

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra výchovy ke zdraví

Bakalářská práce

Stravovací návyky z hlediska fylogeneze *Homo sapiens sapiens*

Vedoucí práce: Mgr. Jan Schuster, Ph.D.

Vypracovala: Mgr. Marcela Holá

Studijní program: Specializace v pedagogice

Studijní obor: Výchova ke zdraví

České Budějovice, duben 2010

University of South Bohemia České Budějovice

Faculty of Education

Department of Health Education

Bachelor thesis

The dietary habits in terms of phylogenies of *Homo sapiens sapiens*

Supervisor: Mgr. Jan Schuster, Ph.D.

Name of the author: Mgr. Marcela Holá

Study programme: Specialization in Education

Field of study: Health Education

České Budějovice, April 2010

BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

Název bakalářské práce: Stravovací návyky z hlediska fylogeneze *Homo sapiens sapiens*

Jméno a příjmení autora: Mgr. Marcela Holá

Studijní program: Specializace v pedagogice

Studijní obor: Výchova ke zdraví

Pracoviště: Katedra výchovy ke zdraví, Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jan Schuster, Ph.D.

Rok obhajoby: 2010

Anotace: Tato bakalářská práce se na základě syntézy odborné literatury pokouší vytvořit přehled vývoje stravovacích návyků předků současného člověka, počínaje nejstarším známým zástupcem hominidní linie - druhem *Ardipithecus ramidus* až po neolitického *Homo sapiens* a ukázat souvislosti mezi měnícím se potravním spektrem a fylogenetickým vývojem našeho druhu.

Klíčová slova: evoluce člověka, strava, *Australopithecus*, *Homo*, potravní adaptace

BIBLIOGRAPHIC IDENTIFICATION

Title of the thesis: The dietary habits in terms of phylogenies of *Homo sapiens sapiens*

Name of the author: Mgr. Marcela Holá

Study programme: Specialization in Education

Field of study: Health Education

Department: Health Education, Faculty of Education, University of South Bohemia, České Budějovice

Supervisor: Mgr. Jan Schuster, Ph.D.

Year of the presentation: 2010

Abstract: This Bachelor's thesis on the synthesis of literature, is attempting to create an overview of our human ancestor's dietary habits. The time frame is from the oldest representative of the hominoid family, genus *Ardipithecus ramidus*, to neolithic *Homo sapiens*. This will show the connection between the changing food spectrum and the phylogeny of our species.

Key words: human evolution, diet, *Australopithecus*, *Homo*, dietary adaptations

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma „Stravovací návyky z hlediska fylogeneze *Homo sapiens sapiens*“ jsem vypracovala samostatně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne

.....

Marcela Holá

Poděkování

Chtěla bych tímto poděkovat Mgr. Janu Schusterovi, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při tvorbě mé bakalářské práce.

Obsah

1. ÚVOD	1
2. CÍLE PRÁCE	2
3. POSTAVENÍ ČLOVĚKA V RÁMCI PRIMÁTŮ, STRUČNÁ HISTORIE VÝVOJE PRIMÁTŮ	3
4. ČELEĎ <i>HOMINIDAE</i>	6
4.1. <i>ARDIPITHECUS</i>	6
4.2. <i>AUSTRALOPITHECUS</i>	7
4.2.1. <i>Australopithecus anamensis</i>	7
4.2.2. <i>Australopithecus afarensis</i>	8
4.2.3. <i>Australopithecus africanus</i>	8
4.3. <i>HOMO</i>	9
4.3.1. <i>Homo habilis</i>	9
4.3.2. <i>Homo rudolfensis</i>	9
4.3.3. <i>Homo erectus</i>	10
4.3.4. <i>Homo neanderthalensis</i>	11
4.3.5. <i>Homo sapiens</i>	11
5. STRAVA NEJSTARŠÍCH PŘEDKŮ ČLOVĚKA – <i>ARDIPITHECUS</i>, <i>AUSTRALOPITHECUS</i>	12
5.1. VELIKOST ZUBŮ	12
5.2. TVAR ZUBŮ	13
5.3. STRUKTURA ZUBNÍ SKLOVINY	15
5.4. MIKROSKOPICKÉ POŠKOZENÍ ZUBŮ	17
5.5. BIOMECHANIKA ČELISTÍ.....	18
6. STRAVA NEJSTARŠÍCH ZÁSTUPCŮ RODU <i>HOMO</i>	20
6.1. PALEONTOLOGICKÉ DŮKAZY	22
6.1.1. Velikost zubů.....	22
6.1.2. Tvar zubů.....	23
6.1.3. Zubní sklovina.....	24
6.1.4. Biomechanika čelistí.....	25
6.1.5. Mikroskopické poškození zubů.....	25
6.1.6. Biochemické složení tkání.....	27
6.2. POTRAVNÍ VŠESTRANNOST JAKO ADAPTIVNÍ STRATEGIE.....	29
7. STRAVA <i>HOMO SAPIENS</i> A <i>HOMO NEANDERTHALENSIS</i> – OBDOBÍ PALEOLITU	31
7.1. POROVNÁNÍ NUTRIČNÍCH HODNOT SOUČASNÉ A PALEOLITICKÉ STRAVY	35
7.1.1. Mikronutrienty	36
7.1.2. Sodík, draslík	36
7.1.3. Sacharidy.....	37
7.1.4. Tuky	37
7.1.5. Proteiny	38
7.1.6. Vlákna.....	39
8. STRAVA <i>HOMO SAPIENS</i> – OBDOBÍ NEOLITU	40
9. EVOLUCE LIDSKÉHO MOZKU V SOUVISLOSTI SE ZMĚNAMI V POTRAVNÍM SPEKTRU	42
10. ROLE TEPelnÉ ÚPRAVY POTRAVY V LIDSKÉ EVOLUCI	45
11. DISKUZE	49

12. ZÁVĚR.....	53
13. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	54
14. PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	55
15. INTERNETOVÉ ZDROJE	63
16. PŘÍLOHY	65

1. Úvod

Naše současná podoba, naše potřeby či způsoby chování se neobjevily náhodou, ale jsou výsledkem miliony let trvajících procesů. Byli jsme formováni dlouhodobým vlivem prostředí ve kterém náš druh žil a mnoho našich evolučních úspěchů může být přisuzováno naší schopnosti opatřit si, zpracovat a konzumovat široké spektrum potravy. Jak se měnily životní podmínky, musely se nutně měnit i stravovací návyky našich předků a ruku v ruce s těmito změnami probíhal i fylogenetický vývoj člověka až do dnešní podoby.

Během tohoto dlouhodobého evolučního procesu byly formovány i nutriční požadavky současných lidí, proto pro nás znalost skladby potravy našich předků zůstává stále aktuální

.Od doby vzniku zemědělství a zvláště od doby průmyslové revoluce ale probíhá náš kulturní vývoj takovou rychlostí, které se náš genotyp nestačí přizpůsobovat a zůstává téměř stejný jako u našich paleolitických předků. Rychlý kulturní vývoj do našeho života přináší mnoho novinek, na které nejsme adaptováni a které ve svém důsledku vedou ke vzniku nejrůznějších civilizačních onemocnění. Tyto novinky zahrnují rovněž oblast našeho způsobu stravování, které se díky vyspělým technologiím v mnohém odlišuje od způsobu, kterým se stravovali naši předchůdci a na který jsme byli v souladu s vnějším prostředím adaptováni.

2. Cíle práce

- Na základě syntézy výsledků vědeckých výzkumných prací vytvořit ucelený přehled o tom, čím se člověk živil od nejranějších počátků vzniku hominidní linie
- Zmapovat k jakým změnám v potravním spektru během jeho vývoje docházelo a jak tyto změny ovlivnily fylogenezi člověka.

3. Postavení člověka v rámci primátů, stručná historie vývoje primátů

Z pohledu zoologie patří veškerí žijící lidé na naší planetě do druhu *Homo sapiens*. Tento druh spadá do podčeledi lidé (*Homininae*), která společně s dalšími čtyřmi podčeleděmi patří do čeledi hominidi (*Hominidae*), nadčeledi hominoidi (*Hominoidea*), podřádu vyšší primáti (*Anthropoidea*), řádu primáti (*Primates*) (viz. Příloha 1, BRYL, MATYÁŠTÍK, 2000, on-line)

Primáti dnes nejsou příliš početnou skupinou – známe dohromady 203 druhů, jsou ale jednou z nejstarších skupin savců žijících na této planetě. První primáti jsou známi již od počátku třetihor z oblastí, které v té době byly porostlé tropickými až subtropickými pralesy (ROČEK, 2002). Podle ostrých premolárů a prominujících zubních vrcholů lze usuzovat, že první zástupci primátů byli nejspíše hmyzožraví. Velcí byli asi jako myši a pohybovali se po všech čtyřech končetinách. Úvodní radiace primátů proběhla na severní polokouli. Ve středním paleocénu (přibližně 60 milionů let) je již tato skupina značně diverzifikována, objevují se formy podobné lemurům velikosti krysy. Snižování a zaoblování hrbolů na stoličkách a premolárech naznačuje přechod v potravě k listům a plodům.

První moderní primáti se objevují v eocénu Evropy a severní Ameriky, zhruba je můžeme rozdělit do dvou skupin – skupina *Omomyidae*, která připomíná více nártouny a skupina připomínající spíše outloně, která se dělí na *Notharcitidae* a *Adapidae*. Předpokládá se, že jedna z těchto forem by mohla být předkem pozdějších primátů včetně hominidů, ale chybí přímý paleontologický důkaz, proto bývají tito nejstarší primáti někdy označováni také jako praprimáti. V poslední době se analýzy přiklánějí spíše k možnosti vzniku moderních primátů ze skupiny *Omomyidae*.

Nejstarší zástupci moderních primátů, pocházející z lokality Fayum ze svrchního eocénu, jsou od praprimátů značně odlišní a tak lze mezi těmito skupinami těžko hledat fylogenetické souvislosti. Žili v tropických lesích při březích řek, jejichž průtok značně kolísal. Patří sem asi devatenáct druhů z minimálně šesti čeledí, které lze rozdělit do dvou skupin – ploskonosé opice (*Platyrrhini*) a úzkonosé opice (*Catarrhini*), které tvoří společně monofyletickou skupinu.

Na tyto eocenní až raněoligocenní primáty navazují raněmiocenní až středněmiocenní formy z východní Afriky (např. *Afropithecus*, *Aegyptopythecus*). Řada z těchto miocenních forem dosahovala velikosti malých opic a má se za to, že jsou přímými předky dnešních gibbonů. Významné místo mezi těmito druhy zaujímá *Proconsul* (synonymum *Dryopithecus africanus*) - kvadrupední primát se zkráceným či zcela chybějícím ocasem, jehož tělní stavba je směsí znaků primitivních i odvozených směrem k hominidům. Byl u něj prokázán také výrazný pohlavní dimorfismus, který se u primátů objevuje pouze u recentních lidoopů a hominidů, nikoli u opic. Teoreticky je z jeho anatomie možné odvodit anatomii všech pozdějších hominidů. Zvláště důležitá je morfologie kousací plochy stoliček s tzv. „dryopithekovým vzorem“, kterou se hominidi liší od ostatních vyšších primátů.

V miocénu dochází k výrazné radiaci hominoidů. Mezi Asií a Afrikou v této době existoval pevninský most porostlý tropickými lesy, který umožňoval migraci – díky tomu nalézáme fosílie hominidů rovněž v Asii (např. *Sivapithecus*, *Gigantopithecus*). K odštěpení linie vedoucí k člověku však došlo nepochybně v Africe.

V průběhu třetihor byli primáti vázáni na lesní prostředí v němž se postupně změnila jejich potravní specializace – z původních insektivorních savců se stali fruktivory. Stále dochází ke zvětšování tělesné velikosti, tento jev se však objevuje i u většiny linií ostatních savců, primátům přináší výhodu z hlediska přežití druhu (větší odolnost vůči dravcům) a pravděpodobně rovněž usnadňuje pohyb v travnatém terénu.

Fruktivorie vedla k arboreálnímu způsobu života s čímž současně vzniká potřeba dokonalého smyslu pro rovnováhu a odhadu vzdálenosti. Proto již u eocenních primátů dochází k přesunu orbitů na obličejovou část lebky a k výraznému zvětšení relativní velikosti mozku. Zvětšení mozkovny způsobilo zvětšení klenby lebeční, jehož důsledkem bylo přesunutí velkého týlního otvoru na bázi lebky a změna zakřivení báze lebeční. Tato stavba je nevýhodná pro pohyb po zemi, protože způsobuje nepřírozené dorzální ohnutí krční páteře, což mohlo být impulzem ke vzpřímení pozice těla a bipednímu pohybu. Vzpřímená postava uvolnila přední končetiny k jiným činnostem. Ruka se postupně přetváří na chápavý a na taktilní podněty citlivý orgán, drápy jsou nahrazovány nehty. Čich naopak ztrácí svou důležitost a dochází ke zkrácení ethmoidální části lebky.

Není zcela jasné proč předci hominidů opustili arboreální způsob života a přešli k životu v otevřených savanách. Nejpravděpodobnějším důvodem byly klimatické změny na konci miocénu (asi před 5,5 miliony let) v důsledku kompletního i když dočasného vyschnutí Středozemního moře. Následné ochlazení a vysušení mohlo způsobit ústup pralesů a vznik savan a stepí. Zhruba v této době se od sebe odštěpily linie *Hominidae* a *Pongidae* (ROČEK, 2002).

4. Čeleď *Hominidae*

Linie hominidů není příliš početná – zahrnuje pouze tři rody: *Ardipithecus*, *Australopithecus* a *Homo*. Fylogenetický původ této linie je stále poněkud nejasný. Za prvního přímého předka moderních hominidů byl nejprve považován *Ramapithecus*, vyhynulý rod primátů žijící ve středním a pozdním miocénu. Později ale bylo prokázáno, že se nejedná o samostatný rod, ale o zástupce rodu *Sivapithecus*, který je dnes považován za předchůdce současných orangutanů.

Jako další přímý předek hominidů byl uvažován *Kenyapithecus*, ani on ale být tímto předkem nemůže, protože jeho fosílie jsou datovány do doby před rozštěpením hominidů a lidoopů. Z doby mezi 13 – 5 miliony let zatím nebyly v Africe žádné fosilní záznamy hominidů nalezeny (SAWADA ET AL., 1998).

4.1. *Ardipithecus*

Nejstarším rodem hominidů je rod *Ardipithecus* považovaný za stádium předcházející rodu *Australopithecus*. Sedmáct fosílií tohoto druhu bylo nalazeno v pliocénní vrstvě v Aramisu, Etiopie. Jejich věk byl odhadnut na asi 4,4 milionu let. Po porovnání s moderními i fosilními lidoopi a s druhem *Australopithecus afarensis* byly tyto fosílie určeny jako nový rod původně řazený do rodu *Australopithecus* a pojmenovaný *Australopithecus ramidus* (WHITE, SUWA, ASFAW, 1994). Následně byly na základě zaznamenaných značných odlišností mezi *A. ramidus* a ostatními známými australopithékami tyto fosílie určeny jako nový rod – *Ardipithecus*.

Fyzická stavba tohoto hominida vykazuje mnoho primitivních rysů, jedná se nejpravděpodobněji o znaky, které zůstaly u ardipithéka zachovány po posledním společném předkovi šimpanzů a lidí. Současné jsou u tohoto druhu rozpoznatelné i vývojově pokročilé rysy (WHITE, SUWA, ASAF, 1994).

Chrup je z větší části primitivní, podobný chrupu lidoopů, což svědčí o značné odlišnosti potravní niky tohoto druhu a pozdějších hominidů. Relativně malé řezáky a špičáky v poměru k ostatním zubům, které jsou typické pro všechny známé hominidy u ardipithéka chybí. Přestože zubní sklovina tohoto druhu je jen mírně silnější než sklovina dnešních šimpanzů, v porovnání se standardem u hominidů je její síla extrémní,

přesto nedosahuje tloušťky zubní skloviny australopitéků. Morfologie premolárů a molárů rovněž poukazuje na blízkou příbuznost s předkem lidoopů. Pro horní i spodní premoláry je typická značná asymetrie korunky, zejména zvětšené bukální hrboly. U molárů rovněž převažují primitivní znaky vyskytující se u lidoopů a poměr délky a šířky molárů, který se u hominidů pohybuje kolem 1, je u *A. ramidus* mnohem větší.

Současně můžeme ale najít na chrupu tohoto druhu i řadu odvozených znaků, které jej spojují s australopitéky. Špičáky jsou malé, tupé a méně přečnívající než u všech známých lidoopů. Horní i dolní řezáky jsou sice větší než u australopitéků, ale menší než u šimpanzů. Tento znak může být pokládán za přechodné stádium mezi lidoopi a australopitéky. Spodní moláry jsou širší než moláry velikostně srovnatelných lidoopů, tento znak rovněž přibližuje *A. ramidus* k linii hominidů.

Nalezené části lebky naznačují, že se *Ardipithecus ramidus* ještě nepohyboval vzpřímeně v dnešním slova smyslu, přestože klíčové adaptace k tomuto pohybu se již u něj objevují. Podle nalezených postkraniálních částí kostry byla tělesná velikost tohoto druhu menší než u *Australopithecus afarensis*.

Výzkumy ukazují, že prostředí ve kterém ardipitékové žili byla uzavřená, záplavová krajina tvořená hlavně stromovým porostem (ARONSON, HAILEMICHAEL, SAVIN, 2008).

4.2. Australopithecus

4.2.1. Australopithecus anamensis

Dalším rodem čeledi *Hominidae* navazujícím na rod *Ardipithecus* je rod *Australopithecus*. Nejstarší formy tohoto rodu pocházejí z doby před 4,2 miliony let, pocházejí z oblasti Kanapoi a Allia Bay v Keni a nesou označení *Australopithecus anamensis*. Nejpodobnější je tento rod *A. afarensis*, ačkoli obecně má více primitivních znaků. S největší pravděpodobností byli bipedální i když horní končetiny nesou ještě řadu znaků souvisejících s arboreálním způsobem života (ROČEK, 2002).

Špičáky a řezáky jsou u *A. anamensis* již dosti redukováné, zuby jsou pokryté silnou sklovinou. Spodní laterální řezáky jsou větší než u *A. afarensis* a komplex špičáky/premoláry mírně primitivnější s relativně většími špičáky a s jednohrbolovými třetími premoláry. Mandibulární špičáky jsou rovnější a více asymetrické a maxilární

špičáky vykazují unikátní morfologii s téměř rovnými bazálními hrboly. Čelisti jsou u *A. anamensis* rovnější než u ostatních australopitheků s paralelnějšími řadami premolárů a molárů. Mandibula není tak robustní jako u *A. afarensis*.

U tohoto druhu se objevuje rovněž markantí sexuální dimorfismus v tělesné velikosti, u velikosti špičáků je ale dimorfismus redukovaný, což naznačuje unikátní sociální systém charakterizovaný vysokým stupněm kompetence mezi samci, která ovšem nazahrnuje používání špičáků (WARD, LEAKEY, WALKER, 2001).

