

**Posmrtné změny a jejich význam
při interpretaci pohřebního ritu**
(ke vztahu mezi archeologií a forenzními vědami)

Lubomír Prokeš

1. ÚVOD

Přestože lidské kosterní pozůstatky patří k běžným archeologickým nálezům, jejich využívání jako archeologického pramene je dosud stále poměrně vzácné. Prohlubující se zájem archeologů i sociokulturních antropologů o poznání pohřebního ritu však dává v budoucnu tušit rostoucí zájem archeologické komunity také o tuto oblast, která byla až dosud pouze doménou soudní medicíny. Na význam poznatků soudního lékařství pro interpretaci archeologických nálezů ovšem poukazovali již dříve někteří soudní lékaři, např. S. BERG (1982).

Intenzivní spolupráce soudních antropologů a lékařů s archeology a historiky se v současnosti rozvíjí také při zpracování a interpretaci hromadných nálezů lidských pozůstatků, především z období 2. světové války (GANSWINDT et al. 2003). Na území bývalého Československa byly obdobné kostrové nálezy konzultovány pouze s antropology a soudními lékaři (např. FETTER 1963; KNOBLOCH 1958); archeologové na tomto typu výzkumů zpravidla neparticipovali. Role archeologa je nezastupitelná např. při řešení otázky stáří pohřbu („time since death“) zvláště v případech, kdy byly společně s lidskými pozůstatky nalezeny také artefakty (zejména součásti oděvu, šperky, apod.). Při těchto archeologických výzkumech je možno získat množství závažných informací, užitečných také jiným oborům, např. vědě o konzervaci památek (JANAWAY 1987) či komunální hygieně (LEE et al. 1986; SANTARSIERO et al. 2000).

Požadavky kriminalistů na získání maxima relevantních informací také postupně vedou ke stále masovějšímu využívání metodických postupů moderní terénní archeologie ve forenzní sféře (např. BASS – BIRKBY 1978; HUNTER 1994; LOVIS 1992; NAWROCKI 1996a; SIEGLER-EISENBERG 1985), a to jak při náhodných nálezích kosterních pozůstatků (BOYD 1979), tak i při exhumacích na hřbitovech (SPENNEMANN – FRANKE 1995). Forenzní kosterní pozůstatky totiž, bohužel, dosud často bývají, či alespoň donedávna bývaly, vyzvedávány a pak dále předávány k antropologickému zpracování bez patřičné dokumentace nálezů a interpretace terénní situace (BASS – BIRKBY 1978).

V předkládané práci jsem se pokusil shrnout možnosti, které může skýtat vzájemná spolupráce mezi archeology a forenzními experty. Zatímco aplikace soudně-lékařských poznatků při interpretaci archeologického kontextu se v (západo)evropské archeologii již postupně zabydlela, forenzní archeologie se dosud ve větší míře rozvíjí pouze v anglosaských zemích. Nezájem o tuto problematiku v uplynulých desetiletích způsobil, že je patřičná literatura v našich zemích prakticky nedostupná, což se velmi zřetelně odrazilo i v předkládané práci. Řada významných informací je však přístupná na internetu, odkud byly do této práce získány obrázky, u nichž není specifikován jejich zdroj.

2. POSMRTNÉ CHEMICKÉ ZMĚNY A JEJICH VÝZNAM PRO INTERPRETACI POHŘEBNÍHO RITU

I když má studium pohřebního ritu v naší archeologii dlouhou tradici, možné vztahy mezi zachovalostí skeletů v hrobech a pohřebním rytmem nebyly zpravidla brány v potaz. Jedním z prvních archeologů, který tuto souvislost rozpoznal, byl J. BÖHM (1941, 258), který upozorňoval na velmi špatně zachované kostry lidu kultury se šňůrovou keramikou a českoalcké mohylové kultury, a to i v geografických oblastech, kde se kostry jinak velmi dobře zachovávají. Zájem o systematictější sledování této problematiky ožívá v české a moravské archeologii až od 90. let 20. století.

2.1. ROZKLAD MĚKKÝCH TKÁNÍ

Studium rozkladných procesů, prováděné dosud hlavně badateli v oboru soudní medicíny, je z převážné části orientováno na studium těl ležících volně na zemském povrchu či ve vodě, v mnohem menší míře pak těl uložených v zemi (v rakvích či bez rakve) nebo v uzavřených kovových rakvích. Rozklad měkkých tkání, jakkoli se zdánlivě jeví pro archeologii jako nepříliš zajímavý a málo důležitý, může mít často zcela zásadní vliv např. na zachovalost skeletu nebo na jeho polohu. Procesy rozkladu měkkých tkání bývají důkladně popisovány v příručkách soudního lékařství (MUELLER 1975; PROKOP 1966; SMOLJANINOV 1982; TESAŘ 1985; aj.).

2.1.1. Fermentativní autolýza

Jakmile nastane smrt, ztrácejí tkáň odolnost vůči trávicím šťávám a tyto pak začnou rozkládat vlastní tkáň. Kromě toho dochází i k intracelulární autolýze – rozkladu buněk jejich vlastními enzymy. Nastává také posmrtné prosakování krevní tekutiny do okolních tkání. Je to patrně důsledek zvýšené propustnosti cévních stěn a zvýšení osmotického tlaku následkem štěpení bílkovin.

2.1.2. Hnití

Hnilobné procesy se projevují již záhy po smrti. Hnití zpravidla začíná v tlustém střevě (hlavně díky přítomnosti střevní mikroflóry – některé hnilobné bakterie jsou ještě zaživa přítomny v tlustém střevě, např. *Bacillus putrificus*). Jejich činnost je patrná nejprve v duodenu, ze střeva se pak cévami šíří do celého těla. Hniloba se objevuje nejprve v oblasti břicha a postupuje směrem vzhůru na hrudník, končetiny, krk a hlavu – *ascendentní* (vystupující) typ hniloby. *Descendentní* (sestupující) typ hniloby (hniloba začíná v oblasti hlavy a postupuje směrem dolů) se objevuje výjimečně, např. u mrtvol ležících ve vodě (KNOBLOCH 1958, 147).

Hnilobné bakterie jsou většinou anaerobní grampozitivní tyčinky, štěpící proteiny a glukózu za tvorby páchnoucích plynů.

V tkáních, které svým přežíváním spotřebovaly dostupný kyslík, se pak rychle množí. Zdrojem hnilobného procesu mohou být také chorobná ložiska, v nichž se bakterie usídlily již zaživa (gangréna, infikované rány) (TESAŘ 1985, 236). S ohledem na rychlost rozkladu lze orgány rozdělit zhruba do dvou skupin:

a) rozkládající se rychle (mozek, výstelka průdušnice a hratanu, žaludek a střeva, slezina, játra, děloha v případě těhotenství či po porodu)

b) rozkládající se pomalu (hltn, bránice, srdce, plíce, ledviny, močový měchýř, děloha, prostata)

Orgány tvořené svalovou tkání odolávají hnití déle než parenchymatózní orgány, s výjimkou žaludku a střev, které se, vzhledem k jejich obsahu v čase smrti, mohou rozkládat rychle. Rychlost rozkladu může do určité míry záviset i na obsahu fibrózní tkáně v orgánu.

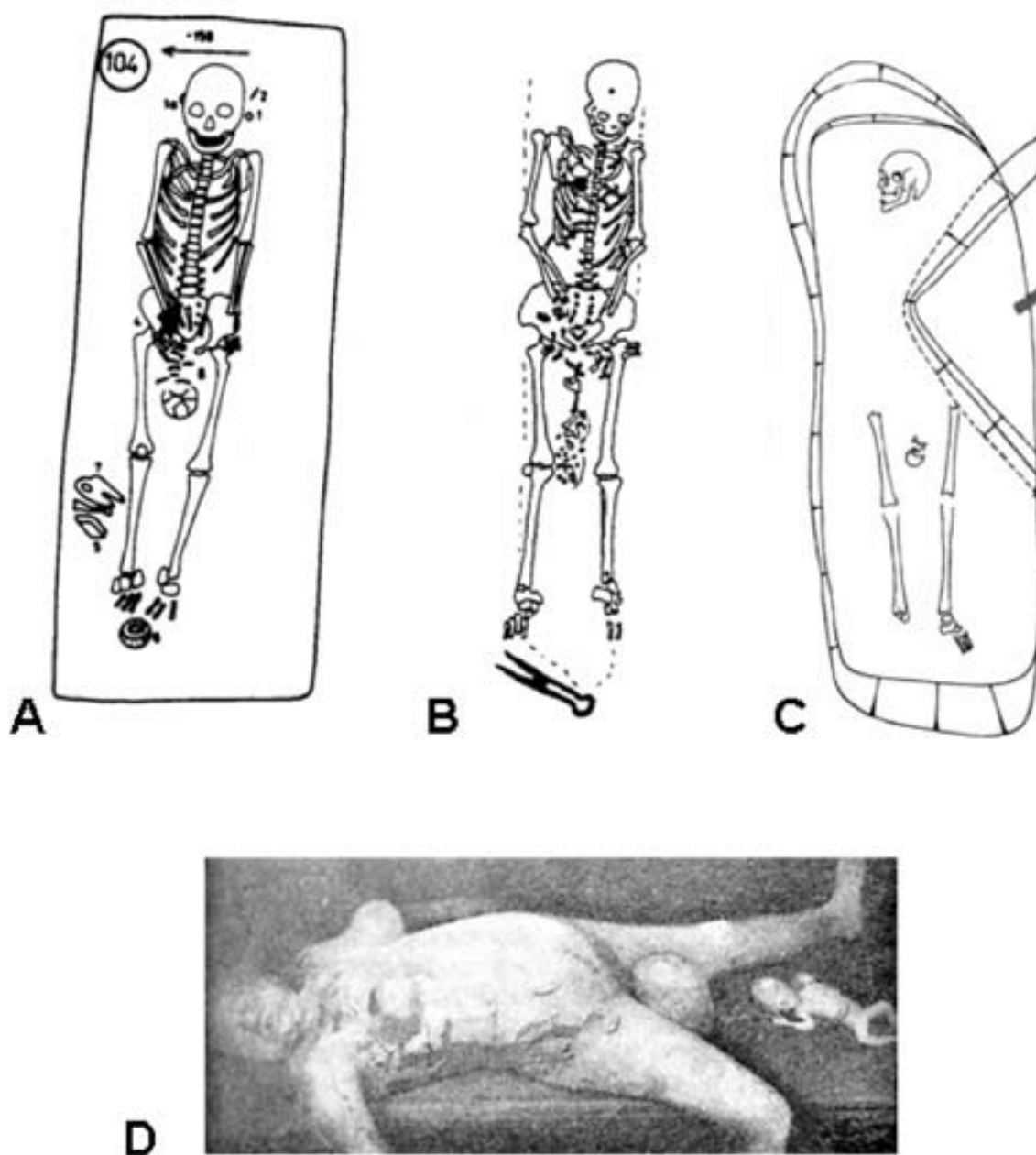
Při hnilobě měkkých tkání dochází působením mikroorganismů k rozkladu za vzniku hnilobných plynů (H_2S , CO_2 , CH_4 , NH_3 , SO_2 , H_2), čímž dochází k nadmutí měkkých částí obličej a rozšíření opuchlých rtů, obklopujících ústa, dále k rychlému zvětšení obvodu krku a končetin a značnému zvětšení břicha a genitálií. Plynů pronikají do podkožní tukové vrstvy, kterou nadouvají. Vzniká *mrtvolný emfyzém*. V souvislosti s tvorbou emfyzému nabývá mrtvola neobyčejně velikých rozměrů. Tlak hnilobných plynů v břišní dutině, který může dosáhnout i dvou atmosfér (SMOLJANINOV 1982, 51), způsobuje vychlínutí bránice do hrudní dutiny a vtláčeje rozkladné tekutiny do plic, přes průdušnici do ústního a nosních otvorů a odtud pak ven. Tlakem plynu v tkáních dochází také ke změnám polohy těla, případně pohybům jeho částí (PROKOP 1966, 51; JACHAU – KRAUSE 2002), u juvenilních jedinců lze často pozorovat roztoupení lebečních švů jako důsledek emfyzému mozkové tkáně (KNOBLOCH 1957, 151; ŽUKOV 1984).

U mrtvých těhotných žen může vlivem emfyzému dojít k tzv. „porodu v rakvi“ (Obr. 1), kdy jsou pozůstatky plodu vypuzeny z dělohy a leží mezi koleny mrtvolky (MUELLER 1975, 13). Může k němu dojít dvěma způsoby:

a) Tlakem hnilobných plynů dochází k vypuzení plodu z dělohy a většinou dochází i k její inverzi. Podle některých autorů (KNOBLOCH 1958, 149) však k vypuzení zdravého a donošeného plodu samotný tlak plynů nestačí.

b) Již před smrtí nastává otevírání hrdla a tím vlastně ještě zaživa začne porod, který je dokončen po smrti účinkem posmrtné ztuhlosti děložní svaloviny a hnilobných plynů. Jde vždy o těhotenství vysokého stupně a zpravidla o porod již v chodu.

Doklady „porodu v rakvi“ lze velmi vzácně zjistit i v archeologickém materiálu. Snad by to mohl být hrob ze slovansko-avarského pohřebiště v Šebastovcích (BUDINSKÝ-KRIČKA – TOČÍK 1991, 29, Abb. 9, Taf. XVI), z velkomoravského pohřebiště z Prostějova – Okružní ulice (FOJTÍK – PROKEŠ v tisku) a ze hřbitova u kostela sv. Jana ve Schaaflhausenu (UNGER 2002, 85, obr. 60).



Obr. 1. Možné doklady „porodu v rakvi”. A. slovansko-avarské pohřebiště v Šebastovicích (BUDINSKÝ-KRIČKA – TOČÍK 1991), B. středověký hřbitov v Schaafhausenu (UNGER 2002), C. raněstředověké pohřebiště Prostějov – Okružní ulice (FOJTÍK – PROKEŠ, v tisku), D. forenzní případ (MUELLER 1975).

Tvorba plynů je obecně spojena s anaerobní fermentací, především v trávicím ústrojí, za uvolňování produktů bohatých na nižší karboxylové kyseliny, především kyselinu propionovou a máselnou. Díky šíření koliformních bakterií z trávicího ústrojí dochází v extracelulárním prostoru postupně ke změně pH z alkalického na kyselé (WINKLER et al. 1987). Při rozkladu měkkých tkání tak nastává nejprve hemolytické provlhlení tkání a později i jejich „zkapalnění“ za vzniku kapalných rozkladných produktů. Mrtvolné tekutiny se, stejně jako plyny, kumulují v tělesných dutinách a v puchýřích pod kůží. Součástí

mrtvolných tekutin jsou voda a rozkladné produkty s vyšším bodem varu.

Proteiny jsou štěpeny působením enzymů (nejprve enzymy přítomnými v organismu, poté hlavně mikrobiálními), ne však rovnoměrně v celém těle. Rychlost procesu je dána vlhkostí, činností bakterií a teplotou okolí. Vlhkost podporuje rozklad, proteolýza může být zpomalena ochlazením a zrychlena zvyšováním teploty. Proteiny se proteolyticky štěpí na peptony a oligopeptidy, ty pak dále na polypeptidy a poté na aminokyseliny, které podléhají deaminaci a dekarboxylaci. Bakteriální rozklad

proteinů (především svalstva) tak přispívá ke vzniku dalších produktů rozkladu, zejména těkavých aminů (putrescin, kadaverin, aj.) a karboxylových kyselin. Produkty rozkladu proteinů jsou také fenoly (fenol, kresol), indol, 3-methylindol (skatol), aj. (VASS 2001).

Tuková tkáň je ve srovnání se svalovinou a jinými parenchymatózními tkáněmi rezistentnější k rozkladným procesům. Lipidy jsou postupně rozštěpeny v těle přítomnými hydrolázami, esterázami a katalázami na jednotlivé komponenty a ty jsou pak dále metabolizovány mrtvolnou mikroflórou (především bakteriemi) na glycerol a vyšší mastné kyseliny. K hydrolýze tuků je nutná přítomnost vody, které je dostatek i v samotné tukové tkáni. Mastné kyseliny jsou prekurzorem pro tvorbu mrtvolného vosku – *adipociru*.

Ve střevech nahromaděné plyny a tekutiny unikají z kadavru tělesnými otvory a poškozenou pokožkou a poté se vsakují do oděvu a do půdy (TESAŘ 1985, 243). U těl pohřbených v uzavřené rakvi se rozkladné produkty akumulují na jejím dně. V rakvích pak bývá v takových případech zjištěna někdy až několikacentimetrová masa složená z vody a z rozkládajících se měkkých tkání, se silným amoniakálním zápachem. Při jejím vzniku se uplatňují především delší časový úsek mezi smrtí a pohřbem, přítomnost vzduchu v rakvi, zadržování vody na dně rakve (k tomu dochází i v poměrně suchých půdách) a také přítomnost textilií či hoblin na dně rakve (MANT 1987). Rozklad pozůstatků v takových rakvích byl mnohem rychlejší než těl bez rakve za srovnatelných podmínek.

J. MATIEGKA a J. MALÝ (1934, 13) zjistili porušené zadní strany epifyz na kosterních pozůstatcích Albrechta z Valdštejna (†1634). Autoři vysvětlují tento jev tím, že mrtvola ležící původně na zádech podlehla na místech blíže dnu silnější hnilobě. Analogickou situaci konstatoval J. MATIEGKA (1919) při ohledání pozůstatků, připisovaných Mladě Přemyslovně: nejvíce porušeny byly spodina lebeční a mandibula, obratlové oblouky, kost křížová a zadní části pánve, loketní kosti; nepoškozeny byly kůstky rukou, patrně proto, že ruce byly původně spjaty na ventrální části trupu.

V bazilice sv. Jiří na Pražském hradě byla v hrobě 111 zjištěna deska s prohlubní pro uložení hlavy mrtvého (obr. 4a). Tato úprava je známa z raného středověku z různých částí Evropy (BORKOVSKÝ 1975; UNGER 2002, obr. 52) a ze středověku a raného novověku Ruska (PANOVA 1987). Kostra byla velmi dobře zachována s výjimkou hlavy, která byla totálně rozložena. Lze zcela souhlasit s výkladem I. BORKOVSKÉHO (1975, 104), že příčinou destrukce byly kapalné rozkladné produkty, které se zadržovaly v prohlubni. Analogická situace byla pozorována u pohřbů v Archangelském chrámu moskevského Kremlu (Ivan IV. Hrozný, jeho synové Ivan a Fjodor, kníže Skopin-Šujskij) datovaných zhruba do poloviny 16. až počátku 17. století (PANOVA 1987).

U kovových rakví mohou agresivní rozkladné zplodiny někdy způsobit i destrukci dna a následné vypadnutí kosterních pozůstatků (BURIAN 1992). Doložen je zvyk plnit rakve popelem (např. na londýnském morovém hřbitově v East Smithfieldu), který snad měl absorbovat hnilobné tekutiny. To by mohlo svědčit také o tom, že mezi úmrtím a pohřbem mohla uplynout určitá doba (HAWKINS 1990). V hromadných hrobech bývaly mrtvolky z hygienických důvodů často zasypávány vápnem, čímž se mohla do určité míry kompenzovat i menší hloubka hrobové jámy (ČIŽMÁŘ – GEISLER 1991). V kostech z těchto hrobů může někdy docházet k vysrážení uhličitanu vápenatého, podobně jako je tomu u kostí z krasových oblastí nebo ze spráši (TESAŘ 1985, 214).

