná výměna dočasných zubů za stálý chrup. Rychlost výměny je u každého jedince rozdílná. (Dokládál, 1994; Weber, 2012; Huták, 2011; Komínek, Toman a Rozkocová, 1980)

### 5.1.2. Stavba zubu

Zub tvoří korunka, krček, kořen, dřeňová dutina. Korunka je část zubu, která vyčnívá z dásně a je pokryta hladkou sklovinou. Krček je část mezi korunou a kořenem, která je pokrytá měkkou tkání dásně. Kořen je uložen v čelisti a je zakončený hrotem. Dřeňová dutina se zužuje od korunky přes krček do kořenového kanálku, kde ústí na hrotu. V dřeňové dutině je obsažena pojivová zubní dřeň. (Čihák, 2002; Dokládál, 1994)

Sklovina neboli *enamelum* je nejtrdší tkáň v lidském těle. Sklovina obsahuje 96 % anorganických látek a 0,5 % organických látek. Zbytek skloviny je tvořen vodou. Anorganickou složku skloviny tvoří z 90 % hydroxylapatit a zbytek anorganické složky je tvořen uhličitanem vápenatým ( $\text{CaCO}_3$ ), fluoridem vápenatým ( $\text{CaF}_2$ ) a uhličitanem hořečnatým ( $\text{MgCO}_3$ ). Hydroxylapatit (hydroxytrifosforečnanvápenatý) lze chemicky zapsat jako  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . Organická složka je tvořena keratinem, amelogeninem a enamelinem. Sklovina pokrývá korunku zubu. Má rozdílnou tloušťku. Nejsilnější je na hranách a hrbolech řezáků (cca 2,5 mm) a směrem ke krčku se ztenčuje. Barvu skloviny ovlivňuje její tloušťka a stupeň mineralizace. Na hrotech má šedobílou barvu, ve středu korunky bílou barvu a u krčku je nažloutlá. Sklovinu tvoří sklovinné

hranoly (*prizmaty*). Sklovinné prizma tvoří krystaly hydroxylapatitu. Hranice mezi prizmaty nazýváme prizmatická pochva, která je tvořena interprizmatickou substancí. Inkrementální linie (Reziovy) můžeme pozorovat na výbrusech zubní korunky. Jedná se o tmavší linie, které probíhají vertikálně na laterálních stranách korunky a na hrotu obloukovitě přecházejí na druhou stranu. U dočasných zubů vzniká výraznější růstová linie, kterou označujeme neonatální linie. Tato linie tvoří hranici mezi prenatalně vytvořenou sklovinou a postnatálně vytvořenou sklovinou. (Malínský, Malínská a Michalíková, 2005; Huták, 2011; Komínek, Toman a Rozkocová, 1980)

Zubovina, neboli *dentinum* je uložena v korunce zubu i v jeho kořeni a tvoří tělo zubu. Je to tvrdá, mineralizovaná tkáň nažloutlé barvy. Zubovina je tvořena z 70% anorganickými látkami, z 20% organickými látkami a z 10% je tvořena vodou. Anorganickou složku zuboviny tvoří především hydroxylapatit. Organickou složku tvoří především kolagenní fibrily. Svým složením je zubovina podobná kostem. Liší se uložením odontoblastů mimo základní hmotu na vnitřním povrchu dentinu, který ohraničuje pulparní dutinu. Odontoblasty vysílají je tenké výběžky, tzv. Tomesova vlákna, které probíhají v dentinových kanálcích. Dentin je tvrdší než cement nebo kost, ale je měkčí než sklovina a je bezcévnatý. (Malínský, Malínská a Michalíková, 2005; Huták, 2011; Komínek, Toman a Rozkocová, 1980)

Cement neboli *cementum* pokrývá krček a kořen zubu. Cement je speciální mineralizovaná pojivová tkáň, která je stavbou podobná fibrilární kosti, ale je bezcévnatá. Cement tvoří 45-50 % anorganických látek a 50-55 % organických látek. Je měkčí než zubovina, ale tvrdší než kost. Jako acelulární cement se vyskytuje v tenké vrstvě na krčku a v horní části kořene a jako celulární cement ve spodní části kořene. Hranice mezi oběma druhy není ostrá. (Malínský, Malínská a Michalíková, 2005; Huták, 2011; Komínek, Toman a Rozkocová, 1980)

Zubní dřeň (*pulpa dentis*) je měkká růžová vazivová tkáň s krevními cévami a nervovými vlákny, která vyplňuje dřeňovou dutinu (*cavitas dentis*) až do kořenových kanálků. Zajišťuje výživu zubů a ochranu před infekcemi a cizorodými látkami. Nepřímo se podílí na tvorbě dentinu tím, že zprostředkovává výživu odontoblastů. (Malínský, Malínská a Michalíková, 2005; Huták, 2011; Komínek, Toman a Rozkovcová, 1980)

Ozubice neboli periodontium vyplňuje úzký prostor mezi zubním alveolem a cementem na povrchu kořene. Hlavní součástí tvoří periodontální vazy a periodontální ligamenta. (Malínský, Malínská a Michalíková, 2005; Huták, 2011, Komínek, Toman a Rozkovcová, 1980)

### **5.1.3. Vývoj dočasného a stálého chrupu**

Dočasný, neboli mléčný chrup se vyvíjí dva až čtyři roky. Již během embryonálního vývoje se začínají tvořit zárodky zubů. Bývá to zpravidla kolem šestého týdne těhotenství, kdy vzniká primární dentální lišta. Na konci prvního trimestru se začíná kalcifikovat sklovina dočasného zubu a její vývoj pokračuje až do prvního roku života. Prořezávání mléčného chrupu je velice individuální a probíhá od šestého do třicátého měsíce věku dítěte. Mezi šestým a desátým rokem se v čelisti vyskytují současně zuby dočasné a permanentní zuby. (Malínský, Malínská a Michalíková, 2005; Dokládál, 1994, Kang, Amarasiriwardena a Goodman, 2004; Huták, 2011; Komínek, Toman a Rozkovcová, 1980)

Jako první se začínají prořezávat první a druhé řezáky. První řezáky se prořezávají zpravidla kolem šestého až osmého měsíce a vypadávají mezi šestým a sedmým rokem života. Druhé řezáky se prořezávají mezi osmým a desátým měsícem a vypadávají mezi sedmým a osmým rokem života. Dále se prořezává první stolička, mezi dvanáctým a šestnáctým měsícem a kolem devátého až jedenáctého roku vypadává. Poté se prořezávají špičáky, mezi šestnáctým a dvacátým měsícem a vypadávají kolem desátého až dvanáctého roku. Jako poslední se prořezávají druhé stoličky, zpravidla mezi dvacátým až dvacátým čtvrtým

měsícem a vypadávají mezi desátým a dvanáctým rokem života. Prořezávání dočasných zubů by mělo být do tří let. V dalších letech roste dětská čelist, ale velikost zubů se již nemění. U dětské čelisti kolem pátého roku se mohou tvořit mezery. (Malínský, Malínská a Michalíková, 2005; Huták, 2011; Komínek, Toman a Rozkovcová, 1980)

Stálý chrup nám nahrazuje dočasný chrup. Vývoj stálého zubu až do dotvoření kořene a celkové mineralizaci trvá zpravidla deset let. Již od narození začíná kalcifikace zubní skloviny stálých zubů. U třetí stoličky (M3) trvá tento vývoj až do dospělosti. Stálý chrup se začíná prořezávat kolem šestého roku. Dolní zuby se prořezávají rychleji. Vývoj zubů nekončí ani v dospělém období. Poté, co se prořežou všechny zuby, pokračuje pozvolné dorůstání, které nahrazuje abrazi korunek a začíná tvorba sekundárního dentinu. Vývoj zubu je dokončen až jeho ztrátou, případně smrtí jedince. Do zubní skloviny se nám zapisuje nutriční záznam a průběh vývoje. Pomocí vrstev skloviny a umístění stopových prvků ve sklovině nám ukazuje, jaké byly nutriční změny ve vývoji v průběhu prenatalního a postnatalního vývoje. (Malínský, Malínská a Michalíková, 2005; Dokládal, 1994, Kang, Amarasiriwardena a Goodman, 2004, Huták, 2011; Komínek, Toman a Rozkovcová, 1980)

