

## Výzkum stopových prvků v kostní tkáni, její význam a využití

Letech 20. stol. se poprvé ukázalo, že nadchází nová éra ve výzkumu kosterních pozůstatků našich předků. V roce 1973 Brown a v roce 1975 Gilbert ukázali nový směr ke zkoumání chemické struktury kostní tkáně a význam jejího složení pro rekonstrukci složení potravy minulých populací.

Od té doby se zájem o tuto problematiku nezmenšil, naopak. Od roku 1989 bylo publikováno velké množství publikací týkající se tohoto tématu.

Výzkum a interpretace hladiny stopových prvků v kostní tkáni je poměrně kontroverzní téma, které vyvolává velké množství diskusí a polemik. Zásadní faktory, které ovlivňují tuto problematiku jsou diagenetické změny a postmortální rozklad těla, které ovlivňují složení kostní tkáně, složení půdy, hydrologické poměry atd. Abychom byli tedy schopni se touto problematikou ve svých výzkumech zabývat musíme proniknout do problematiky:

biochemického složení kostní tkáně,  
musíme znát procesy kterými prochází kostní tkáň po uložení do země, tedy biogenické a diagenetické procesy, které silným způsobem ovlivňují přítomnost prvků ve tkáni. Na tyto znalosti je potom možné navázat interpretací obsahu stopových prvků v kostní tkáni v souvislosti se složením potravy zkoumaného jedince nebo populace.

### Biogenicko – diagenetická rovnováha

Kostní tkáň ač je velmi tvrdá a její struktura vypadá že se mění jen obtížně, je naopak velmi dynamickou strukturou. Kostní tkáň je ve velmi úzkém kontaktu s okolním prostředím, kterému se přizpůsobuje. Toto je velice důležitý fakt, který musíme mít pořád na paměti, když se chceme zabývat hladinou stopových prvků v kostní tkáni. Je jedno, jestli je člověk pohřben v zemi nebo v rakvi nebo v hrobce. Prostředí, ve kterém se kostra nachází výrazně ovlivňuje složení kostní tkáně.

Zaživa má kosterní soustava důležitou úlohu depozita minerálů a udržení jejich homeostázy v organismu. Ionty jsou ukládány a vydávány v souladu s fyziologickými potřebami organismu. Složení kostní tkáně ovlivňuje růst a vývoj jedince, těhotenství, laktace, a tedy tyto fyziologické stavy také ovlivňují koncentraci makro a mikro elementů v kostní tkáni. Zajímavé je, že kostní tkáň svou dynamiku neztrácí ani po pohřbení. Už sice nedochází v kosti k fyziologickým pochodům a udržování hladiny prvků jako zaživa, ale zase dochází k výměně látek mezi kostí a okolním prostředím.

### Chemické složení kostní tkáně

#### Biogenní procesy

Biogenní procesy jsou odpovědné za ukládání a výdej chemických prvků u živé kostní tkáně. Jejich koncentrace v kosti se v ideálním případě vždy blíží hodnotám homeostáze. Jejich hladiny které do organismu přicházejí, ale jsou dány jejich příjmem v potravě a z okolního prostředí a jsou dále ovlivňovány metabolickými faktory jako jsou momentální stav organismu a jeho potřeba minerálů, tedy absorpcí a exkrecí, dále fyziologickými stavy jako jsou těhotenství, laktace nebo růst a vývoj organismu.

#### Klasifikace prvků a jejich funkce v organismu

Jak znáte např. z fyziologie, obvykle se chemické prvky v těle dělí na makro a mikro prvky. To podle toho jaké množství prvků je k bezchybnému chodu organismu třeba. Makroprvky tělo potřebuje v gramových množstvích, kdežto mikroprvky tělo potřebuje jen v mikrogramech. Mikroelementy dělíme dále na

1. základní, které přijímáme v potravě (bez nichž se tělo neobejde)

- 2.možné základní (jejichž význam není zcela jednoznačný)
- 3.neesenciální (které nutně nepotřebuje k životu)
- 4.toxické (po kterých se zhoršuje zdravotní stav)

Antropologické studie se většinou koncentrují na první a poslední kategorii, tedy na ty základní a toxické a na makroelementy.