2.1.3. Saponifikace

Saponifikace je vlastně tvorba „mýdla“ z tuků při vysokých hodnotách pH. Vzniklý produkt se nazývá *adipocire* („mrtvolný vosk“) (Obr. 2). Obvykle se objevuje již při, či krátce po počáteční hnilobě (v teplém a vlhkém prostředí) jako nános žlutobílý, mastný, voskovitý substance. Adipocire se tvoří pouze v místech, kde je přítomen tělesný tuk: hlavně v oblasti tváří, hýždí a břicha (MANT 1987). Lidský tuk je za normální teploty kapalný; více než 60 % celkového množství mastných kyselin totiž tvoří lino- lenová a olejová kyselina, které jsou také za normální teploty kapalné. Hydrolýzou tuků a reakcí volných mastných kyselin především s dvojmocnými ionty (Ca^{2+} , Mg^{2+}) se tvoří nerozpustné mýdlo. Kromě zmýdelnatělé tukové tkáně hrají významnou roli ve stabilizaci adipocire také některé vyšší mastné kyseliny s vysokým bodem tání, především kyselina 10-hydroxystearová a 10-hydroxypalmitová, v menším množství též kyselina 10-oxostearová a 10-oxopalmitová. Tyto kyseliny jsou druhotně syntetizovány různými druhy aerobních i anaerobních bakterií. Např. kyselina hydroxystearová je syntetizována druhy *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus aureus* a *Clostridium perfringens* (TAKATORI 2001). Složení adipocire se také liší podle materiálu, na který je vázán a také závisí na rychlosti rozkladu těla. Rychlá dekompozice je provázena tvorbou hrubého a drobného materiálu, produktu vazby se sodíkem (především z intersticiálních tekutin), při dekompozici pomalé, při vazbě s draslíkem (z rozrušených buněčných membrán) se naopak tvoří materiál jemný, pastovitý. Tvorba adipocire je urychlována přítomností některých druhů bakterií, např. clostridií, a může trvat od několika týdnů do několika měsíců (VASS 2001).

Adipocire se tvoří velmi dobře ve vodním prostředí za předpokladu, že je tělo chráněno před vodní faunou. Jeho tvorba ovšem nevyžaduje velké množství vody. A. K. MANT (1987) pozoroval dobře vytvořený adipocire u těl pohřbených asi sto let v uzavřených olovených rakvích. Tělesný tuk zde byl vymyt vodou z vnitřních tkání, které později zмумifikovaly. Pokud se adipocire tvoří na intaktním těle, na vnitřní straně adipocirové vrstvy mohou být pozorovány proužky dehydratované svaloviny. Tuk může prosáknout spolu s rozkladnými tekutinami i do jiných tkání a teprve tam pak může docházet k saponifikaci (JACHAU – KRAUSE 2002). Přítomnost adipociru může mít vliv na zachování textilií: v olovených rakvích (před 1850) se textilie z velké části rozpadly, jejich zbytky však byly dochovány díky kontaktu s adipocirem (JANAWAY 1987).

V raných stádiích tvorby je adipocire měkký a drobný, v případě kompletní saponifikace je tvrdý a tuhý. Na tvorbu adipocire mají rozhodující vliv bakterie (např. *Clostridium welchii*) a/nebo jejich enzymy. Laboratorní experimenty ukázaly, že vliv anaerobních podmínek je poměrně malý (rozdíl v rychlosti jeho tvorby v anaerobních a aerobních podmínkách byl pouze asi 20 %). Při experimentálním umístění tuku do vody pokleslo pH rychle na hodnotu 4,5–5,5. V uzavřených rakvích, kde docházelo k tvorbě adipocire, byl obsah rakve alkalický, hlavně díky amoniaku, tvořícímu se rozkladem proteinů těla. Stále není příliš znám mechanismus druhotného rozkladu adipocire, k němuž může docházet během posmrtných změn. Schopnost jej rozkládat byla experimentálně zjištěna např. u gram-pozitivních bakterií (PFEIFFER et al. 1998).



Obr. 2. Adipocire na obličejových partiích lebky.

2.1.4. Suchý rozklad

Po úniku hnilobných plynů a tekutin z těla dochází hlavně za přístupu kyslíku (za aerobních podmínek, např. v kryptách a hrobkách s přístupem vzduchu) a vyšší teploty, k suchému rozkladu, který probíhá především působením bakterií a plísní a postupně vede ke konečné skeletizaci těla. Pokožka se olupuje v hrubých cárech, vlasy i nehty se postupně uvolňují a odpadávají, dochází k pomalému vysychání a rozpadu měkkých částí mrtvol, především svalstva a některých vnitřních orgánů. Po ztrátě tělesných tekutin a hnilobných plynů se propadá kůže hluboko do břišní dutiny a mezižeberních prostor. Rozpadem žvýkacích svalů dochází v pokročilém stadiu rozkladu k otevření úst, chrup bývá zpravidla obnažen, protože se rty ztrátou tekutiny značně zúží a ztenčí. Pokud není kůže rozrušena působením různých organismů, zpravidla zůstává značně dlouho uchována (KNOBLOCH 1958, 149).

Z chemického hlediska je významným dějem oxidace mastných kyselin na aldehydy a ketony a na CO_2 . Vznikají plynné produkty páchnoucí po zatuchlině. Jde o směs aldehydů, ketonů, organických kyselin a jejich esterů a CO_2 . Tento proces probíhá ve větší míře pouze v přítomnosti kyslíku, který ovšem v uzavřené rakvi obvykle chybí (JANAWAY 1987; JACHAU – KRAUSE 2002). Plísně, objevující se ve větší míře až během tohoto stadia, produkují celou řadu kyselých metabolitů (např. *Aspergillus niger* vytváří kyselinu citronovou), které rozrušují zejména kostní tkáň, a také metabolity na bázi teracyklinů s baktericidními účinky, vykazující fluorescenci v UV světle (PIEPENBRINK 1986; WINKLER et al. 1987).

2.1.5. Mumifikace

Voda je důležitým médiem pro všechny chemické i mikrobiální rozkladné procesy. V suchém prostředí se rozklad zastavuje, dochází k inhibici bakteriálního rozkladu a tlení. K mumifikaci může dojít na vzduchu i v zemi, v suchém a teplém klimatu, nebo v prostředí s velmi nízkou vlhkostí. Často vzniká v kryptách a malých místnostech s dostatečnou cirkulací vzduchu. Rychlost vysychání je urychlována silnějším prouděním vzduchu, přítomností oděvu a také horizontální polohou těla (ATURALIYA – LUKASEWYCZ 1999). Mumifikaci podléhá především kůže, která má pro mikroorganismy pouze malou nutriční hodnotu (VASS 2001). Místa, kde se uchovávají zbytky vlhkosti, zpravidla bývají porostlá plísněmi. Vnitřní orgány podléhají po určité dobu rozkladu; k jejich vysušení dochází až mnohem později (JACHAU – KRAUSE 2002).

I pozdější změny mikroklimatu se mohou projevit změnou ve stavu zachování mumifikovaných pozůstatků. Již krátce po zamezení ventilace dochází v kryptách k celkovému zvýšení vlhkosti a začíná hniloba, zvláště u mumií, které jsou uloženy blízko stěn (GRALLA 1970).

2.2. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ RYCHLOST A CHARAKTER ROZKLADU

Rozhodujícím faktorem při rozkladu těla je přístup kyslíku, bez něj se rozklad, i když už začal, značně zpomaluje. Hnití těla probíhá rychle na vzduchu, pomaleji ve vodě a ještě pomaleji v půdě; uplatňuje se tzv. Casperovo pravidlo (JACHAU – KRAUSE 2002):

1 týden vzduch = 2 týdny voda = 8 týdnů hrob v zemi

Z hlediska archeologického bádání je nejvýznamnější studium rozkladných procesů v hrobech. Na rozdíl od mrtvol uložených na povrchu zde dochází k menšímu kolísání teploty a omezenému přístupu hmyzu a ostatních mrchožroutů k tělu.

Příčina smrti

Významná ztráta krve zbavuje organismus vody, a proto dochází ke zpomalení rozkladu. Rozkouskování těla vede k úplnému vykrvácení jednotlivých částí těla a také zamezuje šíření mikroorganismů krevním oběhem. Různé části téže mrtvolky se mohou zachovat v různém stavu. Jsou-li periferní části odděleny od těla, jejich hnití se zpožďuje (TESAŘ 1985, 248). Také otrava některými jedy (např. arsenikem) způsobuje zpomalení rozkladu (RENTOUL – SMITH 1973, 123).

Časový úsek mezi úmrtím a pohřbem

ZA pokojové teploty začíná proces rozkladu už 36 hodin po smrti, za nižších teplot později, při -5°C se rozklad zastavuje. Z etnografických dokladů je známo, že v době tuhých mrazů se nepohřbívalo a zemřelí byli pohřbíváni až v časných jarních měsících, kdy země rozmrzla a vyhloubení hrobové jámy bylo snadnější (MĚŘÍNSKÝ 1985, 25).

Na žárových pozůstatcích z mladší doby bronzové ze Sommereinu (Dolní Rakousko) byly zjištěny stopy ohlodání kosti myši, k němuž došlo ještě před vlastní kremací. To by mohlo svědčit o tom, že mezi úmrtím a kremací prošlo několik týdnů, případně i měsíců (WINKLER 1992).

Oděv

Přítomnost oděvu má značný vliv na průběh rozkladu těla. Na částech těla krytých oděvem, kde není dostatečný přístup vzduchu, probíhá hniloba pomaleji než na částech oděvem nekrytých (KNOBLOCH 1958, 146). A. K. MANT (1987) uvádí, že u mrtvol pohřbených bez rakve části těla pokryté oděvem často vykazují velmi dobrý stav zachování (kosti, svaly i vazivo bylo velmi dobře zachované, tuková tkáň saponifikovala). Textilie brání do určité míry přístupu hmyzu a také absorbují a zadržují vlhkost, čímž napomáhají tvorbě adipocire (zvláště, jde-li o oděvy z umělých vláken). Tato situace ostře kontrastuje s pohřby v rakvích, kde, díky značnému množství vzduchu uvnitř (a snad též delšímu časovému intervalu mezi smrtí a uložením do země), dochází k pokročilejším rozkladným změnám. U těl pohřbených bez oděvu i bez rakve dochází k poměrně rychlé skeletizaci (MANT 1987; FIEDLER – GRAW 2003).

Rakve

V borovicových a jedlových rakvích probíhá rozklad rychleji než v dubových. Ve smrkových rakvích dochází spíše k mumifikaci. Dubové a kovové rakve také podporují tvorbu adipocire (TESAŘ 1985, 247; FIEDLER – GRAW 2003). Druh dřeva, z něhož byly vyrobeny rakve či hrobové konstrukce, lze v některých případech určit rovněž na základě archeobotanické analýzy zbytků zachovaných v hrobech. Druhy použitého dřeva souvisely s jejich použitelností, případně s jejich dostupností v jednotlivých regionech (MĚŘÍNSKÝ – UNGER 1990, 363).

V jihoskandinávských mohylách ze starší doby bronzové (cca 1400–1300 let př. Kr.) byly zjištěny velmi dobře zachované dubové rakve dlabané z kmene, jejichž obsah, včetně pozůstatků mrtvého, byl výjimečně dobře zachován. Konstrukce těchto mohyl znemožnila přístup kyslíku k pohřbu, což záhy vyvolalo vznik anoxických (anaerobních) podmínek a výrazné zpomalení rozkladu organických látek (BREUNING-MADSEN et al. 2003). Podobná situace je známa z lokality Mawangtui (provincie Hunan, jižní Čína): kolem rakve byla 0,4–0,5 m mocná vrstva uhlíků a okolo ní 0,6–1,3 m mocná vrstva jílu. Vrstva uhlíků absorbovala vlhkost, vrstva jílu zabraňovala přístupu vody a kyslíku k pohřbu (LEE et al. 1986).

Významnou roli může hrát i vlastní konstrukce rakve: u rakví z nekvalitního dřeva či pouze ledabyly sbitých dochází k brzkému porušení nebo dokonce i propadu víka. Rakve s rombickým víkem v sobě zase uchovávají poměrně veliký objem vzduchu (MANT 1987), který může hrát významnou roli při rozkladu: pro průběh chemický rozklad je třeba jen asi 150–200 g kyslíku (DENT et al. 2004). K mnohem intenzivnějšímu rozkladu těla dochází, je-li mrtvý obklopen organickým materiálem (větvičky stromů, kompost, apod.). Tento působí jako izolace zabraňující odvodu tepla produkovaného rozkladem mrtvol i jako producent tepla díky vlastnímu rozkladu (MANT 1987). Také přítomnost slámy, pilin či hoblin, kterými bývá vyloženo dno rakve, může urychlit rozklad těla a omezit tvorbu adipocire (FIEDLER – GRAW 2003). Mimořádně rychle hnijí mrtvol v hnoji, hlavně díky bohatému zastoupení mikroorganismů v exkrementech (TESAŘ 1985, 248).

Hloubka hrobu

Hloubka uložení těla v zemi úzce souvisí s rychlostí jeho rozkladu (RODRIGUEZ – BASS 1985). Podle současných norem je předepsaná hloubka hrobové jámy 200 cm, hygienickým požadavkům však dostačuje hloubka 80–180 cm (MAREŠOVÁ 1983, 15–16), případně 150–200 cm (SANTARSIERO et al. 2000). Dostatečná délka hrobu je nutná k ochraně před hnilobným pachem a proti vyhrabání mrtvol zvířaty.

Z archeologického hlediska je vhodné sledovat také kubaturu hrobových jam, která může odrážet sociální poměry na pohřebišti (MĚŘÍNSKÝ 1985, 15–18). Tato veličina umožňuje odhadnout, kolik úsilí a času je potřeba k vyhloubení hrobové jámy. Obtížnost kopání jámy zhruba roste v poslušnosti:

pišek, štěrka → spraš → slínovitá půda → zvětralá skála

K. MAREŠOVÁ (1983, 16) uvádí pro těžké hlinité a slínovité půdy rychlost 2,45 hod/m³ pro moderní pracovní nástroje (krumpáč, rýč, lopata), pro staroslovanské období lze počítat s dobou asi dvojnásobnou. Obecně však lze předpokládat, že pro sprašové a písčité půdy byla doba potřebná na 1 m³ ve srovnání s těžkými půdami mnohem kratší. V úvahu je nutno vzít také roční období, ve kterém je hrob hlouben. Jámu, kterou v létě vykope ve spraši či jílu jeden člověk za 6 hodin, kopou v zimě tři lidé nejméně celý den (WALDHAUSER et al. 1999, 174).

Poloha těla

Pokud leží mrtvola obličejem k zemi, krev se hromadí v hlavě, krku a hrudi a hniloba začíná v těchto místech. Pokud je tělo v „supinační poloze“, zvláště jsou-li hlava a hrudník lehce zdviženy, změny začínají především na břiše a horních částech stehů (TESAŘ 1986, 249).

Hromadné hroby

Pozůstatky pohřbené v hromadných hrobech, kde jsou jednotlivá těla navzájem v blízkém kontaktu, vykazují zpravidla lepší zachovalost než pozůstatky z hrobů samostatných. Také těla pohřbená v centrální části hromadného hrobu jsou lépe zachovaná než těla na okrajích (MANT 1987). V hromadných hrobech s několika vrstvami těl nad sebou byl pozorován častější výskyt adipocire u mrtvol ze spodních vrstev, ke kterým neměl dostatečný přístup vzduch a kde celé prostředí bylo prosáklé hnilobnými tekutinami, vytékajícími z mrtvol ve vyšších vrstvách (KNOBLOCH 1958, 156).

Spodní voda

Podmáčené půdy jsou vhodné pro tvorbu adipocire. U pohřbů v rakvi může vlivem spodní vody docházet k dislokaci součástí skeletu, vymývání prvků z kostí může urychlit rozklad kostry.

Teplota

Časový průběh rozkladu závisí na teplotě okolí, je závislý na zeměpisné šířce, ročním období a hloubce hrobu. Zvýšením teploty o 10 °C se rychlost rozkladu zvýší na dvojnásobek (JACHAU – KRAUSE 2002). Optimální teplota okolí pro hnití těla je 30–40 °C. Vyšší teplota urychluje hnití, ale negativně ovlivňuje tvorbu adipocire. Při teplotách 0–1 °C a 50–60 °C se proces hnití již značně zpomaluje a na suchém vzduchu může přejít v přirozenou mumifikaci (SMOLJANINOV 1982, 50).

Vrstva půdy představuje dobrou izolační bariéru vůči slunečnímu záření. Teplota půdy a také její kolísání klesají s rostoucí hloubkou pohřbu. Průměrná teplota v hloubce kolem 150 cm je 4–5 °C, v nejteplejších obdobích maximálně 10 °C (TESAŘ 1986, 248). Dříve se předpokládalo, že tělesná teplota kadávrů je v rovnováze s teplotou okolí. Experimenty však prokázaly, že proces rozkladu těla způsobuje její zvýšení asi o 3–10 °C, v závislosti na hloubce pohřbu. V mělkých hrobech je zvýšení teploty způsobené rozkladem vyšší, objevuje se dříve a odeznívá později (RODRIGUEZ – BASS 1985). Toto zvýšení teploty může mít také pozitivní vliv na tvorbu adipociru (FIEDLER – GRAW 2003).

Propustnost půdy

Přístup kyslíku je závislý na typu a hloubce pohřbu. Rozklad bývá urychlen v porézních, lehkých půdách, zatímco kompaktní, jílovité půdy jej mohou zpomalovat (LÖTTERLE et al. 1982; TESAŘ 1986, 248). Také intenzita rozkladu kostí ubývá od hrubých písků k jílům (KUČERA 1927). V kamenitých půdách mohou kosti podléhat mechanické destrukci (KUNTER 1988).

Při otevření hromadného hrobu obětí nacismu v Bohosudově, kde byla půda složena téměř výhradně z popela, byly po 8 měsících nalezeny v hrobě jen kosti beze zbytků měkkých tkání, šlach a chrupavek (KNOBLOCH 1958, 152).

Kyselost půdy

V počátečním stadiu rozkladu těla v zemi dochází ke zvýšení pH půdy (RODRIGUEZ – BASS 1985). Proto bývá v půdě zjištěn zvýšený obsah NH_4^+ (konzistentní s růstem celkového dusíku a pH), organického uhlíku a celkového dusíku. Vysoký obsah S^{2-} (rozpuštěného v alkáliích) indikuje redukční podmínky v hrobě (HOPKINS et al. 2000). Obecně lze říci, že primární je rovnováha mezi rozkladnými produkty těla a hrobovou výstavou (to se týká především pH). K tvorbě acidobazické rovnováhy mezi kostí a půdním prostředím dochází až později, po kompletním rozkladu měkkých tkání.

2.3. ROZKLAD TĚLA A HROBOVÁ VÝBAVA

Rozklad těla má výrazně modifikující vliv na bezprostřední okolí pohřbu tak, že v uzavřených rakvích a v těžkých půdách (s omezenou výměnou plynů mezi půdou a atmosférou) převládají redukční podmínky. Rozkladné produkty těla a organických materiálů mají vliv na krátkodobou korozi artefaktů. K tvorbě rovnováhy mezi půdním prostředím a artefaktem dochází mnohem později, až po kompletním rozkladu organické složky těla (JANAWAY 1987).