Postupné prořezávání stálých zubů trvá cca osmnáct roků. První se prořezává první stolička. Nové studie uvádí, že ve 40–60 % se jako první zub prořezává první řezák. Jako poslední se prořezávají třetí stoličky. Zpravidla se prořezávají po sedmnáctém roce života. (Malínský, Malínská a Michalíková, 2005; Huták, 2011; Komínek, Toman a Rozkovcová, 1980)

#### **5.1.4. Chemické složení zubů**

Sklovina a zubovina je tvořena především hydroxyapatitem. Obsah fosfátů v zubech je 16–18 % a vápníků je 34–39 %. Sklovina je připojena pomocí kationtových ( $\text{Ca}^{+2}$ ) a aniontových ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ) center hydroxyapatitové matrice. Nejvíce jsou ve sklovině zastoupeny kationy sodíku ( $\text{Na}^+$ ), draslíku ( $\text{K}^+$ ) a hořčíku ( $\text{Mg}^{+2}$ ) a anionty uhličitanů ( $\text{CO}_3^{-2}$ ),

fluoridů ( $F^-$ ) a chloridů ( $Cl^-$ ). Dále je zde zastoupeno ve velmi malém množství zinek (Zn - *Zincum*), železo (Fe - *Ferrum*), bor (B - *Borium*), stroncium (Sr - *Strontium*), baryum (Ba - *Barium*), olovo (Pb - *Plumbum*), hliník (Al - *Aluminium*), nikl (Ni - *Niccolum*), stříbro (Ag - *Argentum*), selen (Se - *Selenium*), niob (Nb - *Niobium*) a rtuť (Hg - *Hydrargyrum*). (Kang, Amarasiriwardena a Goodman, 2004)

### 5.1.5. Prvky obsažené v zubní tkáni

Obsah stroncia v zubní sklovině narůstá z vnější strany směrem k vnitřní straně. V zubovině potom koncentrace stroncia klesá směrem k zubní dřeni. U barya můžeme pozorovat rozdílný nárůst obsahu mezi prenatalní sklovinou a postnatalní sklovinou. U stroncia tento nárůst není nijak výrazný. Proto můžeme rekonstruovat proces odstavení a indikovat věk odstavení dítěte. Metabolismu stroncia a barya odpovídá analogický metabolismus vápníku, proto pomocí poměrů Sr/Ca a Ba/Ca můžeme určit charakter konzumované stravy. U přírodních národů změna tohoto poměru může poukazovat na možnou migraci během života. Vyšší poměr Sr/Ca odpovídá rostlinné stravě, nižší poměr Sr/Ca odpovídá živočišné stravě. Během postmortálního procesu může docházet ke změně poměru v důsledku kontaminace (Molleson, 1988; Burton a Price, 1990)

Olovo najdeme na povrchových vrstvách skloviny a v dentinu, kde je obsaženo v menší míře. U povrchové vrstvy se může jednat o olovo z ústní dutiny. U skloviny jde o postmortální kontaminaci. (Molleson, 1988)

Při mineralizaci zubní tkáně v rané fázi je důležitý hořčík, který je postupně nahrazován vápníkem. Hořčík se chová podobně, jako stroncium. V zubovině je více hořčíku než ve sklovině. U hořčíku můžeme sledovat rozdíl obsahu mezi prenatalní částí života a postnatalní částí života. (Molleson, 1988; Reitznerová, et al., 2000; Dolphin, Goodman a Amarasiriwardena, 2005)

Směrem od povrchu narůstá obsah sodíků ve sklovině. V zubovině jeho obsah klesá. Podobné hodnoty vykazuje i draslík. (Molleson, 1988)

Zinek najdeme především v povrchových vrstvách skloviny a částečně také v zubovině. Zinek částečně ukazuje jeho prenatalní a postnatalní příjem ve sklovině dočasných zubů. (Molleson, 1988; Frank, et al., 1989; Dolphin, Goodman a Amarasiriwardena, 2005)

Mangan se do zubů dostává z půdy během postmortální kontaminace. Zbarvení skloviny nebo zuboviny nám ukazuje vysoký obsah manganu v zubech. (Molleson, 1988; Reitznerová, et al., 2000)

Železo u zubní tkáně najdeme na povrchu skloviny. Stejně jako měď, která se do zubní tkáně dostává pomocí kontaminace. Archeologické materiály výrazně kontaminují zubní tkáň železem. (Molleson, 1988)

#### **5.1.6. Izotopová analýza zubů dentinu kolagenu**

Zubní tkáň lépe zachovává izotopové stopy až po smrt jedince. Během života dentin roste a postupně se zaznamenává etapy života od korunky až ke kořenové špičce. (Smith, 1991; Dean, et al., 1993; Dean a Scandrett, 1995; Hillson, 1996) Dočasné zuby se začínají vyvíjet již v děloze kolem šestého týdne těhotenství a rostou přibližně do tří let života, kromě stoličky, která se vyvíjí od narození až do šestnácti let. (Hillson, 1996) Analýzou  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{15}\text{N}$  z dentinu v době římské z kosterních pozůstatků v Egyptě bylo zjištěno, že děti byly kojeny do třech let. (Dupras a Tocheri, 2007) Ve středověku anglická vesnická populace děti odstavovala před druhým rokem života. (Fuller, Richards a Mays, 2003)



## 6. BIOCHEMICKÁ ANALÝZA

K rekonstrukci procesu kojení a odstavení u moderních i minulých společností používáme biochemické metody, zejména analýzu stabilních izotopů a stopových prvků. Koncem 70. let 20. století se začala používat analýza stabilních izotopů pro rekonstrukci stravy. (Sandford, 1992) U stabilních izotopů zkoumáme uhlík (C), dusík (N), kyslík (O) a síru (S). U stopových prvků zkoumáme stroncium (Sr) a baryum (Ba). Pro zkoumání moderních společností se používají vlasy, nehty a krev. U minulých společností analyzujeme kosti a zuby. (Tsutaya, T., Yoneda, M. 2015)

Rekonstrukce procesu kojení a odstavení u savců včetně člověka jsou důležité v antropologii, archeologii, evoluční biologii, historii a dalších přírodních vědách. Moderní praktiky využíváme například v pediatrii, porodnictví, gynekologii, epidemiologii. (Dettwyler a Fishman, 1992; Katzenberg et al, 1996; World Health Organization, 1998; World Health Organization, 2009; Lewis, 2007) Kojení je důležité pro zdraví celé populace. Proces odstavování nám ukazuje, jak bylo potomstvo živeno, jakou stravou bylo přikrmováno nebo jaká byla délka kojení. (Lee, 1996; Bogin, 1997; Hewlett a Lamb, 2005) Podle Kovačikové a Brůžka je průkopníkem studia chemického složení kosterních pozůstatků v antropologii a archeologii v České republice doc. MUDr. Václav Smrčka, CSc, který působí na 1. Lékařské fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Kromě chirurgie se věnuje analýze stopových prvků z kosterního materiálu pro určení výživy u minulých lidských populací. (Kovačiková a Brůžek, 2008a)

