

3. ZACHOVANOST KOSTERNÍCH POZŮSTATKŮ

3.1. NEÚPLNÉ SKELETY

Neúplnost skeletů lze vyjádřit kvantitativním parametrem – *indexem kostní zachovalosti* (IKZ), který je definován jako poměr počtu zachovaných kostí ku jejich očekávanému počtu, vyjádřený v procentech (ČERNÝ 1994). Tento index je primárně využíván při analýze sekundárně přemístěných skeletů (osária), lze jej použít také při studiu pozůstatků ze žárových hrobů (FOJTÍK 2003).

Podle výzkumů T. WALDRONA (1987) a M. COX a L. BELL (1999) nejčastěji chybí periferní malé kosti ruky a nohy (kosti s velkým podílem houbovitě tkáně, hlavně kosti karpu a tarsu, metakarpu a metatarsu a falangy) a kosti položené anteriorně (jako jsou patelley a sternum (zejména manubrium sterni), lopatka a os pubis). Tyto kosti lze rozčlenit do tří skupin, kterým je vhodné věnovat zvláštní pozornost (COX–BELL 1999; WALDRON 1987):

Anteriorní kosti: patelley a sternum (manubrium sterni), případně též scapula a os pubis

Distální kosti: metakarpy, metatarsy a prstní články (falangy)

„*Spongiózní*“ kosti: kosti karpu a tarsu (vč. talu a kalkaneu)

Ke ztrátě těchto kostí může dojít jejich rozkladem, nebo ztrátou při manipulaci s pozůstatky i během exkavace.

3.2. KATEGORIZACE ZACHOVANOSTI SKELETŮ

Lze rozeznávat několik stupňů, kategorií zachovalosti skeletů (GORDON–BUIKSTRA 1981; modifikováno):

Kategorie 1 (pevně kompletní kosti): Součástí skeletu jsou celé a nepoškozené. Nejsou patrné stopy po postmortálním rozkladu kostního materiálu. U nedospělých jedinců jsou přítomna také osifikační centra.

Kategorie 2 (fragilní kosti): Součástí skeletu jsou fragmentární, ale kompletně rekonstruovatelné. Vnější povrch kostí může vykazovat stopy po „leptání“. Artikulační plošky dlouhých kostí a povrch sternu, obratlů a kostí krátkého typu vykazují povrchovou destrukci. U nedospělých jedinců lze na epifýzách pozorovat „erozi“, diafýza je rekonstruovatelná.

Kategorie 3 (fragmentární kosti): Součástí skeletu jsou celkově popraskané a fragmentární, většina jich je však identifikovatelná a zhruba rekonstruovatelná. Povrch kostí je silně „naleptán“ a popraskaný. Artikulační konce dlouhých kostí, obratle a ostatní spongiózní části kostry nelze rekonstruovat, stejně jako obličejovou část lebky.

Kategorie 4 (extrémně fragmentární kosti): Součástí skeletu jsou značně fragmentární, většinou je nelze rekonstruovat

Kategorie 5 (kostní drť, silueta): Kosti jsou přeměněny na bílou, práškovitou substanci. Mohou se zachovat fragmentární a křehké korunky zubů.

Kategorie 6 (totální rozklad skeletu): Přítomnost skeletu lze zjistit pouze chemickými metodami.

Poněkud odlišná je klasifikace podle D. STAŠŠÍKOVÉ–ŠTUKOVSKÉ (1993b), zohledňující odlišnou dekompozici různých partií skeletu:

1. rozložený je celý skelet

2. zachována je část skeletu, obvykle lebka

3A. dekompozice se soustřeďuje na horní část skeletu, dlouhé kosti dolní končetiny jsou poměrně dobře zachovány

3B. dekompozice se soustřeďuje na kosti trupu

4. dekompozice některých částí páteře nebo končetin (část těla je nutno blíže specifikovat)

K ještě detailnější deskripci je vhodné posuzovat každou partii skeletu zvlášť. A. BODDINGTON (1987) sledoval pouze základní druhy kostí (lebka, obratle, žebra, pánev, horní končetiny, dolní končetiny), T. WALDRON (1987) a Ch. STOJANOWSKI et al. (2002) uvádějí mnohem podrobnější členění.