Kovy

Koroze kovových artefaktů v zemi závisí na množství různých faktorů: vlhkosti, porositě a kyselosti půdy, přítomnosti rozpustných solí a teplotě. Z hlediska korozního chování lze kovy rozdělit do několika skupin:

- 1) kovy odolávající korozi ve všech prostředích (zlato)
- 2) kovy, které jsou zpočátku snadno atakovatelné, ale vytvářející si povrchový film odolný vůči korozi a stávají se rezistentní vůči dalšímu ataku (slitiny mědi)

3) kovy korodující rychle, nevytvářející si povrchový film odolný vůči další korozi (železo)

Slitiny mědi obvykle nekorodují extenzivně a mají poměrně velké kovové jádro pokryté tenkou vrstvou korozních produktů. Železo vykazuje obecně vyšší stupeň koroze, tak jak několik oxidačních stavů způsobuje menší pravděpodobnost dosažení stabilní rovnováhy s okolním prostředím. Obvykle je přítomno větší množství korozních produktů než železného jádra. Elektrochemická koroze je možná pouze za přítomnosti vody v prostředí pohřbu. Podmáčené půdy s malým přístupem kyslíku nebo redukční podmínky v uzavřené kovové rakvi zpomalují korozi. Zde však budou patrně rozdíly mezi korozi kovů v kontaktu s kapalnými rozkladnými produkty a předměty na povrchu těla, kde je sice vysoká vlhkost, ale kde není bráněno proudění plynu. Tyto rozdíly budou méně markantní v případě uzavřených rakví, vyplněných redukčními plyny.

Dřevo

Rozklad organických materiálů je dán zejména přítomností rozkladných bakterií a především dřevokazných hub (STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ 1993a, b, STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ 1994). Dekompozicí rostlinných zbytků, především ligninu a celulózy, vznikají huminové kyseliny, které je možné využít k detekci rozložených předmětů ze dřeva (PELIKÁN 1954). V půdním prostředí může docházet k mineralizaci dřeva – zvyšuje se hlavně podíl oxidů křemíku, železa a manganu (CENGEL 2000).

Textilie

- 1) srst/vlna, keratin
- 2) hedvábí, fibroin a sericin
- 3) lýko/vláknarostlinných stonků (sklerenchym), celulóza se silně lignifikovanými buněčnými stěnami
- 4) rostlinná vlákna, celulóza /bavlna

Ačkoliv rostlinná vlákna mohou být snadno denaturována a rozkládána chemickými složkami půdy (celulóza se snadno rozkládá v kyselém prostředí, proteiny jsou atakovány silnými bázemi), hlavní činitelé rozkladu jsou biologického původu. Hrob je vhodným prostředím pro mikroorganismy rozkládající přírodní vlákna. Jsou-li půdní podmínky takové, že nedovolují rozvoj daného mikroorganismu, textilie se zachovává. V anaerobním a neutrálním nebo bazickém prostředí nejsou přítomny mikroorganismy jednoduše rozkládající keratin, sericin a fibroin. Celulóza se zachovává pouze v anaerobním prostředí s vysokým pH.

V měděné rakvi maršála Jeana Louise Raduita de Souches (1608–1682) v hrobce kostela sv. Jakuba byly nalezeny hnilobou silně poškozené a rozpadávající se zbytky vnitřní dřevěné rakve, korálky dřevěného růžence, zbytky oděvu (brokátový kabátec, čepec, šerpa, vlněné punčochy) a bot a téměř úplně zetlelé a rozpadlé kosterní pozůstatky (NOVOTNÝ 1967). Rozložené kosterní pozůstatky a zachovaná vlněná textilie ukazují na přítomnost silně kyselého prostředí v rakvi.

Zachování organických materiálů za přítomnosti kovových artefaktů je závislé na dvou rychlostech rozkladu:

- 1) rychlosti degradace organického materiálu
- 2) rychlosti koroze, transportu a ukládání iontů kovu na a do organického materiálu

Pokud je první proces rychlejší než druhý, organický materiál se nedochová. V systému měď/textil mají měďnaté ionty biocidní účinky, v systému železo/textil obalují korozní produkty železa vlákna, která se však později rozloží. „Obal“ pak přesně odráží rozměry a morfologii povrchu již rozložených vláken.

2.4 . DETEKCE ROZKLADNÝCH PRODUKTŮ TĚLA

Znalost chemických procesů, ke kterým dochází po smrti organismu, má řadu praktických důsledků. Původní přítomnost těl (rozložených i druhotně přemístěných) lze v archeologii a ve forenzních vědách indikovat sledováním některých látek v půdních vzorcích:

Aminy a ptomainy. Methylamin, dimethylamin, trimethylamin a ethylamin vznikají dekarboxylací z aminokyselin, produktů hydrolyzy proteinů. Dostí nízký bod varu těchto sloučenin (asi $-6,3-16,6^{\circ}\text{C}$) umožňuje v případě kamenných tumb či kovových rakví (teplota cca $12-18^{\circ}\text{C}$) prokázat jejich přítomnost i v plynné fázi (ARAI 1990).

Dalším plynným produktem rozkladu těla je *methan*, který lze, během probíhajícího rozkladu v zemi, detekovat v půdním vzduchu v těsné blízkosti pohřbeného těla (DAVENPORT 1992).

Nižší karboxylové kyseliny (Volatile Fatty Acids, VFA). Jsou to organické kyseliny s krátkým řetězcem, produkty aerobního i anaerobního mikrobiálního rozpadu svalstva a tukové tkáně. V půdních vzorcích se obvykle stanovují kyseliny propionová, máselná a valerová, mohou se ovšem vyskytnout také kyseliny isomáselná, isovalerová a kapronová. Obsah VFA v hrobové výplni je ovlivněn dobou uložení pozůstatků (lze je použít pouze ve forenzní archeologii), pohřebními zvyklostmi, klimatem, poměrem písku a jílu v půdě a její kyselostí a vlhkostí (VASS et al 1992; TULLER 2001).

Cholesterol. Stanovení cholesterolu je perspektivní metodou detekce pohřbu v silně kyselých půdách s nízkým obsahem hliníku, železa a manganu, v nichž se obtížně fixuje fosfát (DAVIES – POLLARD 1988). Jeho výhodou je, že se ve větší míře nachází pouze v živočišných organismech (tělo člověka o hmotnosti 70 kg obsahuje cca 145 g cholesterolu), v rostlinách a v mikroorganismech je jeho obsah nepatrný. V těle se cholesterol nachází jako volný nebo v esterech s vyššími mastnými kyselinami. Díky své nerozpustnosti ve vodě není cholesterol nijak významně vymýván srážkovou vodou, může ovšem podléhat rozkladu působením půdních mikroorganismů (zejména *Proactinomyces*). Degradace může být omezena jeho adsorpcí na jílové částice. Ideálním prostředím pro uchování cholesterolu jsou tedy silně kyselé, anaerobní, vlhké půdy (DAVIES – POLLARD 1988). Kromě nejčastěji používaných chromatografických metod byl ke stanovení cholesterolu v sedimentech vypracován i postup spektrofotometrický, použitelný přímo v terénu (ROTTLÄNDER 1970).

Vyšší mastné kyseliny. V hrobových výplních v alkalických půdách lze často zjistit také přítomnost vyšších mastných kyselin, především palmitové, stearové, myristové, olejové a palmitoolejové, případně i zbytků adipocire, vzniklého reakcí těchto kyselin s půdním vápníkem (FORBES et al. 2002). Jeho barva

bývá často tmavá, patrně v důsledku působení ostatních rozkladných produktů. Také zde se projevují rozdíly mezi suchými a vlhkými půdami: pouze ve vzorcích z vlhkých půd byla zjištěna 10-hydroxystearová kyselina a je pro ně charakteristický také vyšší obsah kyseliny palmitové a nižší obsah kyseliny stearové (FORBES et al. 2002). Je ovšem třeba brát ohled na fakt, že vyšší mastné kyseliny mohou být obsaženy i v kořnicích rostlin pronikajících do hrobové výplně.

Krevní proteiny. Obecně indikují přítomnost krve v sedimentu. Vysoký obsah jílu a písku v půdě zřejmě chrání proteiny adsorbované na křemičitou matici před mikrobiálním útokem. Vysokomolekulární proteiny mohou také tvořit ve vodě špatně rozpustné agregáty nebo se mohou vázat na nerozpustné vyšší mastné kyseliny (např. z tuku mrtvého). Krevní proteiny tak mohou v půdě přetrvat i poměrně dlouhou dobu (TULLER 2001).

Myoglobin. Dalším perspektivním organickým biomarkerem by mohl být myoglobin, protein specifický pro kostrní a srdeční svalstvo. Na rozdíl od krevních proteinů by mohl být lidský myoglobin specifickým markerem lidské mrtvolky původně přítomné v objektu (ostatní biomarkery, s výjimkou krevních proteinů, nejsou druhově specifické). Dosud byl myoglobin použit pouze k prokázání vaření lidského masa v keramických nádobách a také k detekci jeho zbytků v koprolitech (MARLAR et al. 2000).

Celkový obsah organické složky. Jde o nespecifický marker, který může být produktem rozkladu živočišných i rostlinných zbytků a může zahrnovat lipidy, proteiny, pryskyřice, uhliky, humus, apod. (DAVIES – POLLARD 1988). Některé moderní metody termické analýzy (např. diferenční skenovací kalorimetrie, WANG et al. 2000) umožňují určitou diferenciaci složek (např. uhliky od ostatních složek).

Fosfor. V okolí kosterních pozůstatků bylo zjištěno, ve srovnání s okolní půdou, obohacení hrobové výplně fosforem (STOYE 1950), pocházejícího pravděpodobně z rozkladu měkkých tkání (svaly 0,0034 %, nervová tkáň 0,035 %; HOMOLKA 1971, 268). Fosfát v oblasti skeletu zůstává zpravidla stabilní a není vymýván: vertikální migrace fosforu je zanedbatelná (STOYE 1950; JAKOB 1955; NÚŇEZ 1975). Tohoto poznatku lze využít při identifikaci hrobů s totálně rozloženými pozůstatky: hloubkový profil vykazuje v určité hloubce ostré maximum koncentrace fosforu (Leichenhorizont), které umožňuje u totálně rozložených skeletů zjistit hloubku uložení pohřbu. Aby se fosforem obohatila i půda nad tímto horizontem, musí být hrob narušen dalšími pohřby, při nichž dojde k promíchání půdy z různých vrstev. Tento proces a/nebo eroze, při níž může dojít až k odkrytí fosfátem obohaceného horizontu, dokáže umožnit vytýčit pohřebiště pomocí fosfátové analýzy pouze na základě povrchového vzorkování (JAKOB 1955).

V průběhu anaerobního rozkladu těla v hrobě dochází ke vzniku *sulfidových iontů* S^{2-} , případně změnám v poměru $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ (DENT et al. 2004). Tyto změny lze indikovat přímo v terénu pomocí jednoduchých chemických reakcí (BARTLETT – JAMES 1995). Ke sledování změn $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ lze využít i měření magnetické susceptibility hrobového sedimentu (LINFORD 2004).

Tab. 1. Transformace hydroxyapatitu v kyselém prostředí (HERRMANN – NEWESLY 1982; HERRMANN et al. 1990, 9)

pH	7,0 – 7,5 (fyziologické)	6,0 – 7,0	4,5 – 6,0
Minerál	hydroxyapatit	oktalciumfosfát	brushit
Chemický vzorec	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$	$\text{Ca}_4\text{H}(\text{PO}_4)_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
Součin rozpustnosti	$5 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$

2.5. CHEMICKÉ ZMĚNY KOSTNÍHO MINERÁLU

Chemické změny kostního minerálu lze rozdělit do tří skupin (PIEPENBRINK 1989): homoionická/heteroionická substituce, isomorfní/heteromorfní rekrytalizace hydroxyapatitu a kombinace heteroionické substituce a heteromorfní rekrytalizace.

Homoionická / heteroionická substituce

Jde o iontovou výměnu mezi kostí a vnějším prostředím, makroskopicky ani mikroskopicky ji prakticky nelze zjistit.

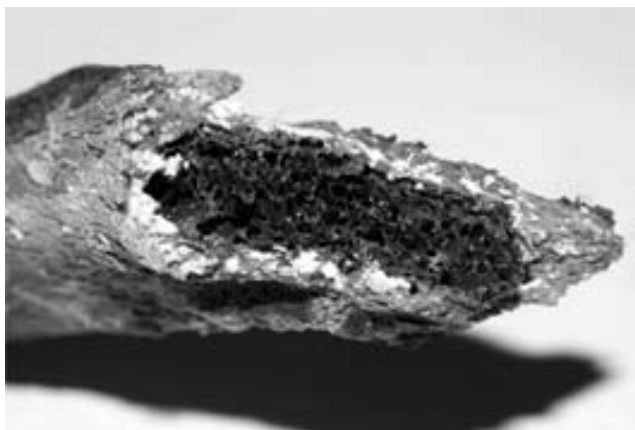
Isomorfní / heteromorfní rekrytalizace hydroxyapatitu

Vlivem nízké hodnoty pH a vysoké vlhkosti prostředí dochází k rekrytalizaci hydroxyapatitu na minerál **brushit** (Obr. 3) v sekvenci hydroxyapatit → oktalciumfosfát → brushit (Tab. 1).

Tvorba brushitu je doprovázena mikroskopickou dezintegrací kosti, protože laminární krystaly brushitu jsou podstatně větší než krystaly hydroxyapatitu. To následně vede k rozpraskávání kostní tkáně a rozpadu osteonů, což je patrné na mikroskopickém výbrusu kosti. Protože kyselé prostředí často vzniká během hnití měkkých tkání, lze brushit často nalézt už v ranném stadiu rozkladu kostí. Rozpustnost brushitu ve vodě vede k progresivnímu rozkladu rozpadlé kostry a někdy téměř k totálnímu rozkladu kostry za vzniku půdní siluety.

V kryptě, zbudované pod kněžištěm v chrámu sv. Jakuba v Kutné Hoře koncem 17. století, byly zjištěny pohřby z let 1720–1784 (podle cínových tabulek s nápisy) v rozpadlých dřevěných rakvích. Kostry byly téměř kompletně rozpadlé na sypkou hmotu (VEPŘEK 1943–44).

K částečnému i totálnímu rozkladu kosterních pozůstatků může docházet i ve vysoce alkalických půdách (např. ve spráších). Příčinou jsou úzce lokální změny pH způsobené anaerobním rozkladem měkkých tkání a působením saprofytních mikroorganismů na mrtvolu (HERRMANN – NEWESLY 1982), na předměty z organických materiálů v hrobové výbavě a také na rakve. Celý tento proces lze charakterizovat jako kombinaci řady biogenních a abiogenních faktorů, které jsou podmíněny určitými pohřebními praktikami (STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ 1993 a, b). Typickým projevem těchto procesů je významný rozdíl v zachovalosti jednotlivých partií skeletu.



Obr. 3. Krystalky brushitu na kosti z rodinné hrobky Dietrichsteinů z Mikulova (foto autor).

Na pohřebišti v Borovcích (STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ 1993a, b) byly kromě rozložených a velmi poškozených (stupeň 1 a 2, odpovídají zhruba kategoriím 5 a 4 podle GORDON – BUIKSTRA 1981) skeletů zjištěna také dekompozice pouze horní části skeletu (stupeň 3a), obratlů, žeber a kloubů některých končetin (stupeň 3b), části pánve, os sacrum, levý humerus a radius (stupeň 4), nebo jsou rozrušeny lebka a klouby končetin (stupeň 4). Hroby byly zahloubeny do spráše nebo alkalické černozemě.

Na pohřebišti v pískovně u Lanžhota (DOSTÁL 1962) byly laténské hroby daleko hůře zachovány ve srovnání s hroby pozdně únětickými a slovanskými. Zdá se, že hůře jsou zachované kostry z jam, kde byly zjištěny zbytky rakve či dřevěné konstrukce (hroby laténské a část hrobů slovanských). Bohužel malý počet hrobů nedovoluje rozsáhlejší zobecnění.

Na pohřebišti na Levém Hradci byly raně středověké kostry dokonale zachovány, kostry ze 16. století byly rozpadlé na bílou sypkou hmotu, tvořenou převážně brushitem. Kostra kněze z 18. století v poměrně dobře zachované rakvi byla celá rozpadlá, horní část kostry byla rozložena více než dolní (NOVÁČEK 1940).

Brushit ovšem vzniká také na kostnicovém materiálu (SEKANINA 1935; SEKANINA 1937; KRUŽA 1948), a to i na zvířecích kostech, které byly k lidským pozůstatkům sekundárně přimíšeny (SEKANINA 1935). Všechny objekty, v nichž byl tento minerál zjištěn, byly chladné, nevětrané krypty s podlahou pod úrovní spodní vody.

Kyselé prostředí v hrobě může být v některých případech navozeno také uměle, například působením koncentrované kyseliny sírové („vetriol oleum“), používané občas k dezinfekci hrobek (MOLIN et al. 2002).

Kombinace heteroionické substituce a heteromorfní rekrystalizace

V případě středověkého a raně novověkého materiálu se mohou častěji vyskytnout dva případy:

Anaerobním rozkladem organických látek v uzavřených kovových rakvích vznikají organické kyseliny, které kromě transformace hydroxyapatitu na brushit (LACROIX 1897) mohou indukovat také rozpouštění kovu (zejména olova) ze stěn rakve. Ionty kovu, uvolněné ze stěn rakve, se zabudovávají do kostního minerálu a masivní substituce vápníku jinými ionty může někdy vést i ke změně krystalické struktury kosti. Celková záměna původních atomů jiným prvkem (prvky), při níž se zachovává tvar a forma původního vzorku, se nazývá pseudomorfní výměna (pseudomorphous replacement). Např. na kostrách z olověných rakví z Christ Church (Spitalfields, Lonýn), datovaných mezi polovinu 18. a polovinu 19. století, byl identifikován minerál *pyromorfit* $Pb_3(PO_4)Cl$ (MOLLESON et al. 1998). Olovo z rakví může také působit toxicky na mikroorganismy a tak významně zpomalit rozklad těla (VASS 2001).

V anaerobním a kyselém prostředí (např. podmáčené půdy, hluboká voda) a v přítomnosti zdroje železa (půda, železné předměty) může jako produkt rekrystalizace kosti vznikat minerál *vivianit* $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8 H_2O$. Je to původně bezbarvý a průsvitný minerál, který se následnou oxidací na vzduchu ($Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$) zbarvuje světle modře, případně až indigově. Kromě změny zbarvení prakticky nedochází k výrazným změnám v krystalické struktuře. Výskyt vivianitu byl pozorován na pleistocenních kostech (SEKANINA 1937) i na kosterním materiálu středověkém (KRUŽA 1946; PIEPENBRINK 1989) a forenzním (MANN et al. 1998).

Vivianit na lidských kostech byl zjištěn při výzkumu kostnice na hřbitově ve Starém Městě a při stavbě protiletceckých krytů na Masarykově a Mariánském náměstí v Uherském Hradišti. Zdrojem železa zde byly místní limonitické pískovce (KRUŽA 1946).

2.6. SILUETY/PSEUDOMORFY

Siluety/pseudomorfy („stíny“, „duchové“) jsou posledním vizuálně rozeznatelným stupněm rozkladu skeletu. Sestávají se ze směsi pozůstatků z vlastního pohřbu (zejména fosforu z kostí) a případně biofilní složky získané z okolní půdy, které se mohou vázat i na organické rozkladné produkty těla (BETHELL 1989). V siluetách byly zjišťovány tyto prvky a jejich poměry:

Fosfor. Je to hlavní složka kostního minerálu a nejlepší indikátor přítomnosti kostí: obsah fosforu v siluetě by měl být mnohem větší než v okolní půdě. Fosfor má tendenci se slučovat s kationty jako jsou železo a hliník nebo dokonce s půdními micelami, s rostoucí kyselostí půdy. Pravděpodobně je to proto, že se zvyšuje mobilita fosfátových iontů s klesajícím pH půdy. Fosfor se vymývá především v mírně kyselých půdách (pH 6–7), vymývání fosforu se s klesajícím pH snižuje. Retence fosforu je komplexní jev, zahrnující chemickou vazbu, iontovou výměnu a adsorpci.