Výzkum poměru stabilních izotopů uhlíku a kyslíku v zubní sklovině fosilní fauny pocházející ze stejné lokality a ze stejné doby jako fosílie *A. anamensis* ukazují, že prostředí ve kterém tento druh žil bylo vlhčí než je v současnosti, tvořené mozaikou uzavřené lesnaté krajiny a otevřené křovinaté savany (SCHOENINGER, REESER, HALLIN, 2003).

4.2.2. *Australopithecus afarensis*

Australopithecus anamensis je předkem dalšího zástupce tohoto rodu – *Australopithecus afarensis* (KIMBEL ET AL., 2006). Nálezy tohoto hominida mohou být rozděleny do dvou chronologických kategorií na rané (3,9 – 3,5 milionu let staré), které zahrnují materiál z naleziště Laetoli a Belohdelia a pozdní (3,5 – 2,96 milionu let) pocházející z Hadaru a Maka. Díky četným nálezům je *A. afarensis* jeden z nejlépe známých vymřelých hominidů. Vykazuje výrazné znaky bipedality a posun ve vývoji chrupu a postkraniální kostry směrem k moderní formě člověka.

Přední zuby tohoto druhu jsou velké, mezi hominidy patří k jedněm z největších vůbec. Ve velikosti špičáků se projevuje sexuální dimorfismus, samice mají tyto zuby výrazně menší. Stoličky a zuby třenové tvoří paralelní řady, mezi špičáky a premoláry se objevuje diastema. Výrazný je úhel spojení spodní čelisti s lebkou.

Tento druh žil pravděpodobně na okrajích lesa nebo v lesnaté savaně (KREGGER, 1999 - 2008, on-line).

4.2.3. *Australopithecus africanus*

Dalším zástupcem čeledi *Hominidae* žijícím před asi 2,9 – 2,4 miliony let je *Australopithecus africanus*. Hlavní naleziště fosílií tohoto druhu pocházejí ze Sterkfonteinu, Taungunu a Gladysvale v Africe. Tento materiál zahrnuje rozsáhlý

vzorek zubů a částí krania, které vykazují ve srovnání s *A. afarensis* některé podstatné odlišnosti. Stoličky a zuby třenové jsou větší, relativně širší, se silnější sklovinou a mohutnějším zubními hrboly. Spodní premoláry mají vždy dva zubní hrboly přibližně stejné velikosti. Špičáky jsou stále velké, ale v porovnání s předchozími zástupci vykazují určité zmenšení, stále mají dlouhé, robustní kořeny a v jejich velikosti se stále objevuje výrazný sexuální dimorfismus, přestože je již menší než u jakýchkoli jiných lidoopů (KREGER, 1999 - 2008, on-line).

4.3.Homo

4.3.1. Homo habilis

Za nejstaršího zástupce rodu *Homo* je považován *Homo habilis*. Určit specifické rysy pro tento druh je poměrně obtížné, protože nalezený materiál, který je považovaný za pozůstatky *H. habilis* je velice variabilní, např. velikost mozkovny se pohybuje v rozsahu 590 – 710 cm³. Byly stanoveny tři charakteristické znaky, které odlišují tento druh od australopitéků a na jejichž základě byl *H. habilis* ustanoven jako spojující článek mezi australopitéky a *H. erectus*. K těmto znakům patří zvětšená mozková část lebky (ve srovnání s australopitéky), zmenšení premolárních a molárních zubů a přítomnost palce umístěného v opozici vůči ostatním prstům, čímž se vytváří anatomický základ pro tvorbu nástrojů. Jak se zdá tak tyto obecné znaky tento druh opravdu splňuje. Mizí obrovské, široké moláry, dochází spíše k jejich prodloužení, premolár 2 je menší a více asymetrický, P2 se více podobá P1. Metakarpální kůstka palce a trapezium nejsou již tak těsně spojené, což umožňuje větší rozsah pohybu. Minimální velikost lebeční kapacity je 590 cm³.

Přestože kostra dolních končetin jasně ukazuje, že tento druh byl bipedální, stále ještě jsou zachovány i znaky naznačující, že byl stále schopný pohybovat se i ve větvích stromů. To potvrzuje i paleoekologický výzkum, který ukazuje, že tito hominidé žili na okraji lesů (KREGER, 1999 - 2008, on-line).

4.3.2. Homo rudolfensis

U dalšího ze zástupců rodu *Homo* – *H. rudolfensis* - se vedou diskuse, zda se skutečně jedná o samostatný taxon, nebo spíše o zástupce rodu *Australopithecus*.

Hlavním problémem u tohoto druhu je, že neexistují žádné dochované postkraniální pozůstatky. Věk tohoto hominida je odhadován přibližně na 2,4 - 1,8 milionu let. Analýzy prokázaly, že nalezené fosílie vykazují větší příbuznost k australopitékům než k *Homo*, proto není jasné, zda *H. rudolfensis* byl předkem pozdějších *Homo*.

Velikost mozku se pohybuje v rozmezí 750 – 800 cm³, obličej je plochý a široký. Zuby jsou velké a se silnější sklovinou podobně jako u robustních australopitéků, ale s ploššími korunkami, horní čelist má čtvercový tvar a spodní čelist je velmi robustní. Tloušťka zubní skloviny u premolárů je srovnatelná s *H. habilis*. Premoláry 2 a 1 mají dva kořeny, zatímco u *H. habilis* je pouze jeden. Zařazení *H. rudolfensis* v rámci *Homo* je velmi problematické, mnoho paleontologů na něj nepohlíží jako na samostatný rod. Mohl by být prvním zástupcem rodu *Homo* stejně tak jako může být slepě končící větví australopitéků (BROMAGE, SCHRENK, ZONNEVELD, 1995).

4.3.3. *Homo erectus*

Velmi důležitým zástupcem rodu *Homo* je *H. erectus*. Jeho nejstarší fosílie datované na 1,8 milionu let jsou známy z jižní Afriky (Turkana a Olduvai Gorge), mladší z Číny (Zhoukoudian) a nejmladší (500 000 let) z Javy (Trinil, Peking, Sangiran, Ngandong, Sambungmacan) (BAAB, 2008). Vykazuje jasný vývoj směrem k modernímu člověku. Trendy ve vývoji které ho spojují s *H. sapiens* zahrnují zvětšování mozku, která má v průměru 900cm³, vertikální zkrácení obličejové části, zkrácení kostí horních končetin, formování vnějšího nosu, zmenšování stoliček a zubů třenových a s tím korelující redukce čelistí. Přední zuby mají lopatkovitý tvar a jsou poměrně široké.

H. erectus je velmi důležitý z hlediska studia původu moderních lidí. Jak dokazují jeho pozůstatky, střední pliocén byl obdobím ve kterém se vyvinula kostra moderního člověka, došlo k výraznému zvětšení mozku a začali se vyvíjet moderní rysy obličeje. V této době rovněž dochází k mnoha změnám v chování např. k mnohem masovějšímu rozvoji kamenných nástrojů, kontrolovanému využívání ohně, lovu, k opuštění afrického kontinentu apod. (KREGGER, 1999 - 2008, on-line).

4.3.4. Homo neanderthalensis

Tento zástupce rodu *Homo* není považován za předka dnešních lidí, ale za paralelně existující, slepě končící vývojovou větev. *Homo sapiens* a *Homo neanderthalensis* existovali alespoň nějakou dobu společně vedle sebe a je pravděpodobné, že využívali podobné potravní niky. Fosilní nálezy pocházejí z Evropy a Asie a dokazují, že se *H. nenderthalensis* značně odlišoval od nejranějších a pozdějších předků člověka i současných lidí. Mezi nejvýraznější odlišnosti patří týlní hrbol, ustupující čelo, malá nebo žádná brada, výrazné nadočnicové oblouky. U tohoto druhu došlo ke zmenšení čelistí a také molárů a premolárů, v čelisti chybí jamky špičáků (KREGER, 1999 - 2008, on-line). Tloušťka zubní skloviny je u rodu *Homo* obecně větší než u zástupců vyhynulých lidoopů, *H. neanderthalesis* má ale v rámci *Homo* jednu z nejtenčích sklovin, což je spojováno se suboptimálním zdravím populace a s rychlejším vývojem než jaký proběhl u *H. sapiens* (OLEJNICZAK ET AL., 2008).

4.3.5. Homo sapiens

Všichni dnes žijící lidé patří do druhu *Homo sapiens*. Obecně lze říci, že oproti předchůdcům má tento druh subtilnější kostru, velký mozek, jehož velikost se sice liší mezi populacemi i v závislosti na pohlaví, ale průměrná velikost je 1350 cm³. Velikosti a tvaru mozku je přizpůsobena velikost a tvar lebky, což propůjčuje *Homo sapiens* jeho „moderní“ vzhled s vysoce klenutou mozkovnou a rovným téměř kolmým čelem. Mízí výrazné nadočnicové oblouky.

O původu moderních lidí se stále diskutuje. Existují dvě odlišné teorie – tzv. multiregionální hypotéza tvrdí, že *Homo sapiens* se vyvinul nezávisle v Africe, Evropě a Asii z lokálních populací *Homo erectus*. Druhá hypotéza předpokládá, že *H. sapiens* se vyvinul asi před 200 000 lety v Africe z relativně malé populace a že se postupně rozšířil do Asie a Evropy, kde došlo k potlačení tamních populací *H. erectus*. Tato hypotéza (Out of Africa Hypothesis) je podporována zejména výzkumem molekulární genetiky založeným na zkoumání změn jaderné a mitochondriální DNA (KREGER, 1999 - 2008, on-line).

5. Strava nejstarších předků člověka – *Ardipithecus*, *Australopithecus*

Do jakési pomyslné první poloviny fylogenetického vývoje člověka můžeme zařadit druhy *Ardipithecus ramidus*, *Australopithecus anamensis*, *A. afarensis* a *A. africanus*. Tyto taxony jsou nahlíženy jako zhruba na sebe navazující vývojová linie začínající druhem *Ardipithecus ramidus* a konče *Australopithecus africanus*. Tato vývojová linie zahrnuje časové období přes dva miliony let a poskytuje nám tak jedinečnou možnost sledovat změny v potravních adaptacích našich předků, přestože pozornost věnovaná evolučnímu vývoji těchto nejstarších hominidů se většinou zaměřuje na rozvoj bipedality a dalších pohybových schopností a mnohem méně na roli, kterou hraje strava v ekologii a evoluci těchto předchůdců rodu *Homo*. Je zřejmé, že během těchto dvou milionů let došlo ve stravovacích návycích u raných hominidů ke značnému posunu. Většina důkazů pro toto tvrzení pochází z pěti hlavních zdrojů: analýza velikosti zubů, tvar zubů, struktura skloviny, biomechanika čelistí a studium mikroskopických změn na povrchu zubů.

5.1. Velikost zubů

V sedmdesátých letech minulého století bylo zaznamenáno, že australopitékové i ardipitékus mají relativně malé řezáky v porovnání s moláry a spekovalo se o tom, jestli by tento fakt mohl mít souvislost s konzumací semen (TEAFORD, UNGAR, 2000, on-line). To vedlo k výzkumu původu hominidních adaptací a ke zkoumání relativní velikosti řezáků u širokého spektra žijících i fosilních primátů. Byl například zjištěn vztah mezi relativní délkou řady řezáků (vzhledem k tělesné velikosti) a složením stravy u současných vyšších primátů. Druhy s relativně většími řezáky mají tendenci konzumovat větší a tužší ovoce než taxony s relativně malými řezáky, které dávají přednost drobnější potravě, nebo takové potravě, která neklade nároky na používání řezáků jako jsou např. listy či bobule.

Narozdíl od většiny zástupců miocénních lidoopů existuje pro australopitéky několik shodných nezávislých odhadů jejich hmotnosti, díky čemuž u nich lze stanovit

relativní velikost jejich řezáků. Relativní velikosti centrálních maxilárních řezáků u všech třech australopitéků jsou nápadně podobné a nejlépe odpovídají relativní velikosti centrálních maxilárních řezáků goril. U žijících šimpanzů a orangutanů, kteří jsou více fruktivorní, je tato relativní velikost větší. To naznačuje, že australopitékové používali řezáky při zpracovávání potravy stejnou měrou jako dnešní gorily, ale nejspíš méně než současní orangutani nebo šimpanzi. Z těchto dat můžeme usuzovat, že australopitékové nekonzumovali často potravu, která vyžaduje výrazné používání řezáků, např. plody se silnou tuhou slupkou nebo takové, jejichž dužina obklopuje velké tvrdé semeno.

Jedním z výrazných znaků australopitéků jsou, v porovnání s ostatními primáty, jejich velké relativně ploché moláry. Všichni tři australopitékové mají poslední premolár a moláry větší než orangutan. Výjimkou je ardipitékus, jehož poslední premolár (P2) a první molár (M1) se velikostí blíží šimpanzím a poslední dva moláry (M2 – M3) jsou velikostně podobné orangutaním. Mezi jednotlivými druhy australopitéků existuje také variabilita. Obecně můžeme říct, že velikost P2 – M3 vzrůstá od ardipitéka k *A. africanus*. Tato variabilita je odrazem adaptace na vlastnosti stravy, jako je její velikost, tvar či abrazivita. Vzhledem ke stálému nárůstu velikosti molárů v průběhu evoluce těchto nejstarších hominidů se musely některé charakteristiky stravy měnit. Nicméně velikost zubů sama o sobě nám nepomůže určit konkrétní změny ke kterým docházelo.

Další možností jak pohlížet na velikost zubů je stanovení poměru M1 a M3. Tento poměr je nepřímo úměrný množství listů, rostlin a výhonků ve stravě. Vyšší primáti s vysokým poměrem M1:M3 konzumují větší množství ovoce než primáti u nichž je poměr M1:M3 nižší. Pokud tyto poměry spočteme pro rané hominidy a zároveň pro miocénní lidoopi, je patrné jasné oddělení těchto raných hominidů včetně ardipitéka od miocénních lidoopů, přičemž poměr M1:M3 je vyšší u hominidů (TEAFORD, UNGAR, 2000, on-line).

5.2. Tvar zubů

Variabilita ve tvarech zubů je důsledkem odrazu změny vlastností stravy jako je tuhost, deformovatelnost či houževnatost. Např. tuhá potrava, kterou je těžké rozkousat je obecně zpracovávána na ostrých hranách zubních korunek. Křehká nebo měkká potrava, kterou je snadné rozkousat je drcena mezi rovnými plochami zubů. Takže zuby

s ostrými korunkami jsou uzpůsobené ke zpracování takové potravy jako jsou listy nebo hmyzí skelet, zatímco zuby s okrouhlými ploššími hrboly jsou lépe uzpůsobeny k fruktivorii. Australopitékové mají relativně ploché a tupé moláry a postrádají ostré zubní hrany, které můžeme najít u některých současných hominoidů. To naznačuje, že pro tyto hominidy by mělo být obtížné rozmělnit stravu, jako jsou žilky a řapíky listů nebo semena s měkkými obaly, tedy potravu která je tuhá a zároveň poddajná. K potravě se stejnými vlastnostmi patří také maso. Jinými slovy, tyto hominidy neměly preadaptovaný chrup ke konzumaci masa. Jejich zuby jsou velmi dobře uzpůsobeny ke konzumaci tvrdé, křehké potravy jako jsou ořechy a některé druhy ovoce a měkké potraviny např. pupenů nebo květů (TEAFORD, UNGAR, 2000, on-line).

Adaptace chrupu nemusí být ale nutně ovlivněny pouze potravou, kterou daný druh konzumuje nejčastěji, ale rovněž potravou, kterou využívá v případě nedostatku preferované potravy. Změny ve využívání těchto zásobních zdrojů potravy mívají větší vliv na tvarové adaptace spojené se zpracováním potravy než změny ve využívání preferované potravy. Např. u madagaskarských lemurů koreluje morfologie jejich molárů mnohem lépe s využívanými rezervními zdroji potravy než s konzumací ovoce, které tento druh preferuje. Žijící afričtí lidoopi potřebují vlhké prostředí mimo jiné i proto že zásobními zdroji potravy v období nedostatku je pro ně rostlinná vegetace a listy rostlin, které jsou s tímto prostředím spojené. V případě, že se australopitékové odlišovali od současných lidoopů tím, že upřednostňovali prostředí mimo tropický prales, potom u nich mohlo dojít i ke změně ve zdrojích rezervní potravy. Široké, ploché moláry australopitéků se silnou sklovinou naznačují, že jim jako náhradní zdroje potravy nesloužily listy jako je tomu u dnešních lidoopů, u nichž je povrch zubů mnohem ostřejší s tenkou sklovinou a lépe se hodí k „řezání“ tohoto druhu potravy. Morfologie stoliček australopitéků se dobře hodí pro zpracování podzemních rostlinných orgánů – hlíz, cibulí, oddenků. Rostliny, které tvoří takovéto podzemní orgány se v mnohem větší míře vyskytují právě v prostředí mimo deštné pralesy – zvláště na savanách. V porovnání s deštným pralesem poskytuje savana nejméně 400 krát větší množství biomasy jedlých podzemních částí rostlin.

Význam podzemních zásobních orgánů rostlin v potravě můžeme vidět i u současných žijících afrických kmenů. Konzumace kořenů rostlin v Kalahari skutečně odpovídá konceptu náhradních zdrojů potravy, protože i přesto, že nejsou v porovnání

s ovocem, medem, masem a olejnatými semeny preferovaným jídlem, v období nedostatku jídla tvoří převážnou část jídelníčku tamních obyvatel. Např. G/wi využívali 13 rostlinných druhů jako základní potravu. Preferováno bylo sladké ovoce, zatímco podzemní orgány rostliny byly využívány jako hlavní zdroj potravy v období, kdy ovoce nebylo dostupné.

Relativně velká ústní dutina a silné čelistní svaly australopitéků rovněž poukazují na konzumaci podzemních orgánů rostlin, které jsou poměrně tuhé a k jejichž rozžvýkání musí být vyvinutá značná síla. Navíc tyto orgány obsahují značné množství karbohydrátů, které jsou nejprve tráveny pomocí amylázy uvolňované slinnými žlázami. Pro důkladné promíšení potravy se slinami je důležité důkladné rozžvýkání, které zvláště u syrových kořenů či hlíz může trvat poměrně dlouho. Velká ústní dutina tedy umožňovala australopitékům zpracovávat během relativně dlouhých period žvýkání větší množství potravy (LADEN, WRANGHAM, 2005).

5.3. Struktura zubní skloviny

Další oblastí související se studiem funkční anatomie chrupu je studium zubní skloviny. Australopitékové obecně měli silnou zubní sklovinu. Výjimkou je ardipitékus, jehož sklovina je tenčí než u australopitéků, svou silou se blíží tloušťce skloviny dnešních šimpanzů. Hlavní funkce síly skloviny bývá dávána do souvislosti s konzumací tvrdé potravy. Nicméně silná sklovina sama o sobě nemusí nezbytně poskytovat ochranu před tvrdými částmi potravy, protože se při kontaktu s tvrdými objekty často láme. Silná sklovina australopitéků mohla být tedy spíše adaptací na abrazivní potravu (TEAFORD, UNGAR, 2000, on-line).