3.3. KATEGORIZACE ZACHOVANOSTI KOSTI

U samotných kostí je rozhodující tvar a struktura kosti, především poměr kompakty a spongiózy. Části s vyšším obsahem kompakty se zachovávají lépe (STINER 2002). To platí pro chemický rozklad (GORDON–BUIKSTRA 1981), mechanické rozrušení (STINER 2002; WILLEY et al. 1997) i tepelnou destrukci (DOKLÁDAL 1999). Metodické postupy k této problematice publikovali např. P. WILLEY et al. (1997) a Ch. STOJANOWSKI et al. (2002).

T. WALDRON (1987) rozeznává pro jednotlivé kosti čtyři stupně rozkladu:

1. kompletní kost

2. zachována více než polovina epifýzy

3. zachována pouze polovina epifýzy

4. přítomny pouze zlomky

Deskripční systém pro jednotlivé části kostí uvádí např. P. WILLEY et al. (1997).

Samotné poškození povrchu kostí lze klasifikovat do pěti kategorií (BEHRENSMEYER 1978). Klasifikace byla ovšem vytvořena pro klasifikaci sídlištního kostního materiálu, nikoliv na kostrní materiál z hrobů.

Stupeň 0: na kostech nejsou patrné žádné známky prasklin nebo stopy odlupování kostní tkáně.

Stupeň 1: podélné praskliny na kostech, kloubní plošky mohou vykazovat mozaikovitě praskliny.

Stupeň 2: na povrchu kostí jsou patrná místa s odlupující se kostní tkáně, zejména na okrajích prasklin. Postupně dochází k odlupování nejzevnější vrstvy kosti.

Stupeň 3: povrch kostí je charakterizován okrsky s vyvětralými povrchovými vrstvami kosti (až do hloubky 1–1,5 mm), jejichž plocha se postupně zvětšuje, až pokývají celý povrch kosti.

Stupeň 4: zvětřování kosti prostupuje až do vnitřních dutin, objevují se velké i malé štěpiny.

Stupeň 5: kosti se rozpadají na křehké štěpiny, je obtížné odhadnout původní tvar kosti. Spongioza je vždy obnažena.

3.4. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ DESTRUKCI KOSTÍ

Kyselost (pH) půdy

Kosti se zpravidla lépe zachovávají v půdách neutrálních nebo slabě alkalických než v kyselých (GORDON–BUICKSTRA 1981), významnou roli hraje zejména rozpouštění anorganické složky kosti půdními kyselinami. Alkalická půdní reakce urychluje odbourávání organické složky, kyselá spíše rozklad kostního minerálu (KUČERA 1927). Nechybí ovšem případy velmi špatného dochování kostí i v zásaditých půdách; zde hrají hlavní roli biogenní faktory. Experimenty se zakopanými kostmi ukazují, že v alkalických půdách mohou být na kostech patrné spíše stopy působení plísní a známky uvolňování fosforu do půdy v důsledku jejich činnosti (CROWTHER 2002). Tato zjištění byla potvrzena také na forenzním materiálu (RUBEŽANSKIJ 1962).

V odpadních jímkách je zachování kosterních pozůstatků obvykle velmi dobré (pH je obvykle 5,8–9,0). Příznivá hodnota pH umožňuje dochování kostiček novorozenců, které jsou patrně nejčastějšími nálezy lidských kosterních pozůstatků v tomto kontextu (HERRMANN–RÖTTING 1986).

Mikroorganismy

Bakterie

Bakteriemi indukované chemické změny kostní tkáně začínají již poměrně krátce po smrti, dlouho před totální skeletizací těla. Bakterie se mohou šířit krevním oběhem až do Haversových kanálků kostní tkáně a zde produkcí organických kyselin, proteolytických enzymů a chelatačních činidel působit rozrušování mikrostruktury kostí (BELL et al. 1996).

Plísně

Plísně lze zpravidla nalézt až v pozdějších stadiích rozkladu těla. Nejprve se zachycují na jeho nepokrytých částech, později i pod šatstvem. Během růstu plísní dochází díky produkci kyselých metabolitů k rozrušování kostní tkáně a k rekrystalizaci hydroxyapatitu na brushit.