Mangan. Mangan pochází z okolní půdy a hromadí se v siluetě během dekompozice (jeho obsah v siluetě je ve srovnání s koncentrací v kosti vyšší). Je odpovědný za tmavé zbarvení

skvrny zbylé po rozložení těla. Byla také pozorována korelace mezi obsahem fosforu a manganu.

Měď. Obecně lze sledovat vymývání mědi z kostí a poté její kumulaci v siluetě (vyšší koncentrace ve srovnání s okolní půdou). K indikaci přítomnosti silně degradovaných pohřbů v půdách s vysokým obsahem fosforu se osvědčil také poměr Zn/Cu (BEARD et al. 2000). Výrazně se projevuje vliv přítomnosti měděných a bronzových předmětů. Přítomnost významného zdroje mědi může způsobit i inhibici rozkladu.

Železo. Koncentrace železa není v siluetách výrazně zvýšena ani snížena. Pro jeho interakci s fosforem je patrně nutný významný zdroj železa, např. z hrobové výbavy.

2.7. TOTÁLNĚ ROZLOŽENÉ SKELETY

Totálně rozložené skelety lze indikovat stanovením fosfátů ve výplni hrobu nebo na úrovni dna. J. TUREK a A. MAJER (1999) a M. ERNÉE (2000) považují vysoký obsah fosforu a absenci kostí v hrobových jamách v alkalických půdách (půdy s vysokým obsahem uhličitánů a vysokými hodnotami pH) za doklad vyzvednutí a přemístění kosterních pozůstatků po rozkladu měkkých tkání. Nepřítomnost kostry a nízký obsah fosforu v alkalických půdách lze zase pokládat za doklad kenotafu. Přítomnost kostí v neanatomické poloze a nízký obsah fosforu ve výplni hrobové jámy indikují sekundární uložení kosterních pozůstatků, tj. již bez měkkých částí. V takovém případě je třeba sledovat i uspořádání těchto kostí v hrobové jámě, které může naznačovat např. přítomnost schránky z organického materiálu, v níž byly pozůstatky znovu pohřbeny. V souvislosti s fosfátovou analýzou je vhodné sledovat i obsah hliníku, manganu a železa (pro silně kyselou půdu), které vážou fosfor do obtížně rozpustných sloučenin a tím jej fixují v půdě (CROWTHER 2002). Jsou-li v hrobové jámě přítomny železné předměty, může být fosfor fixován i jejich korozními produkty (BARKER 1950). Výzkumy ukázaly, že s klesajícím pH půdy roste podíl přístupného fosforu (available phosphorus, easily exchangeable phosphate) a fosforu vázaného na hliník a železo (pokud jsou tyto prvky v půdě přítomny), podíl fosforu vázaného na vápník (včetně kostního minerálu) se s klesajícím pH zpočátku snižuje pomalu, asi od pH 4,5 nastává prudký pokles (TYLER 2002). Frakcionace fosforu bývá v archeologii využívána při výzkumu sídlišť (např. EIDT 1977; LEONARDI et al. 1999), pokusy o aplikaci na výzkumy nekropolí jsou dosud pouze ojedinělé (FARSWAN – NAUTIYAL 1997).

K detekci totálně rozložených kosterních pozůstatků v hrobových jamách je možné přímo v terénu aplikovat semikvantitativní murexidový test, využívající barevné reakce roztoku murexidu s *vápníkem*, uvolněným do půdy během rozkladu skeletu (ROTTLÄNDER 1970). Tento test nelze samozřejmě použít v případě půd s vyšším obsahem vápníku.

3. ZACHOVALOST 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 patelly 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: patelly 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 ZACHOVALOSTI SKELETŮ

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

Kategorie 1 (pevné 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 vykazuje 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 ZACHOVALOSTI 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 kosterní 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: zvětrávání 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 – BUIKSTRA 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 kosti (BELL et al. 1996).

Plísně

Plísně lze zpravidla nalézt až v pozdějších stádiích 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 celulózovorní 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 porostlin živočišného původu (FILLEEY 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 inaktivní, u jiných pouze na určitých, úzce ohraničených místech byl povrch šedě zbarvených skvrn popraskán a kost je v těchto místech velmi křehká a drolivá

Autor také konstatoval, že se s podobným typem rozkladu kostí nikdy nesesetkal 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 kosti 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 tkáně. Také tvorba brushitu, v důsledku působení kyselých metabolitů, vede k dalšímu rozkladu kostní struktury (PIEPENBRINK 1986). Demineralizace kostí 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 (soli 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. Mégnin (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 parazité nekrofágů

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 (RUBEŽANSKIJ – OČAPOVSKIJ 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 pohřebištích (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 patrné 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 živočichové, např. lišky, psi, medvědi, divoká prasata a možná také vlci mohou dokonce mělce pohřbená těla vyhrabávat (SVOBODA 2003, 17).

Rostliny

Mělce 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 rozvětvlující obrazce (KNOBLOCH 1957, 155). Kořinky rostlin mohou také prorůstat 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 stadiích 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	Tenebrionidae Ptinidae	

4. POLOHOVÉ TRANSFORMACE SKELETU

4.1. DISARTIKULACE KLOUBNÍCH SPOJENÍ

Disartikulace skeletu je patrně nejvýznamnějším zdrojem relevantní informace z hlediska terénní archeologie a antropologie (DUDAY et al. 1990; ČERNÝ 1995; ČECH – ČERNÝ 1996; NELSON 1998). Většinu informací k této problematice je třeba získat přímo v terénu; jde především o sledování artikulace jednotlivých kloubních spojení a jejich dokumentace (fotografická, eventuelně též výškopisné zaměření; viz. ČECH – ČERNÝ 1996; DUDAY 2005). Studium disartikulace skeletu ovšem od terénního badatele (zpravidla archeologa) vyžaduje poměrně solidní znalost anatomie pohybového systému.

Charakter disartikulace skeletu je závislý na konstrukci samotného hrobu (pohřeb v dlabané rakvi z kmene stromu, přítomnost nosítek, apod.), poloze těla v hrobě a na charakteru rozkladných procesů (např. rozsahu hnilobného emfyzému). Využití těchto poznatků při rekonstrukci uložení pohřbu v rakvi či hrobové komoře bylo ovšem v naší archeologii využíváno pouze ojediněle (např. HRUBÝ 1970; LUDIKOVSKÝ – SNÁŠIL 1974, 20–21, ČECH – ČERNÝ 1996). Ve středověké archeologii má studium disartikulačních procesů klíčový význam především při odlišení vampyrických zásahů od postmortálních dějů (např. CHOCHOL 1967).

Pokud je k dispozici kvalitní kresebná a fotografická dokumentace, lze, alespoň do určité míry, pracovat pouze s nálezoivými zprávami nebo publikacemi (ČECH – ČERNÝ 1996; SLÁDEK – KAVÁNOVÁ 2003). Dosavadní způsob vedení archeologické dokumentace však její využití pro následnou tafonomickou analýzu významně omezuje.

4.1.1. Klasifikace kloubních spojení

Na počátku jsou všechny kosti navzájem pospojovány vazy a ligamenty, případně chrupavkou. Poloha jednotlivých součástí skeletu je dána jeho biomechanickými možnostmi. Disartikulační pořadí je druhově specifické (TOOTS 1965; HILL 1979), výsledky experimentů se zvířecími pozůstatky tak nelze bezmyšlenkovitě uplatňovat na lidský skelet.

Obecně lze rozlišit dva druhy kloubního spojení (DUDAY et al. 1990; ČERNÝ 1995; DUDAY 2005):

kloubní spojení pevné (perzistující) pospojované více a silnými ligamenty, které podléhá úplnému rozkladu teprve po několika letech. Jde zpravidla o spojení významná z biomechanického hlediska, např. atlanto-okcipitální spojení, lumbální páteř, spojení sacrolumbální, sacroiliakální, kyčelní a kolenní kloub, aj.

kloubní spojení slabé (labilní) pospojované slabšími ligamenty, k jehož rozpojení může dojít již zanedlouho po smrti, často jen několik týdnů po uložení do země. Patří sem např. krční páteř, ruka, distální partie nohou, scapulo-thorakální, kosto-sternální, aj. Tato spojení umožňují diferenciaci primárního

a sekundárního pohřbu.

Hranice mezi kloubním spojením pevným a slabým není ostře vymezena. Obecně se předpokládá závislost na funkčních požadavcích stavby lidského těla: klouby, které jsou více zatěžovány, jsou obklopeny pevnějšími kloubními pouzdry a měly by proto přetrvávat déle, zatímco klouby s minimální fyziologickou zátěží jsou mnohem méně zpevněny a uvolňují se v kratší době. Důležitým faktorem je charakter okolí měkkých tkání: jako první podléhají rozkladu partie v okolí tělních otvorů, zejména pubická oblast, kde je proces urychlen přítomností střevní mikroflóry. K rychlé skeletizaci dochází i v oblasti hlavy a krku, kde se nachází jinak poměrně pevný spoj kostí týlní s atlasem. Přítomnost oděvu může celý proces výrazně zpomalit, či dokonce charakteristickým způsobem pozměnit i rozložení kostí v hrobové jámě (BODDINGTON 1987; ČERNÝ 1995). Disartikulační pořadí může být také ovlivněno částečným pohřbením těla v sedimentu (TOOTS 1965), nebo se může změnit či zcela obrátit mumifikací (DUDAY et al. 1990; VERANO 1997). Biologické, fyzikální a chemické faktory (např. teplota okolí) mohou sice rozklad urychlit, nicméně nemohou ovlivnit jeho pořadí, které lze pozměnit pouze zásahy, narušujícími celistvost měkké tkáně (ČERNÝ 1995).

Stanovení disartikulačního pořadí lze provádět také na základě materiálu z archeologických výzkumů, bohužel se tak dosud děje pouze sporadicky. V Tab. 3. jsou uvedena data pro huronské osárium v Nanjemoy Creek (Maryland, USA; UBELAKER 1978, 30) a hromadný hrob z Odagsen (Dánsko; GRUPE 1984).

Ke kvantifikaci zastoupení jednotlivých typů kloubních spojení v souboru lze využít korigovanou frekvenci kloubních spojení, definovanou vztahem (HILL 1979)

$$100.n/(N.R) \quad (\%)$$

kde N je celkový počet intaktních kloubů v souboru, n je celkový počet kloubních spojení určitého druhu (např. hrudní obratel – hrudní obratel, hrudní obratel – bederní obratel, apod.) v souboru, R je počet kloubních spojení daného druhu ve skeletu. V případě severoamerického souboru lze očekávat určité odchylky, které mohou být způsobeny rituální manipulací s pozůstatky.

Labilní kloubní spojení mívají rozhodující význam při rozpoznání sekundární manipulace se skeletem v době po uvolnění nejslabších kloubních spojení (DUDAY et al. 1990; ČERNÝ 1995; DUDAY 2005).

Pohřeb 288/51 (Staré Město – Na Valách) byl rozrušen hrobem 287/51. K zásahu došlo, když ještě vazivo nebylo zcela rozloženo: lebka s mandibulou, několik obratlů a některé kosti rukou a nohou ležely v přirozeném sledu (HRUBÝ 1955, 534).

V hrobových jamách bez skeletu v alkalických a neutrálních půdách je kromě fosfátové analýzy (ERNÉE 2000) vhodné

Tab. 3. Disartikulace kloubních spojení (UBELAKER 1978, 80; GRUPE 1984; ČERNÝ 1995).

	Osárium II, Nanjemoy Creek (16. stol.?)		Hromadný hrob, Odagsen (neolit)	
		N		N
Articulatio temporomandibularis	cranium + mandibula	12		
Articulatio atlantooccipitalis	cranium + atlas	9	cranium + atlas	4
	atlas + axis	11	bloky obratlů	21
	vertebrae cervicales (3. – 7.)	21 (62 ks.)		
	vertebrae thoracicae	59 (238 ks)		
	vertebrae lumbales	19 (19ks)		
Articulatio lumbosacralis	os sacrum + vertebrae lumbales	88		
Articulationes costovertebrales			vertebrae thoracicae + costae	2
Articulatio acromioclavicularis			scapula + clavícula	1
Articulatio humeri	humerus + scapula	1	ramenní kloub	2
Articulatio cubiti	humerus + radius, ulna	1	humerus + radius + ulna humerus + radius/ulna	11
Articulatio radioulnaris prox./dist.	radius + ulna	14	radius + ulna	21
Articulatio radiocarpea	radius, ulna + kosti ruky	2		
Articulationes intercarpeae	kosti ruky	7	karpální kosti	1
Articulationes mediocarpeae			metakarpy	1
Articulationes intermetacarpeae				
Articulatio sacroiliaca	os sacrum + pelvis	3		
Articulatio coxae	femur + os coxae	2	kyčelní kloub	8
Articulatio genus	femur + tibiae, fibula	1	femur + tibiae + fibula femur + tibiae/fibula	19
	femur + patella	1	kolenní kloub	3
	tibia, fibula + patella	1		
Articulatio tibiofibularis	tibiae + fibula	40	tibiae + fibula	7
Articulatio talocruralis	tibia, fibula + kosti nohy	12		
Articulationes intertarseae	kosti nohy	46	ossa tarsi	12
Articulationes intermetatarsae			metatarsy	6
Articulationes metatarsophalangeae			karpální/tarsální kosti + falangy	5

pečlivě prozkoumat hrobovou výplň (nejlépe prosíváním či proplavením), v níž mohou zůstat, často i v sekundární poloze, drobné kosti (např. karpální a tarsální kosti, metakarpy a metatarsy, články prstů, patelly, u nedospělých jedinců nepřirostlé epifyzy; COX – BELL 1999), které mohly být přehlédnuty při případném vyzvednutí skeletu z primárního uložení a mohou být přehlédnuty i během exkavace (z téhož důvodu je nezbytné lokalizovat v hrobové jámě i drobné milodary, např. součásti náhrdelníků). Chybění těchto prvků v prázdné hrobové jámě může také naznačovat, že pozůstatky mohly být přemístěny ještě v době, kdy byly tyto kosti spojeny vazivem s ostatními partiemi skeletu.

4.1.2. Pohřeb v dutém prostoru

H. DUDAY et al. (1990; 2005) a V. ČERNÝ (1995) definují *primární dutý prostor*, PDP (rakev, kamenná skříňka, hrobová

komora, apod.) a *sekundární dutý prostor*, SDP (vzniká druhotně, následkem vymizení měkkých tkání). V případě rakve či pohřební komory je třeba uvažovat transformace ve směru primárního i sekundárního dutého prostoru.

Primární dutý prostor (PDP)

K zániku primárního dutého prostoru dochází mnohem později ve srovnání s dobou rozkladu těla. Kromě vlastních zbytků rakve (hřebíky, kování, zbytky dřeva) či pozůstatků konstrukce hrobové komory může původní přítomnost dutého prostoru indikovat poloha jednotlivých částí skeletu v hrobové jámě. Je třeba vzít v úvahu, že rozsah primárního dutého prostoru mohl být velmi omezený, např. u pohřbů v textilních obalech. Pro objektivní interpretaci je nezbytné provedení výškopisného zaměření jednotlivých částí skeletu (ČERNÝ 1995; DUDAY 2005).

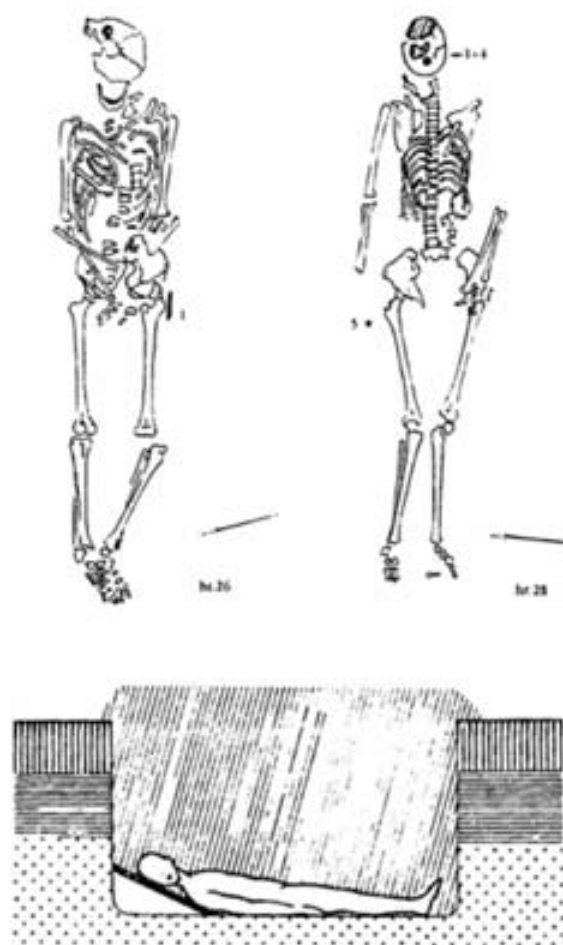


Obr. 4. Indikátory přítomnosti primárního dutého prostoru (rozpojení spony stydké a rozklopení pánevních kostí, pootočení femurů mediálním aspektem vzhůru, sesun patell, odvalení lebky a ztráta artikulace s mandibulou). Staré Město – Pohřebiště Na valách (HRUBÝ 1955).

Po rozpojení spony stydké dochází v PDP u skeletů v *dorsálním dekubitu* (v poloze na zádech) k laterálnímu sklopení pánevních kostí. V důsledku toho se paže a kosti rukou, ležící původně podél těla jeví, jako by byly podsunuty pod pánev (HRUBÝ 1955, 49; LUDIKOVSKÝ – SNÁŠIL 1974, 17). V případě, že perzistuje kyčelní kloub, dochází k natočení femurů mediálním aspektem vzhůru (Obr. 4). V souvislosti s tím často dochází k sesunu patell laterálním směrem. V okolí hlavy lze definovat PDP v případě, že poloha jednotlivých krčních obratlů anatomicky neodpovídá poloze lebky a významné dislokace mandibuly od zbytku hlavy (DUDAY et al. 1990; ČERNÝ 1995; DUDAY 2005).

V případě *laterálního dekubitu* (v poloze na boku) se nachází jedna z lopatek a pánevních kostí nahoře nad kostrou trupu; v dutém prostoru jsou náchylné k posunu či překlolení dorsálním směrem (DUDAY et al. 1990).

K dislokacím skeletu dochází i v případě, že tělo leželo původně nade dnem jámy na dřevěné podložce (jejíž rozpad je mnohem pomalejší ve srovnání s rychlostí disartikulace kostí); po jejím rozpadu dochází k pádu skeletu na dno hrobové jámy a porušení anatomického uspořádání skeletu. Pokud byla



Obr. 5. Porušení horní partie hrudníku jako důsledek uložení těla v hrobě. Velké Hostěradky (LUDIKOVSKÝ – SNÁŠIL 1974).

pod hlavou přítomna podložka z organického materiálu (dřevo, polštář), dochází po jejím zániku k totální dislokaci lebky, mandibuly a horních krčních obratlů (LUDIKOVSKÝ – SNÁŠIL 1974, 20–21; DUDAY et al. 1990; DUDAY 2005).

K. LUDIKOVSKÝ a R. SNÁŠIL (1974, 21) vysvětlují vyvrácené lebky a porušení buď horní části, nebo celé kostry trupu na pohřebišti ve Velkých Hostěradkách specifickým uložením pozůstatků: tělo nebožtíka bylo klínovitě podloženo tak, aby hlava spočívala nejvýše, hýždě a nohy nížeji. Po rozpadnutí podložky (prkna nebo dřevěných nosítek na nízkých nožkách) a skončení hnilobného procesu měkkých tkání ztratila lebka oporu a zvrátila se či propadla do vzniklé dutiny a podobně se na dno jámy zhroutily i kosti trupu (Obr. 5).