Zubní sklovina nepodléhá tak rozsáhlé diagenzi jako kosti, proto se lépe hodí ke studiu poměru prvků, které nám rovněž poskytuje vodítko při určování složení potravy. Bylo např. zjištěno, že poměr stroncia a vápníku (Sr/Ca) je nejvyšší u herbivorních, pasoucích se savců. Nižší je u karnivorů a nejnižší u savců živících se listy stromů. Savci přijímají nižší množství stroncia než je obsaženo v jejich potravě, herbivorní savci mají méně stroncia než obsahují rostliny a karnivoři mají nižší obsah stroncia než jejich kořist. Toto rozložení poměrů Sr/Ca platí pro současnou i fosilní faunu. Poměr Sr/Ca u

Australopithecus afarensis je poměrně vysoký, vyšší než Sr/Ca u současných pavíánů. Tato hodnota nejlépe odpovídá průměrnému Sr/Ca zjištěnému u pasoucích se herbivorů (SPONHEIMER ET AL., 2005). Není ale pravděpodobné, že by se tento australopiték živil takovým množstvím trávy jako běžně se pasoucí herbivoři, přestože značnou část jeho jídelníčku pravděpodobně tvořily C₄ rostliny a jejich semena (PETERS, VOGEL, 2005). Ze studie poměru dalších prvků – bária a vápníku (Ba/Ca) vyplývá, že obsah bária u australopitéka je velmi nízký a značně se odlišuje od současných pasoucích se herbivorů, kteří mají vysoký poměr Ba/Ca i Sr/Ca. Tato neobvyklá kombinace vysokého Sr/Ca a nízkého Ba/Ca nalezená u australopitéka byla objevena i dvou v současné době žijících savců – u prasete bradavičnatého (*Phacochoerus africanus*) a rypoše hotentotského (*Cryptomys hottentotus*). Obě tato zvířata konzumují potravu bohatou na podzemní orgány rostlin jako jsou kořeny či hlízy (SPONHEIMER ET AL., 2005).

Malou část afrických divokých rostlin, které lze konzumovat tvoří C₄ rostliny, zvláště semena některých C₄ trav, prýty a báze listů a stonků některých ostřic (hlavně papyru) a listy některých C₄ bylin. Důkazy naznačují, že C₄ rostliny byly přítomny v Africe již minimálně v pozdním miocénu. C₄ rostliny fixující v průběhu fotosyntézy CO₂ za vzniku čtyřuhlíkaté sloučeniny a mají relativně vysoký obsah vzácného stabilního izotopu ¹³C, který odlišuje tyto rostliny od C₃ rostlin, které využívají mnohem běžnější tříuhlíkovou fotosyntézu a obsah izotopu ¹³C je u nich mizivý. Tyto izotopy se dostávají i do těla zvířat, která tyto rostliny konzumují. Podobně jako u poměru Sr/Ca je možné odlišit podle rozdílného obsahu izotopů uhlíku od sebe pasoucí se herbivory, zvířata živící se listy stromů a převážně vegetariánské omnivory jakým je např. pavíán čákma (*Papio ursinus*). Relativní obsah ¹³C je u zvířat spásajících listy stromů velmi nízký a naopak u zvířat pasoucích se na travnatých porostech značně vysoký.

Většina hodnot obsahu izotopů uhlíku ¹³C u hominidů leží mimo oblasti do kterých spadají tyto dvě skupiny savců, což naznačuje konzumaci obou typů rostlin C₃ i C₄. Odhaduje se, že 40% z celkového množství uhlíku přijímaného ve stravě u *Australopithecus africanus* pochází z rostlin C₄ (SPONHEIMER, LEE-THORP 2003; SPONHEIMER ET AL., 2005). Mezi jednotlivými individui byla pozorována v poměru ¹³C/¹²C značná variabilita, ta může odrážet různé stravovací návyky v rámci populace či postupné změny ve využívání zdrojů spojené se změnami prostředí. Tato variabilita

naznačuje také to, že australopitékové byli schopni využívat rozmanité zdroje, podobně jako dnes žijící paviáni (SPONHEIMER, LEE-THORP, 2003).

Pro srovnání musíme rovněž vzít v úvahu obsah ^{13}C u karnivorních savců. Analýza sedmi zástupců *Panthera pardus* ukázala, že rozpětí hodnot obsahu ^{13}C je u nich podobné jako u hominidů. Stejně výsledky byly prokázány analýzou sedmi zástupců čeledi *Hyaenidae* a jednoho lva. Tyto výsledky ukazují, že součástí potravy těchto šelem byly pasoucí se herbivorní savci. Hominidi tedy všechen obsah ^{13}C nemuseli získat z rostlin, ale i ze zvířat živících se těmito rostlinami a to jak z obratlovců tak bezobratlých (PETERS, VOGEL, 2005).

Potencionálními zdroji ^{13}C jsou rostliny z čeledi *Cyperaceae*. Některé z těchto rostlin mají podzemní orgány jejichž obsah proteinů je podobný jako v případě podzemních orgánů rostlin v potravě šimpanzů. Stejně důležité je i to, že tyto části rostlin jsou pro většinu ostatních savců nedostupné, což z nich dělá vysoce kvalitní zdroj potravy nevyužívaný jinými živočichy. Z živočišných zdrojů pak připadají v úvahu hlavně drobnější savci živící se C_4 rostlinami např. damani (*Procavia* spp.) nebo řekomyš menší (*Thryonomys swinderianus*), ptačí vejce nebo mláďata větších druhů. Dalším potencionálním zdrojem C_4 je hmyz. U paviánů je známo, že pojídají luční koníky (*Acrididae*). Další možností jsou termiti, tuto teorii podporují i nálezy kostěných nástrojů ze Swartkransu, které jak se zdá byly používány k dobývání termitů z termitišť (SPONHEIMER, LEE-THORP, 2003).

5.4. Mikroskopické poškození zubů

Mikroskopické změny na zubech odráží způsob používání zubů a druh konzumované potravy. Například primáti, kteří často používají přední zuby, mají na řezácích velké množství mikroskopických rýh. U primátů přijímajících ve své stravě hlavně listy rostlin se na molárech vyskytuje značné množství dlouhých rovných rýžek, zatímco fruktivorní primáti mají na molárech množství důlků. Fruktivoři konzumující tvrdé druhy ovoce mají větší množství těchto mikroskopických jamek než ti, kteří konzumují ovoce měkké (TEAFORD, UNGAR, 2000).

Mikrotrhlinky na předních zubech *A. afarensis* naznačují, že tito hominidi začínali využívat zdroje potravy, které nabízela savana. Na jejich zubech nalezneme mozaiku rýžek podobných jako u goril a dulků, které se podobají poškození u paviánů, což ukazuje, že používaly řezáky pro loupání takových částí rostlin jako jsou semena, kořeny a oddenky.

Moláry *A. africanus* mají nižší hustotu jamek v porovnání s robustními australopitéky (*Paranthropus*). Rýžky jsou rovněž delší a rovnější a spíše orientované stejným směrem. V porovnání s robustními australopitéky konzumoval *A. africanus* měkké ovoce a listy. Při srovnání s dnešními opicemi stojí tento vzor mikroskopického poškození zubů mezi vzorem u malpy plačtivé (*Cebus olivaceus*) a šimpanze učenlivého (*Pan troglodytes*). Hustota mikropoškození je na všech zubních plochách větší u tohoto taxonu než u robustních australopitéků. To naznačuje, že tento australopitékus byl schopný zpracovávat rozmanitější druhy potravy včetně abrazivnějších druhů než parantropové.

Stručně řečeno, mikroskopické poškození zubů naznačuje, že na konci miocénu využívali hominoidi široké spektrum potravy. Naproti tomu *A. afarensis* se možná soustředil spíše na měkké ovoce, ale již začínal do své stravy zahrnovat i abrazivní pozemní zdroje, které vyžadují loupání pomocí řezáků (TEAFORD, UNGAR, 2000, on-line).

5.5. Biomechanika čelistí

Fragmenty čelistí se mezi kosterními nálezy vyskytují nejčasteji. Tyto kosti jsou adaptovány k tomu, aby vydržely tlak a námahe vyvíjenou při zpracovávání potravy. Morfologie čelistí tak může odrážet některé aspekty přijímané potravy.

A. africanus a *A. afarensis* mají relativně silné čelisti, u *A. anamensis* jsou čelisti slabší. Robustnost čelistí se od *A. africanus* k *A. anamensis* zmenšuje. Tento jev může být vysvětlen jak z hlediska změny funkce čelistí, tak i z hlediska změn, které s funkcí čelistí nesouvisí. Silné čelisti mohou být např. jednoduše důsledkem širokých stoliček a třenových zubů nebo redukovaných špičáků (PLAVCAN, DAEGLING, 2006). Nicméně australopitékové mají i přesto v porovnání s velikostí zubů relativně robustní čelisti. Spíše se zdá, že unikátní tvar čelistí australopitéků souvisí s námahou, kterou

musely vyvíjet při žvýkání a že morfologie čelistí australopitéků odráží zvýšený tlak spojený s neobvyklými mechanickými nároky např. při konzumaci hrubé, vláknité potravy. Stavba čelistí naznačuje, že se australopitékové lišili od současných primátů ve schopnosti vyvíjet při žvýkání velký tlak. Zároveň také poukazuje na odlišnosti ve stravě mezi současnými africkými lidoopi a *A. anamensis* a mezi *A. anamensis* a pozdějšími druhy australopitéků, přičemž robustnost čelistí *A. anamensis* spadá do středu mezi tyto dvě skupiny (TEAFORD, UNGAR, 2000, on-line).

Strava a potravní adaptace pravděpodobně hrály důležitou úlohu v evoluci našeho rodu. Nejstarší australopitékové nesou unikátní soubor rysů spojených s potravními adaptacemi, které se neobjevují ani u současných hominidů ani u miocénních lidoopů. Tyto znaky nasvědčují tomu, že tito hominidé mohli začít konzumovat tvrdou a křehkou potravu. To ovšem nemusí nutně znamenat, že všichni australopitékové byli specializováni na konzumaci tvrdých objektů, pouze to znamená, že se u nich vyvinuly adaptace umožňující jim tento zdroj potravy využívat. Mnoho současných primátů je nuceno během určitých ročních období, kdy není dostatek potravy kterou preferují, využívat „rezervní“ zdroje potravy (UNGAR, 2004) a stejně tak se mohli i australopitékové uchýlovat ke konzumaci tvrdých, křehkých objektů hlavně v době nedostatku běžné potravy.

Obtížně lze určit, zda australopitékové konzumovali živočišné tkáně. Jejich zuby ke konzumaci tohoto typu potravy adaptované nejsou, nicméně výzkumy v oblasti izotopového složení tkání naznačují, že živočišné produkty v jejich jídelníčku zahrnuté byly. Tento rozpor může být vysvětlený např. konzumací bezobratlých živočichů, konzumací podzemních orgánů rostlin místo masa, případně schopností zvýšit efektivnost zpracování masa jiným způsobem než za použití chrupu – např. použitím nástrojů (TEAFORD, UNGAR, 2000, on-line).

6. Strava nejstarších zástupců rodu *Homo*

Většina vědců spojuje první výskyt zástupců rodu *Homo* během pozdního pliocénu s globálním ochlazováním a s tím souvisejícím vysoušením povrchu planety. V této době došlo v jižní a východní Africe ke zjevnému rozšíření stepí, ve kterých významnou složku flóry tvořily rostliny C₄. Tyto události zhruba korespondují s dobou před asi 2,4 miliony let, kdy se podle fosilních nálezů objevili první zástupci druhů *Homo habilis* a *Homo rudolfensis*, kteří jsou mnoha vědci považováni za nejstarší zástupce rodu *Homo*. Výskyt těchto druhů se překrývá v širokém časovém pásmu. Změny klimatu mohly hrát důležitou roli i při vývoji dalšího zástupce rodu *Homo* - *H. erectus*. Tento druh se poprvé objevuje v době, kdy docházelo k významným změnám i u řady dalších živočišných druhů. Přestože vědci stále debatují o rychlosti těchto probíhajících změn, většina z nich se shoduje na tom, že ochlazování a změny klimatu měly značný vliv na vývoj všech druhů savců včetně člověka.

Jak ukazují nálezy z Etiopie, pliocénní hominidé již vyráběli a používali nástroje trvalého charakteru. Měnící se životní prostředí a rozšiřující se používání nástrojů je spojováno se změnou přírodních zdrojů potravy a se změnami v potravních adaptacích.

Na základě těchto faktů byly vypracovány možné modely potravních adaptací nejstarších zástupců našeho rodu. Tyto modely kladou důraz na odlišné zdroje potravy o nichž se domnívají, že mohli sehrát klíčovou roli ve vývoji potravních adaptací rodu *Homo*.

První model je založený na konzumaci masa a využívání živočišných zdrojů. Základní představa u tohoto modelu je taková, že s rozšířením savan se původní zdroje potravy spojené s lesním prostředím staly velmi vzácné a těžko dostupné. Na druhé straně došlo ke značnému rozšíření nových zvířat žijících v travnatém prostředí, zvláště kopytnatců. V potravě hominidů se tak začalo objevovat větší množství masa, což následně vedlo ke zlepšování jejich loveckých vlastností, tvorbě nástrojů a zvyšování inteligence. Tento nový druh potravy s vysokým obsahem proteinů umožnil zvětšování mozku a lovecké strategie zase vedly k rozdělování práce, složitějšímu sociálnímu

systému a selekci směrem k vyšší inteligenci. Tento pohled ve většině literatury dnes převažuje (UNGAR, GRINE, TEAFORD, 2006).

Modely, které dávají do souvislosti velikost mozku a druh potravy naznačují, že se maso stalo důležitou součástí výživy nejstarších zástupců rodu *Homo*, zvláště pak *H. erectus*. Zařazení většího množství živočišných produktů do potravy nejstarších zástupců rodu *Homo* nemuselo mít na zvětšování mozkové kapacity ale nutně přímý vliv. Naše vnitřní orgány a mozek jsou zhruba stejně energeticky náročné. Zkrácením trávicí soustavy, zvláště délky střev mohla být rovněž umožněna expanze mozku a to bez nutnosti výrazného zvýšení energetického příjmu (viz. kapitola 9). Živočišné produkty se tak mohly pro homininy s kratšími střevy stát zdrojem snadno stravitelných živin a tímto způsobem mohla být evoluce velikosti mozku rovněž nepřímě spojena se zvýšenou konzumací masa.

Důležitou součástí masa je rovněž živočišný tuk, který obsahuje vyšší polynenasycené mastné kyseliny, které jsou důležité pro tvorbu mozkové tkáně. Jak lov případně konzumace masa z nalezených mrtvých zvířat získávala na významu, zvyšovala se i komplexnost interpersonálních a sociálních interakcí, což společně s konzumací živočišného tuku mohlo vytvořit základ pro zvětšování mozku (UNGAR, GRINE, TEAFORD, 2006).

Druhý model předpokládá, že nejstarší druhy rodu *Homo* zahrnovaly do své stravy větší množství suchomilných rostlin a že hlavní hybnou silou lidské evoluce se stalo sběračství. Tato teorie poukazuje na to, že potravu tvořila z větší části rostlinná strava a že vyráběné nástroje mohly být používány ke zpracování částí rostlin. Zdůrazňován je zvláště vliv podzemních orgánů suchomilných rostlin – oddenků, cibulí a hlíz – a to na základě studií behaviorální ekologie lidí i ostatních primátů. Tyto studie předpokládají, že změny prostředí mohly vést ke zjednodušení přístupu k tomuto druhu potravy do té míry, že s jejím získáváním mohly efektivně pomáhat i děti. Tuto teorii podporuje i O'Connell (1999), který vychází z pozorování kmene Hadza, lovecko-sběračské skupiny žijící ve střední Tanzanii. Předpokládá, že podobným způsobem mohli žít i naši pradávni předci. Domnívá se, že sběr částí rostlin, zvláště jejich podzemních orgánů, které obsahují značné množství škrobu, představoval účinný selekční tlak, který vedl ke vzniku menopauzy u žen. Ženy, které již nemohou mít děti

jsou významnou pomocí pro ženy ve fertilním věku při shromažďování potravy a péči o děti, tím zvyšují šanci na přežití svých potomků a vnuků což je účinná strategie zvyšování vlastního fitness. Dále tato strategie rovněž vede k dělbě práce složitějšímu sociálnímu systému, čímž podporuje rozvoj inteligence a mozku (O'CONNELL, HAWKES, BLURTON JONES, 1999).

6.1. Paleontologické důkazy

Výše zmíněné hypotézy nám mohou pomoci při stanovování hypotéz, ale sami o sobě nám nepřinášejí žádný přímý důkaz o tom, co nejstarší představitelé rodu *Homo* skutečně jedli. Archeologické záznamy jsou velmi důležité, ale jejich využití je limitováno chybějícími souvislostmi mezi artefakty a konkrétním homininní taxonem. Ekologické modely nám poskytují informace o možných dostupných zdrojích, ale již nám neumožňují určit, které z těchto zdrojů byly skutečně využívány. Nutriční modely a modely odvozené z behaviorální ekologie poskytují možné scénáře využívání zdrojů, ale neumožňují nám určit, který z nich je nejpravděpodobnější. Jediným přímým zdrojem dat o potravě, kterou naši předkové konzumovali jsou fosilní nálezy samotných zástupců rodu *Homo*. Vědci vyvinuli mnoho metod pro testování aspektů potravy z těchto fosilních nálezů. Jedná se hlavně o rozbor biologických adaptací (velikost, tvar a struktura zubů a biomechanika čelistí) a důkazy vztahující se k vlivu konzumované potravy na jednotlivá individua během jejich života (opotřebení zubů a chemické složení tkání).

6.1.1. Velikost zubů

Hovoříme-li o velikosti zubů, nejedná se většinou o absolutní velikost, kterou není možné porovnávat mezi jednotlivými taxony, ale o velikost relativní, tj. velikost zubů vztaženou k velikosti těla. Všechny rody druhu *Homo* mají relativně redukovaný žvýkací aparát. Redukce je jasně vidět u *H. habilis* a dále tento trend pokračuje i u dalších zástupců rodu *Homo*, včetně *H. ergaster* a *H. sapiens* (McHENRY, COFFIN, 2000).

Relativní velikost řezáků ukazuje, že *H. habilis* a *H. rudolfensis* měli ve srovnání s *H. erectus* a australopitéky přední zuby širší. Protože současné druhy primátů se širokými předními zuby mají tendenci konzumovat potravu která vyžaduje

intenzivnější zpracování předními zuby, můžeme předpokládat, že *H. habilis* a *H. rudolfensis* rovněž konzumovali potravu vyžadující při její konzumaci značné zapojení předních zubů. Zvětšení řezáků těchto *Homo* v porovnání s australopitéky může odrážet jejich přechod k jinému typu stravy, zatímco následná redukce velikosti anteriorních zubů u *H. erectus* může být způsobena masivním využíváním nástrojů umožňujících zpracování potravy před vlastní konzumací.

Široké moláry poskytují dostatečně velký povrch ke zpracování velkého množství méně kvalitní potravy. Ve vývojové linii rodu *Homo* se u těchto zubů objevuje tendence k postupnému zmenšování. Ve srovnání s *H. erectus* jsou sice stoličky a třenové zuby *H. habilis* a *H. rudolfensis* velké a také značně opotřebené, ale při porovnání relativní velikosti těchto zubů se zuby australopitéků je vidět jasné zmenšení (UNGAR, GRINE, TEAFORD, 2006).