### 6.1. Analýza stabilních izotopů

Atomy, které mají stejné protonové, nukleonové a neutronové číslo nazýváme nuklidy. Nuklidy, které mají stejný počet protonů, ale různý počet neutronů nazýváme izotopické nuklidy neboli izotopy. Příkladem jsou tři izotopy uhlíku ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ). Izotopy se od sebe liší relativní

atomovou hmotností a tím ovlivňují hmotnost celého prvku. Zatím známe 329 nuklidů, které se nacházejí přirozeně v přírodě. Některé nuklidy můžeme vyrobit uměle. 273 nuklidů je stabilních, 56 radioaktivních, u kterých známe poločas rozpadu. Prostřednictvím pevné nebo tekuté potravy do organismu dostáváme stabilní izotopy, které se zabudovávají do tkáně kostí a tkáně zubů. Nejčastěji používané stabilní izotopy v bioarcheologii jsou  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ,  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ . (Kovačiková a Brůžek, 2008a) Stabilní izotopy se rozkládají dlouhou dobu. Hodnotou  $\delta$  se obecně vyjadřuje poměr izotopů a uvádí se standardně v promili. (Schwarz a Schoeninger, 1991; Schoeninger a Moore, 1992; Pate, 1994; Fry, 2007; Hoefs, 2010) Analýza stabilního izotopu po prozkoumání zničí vzorek. Nejprve je potřeba vzorek kostní tkáně vyčistit pomocí brusné jehly s diamantovým povrchem a následně je několik dní chemicky upravován. Chemická úprava je různá pro práci s kolagenem nebo hydroxyapatitem. Poté se poměr izotopů určí pomocí hmotnostní spektrometrie. (Kovačiková a Brůžek, 2008a)

### 6.1.2. Dusík

V přírodě nalezneme dva stabilní izotopy dusíku  $^{14}\text{N}$  (zastoupení v přírodě 99,63 %) a  $^{15}\text{N}$  (zastoupení v přírodě 0,37 %). Mezinárodním standardem izotopického měření dusíku je atmosférický dusík, který označujeme zkratkou AIR. (Katzenberg, 1992) Hodnoty izotopu dusíku nám ukazují trofickou úroveň jedince v potravním řetězci. Dusík je v lidském organismu vázán v bílkovinách, aminokyselinách, nukleových kyselinách a močovině. Hodnota  $^{15}\text{N}$  ukazuje množství bílkovin přijímaných v potravě, protože dusík je převážně asimilován z aminokyselin. Na každém stupni potravní pyramidy se hodnota  $^{15}\text{N}$  zvyšuje o 2-3 ‰. (Kovačiková a Brůžek, 2008a) Rosliny mají hodnotu  $\delta^{15}\text{N}$  okolo 3 ‰, býložravci konzumující rostlinnou stravu mají tuto hodnotu kolem 6 ‰. Masožravci mají hodnotu  $\delta^{15}\text{N}$  v rozmezí 9-10 ‰. Konzumenti především mořských plodů mají hodnotu  $\delta^{15}\text{N}$  v rozmezí 17-20 ‰. (Smrčka, 2005) Dusík je nejčastěji používaný prvek pro studium

stravovacích návyků. Pro analýzu se používá poměr  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ . Izotop  $^{15}\text{N}$  se zvyšuje s trofickou úrovní. Nejvyšší obsah  $^{15}\text{N}$  je masožravců. Rostliny obsahují méně  $^{15}\text{N}$  než býložravci. U mořských organismů je hodnota  $^{15}\text{N}$  vyšší než u suchozemských organismů. (Schwarz a Schoeninger, 1991; Schoeninger a Moore, 1992; Pate, 1994; Katzenberg a Harrison, 1997; Crawford, McDonald a Bearhop, 2008; Lee-Thorp, 2008; Crowley, 2012; Sandberg, Loudon a Sponheimer, 2012; Schoeninger, DeNiro a Tauber, 1983; Schoeninger a DeNiro, 1984) Během kojení se hodnota  $^{15}\text{N}$  zvyšuje, protože dítě konzumuje mateřské mléko od matky. Mateřské mléko má srovnatelný obsah hodnoty  $^{15}\text{N}$ , jako tkáň matky. Dítě se konzumováním mateřského mléka dostává o jednu trofickou úroveň výše. Během procesu odstavování přechází na standardní příjem bílkovin ze stravy a hodnota  $^{15}\text{N}$  začíná klesat. (Tsutaya a Yoneda, 2015; Lee-Thorp, 2008; Howcroft, Eriksson a Lidén, 2012; Valas, 2015; Jungerová, 2010, Kovačiková a Brůžek, 2008b; Michaelsen, et al., 2000; Dewey a Brown, 2003, Krajčovičová, 2011)

### 6.1.3. Uhlík

Uhlík se v přírodě vyskytuje jako stabilní izotop  $^{12}\text{C}$  (zastoupení v přírodě 98,89 %) a  $^{13}\text{C}$  (zastoupení v přírodě 1,11%). Mezinárodním standardem izotopického měření uhlíku je fosilní mořský vápenec Peedee z Jižní Karolíny, který je nazýván PDB standard (*Peedee Belemnite*). Využívá se jako doplněk k analýze dusíku. (Katzenberg, 2012) Rostliny C3 (rostliny, které rostou především v mírném podnebném pásu – většina keřů, stromů, některé obilniny a traviny), C4 (rostliny, které žijí v sušších oblastech, například kukuřice, proso, cukrová třtina a ananas) a CAM<sup>4</sup> rostliny (kaktusy a sukulenty) se od sebe liší přijímáním  $\text{CO}_2$  při fotosyntéze. Proto je rozdílná i hladina  $^{13}\text{C}$ . Rostliny C3 mají nižší hodnotu  $^{13}\text{C}$  než rostliny C4. Hodnota  $\delta^{13}\text{C}$  u C4 rostlin je v rozmezí -9 až -17 ‰. U C3 rostlin je hodnota  $\delta^{13}\text{C}$  v rozmezí -23 až -34 ‰. Býložravci

---

<sup>4</sup> CAM – Crassulacean Acid Metabolism (metabolismus kyselin u tučnolistých

konzumující C3 rostliny mají hodnotu  $\delta^{13}\text{C}$  okolo -12 ‰ nebo nižší. Býložravci konzumující rostliny C4 mají hodnotu  $\delta^{13}\text{C}$  okolo 0 ‰. (Diaz, et al., 2012) Hodnota  $^{13}\text{C}$  v organismu nám ukazuje, kolik bylo přijímáno  $^{13}\text{C}$  ve stravě. Uhlík je přijímán především z aminokyselin nebo z tuků. Autotrofní organismy<sup>5</sup> získávají uhlík z atmosféry (v podobě  $\text{CO}_2$ ) heterotrofní organismy<sup>6</sup> s živé nebo mrtvé biomasy. Při studiu stravování nám  $^{13}\text{C}$  ukazuje rozdíl mezi složením stravy v dospělosti a složením dětských příkrmů a doplňků stravy. V bioarcheologii nám stabilní izotop uhlíku ukazuje množství zkonsumované rostlinné stravy a trofickou úroveň jedince. Při studiu historických nálezů není vhodné využívat stabilní izotop uhlíku. (Tsutaya a Yoneda, 2015; Lee-Thorp, 2008; Kovačiková a Brůžek, 2008a; Valas, 2015; Jungerová, 2010; Dupras, Schwarcz a Fairgrieve, 2001; Fuller, et al., 2006a; Tsutaya, et al., 2013, Krajčovičová, 2011)

#### 6.1.4. Kyslík

Kyslík najdeme v přírodě ve třech izotopech  $^{16}\text{O}$  (zastoupení v přírodě 99,759 ‰),  $^{17}\text{O}$  (zastoupení v přírodě 0,037 ‰) a  $^{18}\text{O}$  (zastoupení v přírodě 0,204 ‰). Mezinárodním standardem pro měření je průměrná hodnota oceánské vody. Tuto hodnotu označujeme SMOW (*Standard Mean Ocean Water*). (Katzenberg, 1992; Kovačiková a Brůžek, 2008a) Stanovuje se poměr izotopu  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ . (Hladíková, 1988) Izotopy kyslíku jsou přijímány prostřednictvím vody v těle a do kostního nebo zubního minerálu je přijímán na bázi uhličitanových iontů ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) a fosforečnanových iontů ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). (Kovačiková a Brůžek, 2008a). Býložravci, kteří přijímají vodu z listů, mají vyšší hodnotu  $\delta^{18}\text{O}$  než masožravci, kteří se musí pravidelně napít. Průměrné hodnoty  $\delta^{18}\text{O}$