Zřícením stropu nebo stěn hrobové komory může také dojít k rozlámání a roztříštění kostí. Vnikání náplavového sedimentu do rakve mezerami v její konstrukci ovšem může způsobit pozvolnou fixaci kostí, které se od skeletu postupně uvolňují (ČECH – ČERNÝ 1996).

Sekundární dutý prostor (SDP)

K projevům SDP patří segmentace páteře do obratlových bloků, rozevření pánve a zploštění hrudního koše. Rozrušením ligament v meziobratlové oblasti v důsledku vnějšího tlaku vzniká mírný pohyb a odstupující segmenty nad a pod místem poruchy podléhají dislokačním silám. Ostatní obratle buď zůstávají připojeny nebo vznikají nové poruchy indukující nové posuny. Členění páteře do obratlových bloků v místech největšího tlaku může v některých případech vyvolat dojem perimortálního přeražení páteře (srov. např. PIFFL 1972, 261).

Je-li mrtvý položen v *dorsálním dekubitu*, vede destrukce sacro-iliakálních ligament k posunu křížové kosti směrem dovnitř pánve, do prostoru vzniklého rozkladem měkkých tkání. Obě kosti pánevní se sklápějí nepatrně dozadu do oblasti rozložených hýžďových svalů. V důsledku rozrušení mezižebních, kostosternálních a kostovertebrálních spojení dochází ke zploštění hrudníku. Protože se jako poslední uvolňují kostotransversální spoje, je posun těla každého žebra směrem dolů doprovázen vystoupením jeho hlavice a jejím posunutím směrem nahoru, až do poloviny výšky hořejšího obratle (DUDAY 2005).

Je-li objekt položen v *laterálním dekubitu*, je pohyb žebra omezen třením o dno hrobu a tlakem hořejších kostí. Zploštění hrudníku je realizováno „skládáním“ žebra (DUDAY 2005). Sesunutí žebra po zničení vnitřnosti je doprovázeno rozpadem sternu. Pokud byly ruce položeny na anteriorní ploše hrudníku nebo břicha, lze najít karpy, metakarpy a falangy roztroušeny v břišní dutině po obou stranách obratlových těl. Z pánevních kostí se ta výše situovaná propadají dovnitř pánve (DUDAY 2005).

Ve výjimečných případech se může sekundární dutý prostor dochovat. Typickým příkladem jsou např. Pompeje, kde zbyly ve ztvrdlém sopečném popelce po rozkladu těl dutiny obsahující kosterní pozůstatky. Vyplněním těchto dutin sádrou byly získány odlitky těl (Obr. 16A).

4.1.3. Pohřeb v úzkém prostoru

Při pohřbu v úzkém prostoru (např. úzká rakev, žlábek) dochází k transversální kompresi pozůstatků v důsledku stěnového efektu (DUDAY 2005).

Následkem sevření ramen dochází v *dorsálním dekubitu* k vertikalizaci klíčních kostí, které mají tendenci k paralelní orientaci vzhledem k ose páteře. Jejich laterální konce směřují nahoru; humerus podléhá mediální rotaci (laterální strana kosti směřuje postero-laterálně). Následkem povolání svalstva a vazů ramenního kloubu dochází i k pootočení lopatky antero-laterálně tak, že *cavitas glenoidalis* míří ventrálně. Na úrovni pánve úzký prostor zabraňuje laterálnímu sklopení pánevních kostí, typickému pro dutý prostor (DUDAY et al. 1990; ČERNÝ 1995; DUDAY 2005).

Skelety v *laterálním dekubitu* působí „členitým“ dojemem. Vzájemně převýšení mezi jednotlivými kostmi i mezi proximálním a distálním koncem dlouhých kostí může dosahovat až 10 cm (ČECH – ČERNÝ 1995).

Pro rakev z vydlabaných kmenů je typické sesouvání skeletů po stěnách směrem dolů (pro kostry na boku viz. ČECH – ČERNÝ 1996). Podobný jev je patrný také pro kostry v poloze na zádech. Příkladem je hrob 6 z pohřebiště ve Velkých Bilovicích (MĚŘÍNSKÝ 1985, 92, obr. 15, tab. 3): mírně dislokovaná pravá ruka a konfigurace pravé poloviny hrudního koše



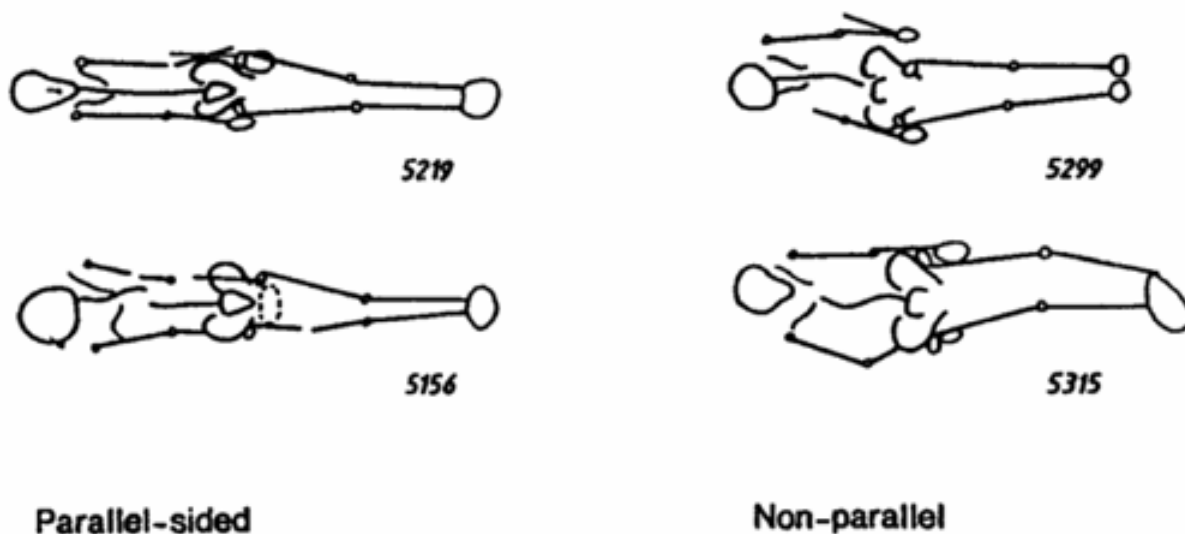
Obr. 6. Rozrušení hrudní partie skeletu, kosti končetin a pánve v primární poloze. Staré Město – Pohřebiště Na valách (HRUBÝ 1955).

a pravé dolní končetiny ukazují na původně asymetrické uložení těla. Tato dislokace by mohla svědčit o přítomnosti, i krátkodobé, primárního dutého prostoru. Podobné asymetrické uložení těla, jaké lze původně očekávat u pohřbu z hrobu 6, je patrné u pohřbu v hrobě 42 z téhož pohřebiště (MĚŘÍNSKÝ 1985, 109, obr. 29, tab. 3). Analogickou situaci lze očekávat u pohřbů, uloženích původně na dřevěné podložce nebo nosítkách, které se po zhroucení podpěry mohly posunout k jedné straně. Tento způsob uložení pozůstatků předpokládají K. LUDIKOVSKÝ a R. SNÁŠIL (1974, 21) také u některých hrobů z Velkých Hostěrádek. Symetrické sesouvání osového skeletu směrem dolů lze např. u velkomoravských hrobů očekávat také např. u „korytkovitě“ položených desek na dně hrobové komory (varianty II-8 a III-9 podle HRUBÝ 1955), nebo u rakví zužujících se směrem ke dnu (varianta IV-3 podle HRUBÝ 1955).

4.1.4. Pohřeb v prostoru zaplněném sedimentem

Pokud je okolí těla vyplněno sedimentem, může docházet k polohovým transformacím pouze v *sekundárním dutém prostoru*. Artikulace kloubních spojení obvykle bývá v těchto případech velmi dobře zachována.

Sediment v průběhu dekompozice obvykle vyplňuje duté prostory vznikající rozkladem měkkých tkání. To se děje poklesem sedimentu z okolí vlivem gravitace, nabobtnáním zeminy v důsledku zvýšení její vlhkosti a obohacení sedimentu



Obr. 7. Paralelní a neparalelní poloha skeletu (BODDINGTON 1987).

v blízkosti a uvnitř skeletu organickou hmotou z rozkladu těla. Rozklad měkkých tkání vytváří duté prostory, v nichž se kosti uvolněné rozkladem ligament mohou pohybovat působením gravitačních sil, možnost jejich pohybu je však velmi omezená (efekt stěny). Tyto posuny jsou evidentně možné jen v případě, že tyto dutiny nejsou bezprostředně po rozkladu měkkých tkání zaplněny sedimentem (*diferenciální zaplňování*). Pokud jsou dutiny okamžitě zaplňovány sedimentem (*progresivní zaplňování*), kosti zůstávají v původní poloze. Progresivní zaplňování je charakteristické pro jemné sedimenty (DUDAY 2005).

V *laterálním dekubitu* působí tyto kostry „plochým“ dojmem. Statický tlak nadložních vrstev může totiž stlačit všechny kosti do jedné vrstvy s minimálními výškovými rozdíly (ČECH – ČERNÝ 1996). Tlakem okolního sedimentu se také může významně zvětšovat stupeň flexe pokrčených končetin (DUDAY 2005).

4.1.5. Disartikulace trupu

U některých pohřbů lze pozorovat disartikulaci kostí trupu (především obratlů a žeber) a jejich rozptýlení po hrobové jámě (Obr. 6); méně často je patrná také dislokace pánve, lebky či ostatních kostí (tzv. „bone tumble“; BROTHWELL 1987). Dlouhé kosti mohou být antero-posteriorně rotovány nebo odklopeny v neobvyklých úhlech, zpravidla však vykazují mnohem menší odchylky než menší kosti trupu. V literatuře lze najít několik vysvětlení tohoto jevu:

1. **působení krteků, hlodavců, apod.** Tento jev lze dokumentovat např. na pohřbu asi 40–50 leté ženy (hrob 135/50–8/I) z pohřebiště ve Starém Městě – Na Valách: mezi kostmi procházela krtek nora a tím byly obratle a žebra roztahány po celé délce hrobu (HRUBÝ 1955, 484). Na pohřebišti ve Velkých

Bílovicích byl u skeletu s přeházenými kostmi hrudníku (hrob 49) zjištěn sekundární zásah a navíc nalezeny kosti křečka (MĚŘÍNSKÝ 1985, 111–113, obr. 34).

2. **důsledek manipulace s rakví a/nebo s pozůstatky po částečném rozkladu těla.** Jde patrně o těla, která nebyla pohřbena bezprostředně, nebo byla exhumována, převezena a následně přepohřbena na jiném místě. Tento jev byl pozorován např. na egyptských a peruánských mumiích (BROTHWELL 1987; NELSON 1998; VERANO 1997). K významnějšímu rozrušení páteře dochází také v případě vertikální polohy těla v hrobce (NELSON 1998).

3. **jiné příčiny.** Ne všechny případy lze jednoduše vysvětlit výše uvedenými příčinami. Žádný další přesvědčivý výklad nebyl dosud předložen, problém si vyžaduje další intenzivní výzkum. Uvažuje se např. o vlivu oblečení (BODDINGTON 1987), apod.

4.1.6. Paralelní uspořádání skeletu („Paralell-sided effect“)

Pohřby vykazující toto uspořádání mají paže těsně u hrudníku, ruce leží těsně vedle pánve nebo přes pánve a nohy jsou natažené rovnoběžně nebo se sbíhají. Pohřeb je pokládán za „paralelně uspořádaný“, pokud jsou nohy položeny blízko sebe (do 0,1 m) a při propojení proximální epifyzy humeru a distální epifyzy tibie přímkou žádná z kostí přes tuto přímkou (vyjma těch zřetelně porušených) nepřečnívá (Obr. 7).

Pohřby s roztaženými nohama nebo pažemi zjevně nataženými mimo přímkou jsou klasifikovány jako „neparalelní“ pohřby, zatímco značné množství pohřbů zůstává neklasifikováno proto, že kosti pouze nepatrně přečnívají přes linii, nebo je pohřeb sekundárně porušen. „Paralelní“ uspořádání bývá připisováno pohřbům v rakvích, pro „neparalelní“ pohřby je

uložení v rakvi méně pravděpodobné. Při pohřbu v šatech bylo tělo uloženo ve více relaxované pozici, než při pohřbu těla zabandážovaného do rubáše; pohřby v šatech proto vykazují spíše „neparalelní“ pozici (BODDINGTON 1987).

A. PIFFL (1953, 56) soudí, že uložení kostry s vytočenou horní částí těla a s hlavou položenou na bok, v případě že nejsou zjištěny stopy rakve, by mohl svědčit o pohřbu v měkkých obalech, patrně pytlích. Na tento způsob pohřbu na středověkém hřbitově v Šoldove může ukazovat i nález tří hřebíkovitých jehlic u jedné z koster (jedna za hlavou, druhá v pánevní oblasti, třetí v nohách skeletu).

4.1.7. Sekundární zásahy do hrobů

Druhotné zásahy do hrobů mohou mít různé příčiny: rituální důvody, pohřbení dalšího jedince či jejich vyloupení (LORENCOVÁ et al. 1987, 139). Sekundární zásah se může projevit rozrušením anatomického uspořádání skeletu, výskytem součástí kostry v hrobovém zásypu či jejich absencí.

U vyloupených hrobů bývá patrná vykrádací šachta lišící se často od ostatního zásypu tmavším zbarvením (ČIŽMÁŘ et al. 1985, 295; LORENCOVÁ et al. 1987, 143; STUHLÍK 1990). Vyloupené hroby lze zhruba rozdělit do dvou variant (ČIŽMÁŘ et al. 1985, 296):

1. v druhotně otevřené části hrobu jsou kosti zcela rozházeny, chybí části kostry, či lze najít pouze její zbytky. Tato situace ukazuje na absenci primárního dutého prostoru v době zásahu.

2. skelety jsou porušeny jen velmi slabě, přestože jsou patrné výrazné stopy vykrádací šachty. Kosterní pozůstatky byly patrně spojeny kloubními vazy a dosud se nacházely v primárním dutém prostoru.

Na pohřebišti z doby stěhování národů ve Strachotíně převažovala první varianta u hrobů hlubokých, patrně v důsledku vyššího tlaku nadložní vrstvy (ČIŽMÁŘ et al. 1985, 296). Dislokace částí těla v anatomickém uspořádání indikuje vyloupení hrobu krátce po pohřbu, kdy ještě perzistovala příslušná kloubní spojení (ČIŽMÁŘ et al. 1985, 296; LORENCOVÁ et al. 1987, 143). Na perzistenci kloubních spojů má vliv, kromě řady individuálních faktorů, také období roku, v němž došlo k pohřbu.

Např. pohřeb ženy z hrobu 49 z únětického pohřebiště v Těšeticích – Vinohradech ukazuje na vyloupení hrobu nedlouho po pohřbu: mrtvá byla ještě v době, kdy vazivové spoje držely, přinejmenším z části, při sobě, vytažena směrem k okraji hrobové jámy hlavou napřed (LORENCOVÁ et al. 1987, 87–89).

Zajímavé poznatky může poskytnout také sledování poškození jednotlivých druhů kostí ve vyloupených hrobech. Pozornost je třeba věnovat rozlišení starších zásahů od zásahů způsobených při exkavaci hrobu (BEILNER – GRUPE 1996; HERRMANN et al. 123–126, 128–130; UBELAKER – ADAMS 1995). Kromě běžného vizuálního posouzení lze v některých případech využít také fluorescence lomů na kostech pod UV lampou (viz např. CHOCHOL 1954). Možnosti odlišení fraktur, k nimž došlo před smrtí či krátce po ní, („green bone“) od fraktur pozdějších („dry bone“), uvádí D. H. UBELAKER (1991). Nativní kost, obsahující organické komponenty, reaguje na trauma kroucením a ohýbáním (chová se „elasticky“).

Velmi typickým projevem jsou např. tzv. „spirálovité fraktury“ (MYERS et al. 1980).

Průzkum pozůstatků z řadového pohřebiště Wenigumstadt (merovejské období) ukázal podstatné rozdíly v druhotném poškození skeletu mezi oběma pohlavími, související zjevně s rozdílným charakterem hrobové výbavy (BEILNER – GRUPE 1996).

4.1.8. Vícečetné pohřby

Sledování disartikulace kloubních spojení je významným zdrojem informací při výzkumu vícečetných pohřbů. Jsou-li jednotlivé skelety ve vzájemném kontaktu, lze na jejím základě zhruba odhadnout dobu, která uplynula mezi jednotlivými pohřby (DUDAY et al. 1990; ČERNÝ 1995). Kostí a kostních fragmenty téhož jedince reprezentují uzavřený okruh informací, vztahující se k ohraničenému časovému úseku. Nález rozptýlených kostí nebo kostních fragmentů stratigraficky odlišného původu tak ukazuje na narušení spodního horizontu (ČERNÝ 1995). Sleduje se, zda labilní artikulace později pohřbeného (svrchního) jedince porušuje anatomický sled perzistentní artikulace jedince pohřbeného dříve (spodního). V pozitivním případě uplynula mezi uložení obou jedinců delší doba. Archeologickými postupy (stratigrafie, skladba hrobového inventáře) lze ovšem postihnout pouze poměrně dlouhé časové úseky mezi uložení jednotlivých pohřbů, během nichž jsou již zpravidla všechna kloubní spojení uvolněna. Naopak u současně pohřbených jedinců nebývají takové dislokace patrné. Pohřby uložené v časovém intervalu kratším, než je čas nezbytný k disartikulaci nejlabilnějších kloubních spojení, budou považovány za synchronní (DUDAY et al. 1990).

V případě hromadných hrobů (epidemie, masakry) dochází k synchronní dekompozici pohřbených těl. Rozkladem měkkých tkání níže uložených jedinců vznikají sekundární duté prostory, které způsobují sesedání hrobové výplně a do nichž se mohou dostat i uvolněné drobné kůstky jedinců uložených výše (DUDAY et al. 1990).

V pozůstatcích zděné hrobky zaniklého kostela Panny Marie v poloze „Na baště“ v areálu Pražského hradu byly zjištěny dva pohřby bez rakví, připísané knížeti Spytihněvovi († 915) a jeho manželce neznámého jména. Pohřeb ženy následoval brzy (několik málo let?) po pohřbu muže, v době, kdy byla kostra mužova hrudníku ještě natolik dostatečně pevná, aby udržela váhu těla pohřbené ženy. Teprve další rozpad měkkých tkání obou těl uložených v superpozici vedl k pomalému a nedestruujícímu vklínění kostry ženy do pravé poloviny kostry muže. Kdyby byl rozklad mužova těla pokročilý a vazy i chrupavky hrudníku již rozpadlé, muselo by při následujícím pohřbu ženy dojít ke zhroucení mužova hrudníku, především v kostovertebrálních kloubech (VLČEK 1997, 86–88).

Existují rovněž pokusy využít při řešení problému současnosti/nesoučasnosti různých pohřbů v tomtéž hrobovém komplexu metody, založené na makroskopických, mikroskopických a chemických změnách kostní tkáně (např. RUBEŽANSKIJ – BORODATYJ 1971). Tyto změny však mohou být, jak bude patrné z dalšího textu, způsobeny řadou různých faktorů; závěry, vyplývající z aplikace těchto metod, nelze tudíž přijímat nekriticky.

4.2. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ POLOHU SKELETU V HROBĚ

Pokud pomíneme vzácné případy pohřbení člověka zaživa (v dutém prostoru), jsou nejvýznamnějšími příčinami neobvyklé polohy posmrtná ztuhlost a hnilobný emfyzém.