Mezi makroelementy které jsou nezbytné pro chod organismu vyšších živočichů

Patří uhlík, vodík, dusík, vápník, fosfor, kyslík, draslík, síra, chlór, sodík a hořčík . Bez stálé hladiny těchto prvků v těle bychom nemohli existovat.

Naproti tomu o mikroprvcích se kdysi badatelé domnívali, že jde o kontaminaci organismu z vnějšího prostředí a že tyto prvky nehrají v lidském organismu žádnou roli. Dnes víme o 15 mikroelementech, že jsou pro tělo naprosto nezbytné a že je lze přijmout pouze v potravě.

Mezi těchto 15 prvků řadíme železo, zinek, měď, mangan, nikl, molybden, chrom, selen, jód a fluór. Tyto mikroprvky jsou většinou součástí enzymů a katalyzují specifické reakce v těle nebo nemají enzymatickou aktivitu ale metabolickou funkci.

Kategorie toxických prvků je velmi problematická, protože všechny stopové prvky jsou v podstatě toxické, pokud jsou přijímány ve vysokém množství. Proto z antropologického hlediska sem řadíme prvky, které jsou pro organismus toxické v nízkých množstvích řadíme sem olovo, kadmium a rtuť.

Prvky jsou do těla přijímány spolu s potravou. Antropologické studie, které se zabývají rekonstrukcí stravy na základě výzkumu stopových prvků se snaží zjistit poměr mezi masitou a rostlinnou složkou stravy. Např. potrava živočišného původu obsahuje vyšší koncentrace některých stopových prvků jako jsou zinek nebo měď než potrava, která obsahuje především rostlinnou složku. Naopak prvky jako stroncium, mangan, hořčík a vápník se častěji nacházejí ve vyšší koncentraci ve stravě rostlinného původu. Tedy pokud porovnáme koncentraci některých prvků, lze zrekonstruovat složení potravy u historických populací. S touto hypotézou je však spojeno několik problémů. Zaprvé množství stopových prvků v kostech u historických populací je často ovlivněno právě pobytem v zemi a koncentrace nemusí vyjadřovat skutečné koncentrace v kostech a dále máme často velice nespolehlivé informace o tom čím se tito lidé živili a hlavně můžeme tedy mít zkreslené představy o množství stopových prvků přítomných ve stravě historických populací. Buikstra a jeho spolupracovníci tuto skutečnost demonstrovali na rekonstrukci stravy amerických indiánů, jejichž potrava se skládala převážně z kukuřice a ořechů. Srovnali množství stopových prvků v prehistorických indiánských kostech a v jídle, které tradičně jedli indiáni kmene Hopi. Ukázalo se, že v indiánské stravě je hladina stopových prvků mnohem vyšší. U ořechů zjistili, že indiánské populace jedí ořechy bohaté na zinek a stroncium ale ořechy z jiných oblastí na tyto prvky nemusí být vůbec bohaté.

Podobné problémy máme také při odhadu co se stane se surovinami při přípravě potravy, tedy při vaření. Jak se změní poměr stopových prvků. Jak se ukazuje, určité množství stopových prvků může potravu kontaminovat z kuchyňského náčiní. Takovéto případy jsou dokumentovány v souvislosti s otravou olovem v pitné vodě (olověné trubky) a v potravě díky olovenému kuchyňskému nářadí. Toto bylo prokázáno u starých Řeků, Římanů nebo u amerických kolonistů. Naopak bylo zjištěno, že také železo z hrnců se dostává do potravy. To samozřejmě nemá negativní vliv na zdraví člověka. Bylo prokázáno, že když Bantuové připravují své kaffirové pivo v železných hrncích, do těla se jim dostává o 2-3 mg železa denně více než je normální denní dávka pro zdravého člověka a ukazuje se, že mezi dospělými příslušníky kmene Bantu se vyskytuje ve zvýšené míře hemosideróza právě v důsledku užívání železného nádobí. Jiná studie hovoří o železných vařících křováků (Kungů) jimiž si míchají stravu složenou z masa, zeleniny a ořechů a spojuje ji s absencí anemických onemocnění u obou pohlaví.