6.1.2. Tvar zubů

Tvar stoliček primátů odráží mechanické vlastnosti potravy. Druhy, které často konzumují tuhé listy mají plošší reliéf než druhy živící se tvrdou a křehkou potravou.

Rozdíly v morfologii zubů současných lidoopů jsou v jasném vztahu k mechanickým vlastnostem potravy, kterou se živí. Šimpanzi centrální Afriky jsou převážně fruktivorní. Ovoce tvoří 70-80% jejich celkové potravy. Pro zpracování tohoto typu potravy se dobře hodí jejich moláry s plochým povrchem. Gorily ze západních nížin Afriky se také běžně živí ovocem, které představuje až polovinu jejich jídelníčku. Tito lidoopi ale mají tendenci k výraznějšímu reliéfu a strmějším zubním hrbolům než je tomu u šimpanzů. Výhoda tohoto morfologického uspořádání zubů se projeví ve chvíli, kdy jsou oba druhy lidoopů nuceni dělit se o společný prostor a zdroje potravy. V případě nedostatku ovoce jsou gorily schopné bez problémů doplnit svou stravu stonky a listy rostlin, tedy potravou výrazně tužší a vláknitější než jakou konzumují šimpanzi. Rozdíly v morfologii zubů šimpanzů a goril tedy odrážejí spíše rozdíly mezi takovými zdroji potravy, které jsou nuceni tito primáti konzumovat v době nedostatku jimi preferovaných potravin. Oba druhy zjevně dávají přednost měkkému ovoci pokud je k dispozici, ale morfologické rozdíly ve tvaru zubů umožňují gorilám v případě nutnosti využití i dalších zdrojů potravy, které jsou pro šimpanze hůře dostupné. Vztah

mezi morfologií zubů a druhem potravy u goril a šimpanzů poskytuje vhodnou srovnávací základnu pro odvození aspektů potravy starých zástupců rodu *Homo*.

Podle obou hlavních kritérií dentální topografie – zubního reliéfu a velikosti zubních hrbolů – spadají všichni raní zástupci rodu *Homo* do středu mezi gorily a šimpanze (viz. Příloha 3) a proto je pravděpodobné, že i potrava, kterou se živili odpovídala svými vlastnostmi středním hodnotám potravy goril a šimpanzů. Díky výraznějšímu reliéfu a strmějším zubním hrbolům mohli konzumovat tužší a plastičtější potravu než dnešní šimpanzi. Tyto vlastnosti jsou typické spíše pro měkké savčí tkáň než pro podzemní orgány rostlin, které jsou (zvláště v případě větších hlíz) značně křehké. Ostřejší povrch zubů vzniklý díky strmým zubním hrbolům a vyššímu reliéfu umožňuje rozmělnění tuhé potravy s nízkými energetickými náklady. Zvyšování množství masa v potravě tedy mohlo u raných hominidů hrát významnou roli při tvorbě dentálních adaptací. Rozdíly v dentální topografii mezi *A. afarensis* a *Homo* dosahují stejných hodnot jako rozdíly mezi gorilami a šimpanzi. Podobně jako u současných lidoopů se mohly potravní zdroje těchto vymřelých homininů do značné míry překrývat a lišit se tito hominidé mohli hlavně ve využívání různých náhradních zdrojů potravy v období nedostatku preferovaného jídla. Je možné, že vývoj směrem k rodu *Homo* zahrnoval využívání masa jako náhradního, nouzového zdroje v období nedostatku (UNGAR, 2004).

6.1.3. Zubní sklovina

Tloušťka zubní skloviny je považována za ochrannou adaptaci zubů proti poškození tvrdými součástmi potravy. Australopitékové a rané druhy *Homo* mají v porovnání s moderními lidmi a většinou žijících primátů relativně silnou zubní sklovinu na korunkách molárů. Absolutně nejtenčí sklovinu z těchto plio-pleistocénních hominidů má *H. erectus*. To ale nemusí nutně znamenat, že konzumoval měkčí stravu nebo stravu, která obsahuje méně tvrdých součástí. Tenčí sklovina vede ke snazšímu odhalování dentinu, což může zvyšovat nerovnost povrchu zubů a tím i jeho ostrost. Tento fakt může poukazovat na jiný druh adaptace pro efektivní zpracování tuhého jídla (UNGAR, GRINE, TEAFORD, 2006).

6.1.4. Biomechanika čelistí

Tvar čelistí pravděpodobně odráží velikost síly, která je zapotřebí během žvýkání. To nám může sloužit jako vodítko při zkoumání mechanických vlastností potravy konzumované starými zástupci rodu *Homo*. Přestože čelisti *H. erectus* jsou slabší než čelisti *H. habilis* a *H. rudolfensis* jsou čelisti všech raných *Homo* silnější než u jakýchkoli dnešních primátů. Jejich robustnost je srovnatelná s mohutnými čelistmi australopitéků. Jestliže silnější kostra čelistí odolává větší torzi spojené s větší silou a svalovou aktivitou během žvýkání, pak si raní *Homo*, zvláště *H. habilis* a *H. rudolfensis* uchovali schopnost vyvinout neobyčejně velký čelistní tlak (UNGAR, GRINE, TEAFORD, 2006).

6.1.5. Mikroskopické poškození zubů

Podle konzumovaného druhu potravy se na povrchu zubů vytváří specifický vzor mikroskopických trhlinek, rýžek či jamek. Unikátní je nejen tvar mikropoškození, ale i procentuelní zastoupení jednotlivých tvarů poškození. Podle vzoru poškození lze od sebe dobře odlišit jednotlivé savce živící se různými druhy potravy (viz. Příloha 2) Výzkum na současných primátech ukazuje, že velké množství jamek odráží konzumaci těžko zpracovatelné potravy. Větší jamky naznačují tvrdé, křehké objekty, zatímco drobnější jamky ukazují na tuhou potravu s přilnavým povrchem.

Jako základní srovnávací skupina pro vyhodnocení vzoru mikropoškození u raných *Homo* byli vybráni současní afričtí lidoopi – gorila a šimpanz, opice živící se tvrdou potravou- malpa a magabej, paviáni konzumující podzemní orgány rostlin a dvě etnické skupiny lidí výrazně se lišící v množství konzumovaných živočišných produktů.

Gorila (*Gorilla gorilla beringei*) – ze všech poddruhů goril konzumuje největší množství listů. Listy a stonky rostlin tvoří často více než 90% z celkového příjmu potravy.

Šimpanz (*Pan troglodytes troglodytes*) – tito šimpanzi konzumují převážně ovoce, které tvoří 70-80% jejich jídelníčku. Ostatní složky potravy tvoří listy (12-13%), semena (5-10%) a příležitostně ořechy nebo květy rostlin.

Malpa hnědá (*Cebus apella*) a magabej pláštíkový (*Lophocebus albigena*) – jsou specializováni na konzumaci tvrdých objektů, hlavně ořechů. Tyto opice konzumují ve skutečnosti široké spektrum potravy, ale ve výsledku je tato potrava tvrdší a křehčí než u ostatních primátů. Potrava malpy obsahuje 66% ovoce, 25% semen, 7% jader ořechů a příležitostně hmyz. Magabej konzumuje 60% ovoce, 30% hmyzu a 5% listů a květů. Během sezóny (listopad – prosinec) konzumují až 60% semen.

Paviáni (*Papio ursinus*) – jsou specializováni na konzumaci podzemních orgánů rostlin a to hlavně během období sucha. Podzemní hlízy, kořeny a cibule tvoří během suchých období až 40% jejich jídelníčku.

Aleuté – etnikum žijící na Aleutských ostrovech. Tito lidé se živí téměř výhradně živočišnými zdroji, hlavně mořskými rybami a měkkýši v syrovém i sušeném stavu. Tuto dietu příležitostně doplňují o suchozemské druhy jako jsou různí hlodavci, lišky a jedlé hlízy.

Arikara – jedna ze skupin původních obyvatel severní Ameriky. Jejich strava sestávala přibližně z poloviny ze živočišných a z poloviny z rostlinných zdrojů. Rostlinná potrava zahrnovala divokou vegetaci (hrozny, *Chenopodium*, tykve) i některé kulturní plodiny (fazole, kukuřice, slunečnice, dýně). Živočišná strava byla tvořena značným množstvím bizoního masa – čerstvého i sušeného – a menší lovnou zvěří (jeleni, zajíci).

Raní zástupci rodu *Homo* se dobře odlišují od Aleutů, magabejů a paviánů v šířce rýžek i jamek, která je u raných *Homo* viditelně menší. To naznačuje, že potrava těchto homininů nebyla tak tuhá jako je tomu u Aleutů ani tvrdá jako potrava magabejů a paviánů. Tito hominidé nebyli pravděpodobně specializováni na tak tuhé a houževnaté jídlo jako je například sušené maso nebo některé tvrdé podzemní orgány rostlin. Žádný z těchto hominidů rovněž nemá tak velké procento mikropoškození zubů jako malpy a magabejové, což ukazuje na to, že jejich potrava pravděpodobně neobsahovala velké množství příliš tvrdých objektů jako jsou ořechy a semena. *H. habilis* má nižší procento poškození než *H. erectus* a jeho hodnoty jsou srovnatelné s mírou mikropoškození u goril a Arikarů. Tento fakt naznačuje potravu, která zahrnovala nějaké tužší jídlo s mechanickými vlastnostmi jaké mají některé listy, dřevnaté rostliny a některé savčí tkáně.

H. erectus se množstvím mikrotrhlinek na molárech blíží šimpanzům, Aleutům a hlavně paviánům. To svědčí o pravděpodobné konzumaci širokého spektra potravy a/nebo potravy středně křehké.

Výrazný rozdíl mezi množstvím důlků u *H. habilis* a *H. erectus* naznačuje, že se jejich potrava lišila v mechanických vlastnostech, zvláště v tvrdosti. *H. erectus* konzumoval v průměru výrazně tužší a tvrdší potravu než *H. habilis*. Fakt, že tyto důlky u *H. erectus* mají tendenci být menší než u *H. habilis* naznačuje, že byly vytvořeny adhezivní potravou (viz. Příloha 2). Oproti *H. habilis* tedy *H. erectus* do své stravy včleňoval větší množství mechanicky odolné – možná tvrdé, ale pravděpodobněji velmi tuhé – potravy (UNGAR ET AL., 2006).

6.1.6. Biochemické složení tkání

Chemický rozbor kostí a zubů nám rovněž může napovědět co naši předkové konzumovali. Tento rozbor odráží preferenci v jídle v období měsíců či let narozdíl od mikropoškození zubů, které může být záležitostí několika týdnů. Zvířecí tkáň odráží poměr uhlíku $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ získaný z potravy. V ekosystémech s teplým podnebím se vyvinuly tzv. C_4 rostliny, které využívají specifickou fotosyntetickou dráhu. Tyto rostliny mají relativně vysoký podíl ^{13}C , zatímco stromy, keře a byliny které využívají C_3 fotosyntézu neobsahují prakticky žádné izotopy ^{13}C . Herbivorní zvířata živící se C_4 rostlinami lze snadno odlišit od konzumentů C_3 rostlin, ke kterým patří organismy konzumující ovoce, ořechy a oddenky.

V potravě raných *Homo* převažoval ^{12}C uhlík. Zároveň se u nich vyskytuje malý, ale významný podíl ^{13}C uhlíku. Tento podíl ^{13}C uhlíku je interpretován jako výsledek stravy obsahující 20-25% potravy, která má původ v rostlinách C_4 . Jednat se může buď přímo o rostlinné zdroje nebo o potravu živočišného původu pocházející z obratlovců či bezobratlých živících se C_4 rostlinami. Uhlík C_3 mohl pocházet ze širokého spektra poživatin – ovoce, ořechů, listů, kořenů či živočichů živících se C_3 rostlinami. Zdroje C_4 potravin jsou mnohem omezenější – zahrnují živočichy konzumující C_4 rostliny, ostřice a semena C_4 rostlin. V oblasti kde byly nalezeny zkoumané fosílie tvoří ostřice nevýznamnou minoritní část flóry a není pravděpodobné, že by byly významným zdrojem ^{13}C izotopu v potravě nejstarších zástupců rodu *Homo*. Podobně ani semena trav pravděpodobně nejsou v tomto směru příliš významná. Hmyz živící se travou a

obratlovci zůstávají nejvýhodnějším, výživným a nejpravděpodobnějším zdrojem C₄ uhlíku (LEE-THORP, THACKERAY, VAN DER MERWE, 2000) .

6.2. Potravní všestrannost jako adaptivní strategie

Všechny fosilní, archeologické a paleoenvironmentální důkazy dohromady nasvědčují modelu vzrůstající potravinové všestrannosti v průběhu evoluce nejstarších *Homo*. Archeologické nálezy naznačují, že bez ohledu na to co dělali jiní hominidé, *H. habilis* a *H. rudolfensis* využívali nástroje, které jim umožňovaly rozšířit potravní spektrum. U těchto taxonů přesto ale hrály technologické inovace pravděpodobně malou roli v potravní adaptaci, protože oba tyto druhy vykazují jen malou změnu v morfologii čelistí a zubů než jakou bychom mohli očekávat pokud by nástroje plně převzali jejich úlohu při zpracování potravy. U těchto hominidů zůstává zachována poměrně silná sklovina na molárech a široké čelisti, pravděpodobně pro zpracování tvrdé potravy, která byla opakovaně přijímána. Vykazují rovněž více molárních hrbolů, které umožňují snazší zpracování tuhého jídla jako jsou pružné části rostlin nebo maso. Nástroje by mohly přispět k větší potravní flexibilitě, ale vzrůstající potravní všestrannost je daleko pravděpodobněji odvozena z biologické než kulturní evoluce (UNGAR, GRINE, TEAFORD, 2006).

Na druhé straně hlavní koncentrace nástrojů a kostí modifikovaných lidskou činností se zhruba překrývá s objevením se *H. erectus*. Přestože mohou být přidružení i jiní hominidé, *H. erectus* téměř určitě k této kumulaci nástrojů přispěl, zvláště v případech nástrojů nalezených mimo Afriku. *H. erectus* rovněž vykazuje adaptivní změny jako ztenčování zubní skloviny a další zefektivňování mělnění tužší potravy jako je maso. Ačkoli vzrůstající efektivita ve zpracování tuhé potravy může ve výsledku snižovat schopnost zpracování tvrdého a křehkého jídla, nástroje jako kamenná kladiva (jejichž používání bylo pozorováno i u šimpanzů v pralese Tái) mohou tuto snižující se schopnost snadno kompenzovat. Tak by mohla kombinace nástrojů a morfologických změn umožnit nárůst potravní všestrannosti u *H. erectus*.

Potravní všestrannost by byla užitečná zejména v době environmentálních změn jako je rozšíření C_4 pastvin v jižní Africe zhruba v době kdy se poprvé objevují *H. habilis* a *H. rudolfensis*. Tato schopnost by také dobře posloužila *H. erectus*, protože

tento taxon se objevil v době kdy docházelo k výrazným změnám fauny. Během změny životních podmínek mohla být potravní univerzálnost důležitou adaptační strategií.

Kraniodontální adaptace a materiální kultura mohly raným *Homo*, zejména *H. erectus*, umožnit konzumaci širšího spektra potravin než jaké obsáhli jejich předchůdci. Tomuto modelu nasvědčují i studie současných lovecko-sběračských skupin, které rovněž využívají široké spektrum potravin od různých živočišných produktů po většinu částí rozmanitých divokých rostlin.

Schopnost využívat různé potravní zdroje mohla *H. erectus* umožnit migraci z Afriky na další kontinenty (UNGAR, GRINE, TEAFORD, 2006).

7. Strava *Homo sapiens* a *Homo neanderthalensis* – období paleolitu

Období paleolitu nebo-li starší doba kamenná představuje časový úsek před 250 000 – 10 000 lety. V tomto období došlo ke vzniku a vývoji člověka moderního typu – *Homo sapiens*. Tato forma člověka se pravděpodobně vyvinula v Africe, ze které se pak rozšířila na ostatní kontinenty. Ve zhruba stejné době (250 – 40 tis. let) byl jediným lidským obyvatelem evropského kontinentu *Homo neanderthalensis*, který vymizel zhruba před 30 000 lety s příchodem *Homo sapiens* (HOCKETT, HAWS, 2005).

Archeozoologické studie ukazují, že již od počátku středního paleolitu jsou dobře vyvinuty lovecké strategie a lidé jsou schopni lovit středně velká i velká divoká zvířata jako jsou gazely, daňci, pratuři či divoká prasata (YESHURUN, BAR-OZ, WEINSTEIN-EVRON, 2007). Významným zdrojem živočišných bílkovin byly i ryby. Schopnost lovit ryby je považována za jednu z adaptivních výhod moderních lidí. Využívání tohoto typu zdroje mohlo možná usnadnit migraci z afrického kontinentu např. díky tomu, že umožnilo rozvoj mozku. Broadhurst *et al.* (2002) se domnívají, že konzumace potravy pocházející z moře či jiných vodních zdrojů byla dokonce hlavní podmínkou vývoje lidského mozku (viz. kapitola 9). Přesto suchozemští býložravci pravděpodobně tvořili převážnou část živočišné potravy. Rozbor izotopů uhlíku a dusíku u ženy pocházející z mladopaleolitické magdalénienské kultury ve Francii (18 – 12 tis. let) např. ukazují, že 18% z celkového množství konzumovaných proteinů pocházelo z masa ryb, 25% z masa antilop sajga a sobů a 68% z celkového množství konzumovaných proteinů přijímala z masa bizonů (DRUCKER, HENRY-GAMBIER, 2005).

Chemické analýzy kostí ukazují, že *H. neanderthalensis* až na výjimečné případy ryby nekonzumoval (ADÁN ET AL., 2009; BOCHERENS, DRUCKE, 2006). Jinak byl ale i *H. neanderthalensis* schopný lovit široké spektrum živočichů od nebezpečných zvířat jako je slon, nosorožec, medvěd či mamut až po velké, střední i malé kopytnatce (bizoni, pratuři, koně, jeleni, kozy, daňci, gazely). Zaznamenány jsou i když méně často i důkazy lovu malých zvířat, ptáků, želv a malých masožravců. Na některých nalezištích převládají nálezy z jednoho druhu zvířat což svědčí o schopnosti

tohoto hominida zaměřit se na určitý druh kořisti (VILLA ET AL., 2009). Jak vyplývá z další rozsáhlé studie, *Homo neanderthalensis* byl zaměřen zvláště na konzumaci masa z velkých a středně velkých kopytnatců. Rozbor izotopů dusíku a uhlíku ukazuje na velmi podobné chemické složení jaké mají striktní karnivoři typu lev, hyena nebo vlk (HOCKETT, HAWS, 2005). Velmi nízká hladina prvků stroncia a baria v kostní tkáni (viz kapitola 4.3) rovněž nasvědčuje tomu, že rostlinná potrava tvořila v jídelníčku *H. neanderthalensis* jen velmi malou část. Na druhou stranu mohli tito hominidé konzumovat rostliny, s velmi nízkým obsahem těchto prvků, které by pak nezanechaly žádné stopy (HARDY, 2010).