Posmrtná ztuhlost (rigor mortis) je postmortální kontrakce příčně pruhovaných i hladkých svalů, charakterizovaná zánikem jejich plasticity a elasticity. Ztuhlost nastává již velmi záhy po smrti a podle Nystenova pravidla postupuje zhruba od hlavy dolů (descendentní typ ztuhlosti): žvýkácí svaly → obličejové a šíjové svalstvo → svalstvo horních a dolních končetin. Úplná ztuhlost nastává obvykle za 6–8 hodin, může trvat několik hodin až dnů, a pak mizí ve stejném pořadí jako nastala. Jakmile se posmrtná ztuhlost některých svalů zruší (např. jejich pohybem během manipulace s tělem), zpravidla už znovu nenastane i když ostatní svalstvo zůstává ještě ztuhlé. Podle některých autorů se může ztuhlost, je-li zrušena v prvních 4–6 hodinách, znovu obnovit. Při nízké teplotě prostředí nastává ztuhlost pomaleji, ale déle trvá (TESAŘ 1985, 231–232). Ztuhlost je patrná zvláště na kosterním svalstvu. Na horních končetinách, kde jsou flexory více vyvinuty než extenzory, bývá předloktí ohnuto a silně ohnuty mohou být také prsty. Často je také velmi obtížné otevřít mrtvému ústa (TESAŘ 1985, 233). Tyto procesy mohou být patrné i na archeologickém materiálu (KUNTER 1988, 554), zejména u pozůstatků pohřbených přímo do země. Projevují se částečnou flexí horní končetiny a extenzí končetiny dolní (LEONETTI et al. 1997). G. LEONETTI et al. (1997) považují polohu scapulo-thorakálního spojení v abdukci za doklad chybění posmrtné ztuhlosti v době pohřbení mrtvého a tudíž i za doklad pohřbu těsně po smrti. Rigor mortis se nemusí projevit u některých otrav (např. houbami) a také při úmrtí na otravu krve – septikemii (LEONETTI et al. 1997), kterou je nutno brát v úvahu např. v případě pozůstatků z morových hrobů (viz. DRANCOURT et al. 1998).

Zvláštním případem posmrtné ztuhlosti je **kataleptická ztuhlost**, která nastává takřka v okamžiku smrti a všechny části těla tak zůstanou ztuhlé v postavení, v jakém se nacházely zaživa v okamžiku smrti (TESAŘ 1985, 234). Ve ztuhlém svalu je tedy fixováno poslední vitální stažení svalstva (KNOBLOCH 1958, 142). Tento typ ztuhlosti je uváděn jako důsledek tepelného šoku na některých lidských pozůstatcích z Herculaneae (MASTROLORENZO et al. 2001). U vysoce unaveného svalstva, zejména v případech, kde byly přítomny křeče (tetanus, otrava strychninem, epileptický záchvat, apod.), vzniká rychle po smrti tzv. **rigor praecox** (TESAŘ 1985, 234).

Také **hnilobný emfyzém** může ovlivnit polohu mrtvol v hrobě, zvláště je-li uložena v rakvi (KUNTER 1988, 554). Tento faktor není při studiu pohřebního ritu většinou brán v úvahu, což ovšem může velmi často vést k mylným interpretacím (DUDAY et al. 1990). Abdukce končetin může být ovlivněna nejen obezitou pohřbeného jedince (a u žen také těhotenstvím) (HERRMANN et al. 1990, 34), ale též tlakem hnilobných plynů v tkáních. Kromě toho často dochází i k mírnému „pohybu“ mrtvol (PROKOP 1966, 51; JACHAU – KRAUSE 2002, 177) a ke zvednutí bederních partií (KORENJAKO 1984, 12). Tyto projevy lze občas sledovat i na materiálu z archeologických vý-

zkumů, především na tělech z rašelinišť a na pohřbech mělce uložených v zemi (DIECK 1974).

Výskyt atypického uložení rukou v některých ruských šlechtických pohřbech (pravá ruka na břicho nebo podél těla a levá ruka na prsou), odlišný od klasického obyčeje (obě ruce sepnuty nebo zkříženy na prsou) lze podle některých autorů (např. KUČKIN 1967) vyložit jako důsledek postmortálního procesu – sklouznutí ruky ležící původně na prsou do polohy podél těla v důsledku nachýlení celé mrtvolky mírně doprava. Jiní autoři (např. PANOVA 1987) však tuto možnost odmítají a uvažují v tomto případě spíše o záměrném, rituálním položení rukou do této polohy.

4.3. POLOHA JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ SKELETU

Deskripci a typologii polohy skeletu a jeho částí se věnuje drtivá většina publikací zabývajících se rozbořem pohřebišť. Vztahem mezi polohou jednotlivých partií kostry a jejich postmortálními polohovými transformacemi se zabýval zejména I. S. KAMENECKIJ (1986). Přestože dochází k řadě zajímavých závěrů, nelze jeho vývody přijímat zcela nekriticky a bude nezbytné jejich ověření terénním výzkumem.

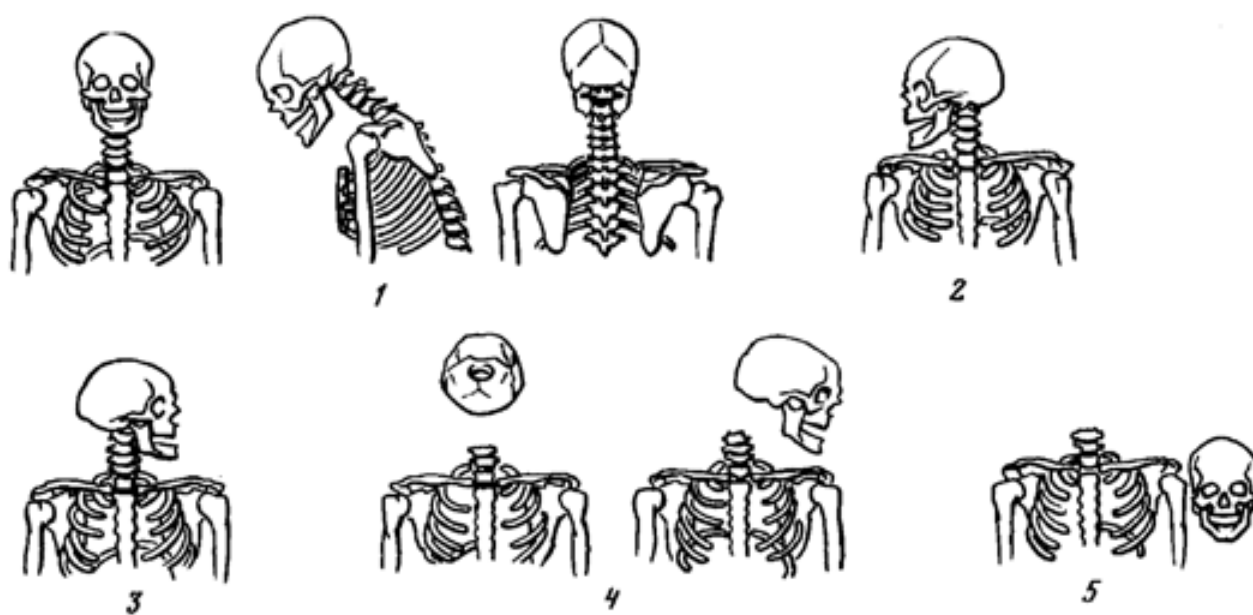
Poloha hlavy

I. S. KAMENECKIJ (1986) vymezil několik variant polohy hlavy (Obr. 8):

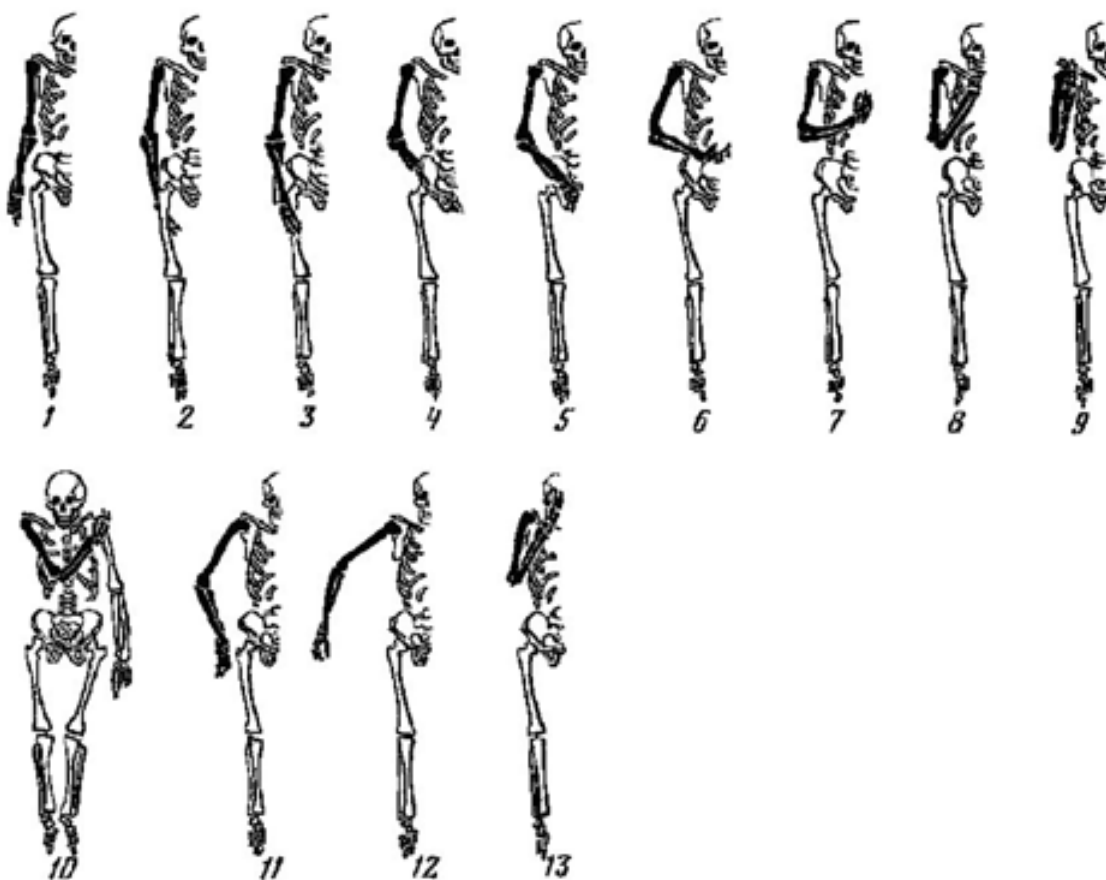
Normální poloha lebky (varianta 1) je pro skelety ležící na zádech poloha obličejem nahoru či na bázi (druhá varianta se uplatňuje, je-li pod hlavou přítomen „polštář“). Pro polohu na břiše je to poloha obličejem dolů, pro polohu na pravém boku by měla lebka ležet na pravé spánkové kosti, pro polohu na levém boku zase na levé.

Lebka je otočena k pravému (varianta 2) *nebo k levému rameni* (varianta 3) *bez narušení spoje s páteří*. Pro varianty 2 a 3 není nezbytně nutné těsné spojení s páteří, může dojít k destrukci či pootočení obratlů po oddělení se lebky. Lebka by měla mít takovou polohu, kterou by zaujímala, pokud by byla pevně spojena s páteří. U živých jedinců a čerstvých mrtvol se rotace hlavy projevuje v krční páteři, největší amplituda je mezi atlasem a axisem (Tab. 4). Stanovením polohy atlasu a ostatních krčních obratlů lze v terénní situaci rekonstruovat původní polohu hlavy také v případě, že lebka zcela chybí (ČERNÝ 1995; DUDAY 2005). Výrazná vzájemná dislokace lebky a mandibuly ukazuje na změnu polohy hlavy během dekompozice. To se ale děje jen v případě, že uvolnění temporomandibulárního spojení nastalo ještě před uvolněním krční páteře (v takovém případě by došlo k oddělení obou kostí současně). Lebka společně s mandibulou indikuje buď původní pozici hlavy nebo rotaci hlavy v době, kdy byly obě kosti ještě vzájemně artikulovány.

Lebka odvalená dozadu či na stranu (varianta 4) přichází v úvahu pouze za přítomnosti dutého prostoru (KAMENECKIJ 1986; ČERNÝ 1995; DUDAY 2005). Lebka může po rozpadu šíjového svalstva změnit svoji polohu, např. v důsledku nestabilního povrchu dna, a dokonce může být i dislokována od ostatního skeletu (např. v důsledku přítomnosti podložky hlavy z organického materiálu). Dekompozice někdy jako první postihuje spoj mezi 1. a 2. krčním obratlem (nosičem a čepovcem),



Obr. 8. Varianty polohy lebky v hrobě (KAMENECKIJ 1986).



Obr. 9. Varianty polohy paží u koster v dorsálním dekubitu (poloze na zádech) (KAMENECKIJ 1986).

Tab. 4. Možnosti rotace páteře v jednotlivých úsecích a souhrnné rotace (k jedné straně) (ČIHÁK 1987).

Úsek páteře	Occ – C ₁	C ₁ – C ₂	C ₂ – C ₇	C ₇ – Th ₁₂	Th ₁₂ – S ₁	C ₁ – S ₁
Úhel rotace	0°	30° – 35°	30° – 35°	25° – 35°	5° – 10°	90° – 115°

častější je rozrušení spojení mezi čepovcem a 3. krčním obratlem a někdy mezi 3. a 4. či dokonce 4. a 5. krčním obratlem (DUDAY 2005).

Lebka je oddělená (nesporně) od páteře (arteficiálně, lze najít i stopy po oddělení na krčních obratlích).

Poloha trupu

Zatímco pohřby ze staršího pravěku (neolit, starší doba bronzová) se nejčastěji objevují v *laterálním dekubitu* (na boku), pohřby z mladšího pravěku a středověku se zpravidla vyskytují v *dorsálním dekubitu* (na zádech). Poloha na boku může vznikat i sekundárně, např. při neopatrném ukládání těla do hrobu (UNGER et al. 1980, 48). Na původní polohu trupu pak usuzujeme podle polohy páteře a žeber (Tab. 4).

Určitou potíž představuje rozlišení pohřbů na zádech, s dolními končetinami původně pokrčenými nahoru (a poté se svalivšími do strany), od pohřbů na boku, jejichž trup se mohl později odvalit na záda. I. S. KAMENECKIJ (1986) navrhuje následující rozlišovací kritéria:

1) U pohřbů položených na zádech leží žebra symetricky a zpravidla nepřekrývají páteř, hrudní dutina se „rozevívá“. Odsklon žeber na jednu stranu (např. „rozevření“ pravých žeber a „zapadnutí“ dovnitř žeber levých) naznačuje původní polohu pohřbeného na boku s následným převrácením se na záda. Tatáž situace, když je páteř překryta žebry, spolehlivě ukazuje na prvotní polohu na boku.

2) odvalení lebky a orientace kolen na tutéž stranu naznačuje spíše prvotní uložení na boku. Odvalení lebky a orientace kolen na různé strany spolehlivě ukazuje na polohu na zádech.

3) položení jedné z ramenních kostí přes žebra spolehlivě ukazuje na původní polohu na boku.

4) pokud ruka leží třeba jen přes jedinou stehenní kost, spolehlivě to ukazuje na původní uložení na boku.

5) pokud leželo tělo na zádech, pánev je „rozevřená“. Jestliže je ta z pánevních kostí, která je protilehlá orientaci kolen, převrácena nebo postavena vertikálně, je to spolehlivý doklad polohy na boku. „Rozevření“ pánve není jednoznačným ukazatelem polohy na zádech, pouze tuto možnost naznačuje.

6) Položení nohou křížem přes sebe nebo romboidně (tzv. „žabí“ poloha) jednoznačně ukazuje na polohu na zádech.

7) Pokud jsou při skrčených dolních končetinách s koleny převrácenými na stranu nohy na plantární straně (a ne na straně mediální či laterální), jde o spolehlivý doklad původního uložení na zádech.

8) Při uložení v poloze na zádech prodloužená osa páteře by měla procházet mezi kostmi nohou. Jsou-li kosti nohou jen po jedné straně této linie, naznačuje to skrčenou polohu.

Muslimské pohřby bývají často v přechodné pozici mezi polohou na zádech a na boku. Důvodem je, že pohřbený by měl ležet obličejem k Mekce, čehož bylo dosaženo natočením celého těla, nebo jeho horní části (KAMENECKIJ 1986, 145).

Poloha horních končetin

I. S. KAMENECKIJ (1986) sledoval několik variant polohy paží pro dvě polohy (dekubity) (Tab. 5; Obr. 9; Obr. 10):

Tab. 5. Varianty polohy horních končetin (KAMENECKIJ 1986).

Na zádech (dorsální dekubitus)	Na boku (laterální dekubitus)
1. horní končetina podél těla	1. paže natažena podél těla, před hrudním košem nebo na něm.
2. ruka pod stehenní kostí	2. ruka u kolen, loket na těle
3. ruka na stehenní kosti	3. ruka u kolen, paže natažena
4. ruka pod pánví	4. ruka mezi stehenními kostmi
5. ruka na pánvi	5. ruka u obličeje, loket na těle
6. ruka na břiše	6. ruka u obličeje, loket vysunut
7. ruka na hrudi	7. paže podél těla, za zády
8. ruka na krku	8. ruka na pánvi
9. ruka na rameni téže paže	9. ruka na stehenních kostech
10. ruka na rameni protilehlé paže	10. ruka pod stehenními kostmi
11. ruka ohnutá v lokti	11. ruka ohnutá v lokti
12. ruka odchýlena na stranu	12. paže odchýlena na stranu
13. ruka na obličeji	13. ruka na břiše
	14. ruka u lokte nebo na lokti druhé paže

Skelety v poloze na zádech

Varianty 2–5 jsou z hlediska pohřebního ritu rovnocenné, jsou dokladem zavinutí mrtvého, připevnění rukou k tělu. Při interpretaci by bylo nutné zařadit sem rovněž ruce připevněné ke stehnu či pánvi z boku. Tento případ bohužel nelze odlišit od varianty 1, pouze snad v krajních případech. Bez svázání leží ruce volně, v určité vzdálenosti od těla, dlaní nahoru či dolů. Varianta 5 může svědčit i o položení rukou na genitálie, položení ruky na okraji pánve také může dokládat zavinutí mrtvého.

Poloha rukou u středověkých pohřbů vykazuje určitý chronologický význam: na hřbitově zaniklé vsi Narvice patřily pohřby s rukama nataženými podél těla ke starším (UNGER et al. 1980, 48).

Skelety v poloze na boku

Na poloze horní ruky se nejvíce projevuje odvalování skeletu. Společně s ramenem se zdvihá i horní epifýza ramenní kosti a tento posun vpřed či vzad může odpovídat šíři ramen, tj. cca 0,4–0,5 m. Společně s ramenem se posunují i ostatní kosti horní končetiny. Změny polohy končetiny mohou být v takovém případě značné. Lokty vystrčené vpřed lze zřejmě považovat za důsledek odvalení těla dopředu, při odvalení těla dozadu se původně pokrčená ruka může druhotně napřímít. Poloha dolní ruky u skrčených skeletů je mnohem stabilnější díky tření o zemi, váze těla a především díky nehybnosti v ramenním kloubu. Tyto posuny jsou vázány na přítomnost dutého prostoru v hrobě. Při pouhém zasypaní mrtvoly v hrobové jámě mohly kosti pouze „sedat“ dolů nebo „skládat se“ napůl (žebra a pánev). Varianty 9 a 10 jsou prakticky identické, závisí pouze na poloze zemřelého. Varianty 8, 12 a 13 mají dvě podvarianty: u 8 a 13 se ruka



Obr. 10. Varianty polohy paží u koster v laterálním dekubitu (poloze na boku) (KAMENECKIJ 1986).

může nacházet na pánevních kostech a v břišní oblasti u lokte posunutého dozadu i vysunutého dopředu. Pro pohřby na zádech s pokrčenými dolními končetinami a s rukama podél těla je zjevné, že pokud se dolní končetiny uchovávají v původní poloze, poloha rukou se klasifikuje jako natažené podél těla; pokud kolena spadnou na stranu, jedna z rukou se ocitne pod stehenními kostmi bude pohřeb klasifikován již jako jiná varianta.