Samozřejmě stopové prvky se nacházejí všude kolem nás v okolním prostředí – v půdě, ve vodě. Např. právě příjem zinku a hořčíku může být zvýšený díky jejich přítomnosti v lokálním prameni nebo zdroji vody. Podobně se mohou na kosterních pozůstatcích vyskytovat symptomy různých nemocí vyvolaných právě přebytkem nebo nedostatkem některých stopových prvků ve vodních zdrojích.

Koncentrace stopových prvků v půdě může ovlivňovat jejich příjem do organismu v několika směrech. Přímo a nepřímo. Hladinu prvků v zemi odráží hladina těchto v rostlinách a tedy hladina stopových prvků se odrazí v potravním řetězci. Kromě toho prvky obsažené v půdě se dostanou do organismu také sekundárně, kontaminací potravy hlínou (např. špatně umytá zelenina). Např. v Etiopii je jejich hlavní obiloviny jsou velmi silně kontaminovány železem prostřednictvím metod pěstování, sklizně a skladování a jak se ukazuje díky tomu obyvatelé této oblasti konzumují denně 470mg železa. Musí nám však být jasné, že tito lidé sice to železo přijmou, ale ne všechno jejich organismus vstřebá.

Když to shrnu, tak je jasné, že příjem stopových prvků u historických populací byl ovlivněn z vnějšího prostředí, stejně jako je tomu u populací současných.

### Homeostáze prvků

Procesy absorpce a vylučování prvků stejně jako jejich skladování v organismu a jejich využití hrají roli v procesu ustavování homeostáze těchto prvků v organismu. Nejvíce množství prvku v těle ovlivňují jejich absorpce a výdej. Proto jsou tyto dva procesy považovány za nejdůležitější při rekonstrukci složení potravy u historických populací a tedy jsou velmi důležité při určování hladiny stopových prvků v kosterních pozůstatcích. Absorpce prvku je definována jako příjem prvku do těla, kde se vstřebá. Je sice pravda, že se tak děje prostřednictvím zažívacího traktu, ale existuje velká variabilita ve způsobu jak se do těla dostává, kde je skladován a jeho množství v těle. Nejdůležitější faktory, které ovlivňují množství stopových prvků v těle jsou: pohlaví, věk, zdravotní stav, složení potravy.

Především složky potravy a chemické látky v nich obsažené, mohou zásadně ovlivnit absorpci látek do těla a také jejich využití organismem. Hlavními faktory, které se podílejí na snížení hladiny prvků v těle jsou chemické reakce prvků mezi sebou a také chemické reakce s jinými prvky. Tyto reakce mohou být souběžné nebo protichůdné. Za antagonistický považujeme stav, kdy přítomnost jednoho nebo více prvků brání vstřebání (navázání) jiného prvku.

Většinou se jedná o situaci, kdy se na vazebná místa ve sloučenině navážou jiné prvky než ten potřebný a tedy jeho využití je inhibováno. Např. antagonisté zinku jsou vápník, měď, železo, kadmium a chrom. Naopak antagonisté mědi jsou molybden, zinek, železo a kadmium. Za určitých okolností mohou tyto reakce způsobit druhotný nedostatek některých stopových prvků. Většinou, ale nejsou nijak organismu škodlivé. Příkladem může být vysoký příjem molybdenu, který může vyústit v smrtelnou formu nedostatku mědi.

Jedním z nejlépe prostudovaných příkladů antagonistického působení stopových prvků je v lidské potravě je kyselina hexafosforečná (fytát), která brání absorpci mnoha stopových prvků jako jsou zinek, železo nebo hořčík. Tato látka se nachází v obilninách a dalších rostlinách. Tato kyselina vytváří velmi silné chemické vazby se stopovými prvky a tedy brání vstřebávání některých prvků. Proto se můžeme setkat s nedostatkem zinku u některých populací na středním východě, kde jsou právě obiloviny hlavní složkou stravy člověka. Jak ukázaly klinické studie, tento problém lze řešit přítomností vápníku a vlákniny.