---

<sup>5</sup> Autotrofní organismy jsou schopné přeměňovat anorganické sloučeniny na organické látky

<sup>6</sup> Heterotrofní organismy nejsou schopné přeměňovat anorganické sloučeniny na organické látky a jsou závislé na autotrofních organismech

u býložravců jsou v rozmezí 26,94-31,73 ‰. U člověka jsou hodnoty  $\delta^{18}\text{O}$  v rozmezí 15,19-18,64 ‰. (Kohn, Schoeninger a Valley, 1996) Poměr izotopů  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  nám především ukazuje klimatické podmínky a obsah izotopů v pitné vodě. Hodnoty  $^{18}\text{O}$  bývají ovlivněny srážkami a kolísáním teplot. Během studia stravování se kyslík využívá jen zřídka. (Tsutaya a Yoneda, 2015; Kovačiková a Brůžek, 2008a; Valas, 2015, Jungerová, 2010)

### 6.1.5. Síra

V přírodě síru najdeme ve čtyřech izotopech  $^{32}\text{S}$  (v zastoupení 95 %),  $^{33}\text{S}$  (v zastoupení 0,76 %),  $^{34}\text{S}$  (v zastoupení 4,22 %) a  $^{36}\text{S}$  (v zastoupení 0,014 %). Mezinárodním standardem pro měření je CDT – *Canyon Diablo Troilite*. (Katzenberg, 1992; Kovačiková a Brůžek, 2008a) Stanovuje se poměr izotopu  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ . (Hladíková, 1988) Síra nám ukazuje poměr potravy získané z pozemních zdrojů, sladkovodních zdrojů nebo mořských zdrojů. Tato metoda se využívá při studiu odstavování, především k získání informací o původu stravy. (Tsutaya a Yoneda, 2015; Howcroft, Eriksson a Lidén, 2012; Kovačiková a Brůžek, 2008a; Valas, 2015; Jungerová, 2010)

## 6.2. Analýza stopových prvků

Stopové prvky najdeme jen ve velmi malém množství. Analýzou stopových prvků z kostní nebo zubní tkáně můžeme zjistit, která strava převládala ve stravování. Jestli rostlinná nebo živočišná. A jestli při konzumaci byly využívány suchozemské nebo mořské zdroje potravy. (Smrčka, Jambor a Salaš, 2004) Pomocí kovů alkalických zemin, stroncia (Sr) nebo barya (Ba), můžeme rekonstruovat proces kojení a odstavení u moderních i minulých společností. Stroncium a baryum jsou kovy alkalických zemin, které se v organizmech chovají jako vápník (Ca). Označujeme je jako Sr/Ca nebo Ba/Ca. Oba prvky nemají žádnou metabolickou funkci a nejsou pod homeostatickou kontrolou a jejich

hodnoty v kostních nebo zubních tkáních ukazují jejich obsahy v konzumované stravě. (Tsutaya a Yoneda, 2015). Měříme je pomocí hmotností spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem<sup>7</sup>. (Sillen a Kavanagh, 1982; Pate, 1994; Katzenberg a Harrison, 1997) V přírodě dochází ke kontaminaci vzorků jinými stopovými prvky. Výsledky jsou méně spolehlivé. (Kovačiková a Brůžek, 2008) Analýza stroncia v kostech nám ukazuje zastoupení rostlinné složky ve stravě. Pomocí analýzy zinku zjistíme zastoupení živočišných bílkovin ve stravě. (Smrčka, 2005)

Stroncium i barym se dostávají do potravního řetězce prostřednictvím vody nebo rostlin, kteří je přijímají společně s vápníkem z okolní půdy. (Szostek, Glab a Pudlo, 2009) Obsah obou prvků je v kostní i zubní tkáni nižší než ve zkonsumované stravě. To se stává během biopurifikace, kdy organismus vstřebává dříve vápník než barym a stroncium. Naopak barym i stroncium je dříve odstraňováno ze zažívacího traktu. Během procesu biopurifikace jsou redukovány poměry Sr/Ca i Ba/Ca oproti poměrům ve zkonsumované stravě. Hodnoty poměrů Sr/Ca a Ba/Ca s rostoucí trofickou úrovní klesají. (Burton, Price a Middleton, 1999; Sponheimer, et al., 2005) S každou vyšší pozicí v potravním řetězci klesá poměr Sr/Ca o 70 % a poměr Ba/Ca o 84 %. (Peek a Clementz, 2012) Stroncium i barym se používalo k rozlišení rostlinné a masité stravy. Se zvýšením obsahu masa se předpokládalo, že se bude snižovat poměr stroncia a barya v kostních nebo zubních tkáních. Výsledky nebyly přesvědčivé, protože potraviny, které obsahují více vápníku, na sebe vážou více stopových prvků v celkovém příjmu zkonsumované stravy. Potraviny, které obsahují nižší množství těchto prvků (maso a ryby) mohou mít v kostní nebo zubní tkáni vyšší obsah Sr/Ca nebo Ba/Ca než konzumenti převážně rostlinné stravy. Maso obsahuje více vápníku než rostlinná strava. Poměry Sr/Ca nebo Ba/Ca je lepší používat k rozlišení býložravců a masožravců. (Katzenberg a Saunders, 2008)

---

<sup>7</sup> ICP–MS hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

Stroncium a baryum lze využít k určení délky kojení a odstavování. K analýze se využívá především stroncium. Nové studie ukazují, že vhodnějším prvkem ke studiu kojení a odstavení bude baryum. Analyzuje se poměr Sr/Ca nebo Ba/Ca v částech zubu, které pocházejí z období, kdy bylo dítě kojeno nebo odstaveno a z běžné stravy. (Austin, et al., 2003) Poměr Ba/Ca je nejvyšší v zubech, které se utvářeli v období kojení nebo odstavování. Tento jev je dán vysokým obsahem barya v mateřském mléce, který má dobrou biodostupnost z mateřského mléka. Biodostupnost je podpořena fosfopeptidy, které jsou uvolňovány při trávení kaseinu. Podobně jako vápník. Důležitý je však obsah vápníků v mateřském mléce. (Austin, et al., 2013; Dolphin, Goodman a Amarasiriwardena, 2005) Stroncium se využívá podobně jako baryum, ale vznikají dvě rozdílné teorie, jaké hodnoty poměru Sr/Ca by měly vykazovat. Jedna varianta ukazuje, že hodnoty Sr/Ca jsou nejvyšší v období, kdy je dítě kojeno nebo odstavováno. Tedy, kdy se stroncium chová jako baryum. (Austin, et al. 2013). Druhá varianta ukazuje, že nejnižší hodnoty Sr/Ca jsou v období kojení a během procesu odstavování. Tento rozdíl se vysvětluje transportem stroncia skrze mléčné žlázy během kojení. (Tsataya a Yoneda, 2015; Humphrey, et al., 2008; Mays, 2003, Valas, 2015)

## **7. Příklady využití stabilních izotopů a stopových prvků v praxi**

Využití stabilních izotopů ke studiu stravování, především kojení a odstavení, využila ve své studii Sylva Kaupová a její kolegové, kteří se zaměřili na stravování u městského a venkovského obyvatelstva v oblasti Mikulčic ve Velkomoravské říši. Snažili se zjistit, jaká byla délka kojení a doba odstavení v devátém a desátém století na území dnešní České republiky. Stopové prvky stroncium a baryum k poměru s vápníkem použila ke své studii Christine Austin a kolektiv spolupracovníků. (Kaupová, et al., 2014, Austin, et al., 2013)