Způsob života současných lovecko-sběračských skupin je často využíván jako model pro rekonstrukci života vyhynulých hominidů. Jako model pro neandrtálce jsou vybírány národy žijící v extrémně chladných oblastech, jako jsou např. Inuité. Kromě života ve velmi chladném prostředí se jako další společný rys těchto dvou skupin lidí udává dieta s vysokým obsahem masa. Tento model ale není univerzální. Klima a tím i teploty během pozdního pleistocénu značně kolísali a tyto teplotní fluktuace zcela jistě ovlivnily ekologické podmínky v celé Evropě a tím i zdroje potravy a potravní adaptace v lidských populacích. Proto nemůže být život Inuitů použit jako obecný model pro všechny populace neandrtálců, ale pouze pro konkrétní populace žijící v určitou dobu na určitém místě.

Vzor mikropoškození na zubech neandrtálců je nejvíce podobný současným karnivorním etnikům jako jsou Laponci či Inuité, nicméně u neandrtálců existuje značná vnitrodruhová variabilita mezi těmito vzory, což poukazuje i na různorodost konzumované potravy. Některá individua se podle vzoru poškození jeví jako více karnivorní, jiná spíše jako omnivorní, což ukazuje, že strava neandrtálců byla pravděpodobně pestřejší, ačkoli maso bylo nejspíš hlavní součástí jejich jídelníčku. Podle rozboru zubního mikropoškození se v jejich potravě vyskytovalo rovněž jídlo s abrazivnějšími vlastnostmi, jako např. kořeny, cibule a jiné podzemní části rostlin. Vzhledem ke klimatickým podmínkám v jakých neandrtálci žili a na základě znalosti rozsahu teplot při kterém mohou růst jednotlivé druhy rostlin lze stanovit potencionální spektrum druhů rostlin s jedlými podzemními orgány, které mohly být *H. neanderthalensis* dostupné. Mezi tyto rostliny patří orobinec širokolistý (*Typha latifolia*), rdesno hadí kořen (*Polygonum bistorta*), rdesno živorodé (*Polygonum*

viviparum), šípatka střelolistá (*Sagittarium sagittifolia*), kandík psí zub (*Erythronium dnes-canis*), lopuch větší (*Arctium lappa*), karotka (*Daucus carota*) a pastinák (*Pastinaca sativa*) (viz. Příloha 4). Tyto taxony ovšem nejspíš představují pouze část rostlin s jedlými podzemními orgány, které mohly být v dané době za daných klimatických podmínek dostupné. U mnoha individuí byly rovněž na molárech nalezeny hluboké svislé rýhy, které mohou značit konzumaci velmi tvrdých objektů (HARDY, 2010). Přímým důkazem konzumace rostlinné potravy jsou zbytky rostlin nalezené na místech obývaných *H. neanderthalensis*. V jeskyních na Středním Východě byly nalezeny zbytky břestovce (*Celtis*) a oříšky brutnákovitých rostlin (*Boraginaceae*). Dále výzkumy ukazují, že součástí stravy neandrtálců byla semena trav. Další důkazy o využívání a konzumaci rostlin poskytují rozbor organických látek z kamenných nástrojů, které odhalily zbytky škrobových tkání rostlin. Nepřímé důkazy konzumace rostlinného jídla pocházejí z interpretací funkce nalezených artefaktů na základě jejich opotřebení. Byly nalezeny např. kameny, které podle opotřebení mohly sloužit k drcení rostlinného materiálu, upravená mamutí žebra zase jako škrabky k odstraňování kůry stromů, aby bylo možné dostat se k lýku, které je u některých druhů (bříza, borovice, vrba, modřín, jedlovec, topol) jedlé (HARDY, 2010).

I přes tyto důkazy ovšem nelze určit, zda *H. neanderthalensis* skutečně všechny dostupné zdroje potravy využíval. Jak již bylo zmíněno, je také možné, že tito hominidé byli specializováni hlavně na konzumaci živočišné potravy a jejich jídelníček byl mnohem méně rozmanitý než u *H. sapiens*, což mohlo v důsledku být jednou z příčin vyhynutí těchto lidí (HOCKETT, HAWS, 2005).

Strava paleolitických *H. sapiens* byla v porovnání s *H. neanderthalensis* výrazně pestřejší. Kromě již zmíněné konzumace širokého spektra suchozemských i vodních živočichů se předpokládá, že z celkově konzumované stravy tvořili 65-70% ovoce, kořeny, luštěniny, ořechy apod. (EATON, EATON III, KONNER, 1997). Je obtížné určit jaké druhy rostlin byly konzumovány, protože rostlinná pletiva podléhají snáze destrukci než kosti živočichů. Výzkumy z jeskyně Kebara v Izraeli ukazují, že převážnou část zde nalezených dochovaných rostlinných zbytků (79%) tvoří leguminózní rostliny (*Papilionaceae*), pouze 0,23% tvoří obiloviny. Z dalších částí potenciálně jedlých rostlin zde byly nalezeny žaludy dubu taborského (*Quercus ithaburensis*), zbytky pistáciových ořechů (*Pistacia atlantica*), semena světlice

(*Carthamus*), které mají vysoký obsah tuku, piniové oříšky (*Pinus pinea*), plané olivy (*Olea*) a semena ze tří druhů rostlin, které mají jedlé podzemní orgány – planá ředkvička (*Raphanus raphanistrum*), planý ječmen (*Hordeum spontaneum/bulbosum*) a šáchor (*Cyperus*) (LEV, MORDECHAI, BAR-YOSEF, 2005).

Za kritický krok s dalekosáhlými důsledky je ve vývoji lidstva považován začátek využívání rostlin s vysokým obsahem škrobu. Vzhledem k jeho špatné stravitelnosti, nepoživatelnosti či přímo toxicitě některých zdrojů škrobu bez tepelné úpravy se předpokládá, že části rostlin s vysokým obsahem škrobu začaly být ve větší míře využívány až v době, kdy se lidé naučili využívat oheň. Mikrobotanická data z výzkumu v Mozambiku naznačují získávání škrobu ze semen, luštěnin, zrní, jader, podzemních orgánů či oplodí u více než desítky rostlinných druhů a to v různých formách, např. jako škrobovou mizu (z palmy *Hyphaene petersiana*) či mouku (z kmenů cykasů lze získat velmi kvalitní škrobovou mouku) (MERCADER, BENNET, RAJA, 2008).

Rekonstrukce vegetace z oblasti Olduvai Gorge a porovnání rostlinných druhů, které zde rostly v době paleolitu s rostlinami, které využívají dnešní lovecko – sběračské skupiny, odhalili možnost potencionálního využívání zdrojů rostlinné stravy zahrnující rostliny mokřin (*Justica*), semena trav, kořeny, ovoce keřů (*Cordia*, *Salvadora*) a stromů (*Ficus*, *Trichila*), jedlé části palem, listy bylin, lusky akácií (*Acacia*), květy a pryskyřici (COPELAND, 2007).

Výzkumy paleolitických chatrčí z oblasti Ohalo II v Izraeli odhalily přítomnost téměř stovky rostlinných taxonů (WEISS ET AL., 2008). Z nich ale jen 13 taxonů tvořilo více než 80% všech rostlinných zbytků a lze se tedy domnívat, že byly skutečně využívány. Největší koncentrace rostlinných zbytků byla nalezena v okolí mlecího kamene, který byl pravděpodobně využíván ke zpracování rostlin za účelem konzumace. O tom svědčí i skladba rostlinných druhů nalezených v této zóně. Jedná se hlavně o sveřep (*Bromus pseudobrachystachys*), ječmen přímořský (*Hordeum marinum*), ječmen planý (*Hordeum spontaneum*), rýženku (*Piptatherum holciiforme*), ostropestřec mariánský (*Silybum marianum*), lebedu (*Atriplex*), ostružiník (*Rubus sanguineus*), sléz malokvětý (*Malva parviflora*) a komonici indickou (*Melilotus indica*). Významná kumulace archeoflory ovšem byla nalezena i na jiném místě jeskyně, což nasvědčuje jinému způsobu zpracování a využití rostlin. Vzhledem ke skladbě

rostlinných druhů v této zóně lze usuzovat, že šlo o rostliny využívané pro jejich léčebné účinky. K těmto druhům patří ostropestřec mariánský (*Silybum marianum*) u něhož farmaceutické analýzy odhalily glykosidy, které napomáhají pročišťování a regeneraci jater, sléz malokvětý (*Malva parviflora*), dodnes využívaný v lidovém léčitelství, jeho kořeny jsou v Indii používány k mytí vlasů, komonice indická (*Melilotus indica*) využívaná v Indii jako narkotikum a prostředek k zastavení krvácení, hlaváček zubatý (*Adonis dentata*), který obsahuje glykosid adonin využívaný při léčbě srdce, zemědělm (*Fumaria macrocarpa*) a mnohoštet (*Aegilops spp.*), rovněž využívané v lidovém léčitelství.

Je pravděpodobné, že paleolitičtí sběrači využívali široké spektrum rostlinných druhů nejenom ke konzumaci, ale i jako léčiva. Odhaduje se, že často přes sto druhů na každé lokalitě kde populace žila (EATON, EATON III, KONNER, 1997). Spektrum těchto druhů se bude odlišovat v závislosti na oblasti výskytu dané populace.

7.1. Porovnání nutričních hodnot současné a paleolitické stravy

Nutriční potřeby dnešních lidí byly formovány během miliony let trvajících evolučního procesu. Náš genotyp formovaly životní podmínky ve kterých žili naši předkové. Od doby kdy se před 10 000 lety objevilo zemědělství a hlavně od průmyslové revoluce už nejsou ale genetické adaptace schopné držet krok s kulturním vývojem. Za posledních 10 000 let byla přírodní selekce schopna vyprodukovat pouze nepatrné množství nových změn a tak zůstáváme téměř stejní jako naši paleolitičtí předci. Proto i jejich způsob stravování pro nás zůstává stále aktuální. Paleolitická strava může být považována za možný vzor pro současnou výživu.

Podle kosterních nálezů byly paleolitičtí lidé stejně vysocí jako lidé v současné společnosti. V porovnání se současnými lidmi ale museli během shánění potravy a dalších věcí nezbytných k životu vydávat mnohem větší množství energie. Stejně tak v době, kdy se již objevilo zemědělství, byli stále nuceni tvrdě pracovat. Obrat přinesla až průmyslová revoluce. Např. v Japonsku po zavedení mechanizace do zemědělství pokleslo množství vynaložené denní práce o 50%. Velikost, robustnost a nevyhnutelná fyzická aktivita vedly u paleolitického člověka k nutnosti většího energetického příjmu

než je tomu u člověka dnešní doby. Zvěř a nekultivované rostliny obsahují menší množství tuku, více proteinů, vlákniny a vitamínů a minerálů na váhovou jednotku než je tomu u potravin které lze koupit v supermarketu. Z toho vyplývá, že větší energetické nároky lidí paleolitu vedly k zároveň i k vyššímu příjmu těchto živin a vlákniny.

Předpokládá se, že potrava v době kamenné byla tvořena ze 65% rostlinnou stravou a ze 35% stravou živočišného původu. Denní energetický příjem je odhadován na 3000kcal (12558kJ). Při tak vysokém energetickém příjmu by měli naši předkové přijímat většinu minerálů a vitamínů v mnohem větším množství než jaká se v současné době doporučují (EATON, EATON III, KONNER, 1997).

7.1.1. Mikronutrienty

Paleontologická data by mohla být použita pro stanovení optimálního příjmu minerálů a vitamínů. Např. doporučená dávka vitamínu C se pohybuje v dnešní době od 6-75 mg/den. Pro paleolitické lidi při energetickém příjmu 12558kJ činí průměrný denní příjem 60 mg, což stále spadá do doporučeného rozmezí.

Fyziologickou roli může hrát i příjem dalších biologicky aktivních látek obsažených v divoce rostoucích rostlinách, jako jsou inhibitory proteáz, organické izothiokyanáty, rostlinné fenoly a flavonoidy, u kterých lze očekávat, že byly rovněž přijímány ve značném množství (EATON, EATON III, KONNER, 1997).

7.1.2. Sodík, draslík

Moderní člověk je jediným z volně žijících suchozemských savců, který přijímá výrazně větší množství sodíku než draslíku. Pro lidi žijící před vznikem zemědělství byl vypočten průměrný denní příjem sodíku na pouhých 768 mg a příjem draslíku na 10,5 g (EATON, EATON III, KONNER, 1997). Adekvátní denní příjem draslíku v současnosti byl u dospělých stanoven na 4,7 g/den. Tento příjem by měl udržovat nižší krevní tlak, snižovat nepříznivý vliv NaCl na TK, snižovat riziko vzniku ledvinových kamenů. Průměrný denní příjem draslíku u dnešních Američanů se pohybuje v rozmezí 2,2 – 3,3 g/den. Adekvátní příjem sodíku byl stanoven na 1,5 g/den (odpovídá 3,8 g NaCl/den) (FOOD AND NUTRITION BOARD (a), 2005, on-line). Dospělý Američan přijímá průměrně 4 g sodíku denně. 75% z celkového obsahu sodíku se do potravin dostává při průmyslovém zpracování. Studie kmenů z jižní Ameriky a Nové Guineje, které se živí lovem, sběrem a pěstováním některých plodin, ukázaly, že

poměr sodíku/draslíku v jejich stravě (0,13) je podobný jako poměr u paleolitických lidí (0,7). Členové těchto kmenů mají v porovnání s „normálním“ krevním tlakem průměrný tlak krve „nízký“ (102/62). Prevalence hypertenze je u těchto kmenů minimální a s věkem se jejich krevní tlak nezvyšuje (EATON, EATON III, KONNER, 1997).

7.1.3. Sacharidy

Sacharidy představovaly u lovecko sběračských paleolitických skupin 45-50% denního příjmu energie, podobně jako u dnešních národů, ale markantní rozdíl byl v kvalitě přijímaných sacharidů. Většina cukrů byla získávána z ovoce a zeleniny, velmi málo z cereálií a žádné z rafinované mouky a cukru. V dnešní populaci je méně než 23% sacharidů přijímáno z ovoce a zeleniny, zbytek je získán z cukru a sladkostí. Energetické zdroje tohoto typu byly pro naše předky mnohem méně dostupné. Prakticky jediným takovým zdrojem cukru byl med divokých včel, který sloužil spíše jako sezónní pochoutka a nebyl dostupný stále.

Glykemický index potravy z planě rostoucích rostlin je nižší než u rostlin pěstovaných a současné technologie zpracování tuto tendenci ještě zvyšují. Sacharidy jsou pak stráveny a vstřebány rychleji než tomu bylo u lidí doby kamenné. Toto je potenciale významný faktor při vzniku diabetes mellitus (EATON, EATON III, KONNER, 1997). Studie u australských Aboriginců trpících diabetem zaznamenaly, že po návratu k původnímu paleolitickému způsobu života během sedmi týdnů došlo k rapidnímu zlepšení všech měřených hodnot souvisejících s nadváhou a rezistencí k inzulinu (LINDEBERG, CORDAIN, EATON, 2003).

7.1.4. Tuky

Hlavní příčinou ischemické choroby srdeční je hypercholesterolemie. Studované lovecko sběračské skupiny mají průměrnou hladinu cholesterolu 125mg/dl, což je hodnota která odpovídá rozsahu u volně žijících primátů. Lidská společnost s podobnou hladinou celkového cholesterolu má téměř nulovou prevalenci ischemické choroby srdeční. Západní kultura naproti tomu má průměrnou hodnotu hladiny cholesterolu v krevním séru kolem 200 mg/dl, tato hodnota už nespadá do rozsahu hodnot naměřených u volně žijících primátů a pro tuto populaci je rovněž vedoucí příčinou smrti ischemická choroba srdeční. Nasycené mastné kyseliny zvyšující obsah

cholesterolu tvořily u našich předků asi 5% z celkového příjmu energie. U dnešních Američanů tvoří téměř 15% (EATON, EATON III, 1998, on-line).

7.1.5. Proteiny

Proteiny tvořily ve stravě paleolitických lidí více než 30% denního energetického příjmu, což odpovídá asi 2,5 – 3,5g/kg/den. Pozorovaný příjem proteinů u primátů (šimpanzů, goril, paviánů) se pohybuje v rozmezí 1,6 – 5,9g/kg/den. Tyto hodnoty převyšují doporučené dávky proteinů v současnosti, které se pohybují v rozsahu 0,8 - 1,6g/kg/den. Vysoký příjem proteinů je spojován s výskytem nemocí jako je rakovina, osteoporóza nebo ateroskleróza. Lidé v době kamenné ale přijímali velké množství bílkovin společně s přibližně trojnásobným množstvím zeleniny a ovoce než je tomu v současné době. Za takových okolností může vysoký příjem bílkovin zvyšovat obsah HDL cholesterolu v krevní plazmě, zatímco u celkového cholesterolu a triglyceridů dochází ke snížení. Vysoký příjem purifikovaných, izolovaných proteinů vede k vylučování vápníku, zvláště v laboratorních podmínkách, kde je udržován konstantní příjem fosforu. Ale vysokoproteinová přírodní dieta má zvýšený obsah fosforu a existuje jen nepatrné množství důkazů o tom, že by zvyšovala riziko osteoporózy. Některé studie naopak naznačují, že příjem proteinů u západních civilizací je příliš nízký pro udržování optimální hustoty kostní tkáně (LINDEBERG, CORDAIN, EATON, 2003). Vysoký příjem proteinů by mohl zhoršovat případy chronického selhání ledvin, nicméně základní příčiny tohoto onemocnění – hypertenze a diabetes – se mezi členy sběračsko loveckých skupin vyskytují jen zřídka a nebyla zaznamenána ani zvýšená frekvence chronického selhání ledvin u Alaskanů a Inuitů, jejichž příjem bílkovin je zhruba stejný jako byl postulován pro naše paleolitické předky. Možná že má příjem takového množství proteinů nezávisle na metabolismu dusíku jiný fyziologický efekt. Poměr bílkovin a sacharidů ve stravě ovlivňuje množství inzulínu a glukagonu sekretovaných po jídle a tak mohou proteiny regulovat biosyntézu eikosanoidů (látky odvozené od kyseliny arachidonové – prostaglandiny, prostacykliny, tromboxany apod.) (EATON, EATON III, KONNER, 1997).

Další otázkou je, zda je důležitá kvalita proteinů. Většina studií naznačuje, že kostní tkáň vegetariánů je řídkší nebo stejná jako u omnivorů. Byly také provedeny studie, které ukazují, že preventivně proti osteoporóze působí sojové proteiny, ale u těchto studií sloužil jako protein k porovnání kasein. V porovnání s rybím masem se

ukázalo, že sojové proteiny naopak snižují hustotu kostí a zvyšují produkci parathyroidního hormonu (LINDEBERG, CORDAIN, EATON, 2003).