Znalosti o látkách které naopak podporují příjem stopových prvků jsou také velmi důležité. Zatím jsou však jejich vlastnosti velmi málo prozkoumány a v podstatě není jasné, jak podporují metabolismus stopových prvků. Např. železo má patrně velké množství podpůrných látek. Jsou to např. kyselina askorbová, etanol, tyto látky mají velký vliv na ukládání nehemového železa v organismu a jeho využití. Ovšem podpůrné prvky zinku nebo mědi nejsou ještě dobře prozkoumány.

Procesy výdeje hrají také velmi důležitou roli v udržení homeostázy prvků v těle člověka. Po pojmem výdej si představujeme dvě reakce. Většinou je tímto termínem označováno odstranění neabsorbovaného množství prvku z těla pryč a to nejčastěji ve formě výkalů. Pravá exkrece je však definována jako uvolnění určitého množství dříve absorbovaného prvku z organismu. Tento proces se neděje pouze v zažívacím ústrojí, ale také prostřednictvím dalších cest jako jsou žluč, pankreatické šťávy, moč nebo pot. Stejně jako jsme mluvili u absorpce tak exkrece je ovlivněna mnoha faktory. Oby typy exkrece jsou specifické pro každý prvek.

Protože absorpce i exkrece stopových prvků jsou velice důležité při interpretaci výše hladiny stopových prvků v organismu musíme při jejich hodnocení brát v úvahu i další faktory jako je fyziologické stav organismu – tedy fáze růstu, těhotenství, laktaci, protože tyto stavy produkují fyziologický stres a s ním ovlivňují který prvek v jakém množství a jak rychle bude do organismu přijat anebo vydán.

Nejčastěji uváděný příklad takto ovlivněné homeostázy stopových prvků v organismu je těhotenství a laktace, které ovlivňují hladiny stroncia a vápníku v ženském těle. I když těhotná nebo kojící žena přijímá skrze střevní absorpci zvýšené množství obou prvků, přece jen je výdej stroncia inhibován ve prospěch vápníku a to prostřednictvím placenty a mléčné žlázy. Tedy v kostní tkáni bude mít takováto žena zvýšenou hladinu stroncia a sníženou hladinu vápníku. Jak se zdá tyto faktory také zapříčiňují vyšší hladiny stroncia a vápníku v ženském organismu obecně, tedy ženy mají tyto hladiny vyšší než muži a také ženy v reprodukčním věku mají tyto hladiny vyšší než ženy v menopauze. Dále vyšší látková výměna v kostní tkáni žen, těhotných a kojících by také měla přispět k odlišným hladinám těchto prvků mezi muži a ženami. Některé práce také ukazují vysoké hladiny stopových prvků u dětí, hlavně novorozenců. Jak se zdá mohlo by se jednat o akumulaci prvků v jejich organismu v průběhu intrauterinního vývoje.

#### Diagenetické procesy

Koncept diagenese byl vytvořen geology a měl zachytit procesy, které způsobují přeměnu sedimentů. Antropologie tento termín převzala a adaptovala ho na svůj výzkum.

Z antropologického hlediska se jedná o posmrtné změny v chemickém složení kostní tkáně po pohřbení kosti do země. Diagenetické procesy tedy řadíme k procesům taxonomickým. Jakmile se kosterní materiál dostane do země, poruší se homeostáza, která byla ustavena v průběhu života jedince v živé kostní tkáni a tato je nahrazena vytvořením nové homeostázy mezi kostí a chemickými procesy spojenými s prostředím v půdě. Tedy kostní tkáň může přijmout nebo odevzdat půdě některé látky. Diagenetické změny v anorganické složce kostní tkáně probíhají několika mechanismy. Prvky mohou být připojeny jako samostatné částice(krystaly) na praskliny a póry v kosti. Příkladem toho jsou kalcit  $\text{CaCO}_3$  a baryt  $\text{BaSO}_4$  nebo oxidy železnatý a hořečnatý. Dále rozpustné ionty, které se nacházejí v půdě mohou nahradit normálně přítomné ionty v krystalické mřížce hydroxyapatitu. V důsledku diagenese dochází v kosti k rekrystalizaci a růstu apatitových krystalů, protože v apatitu může docházet ke vzniku nových krystalů a struktura biogenního hydroxyapatitu, ze kterého je složena anorganická složka kostní tkáně může sloužit jako výchozí struktura pro vznik těchto nových struktur. Tedy v průběhu diagenese jsou nahrazeny prvky, ze kterých je složena kostní tkáň živými novými krystaly a strukturami jiného složení. Kationy stroncia, barya, olova nahrazují vápník. Aniony které se do struktury také dostávají obsahují hydroxylovou skupinu  $\text{OH}^-$ , fosforečnany  $\text{PO}_4^{3-}$  a většinou krystalizují na povrchu kosti. Fluoridy  $\text{F}^-$  se dotávají na hydroxylová místa a uhličitany  $\text{CO}_3^{2-}$  jsou nahrazeny fosfáty. Včleňování těchto látek do struktury kostní tkáně ji dělá více krystalickou více pravidelnou než je struktura kostní tkáně za živa. Diagenezi tedy můžeme považovat za jedno ze stádií fosilizace, kdy dochází ke změně struktury biogenního hydroxapatitu, ze kterého je tvořena živá kostní tkáň v jeho