### **7.1. Využití stabilních izotopů dusíku a uhlíku**

Sylva Kaupová a její kolektiv spolupracovníků studovali stravování ve městě a na venkově v raném středověku střední Evropy. Studie probíhala ze vzorků z devátého a desátého století z oblasti Velkomoravské říše, konkrétně z městské oblasti Mikulčice a z venkovských oblastí Josefov a Prušánky. V devátém a desátém století probíhali ve středověku velké kulturní a společenské změny. Vzniknul slovanský stát. Změny se týkaly vývoje ekonomické a politické struktury státu a ve Velkomoravské říši bylo přijato křesťanství. Vznikala první městská centra. Dříve na tomto území byly venkovy a domorodé komunity. Studie Sylvi Kaupové a spolupracovníků se zaměřuje na období kojení a odstavení mezi vzorky městské nebo venkovské Velkomoravské populace. (Kaupová, et al., 2014)

Vliv na růst a zdraví kojence nebo dítěte má doba výlučného kojení a načasování zavedení doplňkových potravin i konečné ukončení kojení. Proces kojení je velice variabilní, protože jsou rozdílné podmínky životního prostředí, kulturní a ekonomické podmínky. Vliv na dobu kojení a odstavení měl i hladomor nebo válčení, ale i náročnost povolání matky. Na dobu kojení měli vliv i lékařské a náboženské kulturní faktory. V důsledku těchto faktorů nemusela doba kojení zajistit fyziologické



potřeby dítěte a ohrožovala jeho zdraví, růst a vývoj. Při narození je izotopové složení tkání u dítěte podobné jako u matky. Kojené dítě je o jednu trofickou úroveň výš než matka, proto v období kojení vykazuje jiné hodnoty  $^{15}\text{N}$  a  $^{13}\text{C}$  než matka. Během odstavení klesá příjem mateřského mléka a tím se mění i hodnoty  $^{15}\text{N}$  a  $^{13}\text{C}$ . Můžeme tedy pozorovat zavedení první nemléčné stravy a zjistíme, jaká byla délka odstavování. K určení délky kojení se využívají kostní nebo zubní tkáň. Kostní tkáň se obměňuje, proto nám ukazuje stravovací návyky především v období před smrtí. V zubech jsou zachovávané informace o izotopickém složení stravy v době vývoje zubu. Tyto informace zde zůstávají po celý život. (Kaupová, et al., 2014)

Kosterní materiál pocházel ze tří míst Velkomoravské říše, dnešního území České republiky. Vzorek městského obyvatelstva byl odebrán z komplexu Mikulčice. Vzorek venkovského obyvatelstva byl z oblasti lokalit Josefov a Prušánky. Mikulčice byly pravděpodobně významným mocenským centrem Velkomoravské říše a centrem křesťanství. Měský komplex tvořilo opevněné centrum (včetně akropole a nádvoří) a předměstí, které se postupně rozrůstalo. Za padesát let archeologických výzkumů bylo odkryto více než 2500 hrobů z předměstí a akropole, které jsou datovány do devátého a desátého století. Jedná se pravděpodobně o dynastické hroby místní elity. V církevních budovách jsou bohatě vybavené hroby. Josefov se nachází sedm kilometrů od centra Mikulčice a jedná venkovské moravské pohřebiště. Bylo zde odkryto 171 hrobů s ostatky 178 jedinců. Pohřební výbava byla jednoduchá, jednalo se převážně o keramiku. Prušánky se nacházejí 9,5 kilometrů od centra Mikulčice. Bylo odkryto 376 hrobů. Zde se pravděpodobně nacházela vyšší sociální stratifikace než v Josefově. Celkem bylo pro studii vybráno 144 jedinců z Mikulčického hradu a 158 jedinců z venkovských hřbitovů v Josefově a Prušánkách s věkem v době smrti kolem šesti let. Pro izotopové studie bylo vybráno 23 jedinců z Mikulčic a 18 jedinců z Josefova. Kosterní pozůstatky z venkovského

hřbitova v Prušánkách nebyly vhodné pro analýzu stabilního izotopu. (Kaupová, et al., 2014)

Při této studii byly použity metody odhadu věku smrti, izotopové analýzy, morfologické analýzy a statistické analýzy. Věk byl odhadován podle metody zubního stárnutí podle Liversidge a kolektivu (1998). V několika případech se tato metoda nemohla využít a podle normy Moorrees a kolektivu (1963) bylo použito třídění podle Smitha (1991). (Kaupová, et al., 2014; Liversidge, et al., 1998; Moorrees, et al., 1963; Smith, 1991) U izotopové analýzy zubního dentinu bylo odebráno 50 mg vzorku z vyvíjejícího se zubního kořene různých věkových skupin. Kde to bylo možné, odebral se vzorek první a druhé stoličky. U nejmladších jedinců, kteří neměli rozvinuté kořeny stoliček, špičáků ani řezáků byly odebrány vzorky ze dvou zubů, aby bylo získáno dostatečné množství dentinu. A poté bylo odebráno 80 mg z čelistní kosti každého jedince. Kolagen se odebíral podle Longina (1971). Po analýze vzorků byla hodnota  $\delta^{15}\text{Nt-b}^8$  u kojenných dětí vyšší než 0,4 ‰ a u dětí, které byly odstaveny, byla hodnota  $\delta^{15}\text{Nt-b}$  nižší než -0,4 ‰. (Kaupová, et al., 2014; Longin, 1971)

Z celkového počtu 41 osob odpovídalo 14 jedinců z města a 11 jedinců z venkova měřeným hodnotám. Výsledky ukázaly velkou variabilitu stravovacích návyků u Velkomoravské populace. Ve venkovském vzorku z Josefova byly skoro všechny děti mladší než dva roky výlučně kojeny. Jejich hodnota  $\delta^{15}\text{Nt-b}$  byla vyšší než 0,4 ‰. Nejmladší děti byly odstavovány během třetího roku života. Vzorek dětí ve věku 3-5 let byl malý, proto není možné rozlišit přesný věk, kdyby byly děti odstaveny. Předpokládá se, že po dosažení dvou let začínal proces odstavování, který končil v průběhu čtvrtého roku života. V městském vzorku byla pozorována větší variabilita. Nejmladší děti byly odstaveny v průběhu druhého roku života. Ostatní děti přijímaly mateřské mléko ještě ve věku čtyř let. Tato prodloužená doba není zcela vyjímečná. Podle

---

<sup>8</sup>  $\Delta^{15}\text{Nt-b}$  - průměrná hodnota  $^{15}\text{N}$  ze zubní a kostní tkáně

archeologických důkazů Herrscher z let 2003 a 2005 a Waters-Rist a kolektivu z roku 2011 se našly příklady prodlouženého kojení ve třetím nebo čtvrtém roce života. V některých případech byl zaznamenán věk odstavení více než šest let, například ve studii Dettwyler z roku 2004. (Kaupová, et al, 2014; Herrscher, 2003; Herrscher, 2005; Waters-Rist, et al., 2011; Dettwyler, 2004) Podle Fullera a kolektivu spolupracovníků z roku 2006 je  $\delta^{13}\text{C}$  vhodným indikátorem pro studii zavedení doplňkové stravy. Ve studii Kaupové a kolektivu nebyl zaznamenán klesající trend hodnot  $\delta^{13}\text{Ct-b}^9$ , který by byl možný použít jako indikátor odstavení. Hodnoty  $\delta^{13}\text{Ct-b}$  byly  $\pm 1,2$  ‰, které obecně ukazují na hodnoty výlučného kojení v trofické úrovni. Pravděpodobně ve věku dvou až čtyř let bylo u populace Velkomoravské říše zavedeno do stravování proso nebo mléko od zvířat. (Kaupová, et al., 2014, Fuller, et al., 2006)