Stupeň pokrčení horních končetin lze kvantifikovat měřením úhlů mezi jednotlivými segmenty skeletu horní končetiny. G. OHLSON (1968) doporučuje vést přímky diafýzami dlouhých kostí (pro předloktí diafýzou ulny), aby se předešlo chybám, k nimž může dojít při použití epifýz jako měrných bodů (jsou u různých jedinců různě velké). Osu páteře určuje G. OHLSON (1968) přímku, procházející středy prvního hrudního a posledního bederního obratle, I. S. KAMENECKIJ (1986) přímku, procházející bází lebky (nebo atlasem) a středem horní části kosti křížové.

V. A. KORENJAKO (1984) metodicky vyšel z měření úhlů na živých jedincích a vztáhl měrné body ke konkrétním anatomickým útvarům (Tab. 6.):

Tab. 6.: Měrné body pro měření úhlů ohybu horních končetin (KORENJAKO 1984).

Body na epifýzách dlouhých kostí	Osy	Úhly ohybu v kloubech horních končetin
Tuberculum maius humeri	A (osa těla)	ramenní kloub
Trochanter maior femori		
Tuberculum maius humeri	B (osa paže)	loketní kloub
Epicondylus lateralis humeri		
Epicondylus lateralis humeri	C (osa předloktí)	loketní kloub
Processus styloideus radialis nebo Processus styloideus ulnaris		

Korenjakova metoda ač je velmi málo robustní vůči posmrtným změnám (KAMENECKIJ 1986, 137–139), umožňuje kvantitativně vyjádřit míru pokrčení rukou v ramenních a loketních kloubech vzhledem k hodnotám zjištěným pro živou populaci (Tab. 7):

Tab. 7. Stupně pokrčení horních končetin (KORENJAKO 1984).

Druh kloubu	Muži	Ženy	Obě pohlaví	Stupeň pokrčení
ramenní	< 40°	< 40°	< 40°	slabý
loketní	> 50°	> 47°	> 50°	
ramenní	80° – 40°	80° – 40°	80° – 40°	střední
loketní	50° – 30°	53° – 30°	50° – 19°	
ramenní	> 80°	> 80°	> 80°	silný
loketní	< 30°	< 19°	< 19°	

Hranice mezi přirozeným a nepřirozeným ohnutím rukou v kloubech má samozřejmě statistický charakter – mírně se liší u různých jedinců (KAMENECKIJ 1986, 150), V. A. KORENJAKO (1984) ovšem žádný parametr variability neuvádí.

V některých případech je vhodné rozlišit i polohu dlaně ruky: dlaň směřuje nahoru (supinace) nebo dolů (pronace). Při chybění nebo poškození ruky lze polohu dlaně odhadnout podle polohy kostí předloktí: jsou-li rovnoběžné, jde o supinaci, jsou-li překřížené, pak jde o pronaci. G. OHLSON (1968) uvádí postup pro měření úhlu v radiokarpálním kloubu (předloktí – ruka), přičemž osu ruky udává přímku, procházející prostředním prstem. I. S. KAMENECKIJ (1986) udává hodnoty úhlů pro radiokarpální kloub: v zápěstním kloubu má ruka extenzi do 70° a flexi do 45°, ulnární dukce do 40° a radiální dukce do 20°.

Poloha dolních končetin

I. S. KAMENECKIJ (1986) pro skelety v poloze na zádech uvádí následující rozdělení (Tab. 8; Obr. 11):

Tab. 8 Varianty polohy dolních končetin v laterálním dekubitu (KAMENECKIJ 1986).

Skelety v poloze na zádech
1. natažená paralelně s druhou končetinou
2. natažená, nohy těsně u sebe
3. natažená, překřížená s protější, protější nahoře
4. natažená, překřížená s protější, protější dole
5. pokrčená v kolenní, překřížená s protější, protější nahoře
6. pokrčená v kolenní, překřížená s protější, protější dole
7. pokrčená v kolenní, koleno směřuje laterálně
8. pokrčená v kolenní, koleno směřuje mediálně
9. pokrčená v kolenní, koleno směřuje ventrálně

Varianta 1 je charakteristická pro přirozenou polohu nohou, varianta 2 pro svázání nohou v kotnicích, případně v kotnicích i v kolenní (tyto případy nelze navzájem odlišit). Podobného efektu mohlo být dosaženo též zavnutím těla (pro indikaci zavnutí těla je třeba sledovat i polohu rukou). Varianty 3 a 4 jsou určité a varianty 5 a 6 mohou být důsledkem svázání nohou.

Také u dolních končetin lze kvantitativně sledovat stupeň skrčení (Obr. 12). Stanovují se úhly (ve stupních) skrčení v kyčelním a kolenním kloubu, přičemž se, pro každou nohu zvlášť i sumárně (Tab. 9). Ohnutí v kyčelním kloubu se vyjadřuje úhlem mezi linií osy těla a linií stehenních kostí. Osa těla prochází bází lebky (nebo atlasem) a středem horní části kosti křížové. Měrné body pro linie stehenních kostí se nacházejí na hlavících stehenních kostí, zhruba v jejich středu a lze je spojit přímkou. Analogicky lze najít měrné body na distálních epifýzách stehenních kostí a spojit je linií. Příмка vedená středem těchto dvou úseček je střední osa stehenních kostí.

Úhel kolenního kloubu se stanovuje mezi linií stehenních kostí a linií tibií. Na středech proximálních a distálních epifýz obou tibií se určí body, které se spojí liniemi. Osa tibií opět

Tab. 9. Měrné body pro měření úhlů ohybu dolních končetin (KORENJAKO 1984).

Body na epifýzách dlouhých kostí	Osy	Úhly ohybu v kloubech nohou
Tuberculum majus humeri	A (osa těla)	kyčelní kloub
Trochanter major femori		
Trochanter major femori	B (osa stehna)	kolenní kloub
Epicondylus lateralis femori		
Epicondylus lateralis femori	C (osa holeně)	
Malleolus lateralis		

Tab. 10. Stupně pokrčení dolních končetin (KORENJAKO 1984).

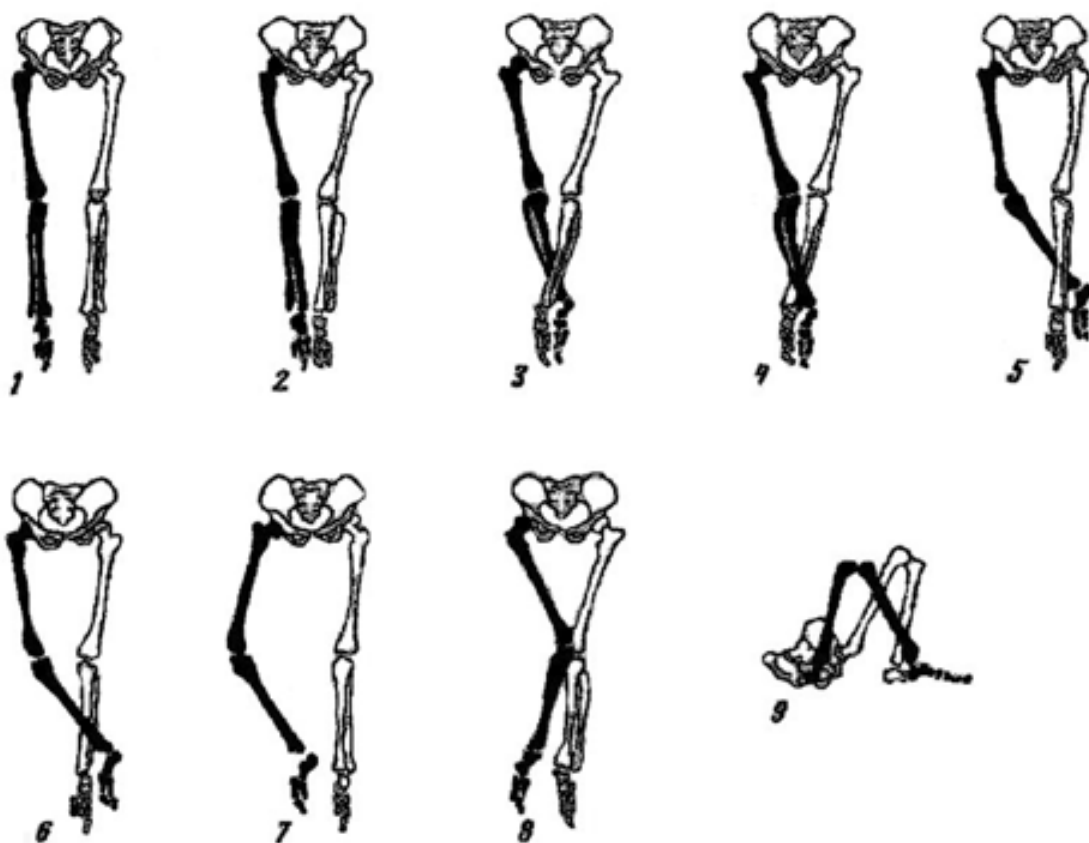
Druh kloubu	Muži	Ženy	Obě pohlaví	Stupeň pokrčení
kyčelní	> 140°	> 142°	> 142°	slabý
kolenní	> 53°	> 57°	> 57°	
kyčelní	140° – 100°	142° – 85°	142° – 85°	střední
kolenní	53° – 30°	53° – 30°	53° – 30°	
kyčelní	< 100°	< 85°	< 85°	silný
kolenní	< 30°	< 23°	< 23°	

prochází středy úseček. Všechny úhly (Tab. 10) mají opět statistický charakter.

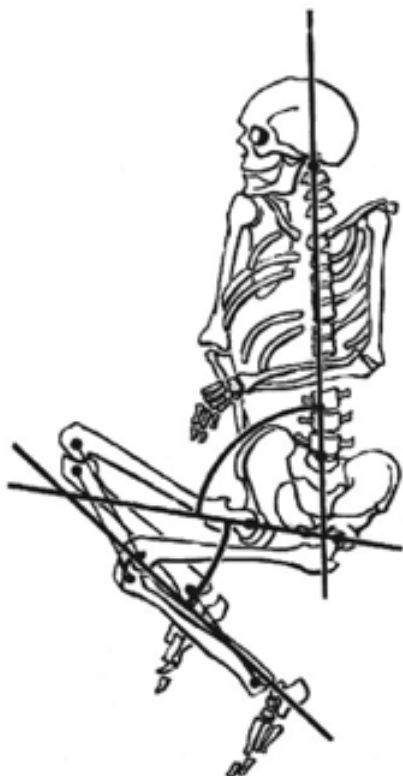
G. OHLSON (1968) uvádí také postup měření úhlu pro ulnotarsální kloub: tarsální osa prochází prstními články palce.

Poloha tzv. „rombického skrčence“ („žabí poloha“) bývá zpravidla produktem sekundárních změn, vertikálně pokrčených kolen. U skrčených pohřbů dochází často k posunutí horní nohy sklouznutím vlivem vlastní tíhy a v souvislosti s odvalením těla (přesněji pánve) dopředu či dozadu. Společně s pávní se posunuje i stehenní kost. Spodní noha zpravidla zůstává na svém místě, pro odhad skrčenosti je vhodnější. Je také možné, že i u skrčených jedinců mohly být nohy svazovány v kotnicích. To lze odhadnout v případě, že jsou kosti obou nohou v těsné blízkosti, zatímco mezi kolenními klouby je výrazná vzdálenost (OHLSON 1968).

Pokud je nebožtík uložen ve skrčené poloze v prostoru zaplněném sedimentem, může dojít tlakem okolního sedimentu k flexi kloubů, která se progresivně zvětšuje s rozkladem svalstva (DUDAY 2005; SVOBODA 2003, 45). Nález skeletů ve velmi silném stupni skrčení tak nemusí znamenat, že mrtví byli před smrtí svázáni nebo pohřbeni v pytlí.



Obr. 11. Varianty polohy dolních končetin v dorsálním dekubitu (poloha na zádech) (KAMENECKIJ 1986).



Obr. 12. Měření úhlu pokrčení dolních končetin (KAMENECKIJ 1986).

5. BIOSTRATINOMICKÉ FAKTORY VE STUDIU POHŘEBNÍHO RITU

Biostratinomie v paleontologii se zabývá studiem procesů v intervalu mezi smrtí a uložením pozůstatků do země. Z pohledu archeologie sem lze zařadit umělé skeletizace těla („*mos teutonicus*“), kremaci a umělé mumifikaci. V následujícím textu bude z uvedených praktik věnována pozornost pouze prvním dvěma.

5.1. ARTIFICIÁLNÍ SKELETIZACE TĚLA

Většina středověkých panovníků mívala místo svého posledního odpočinku vybráno a upraveno již před smrtí. Vysoká mobilita v průběhu středověku často způsobovala, že lidé pouze ojediněle umírali v místě, kde měli být pohřbeni. Z historických pramenů 10. a 11. století je známo, že byly transportovány pozůstatky některých králů otonské a sálské dynastie a také pozůstatky některých příslušníků šlechty. Transport vyžadoval speciální úpravu mrtvoly tak, aby se předešlo jejímu hnití a produkci zápachajících rozkladných produktů. Odstranění vnitřností a srdce (orgány nejdříve podléhající hnilobě) v kombinaci s balzamováním mrtvoly mohlo obvykle zajistit úspěšný transfer, zvláště pokud k úmrtí došlo v zimních měsících. Pokud ovšem k smrti došlo daleko od střední Evropy, zpravidla při válečném tažení do oblastí s teplejším klimatem, stal se i transport mrtvoly pouze zbavené vnitřností zpět do vlasti dosti obtížným (rychlost transportu mrtvoly mohla být asi 20–30 km za den; BADA et al. 1989).

Tyto případy již vyžadovaly úpravu známou jako „*mos teutonicus*“. Tělo byla zbavena vnitřností, rozčtvrcena a maso odstraněno vařením těl ve vodě, víně či vinném octu. Měkké části byly pohřbeny na místě, kosti byly na další cestu zabaleny do zvířecí kůže. *Mos teutonicus* byl používán také pro transport na kratší vzdálenosti, zvláště v případech, kdy se počítalo s delším časovým úsekem mezi úmrtím a pohřbením. Rozčtvrcení mrtvého těla nebylo nikdy podporováno církví, dokonce bylo zakázáno papežem Bonifácem VIII., nejprve 1299 a poté znovu 1300. I přesto zůstal tento způsob manipulace s pozůstatky v Evropě velmi populární a udržel se až do 15. století (WEISS-KREJCI 2001).

Vévoda Fridrich I. z babenberské dynastie zemřel 16. dubna 1198 na křížové výpravě, jeho tělo bylo podrobeno *more teutonico* a kosti následně pohřbeny v klášteře Heiligenkreuz. Uspořádání pozůstatků ve formě pevně svázaného „balíku“ kostí je pro tento způsob pohřbu charakteristické (WEISS-KREJCI 2001). Podobně byly uspořádány i pozůstatky císaře Lothara I., který zemřel 5. prosince 1137 v horním Bavorsku a byl pohřben asi 500 km severněji na svém hradě v Königsllutteru v Sasku. Vaření pozůstatků tohoto panovníka, v historických pramenech nedoložené, se podařilo prokázat chemickou analýzou (BADA et al. 1989). Babenberg Leopold VI. zemřel při návratu z křížové výpravy 28. července 1230 v San Germano (dnešní Cassino) v Itálii. Měkké tkáně byly pohřbeny v klášteře Monte Cassino, kosti byly přeneseny a pohřbeny v Lillienfeldu v Rakousku o čtyři měsíce později. Na kosterních pozůstatcích z lillienfeldského kláštera, připsaných rakouskými antropology Leopoldovi VI., však nebyly žádné pří-

znaky čtvrcení těla rozpoznány (viz. JUNGWIRTH – WINKLER 1979; přiřazení však bylo provedeno pouze na základě odhadu věku podle chrupu). Habsburk Rudolf IV. zemřel v Miláně 27. července 1365. Jeho kosti byly zašity do hovězí kůže a převezeny do Vídně, kde byly pohřbeny v katedrále sv. Štěpána (WEISS-KREJCI 2001).

Případ praktiky *mos teutonicus* je historicky doložen také v českém prostředí u knížete Konráda Oty Znojemského († 1191). Zemřel při dobývání Neapole; jeho kosti byly převezeny do Prahy, měkké tkáně byly pohřbeny v klášteře Monte Cassino. Doklady o čtvrcení těla byly zjištěny na skeletu z hrobu 92 z kostela sv. Jiří na Pražském hradě (BORKOVSKÝ 1975, 37–38; VLČEK 1997, 177–194) (Obr. 13). E. VLČEK (1997, 186, 241) přisoudil tyto pozůstatky knížeti Jaromírovi († 1035), jehož kosti mohly být takto transportovány z přechodného hrobu v Lysé nad Labem do Prahy. Jiní autoři (např. DVORÁK 1998) ztotožňují jedince z hrobu 92 spíše s knížetem Konrádem Otou.

Zajímavým dokladem sekundárního uložení kosterních pozůstatků (byť zřejmě bez předchozího vaření) je hrob č. 12 z raně středověkého pohřebiště v Praze I – Bartolomějské ulici (šlo o pohřebiště kupců a hrob měl zjevně charakter rodinné hrobky). Páteř skeletu se zachovala vcelku (dokládá to správné anatomické uložení obratlů počínaje krčními obratli a konče kostrčí), byla obrácena kostrčí k lebce (rozšířené), k pánevním kostem (u obou těchto kostí byl ramus obrácen směrem k lebce) přiléhaly krční obratle. Z kostí končetin většina chyběla: předloketní kost ležela po pravé straně lebky, jedna z fibul ležela po pravé straně pánve. Na kostě volně leželo několik žeber (BORKOVSKÝ 1948, 469–472; BORKOVSKÝ 1961). Neúplnost pozůstatků svědčí o uložení jedince



Obr. 13. Stopy po čtvrcení těla. Hrob č. 92 z baziliky sv. Jiří na Pražském hradě (VLČEK 1997).

v době, kdy již došlo k pokročilé disartikulaci skeletu (patrně oddělení obou kostí předloktí a bérce). Uložení pozůstatků ukazuje na snahu o uložení kostí zhruba v anatomickém pořádku, limitovanou ovšem rozměrem hrobové jámy. Autor výzkumu usuzuje, že jde o záměrné čtvrcení těla (BORKOVSKÝ 1961).

Při transportu pozůstatků ve vyšším stupni rozkladu lze obvykle očekávat spíše disartikulaci zejména v hrudní a břišní oblasti, protože zde probíhá rozklad měkkých tkání intenzivněji ve srovnání s končetinami (ascendentní typ hniloby), kde vyšší podíl zachovaných měkkých tkání déle udržuje artikulaci kloubů (BROTHWELL 1987; VERANO 1997; NELSON 1998).

Chemické změny kosterních pozůstatků způsobené vařením

Kostní tkáň, kompakta i spongioza, kostí vařených ve vodě je velmi pevná a těžká, povrch kostí je lesklý a hladký (VLČEK 1997, 179, 184).