normální mineralogické podobě. Víme že anorganická složka kostní tkáně má strukturu defektního hydroxapatitu a mění se tedy na pravidelný minerální hydroxyapatit. Stupeň diagenetických změn je ovlivněn opět velkým množstvím faktorů. Některé jsou vnitřní a některé vnější. Mezi vnější vlivy na změny v kostní tkáni počítáme:

- chemické složení půdy pohřebiště
- vlastnosti okolních sedimentů

Chemické složení půdy pohřebiště – nejdůležitější je PH půdy, které diagenetické změny kosti ovlivňuje největší měrou. Byla prokázána negativní korelace mezi výší PH a stupněm diagenese kostní tkáně. Gordon a Buikstra vytvořili 6 stupňovou stupnici která popisuje stupeň zachovalosti kostní tkáně. Dokonce vytvořili regresní rovnice, které umožňují predikci stupně zachovalosti kostry před vykopáním. Kdy je třeba znát PH pohřebiště a jeho dataci. Spolu s PH ovlivňují stupeň zachovalosti kostní tkáně další faktory jako jsou teplota, zastoupení mikroorganismů v půdě, hladina spodní vody. Na tyto faktory navazují lokální podmínky jako je textura půdy, její minerální složení, a množství organických látek v půdě. Vnitřní faktory, které ovlivňují diagenезi jsou hustota kostní tkáně, velikost kosti, mikrostruktura kosti a její biochemické složení.

Diagenese minerální složky kostní tkáně je svázána také s odbouráváním organických složek kosti. Což je proces, který je závislý na mikrobiální aktivitě v půdě. Mikroorganismy odbourávají stopové prvky kostní tkáně jednak při rozkladu kolagenu a jednak se na jejich odbourání podílejí kyselé metabolity které tyto mikroorganismy produkují, protože tyto způsobují kromě jiného také destrukci apatitové struktury kosti. Naopak houby přispívají k diagenetickým změnám tím, že do kostní tkáně přidávají prvky. Bylo prokázáno, že do kosti transportují bariem, které je později na kostní tkáň navázáno v podobě barytu.

Diagenetické procesy s sebou nesou ještě velké množství nezodpovězených otázek. Stopové prvky se liší v jejich náchylnosti k podlehnutí diagenetickým změnám. Avšak neexistuje prvek, který by těmto změnám nepodléhal. Jedním extrémem je mangan, jehož koncentrace mohou v určitých prostředích rapidně klesat. Na druhé straně zinek a stroncium se ukázaly jako prvky, které podléhají diagenetickým změnám poměrně v malé míře. Stroncium bylo dlouho považováno za zcela odolné těmto změnám. Dnes je jasné, že i stroncium podléhá změnám v různých prostředích. Jak se ukazuje nejen prvky jsou náchylné k diagenetickým změnám, ale také záleží na typu kosti. Čím je kost poréznější a řidší, čím má v sobě více amorfni hmoty, tím je náchylnější k diagenetickým změnám. Např. kosti nedospělých jedinců, zvláště malých dětí v sobě nesou velké koncentrace stopových prvků. Patrně je tomu tak proto, že v kostech těchto dětí je přítomna mnohem větší část amorfni kostní hmoty.