U Velkomoravské populace nebyla objevena optimální norma délky kojení, která by byla možná aplikovat u městského nebo venkovského obyvatelstva. Z biologického hlediska je velmi pozoruhodným jevem velká variabilita v chování během odstavování u městského obyvatelstva. Na délku kojení městského obyvatelstva mohl mít velký vliv přijetí náboženství. Mikulčice byly významným křesťanským centrem a zavedení nových pravidel mohlo být přijato dříve než u venkovského obyvatelstva. Další možností, která mohla mít vliv na dobu kojení, byla migrace. Třetí možností, která mohla mít vliv na délku kojení je socio-ekonomický status. Děti, které byly kojeny ještě ve věku čtyř až pěti let, měli vysoký socio-ekonomický status, protože byly pohřbeny do hrobů s kovovým zbožím nebo šperky. Děti, které byly odstaveny před dosažení věku dvou let, byly pohřbeny do hrobů bez této pohřební výbavy. Poslední možností, která může mít vliv na délku kojení je životní prostředí a kulturní přesvědčení (individuální rozhodnutí matek, zdravotní stav matky, další těhotenství matky, problémy s kojením a přijímání kojení kojencem, práce matky nebo smrt matky. Kojení bylo prodlouženo v případě nedostatku potravin

---

<sup>9</sup>  $\Delta^{13}\text{Ct-b}$  – průměrná hodnota  $^{13}\text{C}$  ze zubní a kostní tkáně

v domácnosti, nebo když byly děti slabé, podvýživné nebo nemocné. (Kaupová, et al., 2014)

Analýza stravovacích návyků dětí z archeologického naleziště Velké Moravy ukazuje, že je velká variabilita u vzorků z městské části v porovnání s venkovskou populací. Velká variabilita je v délce kojení i počátku odstavení. Pravděpodobně zde můžeme nalézt kulturní faktory, které ovlivňují chování během kojení a odstavování. (Kaupová, et al., 2014)

## 7.2. Využití stopových prvků barya a stroncia

Časný přechod ve stravování ukazuje základní aspekty evoluce primátů a je důležitým determinantem zdraví u současných lidských populací. Odstavení má škodlivý vliv na zdraví, ale umožňuje zkrátit intervaly mezi dvěma porody, tím ovlivňuje populační růst. Analýza zubů lidských dětí a makaků, kteří byly chováni v zajetí, ukazuje, že distribuce barya odráží stravovací změny. V paleolitu u juvenilních neandrtálců byla doba výlučného kojení sedm měsíců, poté byly zavedeny doplňky stravy. Zavedení doplňující stravy mělo za následek změnu hladiny barya ve sklovině, která se vrátila na hodnotu v prenatálním období. To znamenalo, že se jednalo o vysazení kojení ve věku 1,2 let. Analýza prvních stoliček u makaků ukázala také rozdíly v poměru Ba/Ca mezi prenatálním a postnatálním obdobím. Časové mapování ukázalo, že se poměr Ba/Ca zvyšuje v prvních 3-3,5 měsících věku dítěte a snižuje se s poklesem sání a zahájením doplňkové stravy. V extrémních případech je jedinec oddělen od své matky po dobu několika týdnů. Podobné hodnoty jako u makaků vykazovala i chemická analýza skloviny první stoličky u neandrtálců. (Austin, et al., 2013)

Stroncium může být náchylné k diagenetickým změnám, protože má vyšší vodivost. U zubu neandrtálců, které byly z období po porodu a z období kolem 1,2 roku života, byly pozorovány hodnoty Ba/Ca a Sr/Ca v období výlučného kojení a v období zavedení doplňků stravy. Hodnoty

Sr/Ca byly méně jasné než hodnoty Ba/Ca. Poměr Ba/Ca ukázal větší rozlišení přechodů mezi jednotlivými typy stravování než poměr Sr/Ca. Měření izotopů stroncia v zubní sklovině přinesla užitečné údaje o migraci. Lidé tedy mohou odstavovat své potomky ve věku kolem jednoho roku u šimpanzů kolem 4,2 let. Průměrná doba odstavení je však u lidí 2,3-2,6 let a u šimpanzů 5,3 let. (Austin, et al., 2013)

## 8. ZÁVĚR

Období kojení je jedním z nejdůležitějších období v lidském životě. Prostřednictvím mateřského mléka je dítěti předávána základní výživa, které pokrývá jeho energetické nároky a zajišťuje mu základní imunitní systém během prvních měsíců života. (Humphrey, 2010) Minimální doba výlučného kojení by měla být nejméně šest měsíců. (World Health Organization, 2016; Fewtrell, et al., 2007; Kramer a Kakuma, 2009) Dle studie Sellen je doba kojení velmi individuální a každá společnost má toto období různě dlouhé. Variabilita je i v zavedení první doplňkové stravy i ve věku konečného odstavení. (Sellen, 2001)

Proces odstavování začíná přijetím první nemléčné stravy a končí dnem, kdy bylo mateřské mléko zcela odstraněno z jídelníčku dítěte. (Humphrey, 2010) Odstavování je závislé i na kulturních faktorech, kterými mohou být náboženství nebo způsob obživy. Záleží i na sociální struktuře společnosti, a jestli má žena dostatek prostoru pro kojení. (Humphrey, 2010; Tsutaya a Yoneda, 2015)

Kojení a odstavení u minulých lidských populací nám ukazuje, jak se vyvíjel jedinec, případně celá společnost. Pro zjištění těchto skutečností u minulých populací používáme kosterní pozůstatky, zejména tvrdé tkáně, zuby a kosti. U současných populací můžeme zkoumat i měkké tkáně, jako jsou vlasy nebo nehty. I studie kojení a odstavení jedné společnosti může vykazovat velkou variabilitu délky kojení a odstavení. Rozdíly najdeme u městského obyvatelstva i venkovského obyvatelstva. (Tsutay a Yoneda, 2015; Kaupová, et al., 2014)

Biochemická analýza stabilních izotopů a stopových prvků, především dusíku nebo uhlíku, kyslíku a síry a poměru Sr/Ca nebo Ba/Ca pomáhá analyzovat, jak dlouho bylo dítěte kojeno, kdy byla přidána nemléčná strava, a začal proces odstavování, a kdy byl tento proces ukončen. Můžeme zjistit, jaká strava u dětí převládala. Zda to byla strava rostlinného nebo živočišného původu. (Tsutaya a Yoneda, 2015)

## 9. POUŽITÁ LITERATURA

Austin, C., Smith, T. M., Bradman, A., Hinde, K., Joannes-Boyau, R., Bishop, D., Hare, D. J., Doble, P., Eskenazi, B., Arora, M. (2013). Barium distributions in teeth reveal early-life dietary transitions in primates. *Nature*, 498: 216-219.

Beaumont, J., Geber, J., Powers, N., Wilson, A., Lee-Thorp, J., Montgomery, J. (2013). Victims and survivors: stable isotopes used to identify migrants from the Great Irish Famine to 19th century London. *American journal of physical anthropology*, 150: 87-98.

Bogin, B. A. (1997). Evolutionary hypotheses for human childhood. *Yearbook of Physical Anthropology*, 40: 63-89.

Bourbou, C., Fuller, B. T., Garvie-Lok, S. J., Richards, M. P. (2013). Nursing mothers and feeding bottles: reconstructing breastfeeding and weaning patterns in Greek Byzantine populations (6th–15th centuries AD) using carbon and nitrogen stable isotope ratios. *Journal of Archaeological Science*, 40: 3903-3913.

Burton, J. H., Price, T. D. (1990). The ratio of barium to strontium as a paleodietary indicator of consumption of marine resources. *Journal of Archaeological Science*, 17: 547–557.

Burton, J. H.; Price, T. D.; Middleton, W. D. (1999). Correlation of bone Ba/Ca and Sr/Ca due to biological purification of calcium. *Journal of Archaeological Science*, 26. 609-616.

Crawford, K., McDonald, R. A., Bearhop, S. (2008). Applications of stable isotope techniques to the ecology of mammals. *Mammal Review*, 38: 87-107.

Crowley, B. E. (2012). Stable isotope techniques and applications for primatologists. *International Journal of Primatology*, 33: 673-701.

Čamková, K. (2015). Základní důvody ukončení kojení: zkušenosti kohorty ELSPAC. Brno. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Lékařská fakulta.