Dřevokazné houby

Dekompozice skeletu může být ovlivněna též činností dřevokazných hub (např. dřevomorky *Serpula lacrimans*) způsobujících rozklad dřevěných rakví a hrobových konstrukcí. *Serpula lacrimans* je celulózožravá houba, vyžadující pro svou existenci kyselou prostředí a produkující velké množství metabolické vody a kyselých metabolitů, čímž zasahuje do kvality substrátu, v němž se nachází (u kostí přeměnu hydroxyapatitu na

brushit). Významným metabolickým produktem dřevomorky je také kyselina šťavelová, která má chelatační účinky na kationty vápníku. Zda může houba využívat také organickou složku kosti (např. mukopolysacharidy, kolagen, aj.), není dosud zcela jasné. Destruktivní účinky dřevomorky na kost byly ověřeny také experimentálně, jak *in vitro*, tak i v terénu (STAŠŠÍKOVÁ–ŠTUKOVSKÁ 1993a; STAŠŠÍKOVÁ–ŠTUKOVSKÁ et al. 1994). Důkazem, že mrtvola mohla být zdrojem dusíku pro dřevokazné houby, by mohl být fakt, že degradovaná dřevní hmota pod pozůstatky těla v tzv. „Midasově hrobce“ v Gordionu byla obohacena izotopem dusíku ¹⁵N, pocházejícím s velkou pravděpodobností z rozkladných produktů (zejména těkavých aminů jako např. kadaverin, putrescin, amoniak, apod.) z těla pohřbeného jedince, konzumujícího za života stravu se značným podílem potravin živočišného původu (FILLEY et al. 2001).

Z pohřbu dítěte (hrob 218/51, Staré Město – Na Valách), uloženého ve dřevěné komoře, se zachovaly pouze 4 zuby. V zásypu hrobu se však zachovaly drobné rybí kůstky (HRUBÝ 1955, 523).

Projevy působení mikroorganismů na kostní tkáň

Zbarvení kostí

J. MATIEGKA (1934) našel na kostech z 11. století z chrámu sv. Víta tři barevně odlišné stupně „hniloby“ kostí:

1. intenzivně červené (purpurové), místy až fialové skvrny, zasycháním se barva stává světlejší a fialový odstín přechází v šedý

2. fialová barva přecházející v šedou, někdy až černou

3. u některých kostí byl jejich povrch v místech skvrn intaktní, u jiných pouze na určitých, úzce ohraničených místech byl povrch šedě zbarvených skvrn popraskaný a kost je v těchto místech velmi křehká a drolivá

Autor také konstatoval, že se s podobným typem rozkladu kostí nikdy nesetkal u pohřbů do země. Analogické zbarvení kostí z hrobek a krypt popisují i jiní autoři (např. PIEPENBRINK 1986; SEKANINA 1935; SEKANINA 1937; WINKLER et al. 1987) a většinou je připisují působení plísní.

Červené zbarvení může být považováno za zbarvení krví, černé může zase vyvolat dojem působení ohně na pozůstatky. A. CZARNETZKI a R. ROTTLÄNDER (1973) zjistili okrsky fialového zbarvení na pánevní kosti skeletu, připisovanému veronskému biskupu Eginovi († 802) z kostela sv. Petra a Pavla v Reichenau–Niederzell. Autoři na základě chemických experimentů označili barvivo za lakmus, používaný někdy jako náhražka purpuru. Přítomností tohoto barviva pak podpořili autenticitu pozůstatků, protože pouze biskup měl privilegium oblékat se do purpuru. H. Piepenbrink (PIEPENBRINK 1986) však soudí, že v tomto případě bylo barvivo nejspíše produktem činnosti saprofytních mikroorganismů.

Fluorescence kostí

Fluoreskující látky na bázi tetracyklinových antibiotik tvoří s minerální složkou kostí chelátové komplexy. Tento typ látek produkují také saprofytní plísně (např. *Stachybotrys*) a tohoto původu je zjevně fluorescence kosterních pozůstatků z kostnice v Göttingenu (12.–13. století; PIEPENBRINK 1986). Určitou fluorescenci však vykazuje i samotný (nativní) kosterní materiál (BACHMAN–ELLIS 1965), nelze vyloučit ani příjem

fluoreskujících látek in vivo (KIJEWski–KIJEWski 1975; BASSETT et al. 1980). Spálené kosti žádnou fluorescenci neprodukují, vymizení fluorescence bylo pozorováno na místech skeletu zbarvených mědí (ULRICH–MALÝ 1933).