7.1.6. Vlákna

Analýza potravy konzumované lovecko-sběračskými skupinami a rozbor koprolityckých zbytků původních obyvatel Ameriky naznačují, že příjem vlákniny lidí před počátkem zemědělství byl asi 100 g/den. Šimpanzi a další vyšší primáti konzumují denně více než 200 g vlákniny. Díky tomu, že konzumovaná vlákna pocházela hlavně z ovoce, kořenů, luštěnin a ořechů, přijímali paleolitičtí lidé nižší množství kyseliny fytové (hlavní zásobárna fosforu u rostlin, pro člověka je nestravitelná a znemožňuje využití fosforu) než je konzumováno nyní v industrializovaných společnostech, kdy většina přijímané kyseliny fytové pochází z obilovin. Ze stejného důvodu byl u paleolitických lidí vyšší podíl rozpustné vlákniny vůči vláknině nerozpustné (EATON, EATON III, KONNER, 1997).

Paleolitická strava může být vhodnou podporou zdraví, protože jsme na ni byli dlouhodobě adaptováni. Mléčné produkty, obiloviny, sůl, rafinované cukry a separované tuky jsou pro naše tělo „novinkou“. Vyrůstající počet důkazů indikuje, že jejich zařazení do stravy dnešního člověka má nepříznivé účinky na jeho zdraví, zvláště co se týká vzniku chronických onemocnění.

8. Strava *Homo sapiens* – období neolitu

Asi před 11 000 lety došlo v jihozápadní Asii ke vzniku zemědělství, odkud se tato znalost rychle šířila na východ i na západ (CONOLLY, COLLEDGE, SHENNAN, 2008). Hlavní novinkou ve stravě, kterou zemědělství přineslo byly obiloviny, které se brzy staly ve většině oblastí dominantními zdroji potravy. U žádných jiných volně žijících primátů k takovému posunu nedošlo, žádní jiní primáti běžně obiloviny nekonzumují. Vzrůstající závislost na obilovinách omezila spektrum konzumovaných rostlin. Došlo ke snížení konzumace ovoce a zeleniny, které do té doby byly hlavním potravním zdrojem lidí (tvořili až 65% potravy paleolitických lidí) (EATON, EATON III, 1998, on-line). Mezi klasické v neolitické době pěstované rostliny patří pšenice dvouzrnka (*Triticum dicoccon*), pšenice jednozrnka (*Triticum monococcum*), pšenice tvrdá (*Triticum durum*), pšenice setá (*Triticum aestivum*), pšenice špalda (*Triticum spelta*), ječmen (*Hordeum vulgare* ssp. *nuudum*), mák setý (*Papaver somniferum*), len setý (*Linum usitatissimum*), hrách setý (*Pisum sativum*), čočka (*Lens culinaris*), kopr vonný (*Anethum graveolens*), miřík celer (*Apium graveolens*) (COWARD ET AL., 2008, HERBIG, 2009).

Společně s domestikací rostlin byla domestikována i některá zvířata. Mezi první domestikovaná zvířata patří skot, ovce, kozy a prasata. Stejně jako u rostlin došlo k jejich domestikaci v oblasti „úrodného půlměsíce“ na Blízkém Východě. Předpokládalo se, že hlavní výhodou, díky které zemědělství a domestikace zvířat byli introdukováni, bylo snížení energetických nákladů. Výzkumy současných sběračsko-loveckých etnik ale ukázaly, že chov dobytka a zemědělství jsou obtížnější než lov. Za další důvod pro domestikaci rostlin a zvířat byl považován nárůst populace a tím vyčerpání přírodních zdrojů potravy (DAVIS, 2005).

Rozbor složení izotopů z kolagenu kosterních pozůstatků neolitických lidí ukazuje, že hlavními zdroji živočišných bílkovin zůstávají v období neolitu suchozemští savci, dokázán je ale i příjem významného množství bílkovin z vodních živočichů – ryb a měkkýšů – a to sladkovodních i mořských (FISCHER ET AL., 2007).

Na základě určení charakteru složení izotopů dusíku v kolagenu z vnitřku zubů telat domestikovaného skotu nalezených na neolitických nalezištích bylo stanoveno, že

tato mláďata byla odstavována v relativně mladém věku, což může být považováno za důkaz konzumace mléka (BALASSE, TRESSET, 2002). Intenzivní konzumaci mléka a mléčných výrobků potvrzují rovněž rozbor organických zbytků ze střepů keramiky a poměry kostí zvířat produkujících mléko (převažují kostry starých samic a mláďat). Při rozbořech organických zbytků byly rovněž často nalézány zbytky včelího vosku, což nasvědčuje využití včelích produktů (COPLEY ET AL., 2005).

Společně s poklesem příjmu zeleniny a ovoce, pravděpodobně rovněž došlo k poklesu příjmu vitamínů, minerálů a dalších v rostlinách obsažených chemických látek. Obiloviny samozřejmě rovněž mikronutrienty obsahují, ale jejich skladba a obsahy se od těch v ovoci a zelenině odlišují. V obilovinách převažuje nerozpustná vláknina, což je další aspekt, kterým se obiloviny odlišují od ovoce a zeleniny, takže v příjmu vlákniny došlo rovněž ke změně a to v posunu v poměru mezi nerozpustnou a rozpustnou vlákninou.

S největší pravděpodobností došlo rovněž k poklesu příjmu živočišných bílkovin, které nebyly pro rané zemědělce tak dostupné jako pro lidi paleolitu, což společně s konzumací obilovin vedlo ke změně poměru v příjmu omega – 6 a omega – 3 polynenasycených mastných kyselin a zároveň byl snížen příjem vyšších polynenasycených mastných kyselin včetně kyseliny arachidonové, dokosahexaenové a dokosatetraenoové (EATON, EATON III, 1998, on-line).

9. Evoluce lidského mozku v souvislosti se změnami v potravním spektru

Během 3,5 milionu let trvající evoluce došlo u lidského mozku k enormnímu zvětšení od 450 cm³ u australopitéků k asi 1350 cm³ u *H. sapiens* a 1500 cm³ u *H. neanderthalensis* (ROTH, DICKE, 2005). Mozek je z hlediska metabolických procesů považován za velice nákladný orgán. Váhová jednotka mozkové tkáně vyžaduje 22krát větší množství metabolické energie než ekvivalentní množství svalové tkáně. Velký mozek je tedy značnou energetickou investicí. Např. průměrný člověk má mozek, který je zhruba o kilogram těžší, než by se očekávalo u jiného savce stejné velikosti a metabolické náklady takto velkého mozku jsou zhruba 5krát vyšší než u mozku průměrného stejně velkého savce. Mezi primáty bezpochyby existuje vztah mezi velikostí mozku a kvalitou konzumované potravy. Obecná interpretace je taková, že vysoce kvalitní strava poskytuje nadbytečné množství energie, které může být využito k tvorbě velkého a nákladného mozku. Tato interpretace by ovšem platila pouze v případě, že by zvířata s velkým mozkem konzumovala vysoce kvalitní potravu ve stejném množství jako zvířata s malým mozkem méně kvalitní potravu. To ale u člověka neplatí. Bylo prokázáno, že člověk živící se lovem a sběrem má výrazně nižší denní příjem potravy než primáti s menším mozkem, jejichž potrava je celkově méně kvalitní. Je důležité rovněž říct, že mozek není jediným energeticky náročným orgánem v těle, dalšími velmi náročnými orgány jsou ledviny, játra, srdce a trávicí trakt. Společně s mozkem tyto orgány představují méně než 7% váhy těla, ale spotřebují přibližně 70% z celkové energie bazálního metabolismu (AIELLO, 1997, on-line).

Jednou z možností jak může dojít ke zvětšení mozku bez výrazného zvýšení bazálního metabolismu je redukce velikosti ostatních metabolicky náročných tkání. Lidská játra a trávicí systém mají průměrně o 900 g méně než by se u nich očekávalo. Většina z tohoto deficitu připadá na trávicí trakt. Nárůst mozkové hmoty je tak díky redukcí trávicího traktu kompenzován. Tento vztah mezi velikostí mozku a velikostí trávicího traktu platí také pro ostatní primáty. Primáti jako jsou vřeštan rezavý (*Alouatta seniculus*) nebo siamang černý (*Hylobates syndactylus*) mají skutečně relativně velká střeva a relativně malý mozek a naopak malpa hnědá (*Cebus apella*),

langur kaštanový (*Presbytis rubicunda*) nebo gibbon lar (*Hylobates lar*) mají poměrně malá střeva a velký mozek.

Zdá se, že střevo je jediný metabolicky nákladný orgán, jehož velikost může kolísat, protože není závislá pouze na velikosti těla ale rovněž na konzumované potravě. Špatně stravitelná potrava vyžaduje relativně trávicí soustavu se složitými a nákladnými částmi pro fermentaci (žaludek nebo tenké střevo), zatímco lehce stravitelné jídlo (ovoce s vysokým obsahem cukru, na proteiny a tuky bohatá semena a živočišné tkáně) vyžaduje relativně krátký zažívací trakt s jednoduchým žaludkem a krátkým tenkým střevem (AIELLO, 1997, on-line).

Amen-Ra (2007) s touto teorií metabolicky náročných tkání ale nesouhlasí a tvrdí, že ke zkrácení trávicího traktu a zvětšení mozku nedošlo u člověka na základě obohacení potravy o stravitelnější maso, ale že evolučním stimulem pro tento vývoj byl naopak nedostatek potravy a hladovění v důsledku změny klimatu a tím i potravních zdrojů. Dalšími důsledky nedostatku potravy v průběhu evoluce jsou podle této teorie: zpožděné sexuální vyžívání, pomalý ontogenetický vývoj a prodloužení délky života. Jako důkaz předkládá vliv potravní deprivace na ontogenetický vývoj, kdy při sníženém příjmu potravy dochází k redukci velikosti střev a k adaptaci intestinálních buněk, kdy se zvyšuje jejich schopnost absorpce živin.

Zpomalením ontogenetického vývoje a sexuálního vyžívání je uvolněno dostatečné množství energie pro vývoj mozku. Hladovění rovněž zvyšuje expresi neurotrofních faktorů, které podporují proliferaci a diferenciaci prekursorů nervových buněk a také stimuluje rozvoj inteligence tím, že nutí jedince vymyslet nové strategie pro získání dostatečného množství potravy. Tento model tak poskytuje jiný základ pro evoluční indukci encefalizace (AMEN-RA, 2007).

Autoři další z teorií (BROADHURST ET AL., 2002) se domnívají, že kritickou úlohu ve vývoji lidského mozku hraje konzumace potravy pocházející z vodních zdrojů – moří, jezer a řek. Vycházejí z biochemického složení mozku, kdy velice důležitou komponentou centrálního nervového systému savců jsou polynenasycené mastné kyseliny (PUFA), z nichž nejvýznamnější část tvoří kyselina arachidonová (20:4 ω 6) a kyselina dokosaheksaenová (22:6 ω 3). Mozek je schopný tyto dvě mastné kyseliny vytvořit z kyseliny linoleové (18:2 ω 6) nebo kyseliny α -linoleové (18:3 ω 3), které jsou

obsaženy v rostlinné stravě, ale tato konverze z 18ti uhlíkových MK je považována za kvantitativně nedostačující kvůli kombinaci vysokého stupně oxidace těchto MK (zdroj energie), neefektivní enzymatické konverzi a substrátové inhibici. Kyselina arachidonová (AK) a dokosahexaenová (DHK) se tak mohou stát limitujícími faktory v evoluci mozku. U všech suchozemských savců došlo ke zvětšení těla a tím zároveň k relativnímu zmenšení mozku. Jejich vývoj předčil jejich schopnost syntetizovat PUFA nezbytné pro vývoj mozku a v suchozemské ekologii neexistuje žádný významný potravní zdroj těchto esenciálních nutrientů. Jediným druhem u kterého nedošlo s nárůstem tělesné velikosti ke ztrátě mozkové kapacity je *H. sapiens*. Zdá se nepravděpodobné, že by ve vnitrozemském prostředí bylo možné vyvinout a udržovat tak velký a metabolicky nákladný orgán jako je mozek, protože jak již bylo zmíněno suchozemské prostředí neposkytuje žádný dostatečný zdroj PUFA. Nejvýznamnějšími suchozemskými zdroji polynenasycených mastných kyselin jsou velmi malí savci, primáti, mozková tkáň savců a žloutky ptačích vajec. Primární potravou člověka ale pravděpodobněji byli velcí herbivorní savci, jejichž maso dostatečné množství těchto kyselin neposkytuje. V mase mořských ryb či měkkýšů je 2,5 – 10 krát vyšší obsah DHK než v ekvivalentním množství libového či tučného masa suchozemských savců. Je tedy možné, že konzumace ryb a jiných vodních živočichů, zvláště mořských, měla zásadní význam v evoluci lidského mozku. Intenzivnímu využívání vodních zdrojů potravy nasvědčují i archeologické nálezy z Afriky, mezi kterými se objevuje velké množství skořápek mušlí a kostí ryb. O konzumaci vodních živočichů svědčí i chemické rozborů kostí jedinců z horního paleolitu (Anglie), které nasvědčují tomu, že 20 – 50% konzumovaných proteinů pocházelo ze sladkovodních živočichů (BROADHURST ET AL., 2002).

10. Role tepelné úpravy potravy v lidské evoluci

Vaření je v lidské populaci natolik rozšířený jev, že nutně musel mít vliv na výživu, ekologii a sociální vztahy našeho druhu. Velmi pravděpodobně používání ohně ovlivnilo i evoluci, ačkoli mnoho autorů tento aspekt opomíjí, protože se domnívají, že tepelná úprava potravy je jev, který se objevil v nedávné minulosti a proto nemohl mít na fylogenetický vývoj člověka vliv. Na základě některých skutečností, se ale lze domnívat, že oheň dokázal kontrolovaně používat už *H. erectus*. Využívání ohně k úpravě potravy tímto raným hominidem může souviset s fyziologickými změnami, které jsou u tohoto druhu zvláště markantní a ve vývojové linii člověka je u nich další progresivní tendence. K těmto změnám patří výrazná redukce žvýkacího aparátu, zvětšování mozkovny, eliminace sexuálního dimorfismu a vzrůst celkové tělesné velikosti (WRANGHAM ET AL., 1999).

S ústupem lesů a rozšířením savan před zhruba 2 miliony let se pravděpodobně důležitým zdrojem potravy staly rostlinné orgány s vysokým obsahem škrobu. Pro dlouhodobou konzumaci potravy s vysokým obsahem škrobu svědčí např. zmnožení genu pro amylázu 1 (AMY1), jejíž obsah ve slinách pozitivně koreluje s počtem genových kopií. Bylo dokázáno, že populace, které se živí stravou s vysokým obsahem škrobu mají průměrně i vyšší počet kopií tohoto genu (PERRY ET AL., 2007). Mnoho zdrojů škrobu je ale bez tepelné úpravy špatně stravitelných, nepoživatelných nebo přímo jedovatých a proto je počátek využívání rostlinných orgánů s vysokým obsahem škrobu rovněž dáván do souvislosti s nutností kontrolovaného využívání ohně. Kromě zvýšeného množství amylázy 1 ve slinách může být její efektivita zvýšena rovněž konzumací ještě teplé potravy (LUCAS ET AL., 2006).

Zhruba před 2 miliony let došlo rovněž ke vzniku a rozšíření mutace v genu myosinu čelistních svalů, která vedla ke značné redukci síly, kterou je člověk schopen při žvýkání vyvinout. Tento znak může nasvědčovat tomu, že konzumovaná potrava se stala výrazně měkčí a k jejímu rozžvýkání nebylo zapotřebí vyvíjet velkou sílu (LUCAS ET AL., 2006).

Tyto důkazy o dlouhodobém využívání ohně lze ale vesměs považovat za nepřímé. Přímé důkazy kontrolovaného využívání ohně jsou mnohem mladší.

Typická doba potřebná ke vzniku nového druhu je odhadována na 15 – 20 000 let a zvláště savčí druhy se mohou vyvinout i rychleji. I u člověka je známá schopnost poměrně rychlé adaptace, zvláště v případě adaptací týkajících se potravy. Odhaduje se např. že k rozšíření genu zodpovědného za schopnost absorpce laktózy došlo u populací konzumujících mléko asi před 5000 lety. Přímé důkazy využívání ohně jsou ovšem mnohem starší než 5000 let. Nálezy *H. neanderthalensis* v Izraeli staré 60 – 48 000 let obsahují množství spálených kostí. V Evropě a Střední Asii pak existují rozsáhlé důkazy používání ohně jejichž stáří se pohybuje zhruba kolem 250 000 let. I pokud bychom brali na zřetel pouze přímé důkazy, k tomu, aby mohl ovlivnit jeho evoluční vývoj je oheň využíván člověkem dostatečně dlouhou dobu (WRANTGHAM, CONKLIN-BRITAIN, 2003).

Tepelné zpracování potravy usnadňuje její stravitelnost a tím využití energie několika způsoby: odstraněním fyzikálních bariér jako jsou silné tvrdé slupky, rozrušením buněčných stěn, modifikací třírozměrných struktur molekul proteinů nebo škrobu na formy přístupnější enzymatické degradaci, redukcí chemických struktur nestravitelných molekul na menší formy, které jsou rychleji a kompletně fermentovatelné a denurací toxinů nebo inhibitorů trávicích enzymů. Ve výsledku může vaření zvyšovat stravitelnost potravy i o více než 100%. Vzhledem k tak značnému efektu na stravitelnost potravy, lze očekávat, že využívání ohně k úpravě potravin se rychle rozšířilo (WRANGHAM ET AL., 1999). K rychlému osvojení a rozšíření používání ohně mohla přispět i přirozená preference vařeného jídla, která byla prokázána u lidoopů (WOBBER, HARE, WRANGHAM, 2008). Je pravděpodobné, že nárůst stravitelnosti přijímané potravy se projeví ve fosilních nálezech zmenšením zubů, nárůstem tělesné hmotnosti, zvětšením metabolicky nákladných orgánů (mozek). Z tohoto pohledu existuje několik časových období, kdy se používání ohně k vaření mohlo rozšířit. Poprvé před 2,5 miliony let, kdy se poprvé objevuje v archeologických nálezech důkaz pro zvětšování mozku, nicméně v této době nedochází k redukci velikosti zubů. Jako další přichází v úvahu období ve kterém se objevuje *H. erectus*. Zvětšování těla jde u tohoto hominida ruku v ruce s redukcí velikosti zubů a tloušťky zubní skloviny, dochází u něj k nárůstu velikosti mozkovny a zároveň ke zmenšování velikosti střeva (podle rekonstrukce tvaru nalezeného torza). Dalším obdobím je doba asi před 200 000 lety, kdy poprvé dochází k rozšiřování moderních lidí do oblastí ve

kterých vládne chladné klima. Tyto populace mohly být závislé na používání ohně, který jim sloužil k tomu, aby si rozmrazily potravu. Tuto hypotézu podporují nálezy spálených kostí i další významná redukce velikosti zubů. Tepelná úprava potravy by tak mohla ve fylogenetickém vývoji člověka hrát daleko zásadnější roli než zvyšování příjmu živočišných produktů. Srovnáme-li množství energie, které poskytuje syrová strava s přidavkem masa s tepelně upravenou stravou složenou pouze z rostlinné potravy, zjistíme, že vařená potrava umožňuje vyšší energetický příjem než syrová strava doplněná syrovým masem. Lze předpokládat, že zvýšená konzumace masa, která se objevuje u pozdějších hominidů má spojitost s tepelnou úpravou rostlinného materiálu – vaření rostlinné potravy umožnilo zvýšený příjem energie, která pak mohla být využita k intenzifikaci lovu (WRANGHAM ET AL., 1999). Tepelná úprava masa pak umožňuje další zvyšování energetického příjmu, protože vařením se změkčují na kolagen bohaté tkáně obklopující svalová vlákna a tím dochází k usnadnění trávení. Navíc měkké tkáně lze lépe rozkousat, čímž opět dochází ke zvýšení efektivity trávení. Tepelná úprava společně s homogenizací masa žvýkáním snižuje energetické náklady na stravení masa asi o 24% a urychluje průchod masa trávicím traktem (BOBACK ET AL., 2007).