Čihák, R. (2002). Anatomie 2. 2. upr. a dopl. vyd. Praha: Grada.

Dean, M. C., Beynon, A. D., Reid, D. J., Whittaker, D. K. (1993). A longitudinal study of tooth growth in a single individual based on long-and short-period incremental markings in dentine and enamel. *International Journal of Osteoarchaeology*, 3: 249-264.

Dean, M. C., Scandrett, A. E. (1995). Rates of dentine mineralization in permanent human teeth. *International Journal of Osteoarchaeology*, 5: 349-358.

Kellner, C. M., Schoeninger, M. J. (2000). A simple carbon isotope model for reconstructing prehistoric human diet. *American Journal of Physical Anthropology*, 133: 1112–1127.

Dettwyler, K. A. (2004). When to wean: biological versus cultural perspectives. *Clinical obstetrics and gynecology*, 47: 712-723.

Dettwyler, K. A., Fishman, C. (1992). Infant feeding practices and growth. *Annual Review of Anthropology*, 21: 171-204.

Dewey, K. G., Brown, K. H. (2003). Update on technical issues concerning complementary feeding of young children in developing countries and implications for intervention programs. *Food and nutrition bulletin*, 24: 5-28.

Diaz, A. L.; O'Connell, T. C.; Maher, L. A.; Stock, J. T. (2012). Subsistence and mobility strategies in the Epipalaeolithic: a stable isotope analysis of human and faunal remains at 'Uyun al-Hammam, northern Jordan. *Journal of Archaeological Science*, 39: 1984- 1992.

Dokládál, M. (1994). Anatomie zubů a chrupu. Masarykova univerzita. Brno.



Dolphin, A. E., Goodman, A. H., Amarasiriwardena, D. D. (2005). Variation in elemental intensities among teeth and between pre- and postnatal regions of enamel. *American journal of physical anthropology*, 128: 878–888.

Kinaston, R. L., Buckley, H. R., Halcrow, S. E., Spriggs, M. J., Bedford, S., Neal, K., Gray, A. (2009). Investigating foetal and perinatal mortality in prehistoric skeletal samples: a case study from a 3000-year-old Pacific Island cemetery site. *Journal of Archaeological Science*, 36: 2780-2787.

Dupras, T. L., Schwarcz, H. P., Fairgrieve, S. I. (2001). Infant feeding and weaning practices in Roman Egypt. *American Journal of Physical Anthropology*, 115: 204-212.

Dupras, T. L., Tocheri, M. W. (2007). Reconstructing infant weaning histories at Roman period Kellis, Egypt using stable isotope analysis of dentition. *American Journal of Physical Anthropology*, 134: 63-74.

Fewtrell, M. S., Morgan, J. B., Duggan, C., Gunnlaugsson, G., Hibberd, P. L., Lucas, A., Kleinman, R. E. (2007). Optimal duration of exclusive breastfeeding: what is the evidence to support current recommendations?. *The American journal of clinical nutrition*, 85: 635S-638S.

Frank, R. M., Sargentini-Maier, M. L., Turlot, J. C., Leroy, M. J. F. (1989). Zinc and strontium analyses by energy dispersive X-ray fluorescence in human permanent teeth. *Archives of oral biology*, 34: 593–597.

Fry, B. (2007). *Stable isotope ecology*. Springer Science & Business Media.

Fuller, B. T., Fuller, J. L., Harris, D. A., Hedges, R. E. (2006). Detection of breastfeeding and weaning in modern human infants with carbon and nitrogen stable isotope ratios. *American Journal of Physical Anthropology*, 129: 279-293.

Fuller, B. T., Molleson, T. I., Harris, D. A., Gilmour, L. T., Hedges, R. E. M. (2006a). Isotopic Evidence for Breastfeeding and Possible Adult Dietary Differences from Late/Sub-Roman Britain. *American Journal of Physical Anthropology*, 129: 45-54.

Fuller, B. T., Richards, M. P., Mays, S. A. (2003). Stable carbon and nitrogen isotope variations in tooth dentine serial sections from Wharram Percy. *Journal of Archaeological Science*, 30: 1673-1684.

Herrscher, E. (2003). Alimentation d'une population historique. Analyse des données isotopiques de la nécropole Saint-Laurent de Grenoble (XIIIe-Xe siècle, France). *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 15: 149-269.

Herrscher, E. (2005). Comportements socioculturels liés à l'allaitement et au sevrage: le cas d'une population Grenobloise sous l'ancien régime. *Ann Fyssen*, 20: 46-66.

Hewlett, B. S., Lamb, M. E. (Eds.). (2005). *Hunter-gatherer childhoods: evolutionary, developmental, and cultural perspectives*. Transaction Publishers.

Hillson, S. (1996). *Dental anthropology*. Cambridge University Press.

Hladíková, J. (1988). *Základy geochemie stabilních izotopů lehkých prvků*. Univerzita J. E. Purkyně, Brno.

Hoefs, J. (2010). *Stable isotope geochemistry*. Springer Science & Business Media.

Howcroft, R., Eriksson, G., Lidén, K. (2012). Conformity in diversity? Isotopic investigations of infant feeding practices in two Iron Age populations from southern Öland, Sweden. *American journal of physical anthropology*, 149: 217-230.

Hrstková, H., Bajer, M., Bajerová, K., Matuška, J., Vorlová, L. (2003). Výživa kojenců a mladších batolat. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, str. 77.

Humphrey, L. T. (2010). Weaning behaviour in human evolution. In *Seminars in cell & developmental biology*, 21:453-461. Academic Press.

Humphrey, L. T., Dean, M. C., Jeffries, T. E., Penn, M. (2008). Unlocking evidence of early diet from tooth enamel. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105: 6834-6839.

Huták, R. J. (2011). Výukový atlas zubů člověka. Masarykova univerzita. Brno.

Jungerová, J. (2010). Metody výzkumu migrací historických populací na základě jejich kosterních pozůstatků. Brno. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Přírodovědecká fakulta.

Kang D., Amarasiriwardena D., Goodman A.H. (2004). Application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-ICP-MS) to investigate trace metal spatial distributions in human tooth enamel and dentine growth layers and pulp, *Paper in forefront, Anal Bioanal Chem*, 378: 1608–1615.

Katzenberg, M. A. (1992). Advances in stable isotope analysis of prehistoric bones. *Skeletal biology of past peoples: research methods*. Wiley-Liss, New York, 105-119.

Katzenberg, M. A., & Saunders, S. R. (2008). *Biological anthropology of the human skeleton*, 2nd edn. Hoboken (NJ).

Katzenberg, M. A., Harrison, R. G. (1997). What's in a bone? Recent advances in archaeological bone chemistry. *Journal of Archaeological Research*, 5: 265–293.

Katzenberg, M. A., Herring, D., Saunders, S. R. (1996). Weaning and infant mortality: evaluating the skeletal evidence. *American Journal of Physical Anthropology*, 101: 177-199.

Kaupová, S., Herrscher, E., Velemínský, P., Cabut, S., Poláček, L., Brůžek, J. (2014). Urban and rural infant-feeding practices and health in early medieval Central Europe (9th–10th Century, Czech Republic). *American journal of physical anthropology*, 155: 635-651.

Kohn, M. J.; Schoeninger, M. J.; Valley, J. W. (1996). Herbivore tooth oxygen isotope compositions: Effects of diet and physiology. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 60: 3889-3896.

Komínek, J., Rozkocová, E., Toman, J. (1980). *Dětská stomatologie*. 4. vyd. Praha: Avicenum. Učebnice pro lék. fakulty.

Kovačiková, L., Brůžek, J. (2008a). Stabilní izotopy a bioarcheologie – výživa a sledování migrací v populacích minulosti (1). *Živa*, 1: 42-45.

Kovačiková, L., Brůžek, J. (2008b). Stabilní izotopy a bioarcheologie – výživa a sledování migrací v populacích minulosti (2). *Živa*, 2: 87-90.