„Tunely“ v kostní tkáni

Destrukce kostí a zubů, mající charakter kráterů či lineárních tunelů jsou výsledkem činnosti saprofytních mikroorganismů (bakterií a plísní). Tyto změny se proto nevyskytly na místech impregnovaných mědí kostry S/2 z hrobky rodu Puchheimerů v kostele sv. Štěpána v Hornu (Dolní Rakousko) (WINKLER et al. 1987), patrně v důsledku toxického působení mědi na mikroorganismy. Saprofytické mikroorganismy rostou na povrchu kostí a napadají cévní kanálky. „Tunely“ postupují podél cévních kanálků a v tělech osteonů a odtud se šíří dále, nebo též paralelně s kanálky osteonu. Kyselé metabolity produkované mikroorganismy difundují více či méně hluboko do okolní kostní tkáně, tam hydrolyzují vysokomolekulární komponenty na segmenty o nižší molekulové hmotnosti a tyto produkty jsou pak dále metabolizovány. Selektivní ztráta organické složky způsobuje v těchto místech vznik trhlin, jako důsledek sesychání okolní kostní tkáni. Také tvorba brushitu, v důsledku působení kyselých metabolitů, vede k dalšímu rozkladu kostní struktury (PIEPENBRINK 1986). Demineralizace kosti je obvykle záhy nahrazena redepozicí minerálu, a to zejména tehdy, když odpadní produkty mikroorganismů inhibují jejich další činnost. Minerální redepozice se vyskytuje v různých formách a může záviset na sezónní fluktuaci vlhkosti v kosti (HACKETT 1981).

Vliv dekompozice měkkých tkání na rozklad kostní tkáně lze demonstrovat na pohřebišti mohylové kultury v Plzni – Nové Hospodě (JÍLKOVÁ 1958). Z kosterních pozůstatků, zjevně sekundárně přenesených až po skeletizaci a uvolnění vazivových spojů, se zde zachovaly i jinak poměrně málo odolné kosti jako např. žebra. Naproti tomu kostry v primárním uložení byly zcela stráveny, nebo se z nich zachovaly pouze zbytky lebky a dlouhých kostí z menších kostí pouze ty, které byly v bezprostředním kontaktu s bronzovými předměty a byly zeleně zbarveny korozními produkty mědi (solí mědi působí na mikroorganismy toxicky).

Hmyz

Kosti nebývají ve větší míře napadány běžnými druhy larev brouků a much živících se odumřelými živočišnými tkáněmi. Nejčastěji se stává, že larvy vnikají do dutiny kosti, kde se kuklí (SÄNGER 1991). Charakteristické defekty bývají způsobeny larvami kožojedů (*Dermestes*) (SCHROEDER et al. 2002). Kožojedi jsou charakterističtí pro dosti pozdní stadia rozkladu, napadají pouze vysušené či mumifikované měkké tkáně; přítomnost jejich pozůstatků či stop jejich činnosti na kostech může dokládat dlouhodobější kontakt pohřbu s okolním prostředím. E.–M. WINKLER et al. (1987) uvádějí, že žlábkování povrchu kostí je typické pro kostry z půdního prostředí, jamkovité defekty zas pro kostry z krypt. Projevy poškození skeletu hmyzem nejsou specifické a většinou je nelze připsat konkrétní skupině saprofytního hmyzu (KALTENBACH 1970).

Zbytky hmyzu (případně i roztočů) lze najít přímo na skeletu a/nebo v jeho bezprostředním okolí. P. Méglin (HUCHET 1996) tento hmyz člení do čtyř kategorií:

1. nekrofágové, jejichž jedinou potravou je mrtvé tělo v různých stadiích dekompozice

2. nekrofilové, kolonizující kadávr jako predátoři či parazitní nekrofágy

3. omnivorové, se širokým trofickým spektrem, jejichž potravou může být samotný kadávr i obě výše uvedené skupiny hmyzu

4. „oportunisté“, kteří si zvolili kadávr nebo místo pohřbu pouze za své obydlí či útočiště

Druhá klasifikace těchto zbytků umožňuje určit roční období pohřbu (SCHROEDER et al. 2003), jak ve forenzním (RUBEŽANSKI–OČAPOVSKI 1964), tak i v archeologickém materiálu (GILBERT–BASS 1967; HUCHET 1996).

Analogickou informaci lze získat také palynologickou analýzou půdních vzorků z nosních dutin skeletů (SZIBOR et al. 1998). Tyto metody jsou alternativou k postupům vycházejícím ze sledování orientace skeletů nebo hrobových jam na pohřebištech (např. HRUBÝ 1955, 74–78; LORENCOVÁ et al. 1987, 112–114; LUDIKOVSKÝ–SNÁŠIL 1974, 12–16; MĚŘÍNSKÝ 1985, 24–26; aj.), které se v současnosti ukazují jako nesprávné (RAJCHL 1987).