Tepelná úprava potravy vyžaduje shromažďování potravin z mnoha různých stanovišť na jedno místo. Jídlo je shromažďováno z relativně široké oblasti na malou plochu a tím se stává snadno viditelným a snadno přístupným zdrojem. Navíc vařená potrava je již zpracována a připravená k přímé konzumaci a nevyžaduje prakticky žádnou další úpravu. Díky tomu je uvařené jídlo cennější než přírodní zdroje a může se stát významným zdrojem kompetice mezi jedinci téhož druhu. Samci raných hominidů byli výrazně větší než samice a pravděpodobně jim byli i sociálně nadřazení. Lze předpokládat, že robustní samci okrádali samice o jimi shromážděnou a připravenou potravu. Takové chování mohlo stimulovat vytváření kooperace mezi samcem a samicí, kdy samec poskytoval ochranu před ostatními samci a samice se za to o něj starala a dělila se s ním o shromážděnou potravu. Tato teorie by mohla vysvětlit dělbu práce v lovecko-sběračských společenstvech. Ženy se podle této hypotézy zaměřují na sběr proto, že nemohou získat jídlo jiným způsobem. Muži se nemusí sběru příliš věnovat, protože mohou rostlinnou potravu získat od žen. Díky tomu, že jsou podporováni tímto potravním chováním žen, mohou si dovolit věnovat se vysoce riskantnímu a náročnému

lovu. Tímto způsobem mohla centralizace potravy spojená s její tepelnou úpravou ovlivnit utváření sociálních vztahů u našich předků a tím i u nás (WRANGHAM ET AL., 1999).

11. Diskuze

Během vývoje hominidní linie končící naším druhem docházelo k významným změnám v potravním spektru. U ar dipitéka se objevuje první náznak zesilování zubní skloviny v hominidní linii a jeho moláry velikostně odpovídají molárům *A. afarensis*. Spodní čelist není tak robustní jako u australopitéků, ale je robustnější než u současných lidoopů. Tato kombinace znaků ukazuje, že ar dipitékus mohl být prvním hominidem, který byl schopný efektivně čelit funkčním nárokům tvrdé a případně abrazivní potravy pokud nebyla konzumována příliš často.

Australopitékové nesou soubor morfologických znaků spojených s výživou, které jsou unikátní jak v porovnání se současnými hominidy tak s miocénními lidoopi. Mají malé až středně velké řezáky, široké, ploché moláry, silnou mandibulu a extrémně silnou sklovinu. Tento jedinečný soubor znaků naznačuje posun v potravním spektru. Ploché moláry se silnou sklovinou nejsou vhodné pro zpracování tuhého jídla, což napovídá, že australopitékové nebyli uzpůsobeni ke konzumaci tuhého ovoce, listů ani masa. Tento závěr potvrzují i data získaná na základě studia mikropoškození zubů (TEAFORD, UNGAR, 2000, on-line). Ani data získaná ze studie biochemie zubní skloviny australopitéků (SPONHEIMER ET AL., 2005, SPONHEIMER, LEE-THORP, 2003) nejsou v rozporu s touto teorií, protože mohou být vysvětlena konzumací podzemních rostlinných orgánů.

Malé řezáky napovídají, že australopitékové nebyli specializováni na konzumaci potravy, která vyžaduje přílišné zpracování předními zuby. Místo toho mohli být ale schopni snadno rozdrtit tvrdou a křehkou potravu, k čemuž se velice dobře hodí tvar jejich molárů, síla zubní skloviny, zabraňující nadměrnému obrušování zubů, i robustnost mandibuly. Australopitékové tedy byli vybaveni souborem adaptací umožňujícím konzumovat tvrdou a abrazivní potravu, ale i potravu měkkou a neabrazivní, pokud nebyla příliš tuhá a plastická. Tato kombinace jim mohla umožnit život na různorodých lokalitách: od galeriového lesa po otevřené savany.

Období vzniku rodu *Homo* je spojováno s klimatickými změnami pozdního pliocénu, zvláště s globálním ochlazením a vysoušením povrchu planety, které vedlo k rozšíření travnatých stepí a s nimi i C_4 rostlin. Oproti australopitékům dochází u

tohoto rodu k postupnému zmenšování žvýkacího aparátu, které se objevuje již u *H. habilis* a pokračuje až k *H. sapiens*. Zároveň ovšem dochází ke zvětšení řezáků. Mění se rovněž dentální topografie zubů – od plochých molárů k molárům s výraznějším a ostřejším reliéfem, který se více hodí k řezání než k drčení a zároveň dochází k postupnému ztenčování zubní skloviny. Všechny tyto znaky ukazují na přechod od tvrdé, křehké a abrazivní potravy k potravě měkčí a plastičtější a zároveň potravě, která vyžaduje opracování pomocí předních zubů. Tyto změny lze vysvětlit zvyšováním konzumace masa, čemuž nasvědčují i výzkumy biochemického složení tkání a mikropoškození zubů. Konzumace masa ale nezahrnuje potřebu zpracování potravy předními zuby. Velké řezáky mohou být využity například k loupání podzemních částí rostlin, ačkoli podle dat získaných ze studia mikropoškození zubů raní *Homo* tyto rostlinné orgány nekonzumovali ve velkém množství, alespoň ne v syrovém stavu. Velikost zubů i vzor mikropoškození ovšem může být rovněž ovlivněn používáním nástrojů a ohně k přípravě potravy před konzumací a to zejména u *H. erectus*. Tato data naznačují, že raní *Homo* využívali široké spektrum potravy zahrnující jak podzemní orgány rostlin, tak zvyšující se podíl živočišných tkání. Tato potravní flexibilita byla pro rané zástupce rodu *Homo* nespornou výhodou, zvláště vzhledem k dramatickým environmentálním změnám provázejícím jejich vývoj. Rovněž mohla mít významný vliv na úspěšnou migraci a rozšíření *H. erectus*.

Pro naše současné stravovací návyky má největší význam období vzniku a vývoje druhu *H. sapiens* – tedy období paleolitu a neolitu. *H. sapiens* ovládal rozvinuté lovecké strategie a byl schopný využívat rozmanité přírodní zdroje potravy. Porovnáme-li naši současnou stravu a stravu paleolitických lidí, zjistíme, že se v mnoha aspektech liší. Strava v období paleolitu byla velmi bohatá na mikronutrienty – vitamíny a minerály, které nejspíš byly přijímány ve značně větším množství než v současné době. Otázkou je, zda by příjem tak vysokého množství vitamínů a minerálů nemohl způsobovat zdravotní komplikace (např. vysoký příjem vitamínu C může vést ke vzniku oxalátových kamenů). Je potřeba ovšem zohlednit kontext ve kterém byly tyto mikronutrienty přijímány – velká fyzická zátěž, vysoký příjem vlákniny, proteinů a dalších fytochemických látek. To mohlo vést k vyšší spotřebě nebo např. k inhibici využívání těchto mikronutrientů.

Dalším výrazným rysem paleolitické stravy je vysoké množství přijímané vlákniny a proteinů, které je odhadováno na 100 g/den u vlákniny respektive na 2,5 – 3,5 g/kg/den u proteinů. Dnešní doporučené příjmy jsou u vlákniny 25 – 38 g/den a u proteinů 0,8 – 1,6 g/kg/den (FOOD AND NUTRITION BOARD (b), 2005, on-line). Výhradním zdrojem potravy v paleolitu byly nekultivované rostliny a divoká zvěř, u nichž je poměr mezi množstvím vlákniny respektive proteinů a množstvím poskytované energie mnohem vyšší než u současných domestikovaných rostlin a zvířat. Z dnešního pohledu může tedy množství vlákniny a proteinů v paleolitické stravě vypadat jako extrémní, protože jsme zvyklí přijímat potravu s vysokým obsahem prázdných kalorií. Vysoký příjem vlákniny by mohl být špatně snášen, pokud by byl iniciován u dospělého člověka zvyklého na běžné množství v současné stravě, pokud by ale byla vláknina konzumována ve velkém množství již od dětství, mohla by být přijímána bez potíží. Vysoký příjem proteinů by mohl být nebezpečný v případě, že by taková dieta současně zahrnovala vysoký příjem sodíku, nízký příjem draslíku a zvláště pokud by podporovala vznik obezity. Pokud by příjemci byli štíhlí, normotenzivní a nebyli diabetici, mohl by mít zvýšený příjem proteinů pozitivní vliv.

Jedním z opravdu výrazných rysů lidské evoluce je rychlý nárůst velikosti a komplexity mozku. Hlavním selekčním tlakem v tomto směru byla pravděpodobně nutnost vytváření nových strategií, která vedla ke zvyšování komplexnosti sociálních interakcí. Je pravděpodobné, že tyto nové strategie, které bylo nutno vytvářet, souvisely se způsobem získávání potravy, protože docházelo ke změnám prostředí, původní zdroje potravy zanikaly a objevovaly se nové v podobě např. zvěře nebo podzemních orgánů rostlin, čemuž bylo potřeba se přizpůsobovat. Úspěšný sběr i lov vyžadují využívání poměrně komplikovaných a značně odlišných strategií, které vedou ke spolupráci a dělbě práce a tím k vytváření komplikované sociální sítě. Dalším podnětem k rozvoji nových strategií a sociálních interakcí se mohl stát oheň a tepelná úprava potravy, která zvyšuje atraktivitu takto připraveného jídla. To se pak stává cennou komoditou, která může vést ke zvýšení kompetence mezi jedinci stejného druhu.

Vzhledem k metabolické náročnosti mozku by ovšem tento selekční tlak nemohl vést k tvorbě tak velkého a komplexního orgánu, pokud by zároveň pro jeho vznik nebylo uvolněno dostatečné množství energie. Maso a podzemní orgány rostlin jsou významným energetickým zdrojem, který mohl tento vývoj značně podpořit, zvláště

pokud by zároveň docházelo k tepelné úpravě tohoto druhu potravin. Tepelné zpracování může zvýšit stravitelnost potravy i o více než 100%. K dalšímu významnému energetickému zisku pro vývoj mozku mohlo dojít zkrácením trávicí soustavy.

Důležitou roli ve zvyšování komplexnosti mozku mohly sehrát i mořské a sladkovodní zdroje polynenasycených mastných kyselin, které tvoří významnou složku mozkové tkáně, navíc i pro lov vodních živočichů je potřeba vyvíjet nové důmyslné strategie. Tyto zdroje PUFA mohly mít významný vliv zvláště u *H. erectus* a paleolitických *H. sapiens*, u kterých je prokázané intenzivní využívání těchto zdrojů a uvažuje se i o tom, že schopnost jejich využívání byla jednou z výhod, která umožnila migraci těchto druhů z afrického kontinentu.

12. Závěr

Strava představuje ve vývoji všech organismů významný faktor a zajištění dostatku potravy vytváří významný selekční tlak, který vede k vytváření nových potravních adaptací.

Během lidské evoluce postupně došlo k významnému posunu potravního spektra od tvrdé, abrazivní potravy jakou konzumovali australopitékové, k potravě výrazně tužší a plastičtější. Od počátku vzniku rodu *Homo* dochází k významnému nárůstu konzumace masa a podzemních rostlinných orgánů bohatých na škrob. Potravní adaptace naznačují, že během celé evoluce hominidní linie byli zástupci jednotlivých druhů schopni konzumovat relativně široké spektrum potravy, které se ještě značně rozšířilo se vznikem a vývojem rodu *Homo*, který byl provázen technologickým rozvojem a účelným využíváním ohně. To umožnilo snazší zpracování a zlepšení stravitelnosti a dalších vlastností konzumované potravy. Díky zvyšování kvality potravy byl umožněn další vývoj, zejména bylo uvolněno dostatečné množství energie pro rozvoj mozku, což dále vedlo k vytváření složitějších sociálních sítí a celkovému rozvoji lidské kultury.

13. Seznam použitých zkratek

AK – kyselina arachidonová

DHK – kyselina dokosahexaeonová

HDL – vysokodenzitní lipoprotein

M1 – Dens molaris primus (první stolička)

M2- Dens molaris secundus (druhá stolička)

M3 – Dens molaris tertius (třetí stolička)

MK – mastné kyseliny

NaCl – chlorid sodný, sůl

P1 – Dens premolaris primus (první třenový zub)

P2 - Dens premolaris secundus (druhý třenový zub)

PUFA – polynenasycené mastné kyseliny

TK – tlak krve

14. Přehled použité literatury

ADÁN, Gema, et al. Fish as diet resource in North Spain during the Upper Paleolithic. *Journal of Archaeological Science*. **2009**, vol. 36, is. 3, s. 895-899.

AMEN-RA, Nūn. How dietary restriction catalyzed the evolution of the human brain : An exposition of the nutritional neurotrophic neoteny theory. *Medical Hypotheses*. **2007**, vol. 69, is. 5, s. 1147-1153.

ARONSON, James, HAILEMICHAEL, Million, SAVIN, Samuel. Hominid environments at Hadar from paleosol studies in a framework of Ethiopian climate change . *Journal of Human evolution*. **2008**, vol. 55, is. 4, s. 532-550.

ASSEFA, Zalalem. Faunal remains from Porc-Epic : Paleoecological and zooarchaeological investigations from a Middle Stone Age site in southeastern Ethiopia. *Journal of Human Evolution*. **2006**, vol. 51, is. 1, s. 50-75.

BAAB, Karen. The taxonomic implications of cranial shape variation in Homo erectus. *Journal of Human Evolution*. **2008**, vol. 54, is. 6, s. 827-847.

BALASSE, Marie, TRESSET, Anne. Early Weaning of Neolithic Domestic Cattle (Bercy, France) Revealed by Intra-tooth Variation in Nitrogen Isotope Ratios. *Journal of Archaeological Science*. **2009**, vol. 29, is. 8, s. 853-859.

BALTER, Vincent, et al. Ecological and physiological variability of Sr/Ca and Ba/Ca in mammals of West European mid-Würmian food webs . *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **2001**, vol. 186, is. 1-2, s. 127-144.

BALTER, Vincent, SIMON, Laurent. Diet and behavior of the Saint-Césaire Neanderthal inferred from biogeochemical data inversion . *Journal of Human Evolution*. **2006**, vol. 51, is. 4, s. 329-338.

BOBACK, Scott, et al. Cooking and grinding reduces the cost of meat digestion. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A : Molecular & Integrative Physiology*. **2007**, vol. 148, is. 3, s. 651-656.

BROADHURST, Leigh, et al. Brain-specific lipids from marine, lacustrine, or terrestrial food resources : potential impact on early African Homo sapiens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B : Biochemistry and Molecular Biology*. **2002**, vol. 31, is. 4, s. 653-673.

BOCHERENS, Hervé, DRUCKEN, Borotheé. Isotope evidence for paleodiet of late Upper Paleolithic humans in Great Britain : A response to. *Journal of Human Evolution*. **2006**, vol. 51, is. 4, s. 440-442.

BROMAGE, Timothy, SCHRENK, Friedemann, ZONNEVELD, Frans. Paleoanthropology of the Malawi Rift.: An early hominid mandible from the Chiwondo Beds, northern Malawi. *Journal of Human Evolution*. **1995**, vol. 28, is. 1, s. 71-108.

CONOLLY, James, COLLEDGE, Sue, SHENNAN, Stephen. Founder effect, drift, and adaptive change in domestic crop use in early Neolithic Europe. *Journal of Archaeological Science*. **2008**, vol. 35, is. 10, s. 2797-2804.

COPELAND, Sandi. Vegetation and plant food reconstruction of lowermost Bed II, Olduvai Gorge, using modern analogs. *Journal of Human Evolution*. **2007**, vol. 53, no. 2, s. 146-175.

COPLEY, M.S., et al. Dairying in antiquity. III. Evidence from absorbed lipid residues dating to the British Neolithic. *Journal of Archaeological Science*. **2005**, vol. 32, is. 4, s. 523-546.

COWARD, Fiona, et al. The spread of Neolithic plant economies from the Near East to northwest Europe : a phylogenetic analysis. *Journal of Archaeological Science*. **2008**, vol. 35, is. 1, s. 42-56.

DAVIS, Simon. Why domesticate food animals? Some zoo-archaeological evidence from the Levant. *Journal of Archaeological Science*. **2005**, vol. 32, is. 9, s. 1408-1416.

DRUCKER, Dorotheé; HENRY-GAMBIER, Dominique. Determination of the dietary habits of a Magdalenian woman from Saint-Germain-la-Rivière in southwestern France using stable isotopes. *Journal of Human Evolution*. **2005**, vol. 49, is. 1, s. 19-35.

EATON, SB, EATON III, SB, KONNER, MJ. Review Paleolithic nutrition revisited : A twelve-year retrospective on its nature and implications. *European Journal of Clinical Nutrition*. **1997**, vol. 51, no. 4, s. 207-216.

FISCHER, Anders, et al. Coast–inland mobility and diet in the Danish Mesolithic and Neolithic: evidence from stable isotope values of humans and dogs. *Journal of Archaeological Science*. **2007**, vol. 34, is. 12, s. 2125-2150.

HARDY, Bruce. Climatic variability and plant food distribution in Pleistocene Europe : Implications for Neanderthal diet and subsistence. *Quaternary Science Reviews*. **2010**, vol. 29, no. 5-6, s. 662-679.

HERBIG, Christoph. Recent archaeobotanical investigations into the range and abundance of Neolithic crop plants in settlements around Lake Constance and in Upper Swabia (south-west Germany) in relation to cultural influences . *Journal of Archaeological Science*. **2009**, vol. 6, is. 36, s. 1277-1285.

HOCKETT, Bryan, HAWS, Johnatan. Nutritional ecology and the human demography of Neandertal extinction. *Quaternary International*. **2005**, vol. 137, is. 1, s. 21-34.

KIMBEL, William, et al. Was Australopithecus anamensis ancestral to A. afarensis? A case of anagenesis in the hominin fossil record. *Journal of Human Evolution*. **2006**, vol. 51, is. 2, s. 134-152.

LADEN, Greg, WRANGHAM, Richard. The rise of the hominids as an adaptive shift in fallback foods : Plant underground storage organs (USOs) and australopith origins. *Journal of Human Evolution*. **2005**, vol. 49, is. 4, s. 482-498.

LEE-THORP, Julia, THACKERAY, J. Francis , VAN DER MERWE , Nikolaas. The hunters and the hunted revisited . *Journal of Human Evolution*. **2000**, vol. 39, is. 6, s. 565-576.