Koncentrace stopových prvků u těchto dětí do jednoho roku života může být také pozůstatek kumulace minerálních látek z období intrauterinního vývoje. Podobné procesy by měly být zachytitelné také v jiných tkáních. A na koncentraci prvků v kosti se podílejí také fyziologické faktory. Např. nízké hladiny železa než se předpokládalo byly dokumentovány ve vlasech nubijských dětí, které trpěly ve velké míře porotickou hyperostózou.

Je jasné, že kompaktní kost je mnohem méně náchylná k diagenetickým změnám než kost trámčitá. Byly provedeny analýzy žeber a femurů a prokázala se mnohem vyšší kontaminace žeber než femurů a to železem, hliníkem a manganem. Tedy je jasné, že pro výzkumy stopových prvků je nutné používat kompaktní kostní tkáň.

Také je nutné podotknout, že intenzita a prvky, které v průběhu diagenese kost kontaminovaly nemusí být stejná v celé kostře. Navíc některé prvky se do kosti mohou dostat hned při zahájení diagenetického procesu a později mohou být z kosti zase vyplaveny ven. To je případ antimonu, který se do kosti dostává na začátku změn a potom je zase vyplaven nebo hořčík který se do kosti dostává prostřednictvím prasklin. Jak se zdá proces diagenese nelze generalizovat, liší se případ od případu. Proto při studiu koncentrace stopových prvků

v kosterním materiálu je nutné brát ohled na proces diagenese a je nutné analyzovat půdu z pohřebiště jednak z povrchu a jednak z hrobů. Koncentrace prvků v půdě nám může napovědět hodně o procesu diagenese kostí na tom, kterém nalezišti.

#### Aplikace výzkumu stopových prvků v antropologii

Výzkum stopových prvků v lidské kostní tkáni u historických populací se soustředí na rekonstrukci jejich potravy. Existují tři metodologické přístupy, které se v této oblasti ustálily:

Poměr stroncia a stroncia a vápníku

Multielementární přístup

Jednoprvkové studie

Poměr stroncia a stroncia a vápníku

Právě poměry stroncia a vápníku byly použity jako první v antropologické rekonstrukci stravy. Jedná se o úplně první analýzu stopových prvků v antropologické analýze. Provedli to Toots a Voorhies v roce 1965 a analyzovali množství stroncia v pliocenní fauně, aby se pokusili zjistit která zvířata byla preferována při lovu. Brownová v roce 1973 analyzovala kosterní pozůstatky z lokalit ve spojených státech z Michiganu, Illinois, dále z Iránu a Mexika. Její výzkum ukázal tři možné aplikace koncentrace stroncia v lidské kostní tkáni. Jednak je možné koncentrace stroncia v lidské kostní tkáni porovnat s koncentrací v kosterních pozůstatcích zvířat z té samé archeologické lokality a lze tedy teoreticky zjistit množství rostlinné a masité stravy v jídelníčku těchto lidí. Analýza stroncia také může ukázat diachronní změny ve složení potravy nebo rozdíly ve složení potravy mezi muži a ženami nebo mezi ekonomickými a sociálními vrstvami.

Koncentrace stroncia a vápníku mohou být interpretovány následovně: Organismy přijímají stroncium v míře, která odpovídá jejich postavení v potravním řetězci. Rostliny absorbují stroncium přímo z okolního prostředí (z půdy), savci tento prvek získávají ze sekundárních zdrojů jako jsou rostliny nebo jiní živočichové. Ovšem příjem stroncia u savců je potlačován na úkor příjmu vápníku. Tedy savci mají ve svém organismu méně stroncia než rostliny. A čím výše stojí organismus na potravní pyramidě, tím by měl mít v organismu méně stroncia. Tedy býložravci by měli mít v sobě více stroncia než masožravci, zatímco všežravci jako např. člověk by měli mít hladinu stroncia mezi těmito dvěma skupinami. Další studie se potom zabývaly rozdíly ve složení stravy mezi sociálními skupinami. Na kosterním materiálu z Mexika byla prokázána souvislost mezi vyšší hladinou stroncia a méně milodary v hrobě. Tedy jinak řečeno, bohatší lidé měli lepší přístup k masité stravě než chudí lidé.