Kromě toho může přítomnost nebo nepřítomnost pozůstatků entomofauny indikovat i některé přírodní a/nebo antropogenní procesy, předcházející uložení těla do země (dobu mezi smrtí a pohřbem, úpravy zpomalující rozklad mrtvol, sekundární pohřeb, apod.). Sledování vztahů mezi druhovým zastoupením hmyzu na mrtvém těle a dobou uplynulou od úmrtí, přírodním prostředím, ročním obdobím a dalšími faktory (přítomnost textilií, toxických substancí, apod.) jsou častým předmětem zájmu forenzních entomologů (např. MARCHENKO 2001) (Tab. 2).

Metamorfóza much zahrnuje dvě hlavní stadia: 1. larvální stadium a 2. pupariální stadium (kukla). Exuvia reprezentují pupariální stadium. Pokud jsou puparia již otevřena, svědčí to o delším časovém intervalu mezi smrtí jedince a jeho pohřbem (UBELAKER 1978, 18).

E. KNOBLOCH (1958, 153) zmiňuje případ, kdy byla po 6 týdnech exhumována mrtvola, uložená v letních měsících do kovové, zaletované rakve (délku intervalu mezi úmrtím a pohřbem autor neuvádí). V rakvi bylo zjištěno značné množství mušičích larev, veškeré měkké části těla zmizely, dochovaly se pouze kosti.

Značné množství kulek hmyzu (blíže neurčeného) bylo zjištěno na kostech hraběte Josefa Františka Dietrichsteina (1780–1801) v dietrichsteinské hrobce v Mikulově. Hrabě zemřel v Řezně následkem zranění z boje; tělo bylo po smrti zalito do sádrového lůžka a transportováno k pohřbu do Mikulova (DROZDOVÁ–PETRÁSKOVÁ 2001).

Obratlovci

Charakteristické ohryzáni kostí hlodavci je patrně zejména na pozůstatcích, ležících určitou dobu na povrchu (WINKLER 1992). Při okousání šelmami bývají poškozeny především epifyzy dlouhých kostí (UBELAKER 1991), nebo mohou být kosti rozlámany (v případě větších šelem se mohou objevit i spirálovité fraktury dlouhých kostí). Někteří živočišové, např. lišky, psi, medvědi, divoká prasata a možná také vlci mohou dokonce mělce pohřbená těla vyhrabávat (SVOBODA 2003, 17).

Rostliny

Měle pohřbené pozůstatky způsobují změny v růstu vegetačního pokryvu (RODRIGUEZ–BASS 1985). Rostliny z kostí odebírají minerální látky potřebné k výživě a jejich kořeny mohou vyleptávat na kostech jemné, stromkovitě se rozvětřující obrazce (KNOBLOCH 1957, 155). Kořinky rostlin mohou také prorůst cévními kanálky do dřevné dutiny. Během růstu se postupně zvětšuje obvod kořene a to může vést až k destrukci kosti (UBELAKER 1991).

Tab. 2 Přítomnost různých druhů členovců (hmyzu a roztočů) na mrtvolách v různých stádiích dekompozice (podle P. Mégna, HUCHET 1996):

Stav těla	Skupina	Řád	Čeď	Rod
„Čerstvá“ mrtvola	1.	Diptera		Calliphora Musca Muscina Phormia ...
Počáteční zápach těla	2.	Diptera		Lucilia Chrysomyia Cynomyia Sarcophaga ...
„Máslé kvašení“ (zápach žluklého tuku)	3.	Coleoptera	Dermestidae	Dermestes sp.
		Lepidoptera	Pyralidae	Aglossa
„Sýrové kvašení“ (zápach „zralého“ sýra).	4.	Diptera		Piophilina Fannia Hydrotaea ...
		Coleoptera		Necrobia
„Amoniakální kvašení“	5.	Diptera		Ophyra
		Coleoptera	Histeridae Staphylinidae Silphidae	Necrophorus Thanatophilus Necrodes ...
Přechodné období	6.	Acaria		Uropoda Trachynotus Tyroglyphus
Vysychání těla	7.	Coleoptera	Dermestidae Rhizophagidae Staphylinidae	
		Lepidoptera	Tineidae	
Skeletizace	8.	Coleoptera	Tenebrinoidae Ptinidae	