LEV, Efraim, MORDECHAI, Kislev, BAR-YOSEF, Ofer. Mousterian vegetal food in Kebara Cave, Mt. Carmel . *Journal of Archaeological Science*. **2005**, vol. 32, is. 3, s. 475-484.

LINDEBERG, Loren, CORDAIN, Loren, EATON, S. Boyd. Biological and clinical potential of a palolithic diet. *Journal of Nutrition and Environmental Medicine*. **2003**, vol. 13, is. 3, s. 149-160.

LUCAS, Peter, et al. A brief review of the recent evolution of the human mouth in physiological and nutritional contexts. *Physiology & Behavior*. **2006**, vol. 89, is. 1, s. 36-38.

MERCADER, Julio, BENNET, Tim, RAJA, Mussa. Middle Stone Age starch acquisition in the Niassa Rift, Mozambique. *Quaternary Research*. **2008**, vol. 70, no. 2, s. 283-300.

McHENRY, Henry M., COFFIN, Katherine. Australopithecus to Homo : Transformation in body and mind. *Annual Review of Anthropology*. **2000**, vol. 29, s. 125-146.

O'CONNELL, James F., HAWKES, Kristen, BLURTON JONES , Nicholas G. Grandmothering and the evolution of Homo erectus . *Journal of Human Evolution*,. **1999**, vol. 36, is. 25, s. 461-485.

OLEJNICZAK, Anthony, et al. Dental tissue proportions and enamel thickness in Neandertal and modern human molars. *Journal of Human Evolution*. **2008**, vol. 55, is. 1, s. 12-23.

PERRY, George, et al. Diet and the evolution of human amylase gene copy number variation. *Nature Genetics* . **2007**, vol. 39, no. 10, s. 1256-1260.

PETERS, Charles, VOGEL, John. Africa's wild C4 plant foods and possible early hominid diets. *Journal of Human Evolution*. **2005**, vol. 48, is. 3, s. 219-236.

PLAVCAN, Michael, DAEGLING, David. Interspecific and intraspecific relationships between tooth size and jaw size in primates. *Journal of Human Evolution*. **2006**, vol. 51, is. 2, s. 171-184.

ROČEK, Zbyněk. *Historie obratlovců : Evoluce, fylogeneze, systém*. Praha : Academia, **2002**. 512 s. ISBN 80-200-0858-6.

ROTH, Gerhard, DICKE, Ursula. Evolution of the brain and intelligence. *Trends in Cognitive Sciences*. **2005**, vol. 9, is. 5, s. 250-257.

SCHOENINGER, Margaret, REESER, Holly, HALLIN, Kris. Paleoenvironment of *Australopithecus anamensis* at Allia Bay, East Turkana, Kenya : evidence from mammalian herbivore enamel stable isotopes. *Journal of Anthropological Archaeology*. **2003**, vol. 22, is. 33, s. 200-207.

SPONHEIMER, Matt, et al. Sr/Ca and early hominin diets revisited : new data from modern and fossil tooth enamel. *Journal of Human Evolution*. **2005**, vol. 48, is. 2, s. 147-156.

SPONHEIMER, Matt, LEE - THORP, Julia. Differential resource utilization by extant great apes and australopithecines : towards solving the C4 conundrum. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A : Molecular & Integrative Physiology*. **2003**, vol. 136, is. 1, s. 27-34.

SAWADA, Yoshihiro, et al. K-Ar ages of miocene hominoidea (Kenyanthropus and Samburupithecus) from Samburu Hills, Northern Kenya. *Earth and Planetary Science*. **1998**, vol. 326, is. 6, s. 445-451.

UNGAR, Peter. Dental topography and diets of *Australopithecus afarensis* and early *Homo*. *Journal of Human Evolution*. **2004**, vol. 46, is. 5, s. 605-622

UNGAR, Peter, GRINE, Frederick, TEAFORD, Mark. Diet in Early *Homo* : A Review of the Evidence and a New Model of Adaptive Versatility. *Annual Review of Anthropology*. **2006**, vol. 35, is. 1, s. 209-228.

UNGAR, Peter, et al. Dental microwear and diets of African early *Homo*. *Journal of Human Evolution*. **2006**, vol. 50, is. 1, s. 78-95.

VILLA, Paola, et al. Stone tools for the hunt : points with impact scars from a Middle Paleolithic site in southern Italy. *Journal of Archaeological Science*. **2009**, vol. 36, is. 3, s. 850-859.

WARD, Carol, LEAKEY, Meave, WALKER, Alan. Morphology of *Australopithecus anamensis* from Kanapoi and Allia Bay, Kenya. *Journal of Human Evolution*. **2001**, vol. 41, is. 4, s. 255-368.

WEISS, Ehud, et al. Plant-food preparation area on an Upper Paleolithic brush hut floor at Ohalo II, Israel. *Journal of Archaeological Science*. **2008**, vol. 35, is. 8, s. 2400-2414.

WHITE, Tim, SUWA, Gen, ASFAW, Berhane. Australopithecus ramidus a new species of early hominid from Aramis, Ethiopia. *Nature*. **1994**, vol. 371, no. 5, s. 306-312.

WRANGHAM, Richard, CONKLIN-BRITTAIN, NancyLou. 'Cooking as a biological trait'. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A : Molecular & Integrative Physiology*. 2003, vol. 136, is. 1, s. 35-46.

WRANGHAM , Richard, et al. The Raw and the Stolen. *Current Anthropology*. **1999**, vol. 40, no. 5, s. 567-594.

WOBBER, Victoria, HARE, Brian, WRANGHAM, Richard. Great apes prefer cooked food. *Journal of Human Evolution*. **2008**, vol. 55, is. 2, s. 340-348.

YESHURUN, Reuven, BAR-OZ, Guy, WEINSTEIN-EVRON, Mina. Modern hunting behavior in the early Middle Paleolithic : Faunal remains from Misliya Cave, Mount Carmel, Israel. *Journal of Human Evolution*. **2007**, vol. 53, is. 6, s. 656-677.

15. Internetové zdroje

AIELLO, Leslie. Brains and guts in human evolution : The Expensive Tissue Hypothesis. *Brazilian Journal of Genetics* [online]. **1997**, vol. 20, no. 1 [cit. 2009-12-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.scielo.br/>>

BRYL, Marek, MATYÁŠTÍK, Tomáš. *Savci : internetová encyklopedie savců* [online]. **2000** [cit. 2010-02-11]. Dostupný z WWW: <http://www.savci.upol.cz/_uvod.htm>.

EATON, S. Boyd, EATON III, Stanley B.. *Evolution, Diet and Health* [online]. [**1998**] [cit. 2009-12-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.cast.uark.edu/local/icaes/conferences/wburg/posters/sboydeaton/eaton.htm>>.

Food and Nutrition Board (a), Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. *Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate* [online]. Washington, D.C. : National Academy Press, **2005** [cit. 2010-03-20]. Dostupné z WWW: <http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=10925&page=R1>.

Food and Nutrition Board (b), Panel on Macronutrients, Panel on the Definition of Dietary Fiber, Subcommittee on Upper Reference Levels of Nutrients, Subcommittee on Interpretation and Uses of Dietary Reference Intakes, and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients)* [online]. Washington, D.C. : The National Academies Press, **2005** [cit. 2010-03-20]. Dostupné z WWW: <http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10490>.

KREGGER, David. *Archeology.info* [online]. **1999-2008** [cit. 2009-11-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.archaeologyinfo.com>>.

TEAFORD, Mark, UNGAR, Peter. Diet and the evolution of the earliest human ancestors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. **2000**, vol. 97, no. 25, s. 13506-13511. Dostupný z WWW: <<http://www.pnas.org/content/97/25/13506.full>>.

16. Přílohy

Příloha 1 – Taxonomická klasifikace primátů

Řád: primáti (*Primates*)

podřád: vyšší primáti (*Anthropoidea*, syn. *Simiae*)

nadčeleď: hominoidi, syn. lidopi a lidé (*Hominoidea*)

čeleď: lidé a lidoopi, syn. hominidi (*Hominidae*)

podčeleď: + dryopitékové (+ *Dryopithecinae*) - Dryopithecus

podčeleď: lidoopi (*Ponginae*)

Pongo pygmaeus - **orangutan**

P. p. abelii - orangutan sumaterský

P. p. pygmaeus - orangutan bornejský

Gorilla gorilla- **gorila**

G. g. beringei - gorila horská

G. g. gorilla - gorila nížinná

G. g. graueri - gorila východní

Pan paniscus - **bonobo**

Pan troglodytes - **šimpanz** (syn. š. učenlivý) -

P. t. schweinfurthii - šimpanz východní

P. t. troglodytes - šimpanz čego

P. t. verus - šimpanz hornoguinejský

podčeleď: + gigantopitékové (+ *Gigantopithecinae*)

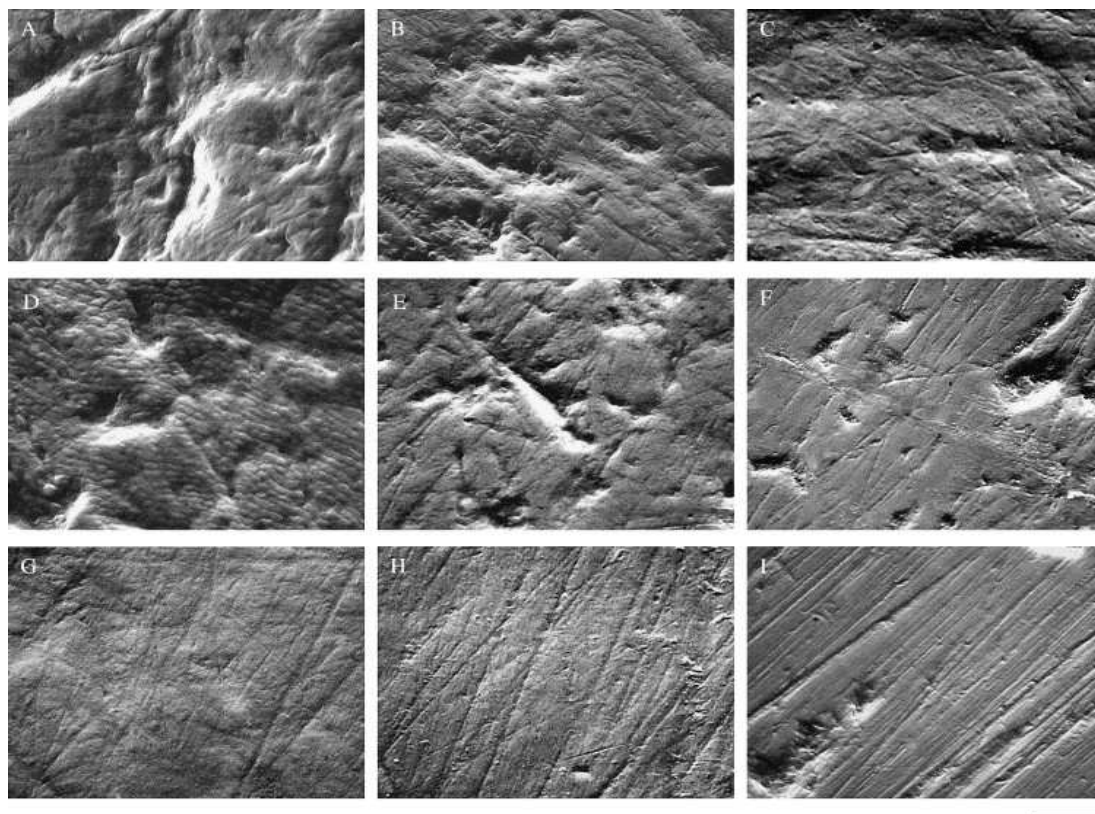
podčeleď: + australopitékové (+ *Australopithecinae*)

podčeleď: lidé (*Homininae*)

Homo sapiens

Obrázek 1: Postavení *Homo sapiens* v řádu primátů, převzato z BRYL, MATYÁŠTÍK, 2000, on-line

Příloha 2 – mikroskopické poškození zubů hominidů

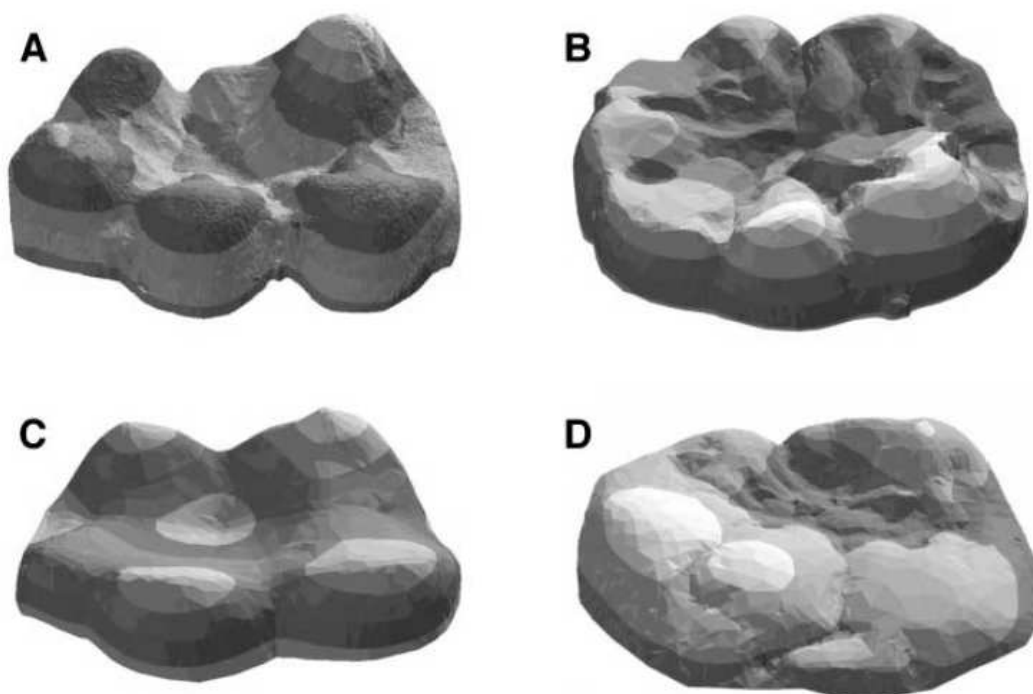


Obrázek 2: A) magabej - *Lophocebus albigena*, B) malpa - *Cebus apella*, C) *Homo erectus*, D) pavián - *Papio ursinus*, E) Aleut, F) šimpanz - *Pan troglodytes*, G) *Homo habilis*, H) Arikara I) gorila - *Gorilla gorilla*. Velikost měřítka = 30 μ m. Převzato z UNGAR ET AL., 2006

Tabulka 1: odlišnost mikropoškození zubů u zástupců primátů konzumujících rozdílné druhy potravy. Převzato z UNGAR ET AL., 2006

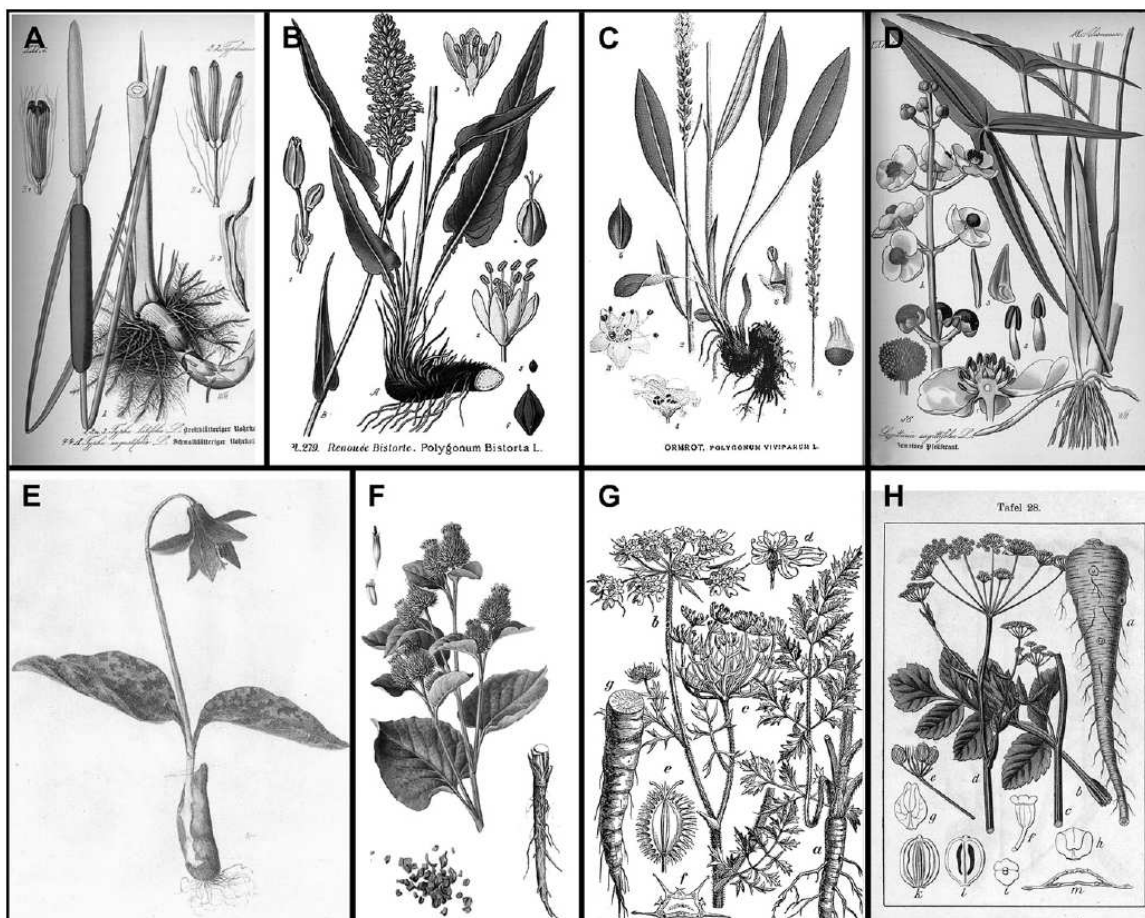
Velikost jizviček		Procento poškození		
		vysoké	střední	nízké
velké		<i>Lophocebus albigena</i>	<i>Papio ursinus</i> Aleuté	Arikara
malé		<i>Cebus apella</i>	<i>Pan troglodytes</i>	<i>Gorilla gorilla</i>

Příloha 3 - Trojrozměrné modely povrchu zubů



Obrázek 3: A) gorila – *Gorilla gorilla*, B) šimpanz – *Pan troglodytes*, C) *Homo erectus*, D) *Australopithecus afarensis*. Převzato z UNGAR, GRINE, TEAFORD, 2006.

Příloha 4 – rostliny s jedlými podzemními orgány potenciálně dostupné *H. neanderthalensis*



Obrázek 4: A) orobinec širokolistý – *Typha latifolia*, B) rdesno hadí kořen – *Polygonum bistorta*, C) rdesno živorodé – *Polygonum viviparum*, D) šípátka střelolistá – *Sagittaria sagittifolia* E) kandík psí zub – *Erythronium dens-canis* F) lopuch větší – *Arctium lappa* G) kardus – *Daucus carota* H) pastinák *Pastinaca sativa*. Převzato z HARDY, 2010.