Krajčovičová, M. (2011). Studium distribuce prvků v biominerálech s využitím laserové spektroskopie (LIBS+ LA-ICP-MS). Brno. Diplomová práce. Masarykova univerzita. Přírodovědecká fakulta.

Kramer, M., Kakuma, R. (2009). Optimal duration of exclusive breastfeeding (review). *The Cochrane Library*.

Kudlová, E., Mydlilová, A. (2005). *Výživové poradenství u dětí do dvou let*. Grada.

Lee, P. C. (1996). The meanings of weaning: growth, lactation, and life history. *Evolutionary Anthropology Issues News and Reviews*, 5: 87-98.

Lee-Thorp, J. A. (2008). On isotopes and old bones\*. *Archaeometry*, 50: 925-950.

Lewis, M. E. (2007). *The bioarchaeology of children: perspectives from biological and forensic anthropology*. Cambridge University Press, 50.

Liversidge, H. M., Herdeg, B., Rösing, F. W. (1998). *Dental age estimation of non-adults. A review of methods and principles*. Springer Vienna.

Longin, R. (1971). New method of collagen extraction for radiocarbon dating. *Nature*, 230: 241-242.

Malínský, J., Malínská, J., Michalíková, Z. (2005). *Morfologie orofaciálního systému*. Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc.

Mays, S. (2003). Bone strontium: calcium ratios and duration of breastfeeding in a Mediaeval skeletal population. *Journal of Archaeological Science*, 30: 731-741.

Michaelsen, K. F., Weaver, L., Branca, F., Robertson, A. (2000). *Feeding and Nutrition of Infants and Young Children*. Copenhagen: WHO Regional Publications, European Series, No. 87.

Molleson, T. (1988). Trace elements in human teeth. *Trace Elements in Environmental*. Springer Berlin Heidelberg, 67–82.

Moorrees, C. F., Fanning, E. A., Hunt, E. E. (1963). Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *Journal of dental research*, 42: 1490-1502.

Mrowetz, M., Chrástilová, G., Antalová, I. (2011). *Bonding-porodní radost: podpora rodiny jako cesta k ozdravení porodnictví a společnosti?*. DharmaGaia.

Mutch, C. (2004). Weaning from the breast. *Paediatrics & Child Health*, 9: 249-253.

Mydlilová, A. 2006. Standardní praktické pokyny pro kojení v ČR. MZ ČR, str. 60.

Nevoral, J., Paulová, M. (2007). *Výživa kojenců*. 2. vyd. Praha: Státní zdravotní ústav.

Novotná, I. (2009). *Mateřské mléko versus jeho náhrady*. Brno. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Lékařská fakulta.

Pate, F. D. (1994). Bone chemistry and paleodiet. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 1: 161–209.

Paulová, M. (2008a). Složení mateřského mléka a význam jeho složek - 1. část. *Vox pediatrics*, roč. 8., č. 4., str. 24.

Paulová, M. (2008b). Složení mateřského mléka a význam jeho složek – 2. část. *Vox pediatrics*, roč. 8., č. 5., str. 46.

Paulová, M. (2008c). Složení mateřského mléka a význam jeho složek – 3. část. *Vox pediatrics*, roč. 8., č. 6., str. 40–41.

Peek, S.; Clementz, M. T. (2012). Sr/Ca and Ba/Ca variations in environmental and biological sources: A survey of marine and terrestrial systems. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 95: 36-52.

Reitznerová, E., Amarasiriwardena, D., Kopčáková, M., Barnes, R. M. (2000). Determination of some trace elements in human tooth enamel. *Fresenius journal of analytical chemistry*, 367: 748–754.

Roztočil, A. (2008). *Moderní porodnictví*. Grada.

Sandberg, P. A., Loudon, J. E., Sponheimer, M. (2012). Stable isotope analysis in primatology: a critical review. *American journal of primatology*, 74: 969-989.

Sellen, D. W. (2001). Comparison of infant feeding patterns reported for nonindustrial populations with current recommendations. *The Journal of nutrition*, 131: 2707-2715.

Schneidrová, D. (2005). Podpora kojení a stav výživy kojenců v České republice na konci 90. Let: Analýza faktorů ve vztahu k délce kojení v prvních šesti měsících života. Praha: Karolinum, str. 131.

Schoeninger, M. J., DeNiro, M. J. (1984). Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48: 625-639.

Schoeninger, M. J., DeNiro, M. J., Tauber, H. (1983). Stable nitrogen isotope ratios of bone collagen reflect marine and terrestrial components of prehistoric human diet. *Science*, 220: 1381-1383.

Schoeninger, M. J., Moore, K. (1992). Bone stable isotope studies in archaeology. *Journal of World Prehistory*, 6: 247–296.

Schwarcz, H. P., Schoeninger, M. J. (1991). Stable isotope analyses in human nutritional ecology. *American Journal of Physical Anthropology*, 34: 283–321.

Sillen, A., Kavanagh, M. (1982). Strontium and paleodietary research: a review. *American Journal of Physical Anthropology*, 25: 67–90.

Smith, B. H. (1991). Standards of human tooth formation and dental age assessment. In: Kelley M., Larsen C. S., editors. *Advances in dental anthropology*. New York: Wiley-Liss, 143–168.

Smrčka, V. (2005). Trace elements in bone tissue. Charles University in Prague, Karolinum Press.

Smrčka, V., Jambor, J., Salaš, M. (2004). Stopové prvky v kosterních souborech, využití v archeologii a antropologii. In: *Ve službách archeologie. 5. Sborník k sedmdesátinám RNDr. Emanuela Opravila, CSc. = In service to archeology. 5. This publication marks the 70th birthday of RNDr. Emanuel Opravil, CSc.* / Brno: Muzejní a vlastivědná společnost, 193-202.

Sponheimer, M.; de Ruiter, D.; Lee-Thorp, J.; Spath, A. (2005). Sr/Ca and early hominid diets revisited: new data from modern and fossil tooth enamel. *Journal of Human Evolution*, 48: 147-156.

Szostek, K.; Glab, H.; Pudlo, A., (2009). The use of strontium and barium analyses for the reconstruction of the diet of the early medieval coastal population of Gdansk (Poland): A preliminary study. *Homo-Journal of Comparative Human Biology*, 60: 359-372.

Tsutaya, T., Sawada, J., Dodo, Y., Mukai, H., Yoneda, M. (2013). Isotopic evidence of dietary variability in subadults at the Usu-moshiri site of the Epi-Jomon culture, Japan. *Journal of Archaeological Science*, 40: 3914-3925.

Tsutaya, T., Yoneda, M. (2013). Quantitative reconstruction of weaning ages in archaeological human populations using bone collagen nitrogen isotope ratios and approximate Bayesian computation. *PloS one*, 8: e72327.

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*, 156:2-21.

Valas, O. (2015). Analýza zubů pomocí laserové ablace a ICP-MS. Olomouc. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědná fakulta.

Waters-Rist, A. L., Bazaliiskii, V. I., Weber, A. W., Katzenberg, M. A. (2011). Infant and child diet in Neolithic hunter-fisher-gatherers from cis-baikal, Siberia: Intra-long bone stable nitrogen and carbon isotope ratios. *American journal of physical anthropology*, 146: 225-241.

Weber, T. (2012). *Memorix zubního lékařství*. Grada Publishing a.s.

Weigert, V. (2006). *Všechno o kojení*. Portál.



World Health Organization. (1998). Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge.

World Health Organization. (2009). Infant and young child feeding: model chapter for textbooks for medical students and allied health professionals.

World Health Organization. (2016). Infant and young child feeding.

## **10. RESUMÉ**

The subject of this bachelor thesis is the process reconstruction of breastfeeding and weaning. This process was analysed by biochemical analysis of stable isotopes, especially by nitrogen, carbon, oxygen, sulfur and trace elements, especially strontium, barium and calcium. We research human skeletal remains, especially teeth tissue and bone tissue.