Stroncium je tedy užíváno pro rekonstrukci stravy historických populací. Proto je nutné zmínit některá úskalí na která můžeme narazit při interpretaci výsledků. Jednak stroncium podléhá diagenetickým změnám jako jiné prvky a proto může být jeho hladina v kosti v důsledku pobytu v zemi změněna. Proto je nutné znát poměry stroncia v půdě na zkoumané lokalitě. Není zcela jasné jak ovlivňuje hladinu stroncia strava složená z mořských živočichů a nebo ořechů. Je také nutné mít na paměti, že hladina stroncia v kostní tkáni je ovlivněna fyziologickými pochody v organismu jako jsou těhotenství a laktace, jak jsme již o tom mluvili.

Multiprvkové studie

Tyto studie se zaměřují na analýzu hladiny více prvků v kostní tkáni. Obecně lze říci, že princip rekonstrukce stravy tímto přístupem je podobný jako u stroncia a vápníku.

První multielementární studie byla vypracována výše zmíněnou Gilbertem v roce 1975, 1977 a 1985. Analyzoval 5 prvků v rostlinných a živočišných zdrojích. V jeho vzorku se vyskytovala loveckosběračská adaptace přes přechod až k zemědělství. Gilbert chtěl dokumentovat změnu způsobu zaopatřování potravy na změně hladiny stopových prvků v kostní tkáni. Ze všech zkoumaných prvků se mu zdál zinek jako nejlepší pro rekonstrukci potravy, který se vyskytoval ve vysokých koncentracích v kostech lovců a sběračů a jak se zdálo, tak málo podléhal diagenézi. Dnes jsou multiprvkové analýzy užívány masově. Jednak pro studium diagenéze kostní tkáně, jednak právě pro vyloučení diagenéze. Nejčastěji se pro zkoumání složení potravy užívá zinek a stroncium plus doplňující prvky.

#### Jednoprvkové studie

Tento přístup je poslední z antropologických přístupů k analýze stopových prvků. Analyzuje se obvykle jeden prvek a to v souvislosti s jeho vlivem na zdravotní stav populace. Existuje mnoho nemocí způsobených nedostatkem nebo přebytkem některého ze stopových prvků. Tento přístup také spojuje onemocnění nějakou chorobou a složením potravy nemocného, kdy se předpokládá, že právě složení jeho potravy ovlivnilo jeho onemocnění. Tedy tyto studie se nacházejí na pomezí rekonstrukce potravy a paleopatologie. Nejčastěji nejsou analyzovány pouze kosti, ale také další zbytky lidského organismu jako jsou vlasy, nehty nebo mumifikovaná měkká tkáň. Nejčastěji se studie obrací k analýze železa a spojení jeho hladiny s výskytem cribra orbitalia – tedy snížená hladina železa v organismu vede ke vzniku anémie a tedy ke vzniku cribra orbitalia. Mimo železa je také analyzována přítomnost olova v kostní tkáni a jeho toxické účinky na organismus. Jak se ukazuje olovo je dobře vázáno kostní tkáni a neodbourává se ani se organismem nespotebovává, proto je dobře zjistitelné i historické kostní tkáni. Např. byly zjištěny zvýšené hladiny olova u populací, které užívali keramiku s olovenou glazurou nebo u lidí z římského impéria, kde se užívaly olovené nádoby ke skladování nápojů a olovené trubky k rozvádění vody. Dále byla analýza množství olova užívána k dataci kosterního materiálu. Např. v americe, kde u indiánů olovo nebylo kdežto v kosterních pozůstatcích kolonistů ano. Nebo podobně pravěký materiál a doba římská. Ovšem je nutné připomenout, že olovo podléhá diagenézi stejně jako jiné prvky. Ve Worčestru v Anglii byla zjištěna kontaminace olovem z půdy v níž byli analyzováni jedinci pohřbeni. Nemusí se však jednat pouze o kontaminaci z půdy. Materiál z něhož jsou rakve má stejné účinky. Byla zjištěna kontaminace např. olovem ze středověkého pohřebiště v Anglii, kde byli pohřbeni v olovených rakvích.