Při zahřívání na 60–70 °C se kolagenová vlákna zkracují na třetinu či čtvrtinu původní délky, při asi 80 °C se kolagen začíná přeměňovat na rozpustnou želatinu (KOON et al. 2003). Vroucí voda způsobuje mimo denaturace kolagenu také jeho vymývání z kostí (MOLLESON 1981). Úbytek dusíku v kosti by tak mohl indikovat vaření těla, doba vaření však musí být nejméně 1–9 hodin, v závislosti na typu kostí (ORTNER et al. 1972; ROBERTS et al. 2002). Obsah dusíku v jednotlivých částech kostry téhož jedince nebo v různých částech téže kostry se mohou lišit až čtyřnásobně. Dusík se ve větší míře zachovává v kompaktní kosti diafýz dlouhých kostí; větší ztráta je spíše u kostí menších, křehkých a poréz-
ných (MOLLESON 1981). Důsledkem degradace a vymývání kolagenu z kostí je také pokles jeho obsahu vzhledem k obsahu nekolagenních proteinů (zejména osteokalcinu), vázaných v kosti mnohem pevněji (KING 1978). Tato situace by se proto měla odrazit např. také v poměru aminokyselin – hydroxyprolinu (Hyp; aminokyselina specifická pro kolagen) a kyseliny γ -karboxyglutamové (Gla; aminokyselina specifická pro nekolagenní proteiny kosti). Tento postup však dosud nebyl v praxi aplikován. Zatím jediným prakticky použitým postupem při studiu pohřebního ritu je tak metoda založená na sledování poměru D- a L- izomerů kyseliny asparágové (BADA et al. 1989).

Pozůstatky císaře Lothara I. († 1137) vykazovaly vyšší hodnotu poměru D/L forem kyseliny asparágové, než ve srovnávacích vzorcích (pozůstatky jeho ženy Reichenzy († 1141) a jeho zetě, vévody Jindřicha Lva († 1139), kteří zemřeli a byli pohřbeni přímo v Königslutteru). Z experimentální časové závislosti racemizace kyseliny asparágové v kosti ve vroucí vodě bylo možno odhadnout i dobu vaření císařova těla na cca 6 h \pm 30 min (BADA et al. 1989).

5.2. PŮSOBNÍ OHNĚ NA LIDSKÉ POZŮSTATKY A KREMACI

Působení ohně na lidské tělo vykazuje analogie pro spalování těl v krematoriích a pro případy z forenzní praxe (např. požáry, odstranění těla spalováním, apod.). Tyto poznatky lze, alespoň do určité míry, dále zobecnit i na prehistorický a středověký materiál, kde se lze setkat s žárovými pohřby i s pohřby neúplně spálených těl.

5.2.1. Hoření těla

Proces hoření těla se odvíjí od jeho složení. Pro hrubé přiblížení lze využít čtyřkomponentního schématu, používaného v nutriční antropologii (BROŽEK 1965):

$$W = A + P + F + M$$

kde W je hmotnost těla, A je hmotnost vody, P je hmotnost proteinů, F je hmotnost tuku a M je hmotnost minerální složky. Minerální složku je možno dále členit na kostní minerální složku (M_O) a zbytkovou minerální složku (M_R). J. BROŽEK (1965, 4) také uvádí složení „referenčního těla“ (A: 624,3 g/kg hmotnosti těla, P: 164,4 g/kg hmotnosti těla, F: 153,1 g/kg hmotnosti těla, M_O : 47,7 g/kg hmotnosti těla, M_R : 10,5 g/kg hmotnosti těla). Tyto komponenty hrají nejvýznamnější roli při spalování těla. Odpařování vody (tj. její přeměna z kapalného na plynné skupenství) je endotermní reakcí (tepelná energie se spotřebovává), spalování tuků a bílkovin na CO_2 , N_2 a H_2O je reakcí exotermní (tepelná energie vzniká), stejně jako spalování paliva (dřevo, koks, plyn).

Chemické změny měkkých tkání během působení vysokých teplot nebyly dosud systematicky studovány. Lze však předpokládat vznik sloučenin typu pyrolu, pyrazinu, piperazinu a imidazolu pyrolýzou proteinů těla. Deriváty pyrolu byly zjištěny např. v egyptské mumii z období Staré říše (WESER et al. 1998), patrně v souvislosti s technikou mumifikace (vysušování těla nad ohněm?).

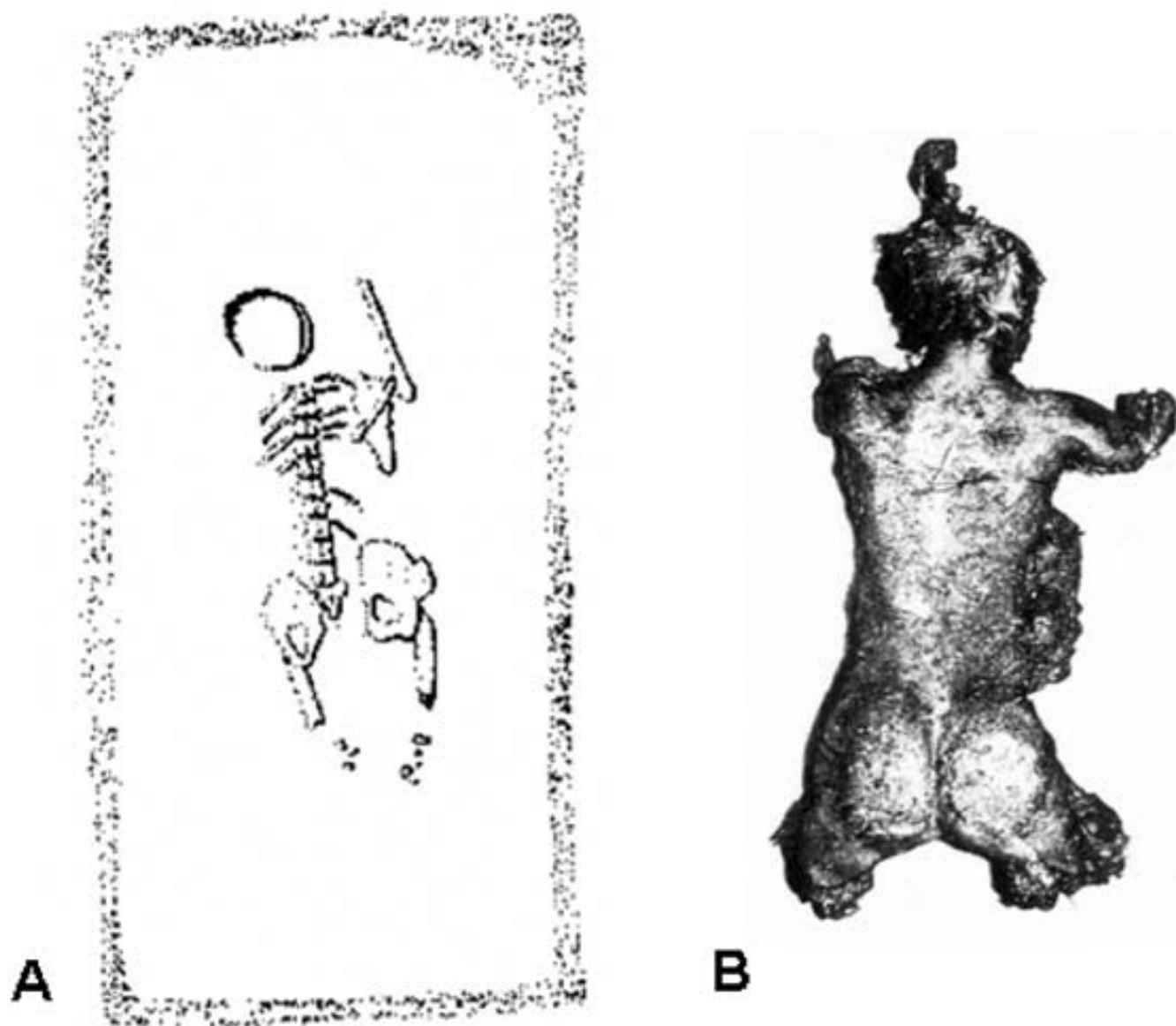
Lebka

U moderních kremací za vysoké teploty obvykle dochází k rychlému vysušení a zuhelnatění měkkých tkání hlavy. Mozek v lebeční dutině zůstává až do teploty asi 400–500 °C prakticky zachován, postupně ovšem dochází v lebeční dutině k nárůstu tlaku, který je způsoben především vodní parou a CO_2 z rozkládajících se bílkovin mozkové tkáně. Při teplotě nad 700 °C však již dochází k vyrovnání tlaků v lebce a mimo ni, a to zpravidla dvěma způsoby:

1. lebka praská, přičemž sice trhliny vykazuje, vesměs ale svůj tvar zachovává. V extrémních případech dochází k explozivnímu roztrhnutí lebky (to je patrně důvod, proč v některých oblastech Indie blízcí příbuzní před spálením rozbíjejí mrtvému lebku dřevěným polenem). Čelní kost puká často napříč šupinou, paralelně praskají lamina interna i lamina externa ostatních kostí lebeční klenby, na rozsáhlých plochách se pak oddělují od diploe. Vnější stěna lebeční klenby je vystavena vysokému žáru, zatímco stěna vnitřní je ochlazována mozkovou tkání obsahující vysoký podíl vody (Tab. 11). Důsledkem této vysoké teploty dochází k smršťování kompakty vnější stěny lebky a jejímu praskání a následnému oddělování od diploe. Důsledkem toho může být perforace lebeční stěny a vyřeznutí teplem se rozpínající hmoty mozku (POPE – SMITH 2004). K totálnímu rozpadu těla dochází až tehdy, když jsou víceméně všechny kosti ve stupni přepálení IV–V.

2. lebka zůstává intaktní, přičemž přetlak uniká přirozenými otvory v lebce a/nebo se snižuje difúzními změnami.

Konečný rozpad lebky je způsoben vznikem prasklin a malou mechanickou pevností kremovaných kostí (HERRMANN 1972a; WAHL 1981; BOHNERT et al. 1997). U prehistorických kremací nelze díky nerovnoměrnému přívodu tepla (závisel na přívodu kyslíku, palivu a na počasí) vyloučit, že lebka mohla zůstat dlouhodobě zachována vcelku (WAHL 1981).



Obr. 14. Vliv teplotního gradientu na dochování pozůstatků těla. A. Endingen (merovejské období) (KRAMER – BUHMANN 1979), B. forenzní případ (MUELLER 1975).

Trup

Při spalování trupu hraje významnou roli obsah vody ve vnitřnostech (Tab. 11), indukující vznik gradientu teploty a také množství podkožního tuku, jehož důsledkem bývá tzv. knotový efekt.

Gradient teploty

Vysoká teplota, působící na vnější partie spalovaného těla, se neprojevuje uvnitř těla, kde významný obsah vody v různých orgánech (viz. Tab. 11) a v tělesných dutinách zabraňuje jejich spálení v důsledku vzniku teplotního gradientu. I u silně ohořelých mrtvol lze někdy pozorovat poměrně dobře zachované vnitřnosti (žaludek, játra, srdce, děloha, močový měchýř, atd.), zatímco horní část těla podlehlá tepelné destrukci

(BENECKE 1998) (Obr. 14). Efekt teplotního gradientu se uplatňuje hlavně při krátkodobějším působení poměrně vysoké teploty a také při spalování těl v krematoriích. Během experimentů v kremačních pecích lze pozorovat zuhelnatění vnější svalové tkáně, zatímco v pozorovatelných trhlinách, paralelních k svalovým vláknům, je vidět tmavě červené syrové maso. Žebra se odpojují od hrudní kosti a pokaždé se lehce rozestoupí směrem ven. Obě poloviny pánve se rozdělují v pubické oblasti. Kontrakcí zádového svalstva se hlava zaklání, většinou ale zůstává velice dlouho spojena s trupem, odděluje se až těsně před ukončením spalování. Díky tomu zůstává mandibula ve své anatomické poloze. Zřídka se hlava oddělí od zbytku těla již dříve (WAHL 1981).

Tab. 11. Obsah vody v lidských orgánech (HOMOLKA 1971, 268).

Tkáň	Obsah vody (hm. %)
kostra	22
tuková tkáň	30
kůže	70
svalstvo	75
mícha	70
bílá hmota mozková	70
šedá hmota mozková	86
krev	80
játra	70
ledviny	83
plice	79
srdce	79

M. MONESTIER (1998, 103) uvádí, že po upálení Johanky z Arku († 1431) se dochovaly téměř neporušené její srdce a vnitřnosti, jež byly poté vhozeny do Seiny. K fyzické likvidaci těla bylo často nutno přivést 6–8 vozů dřeva.

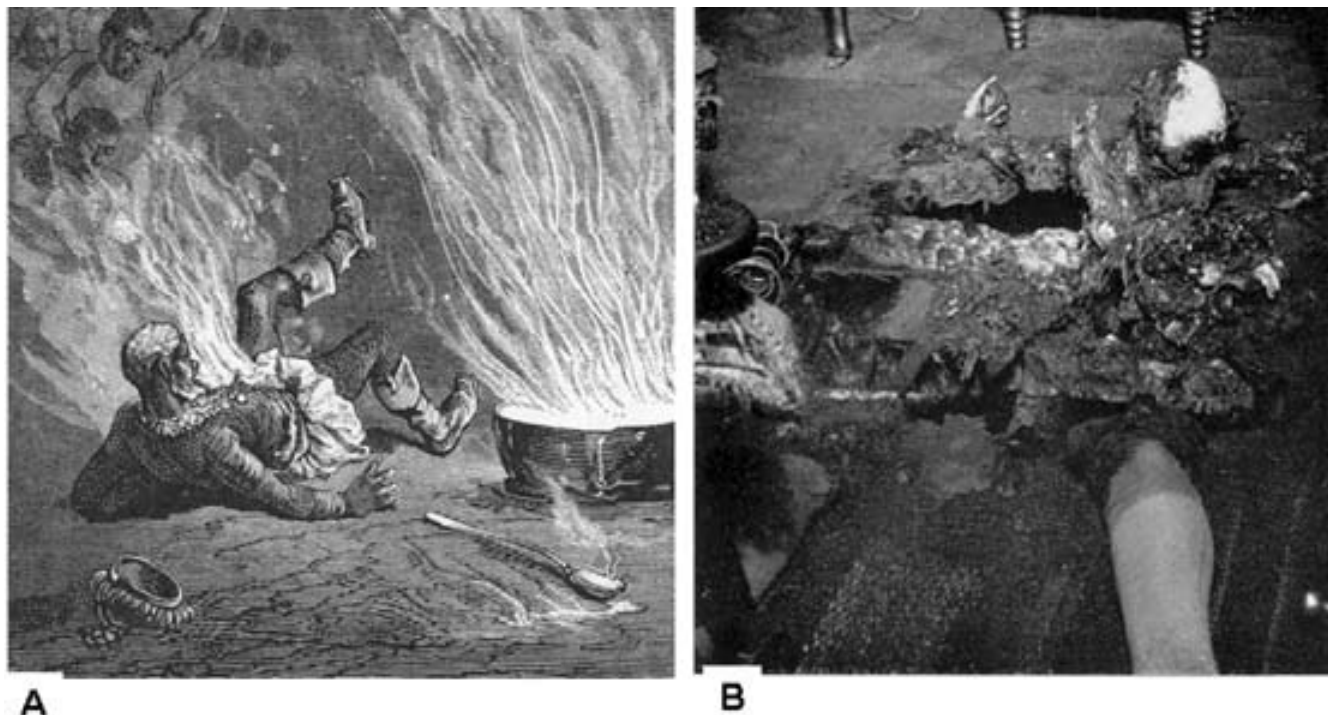
Knotový efekt

Chybí-li relativně stálý zdroj tepelné energie (tj. hoření je pouze iniciováno, např. menším množstvím hořlaviny), je hlavním mechanismem tepelné destrukce těla tzv. „knotový efekt“. Podle teorie „knotového efektu“ (*multiple wick theory*) se přednostně spalují části těla s vyšším obsahem tuku pokryté oděvem. Zkapalněný podkožní tuk se vsakuje do oděvu, který

se tak chová jako knot podporující hoření (BENECKE 1998). Experimentálně (na čerstvě zabitém praseti, hmotnosti cca 95 kg, zabaleném do bavlněné pokrývky) bylo prokázáno, že ke spálení těla je nutná jen inicializace knotového efektu určitým množstvím paliva (v experimentu byl použit cca 1 litr benzínu), ke spálení těla pak již postačí pouze vlastní podkožní tuk (DE HAAN – NURBAKSH 2001).

Už při zuhelnatění kůže (popáleniny 4. stupně) jsou organické látky spáleny a orgány pod kůží jsou lomivé a jakoby vařené. Kůže příčně puká sama od sebe i při nepatrném násilí či manipulaci s mrtvolou, někdy puká břišní stěna (KNOBLOCH 1958, 237; TESAŘ 1985, 624). Části oděvu působí jako knot a podporují dlouhodobé hoření díky zkapalňování podkožního tuku. Kapalný tuk se vsakuje do oděvu, který působí jako knot, podporující oheň (BENECKE 1998; DE HAAN – NURBAKSH 2001). E. KNOBLOCH (1958, 238) pozoroval, že zbytky šatů u velmi tučných osob bývají prosáklé tukem uvolněným z mrtvoly. Často tak shoří pouze části těla pokryté oděvem, nepokryté části těla zůstanou intaktní.

Za přítomnosti dostatečného množství tuku, porézního tuhého uhlíkatého materiálu (sloužícího jako knot) a vnějšího zdroje plamene dokáže lidské tělo shořet již za několik minut (BENECKE 1998). K zažehnutí tělesného tuku je nezbytná teplota kolem 250 °C; nicméně textilní „knot“ hoří, i když teplota po zažehnutí poklesne až na 24 °C. I v případech, kdy vnější zdroj tepla již neexistuje, pokračuje „hoření“ jako pomalý a pasivní jev, vytvářející teplotu kolem 24 °C (GROMB et al. 2000). Tímto mechanismem se vysvětluje jev tzv. „spontánního uhoření“ (*spontaneous human combustion*), které se občas objevuje i v beletrii, např. v románu CH. Dickense Ponurý dům nebo v Patnáctiletém kapitánovi J. Verna (Obr. 15).



Obr. 15. Hoření těla v důsledku knotového efektu. A. ilustrace z románu J. Verna Patnáctiletý kapitán, B. forenzní případ (RENTOUL – SMITH 1973).

Důsledkem knotového efektu může být rychlejší průběh spalování těla a větší míra poškození a deformace kostí u obézních jedinců ve srovnání s jedinci kachektickými, konstatovaný u moderních kremací C. WELLSEM (1960); nižší spotřebu paliva na spálení tučných jedinců, ve srovnání s jedinci tuberkulózními a osobami trpícími vodnatelností uvádí pro japonské kremace J. CHOCHOL (1956).

Závěrem lze provést určité zobecnění výše uvedených údajů. Z pohledu termochemie je zřejmé, že tepelná energie, kterou je nutno dodat, se spotřebovává na odpaření vody z těla (endotermní proces, teplo se spotřebovává); vlastní spalování (oxidace) proteinů a tuků je spojeno se vznikem tepla (exotermní proces, teplo vzniká). Tento přístup umožňuje rozlišit dva hlavní mechanismy spalování těla (resp. kremace). V moderních krematoriích, kde se uplatňuje vysoká teplota společně s rovnoměrným rozdělením intenzity plamene, a také při kremacích s velkým množstvím paliva je dominantním mechanismem vlhkostní gradient: dochází k rychlému vysušení a přednostnímu hoření apendikulárních částí těla a měkkých tkání na lebce, které obsahují, ve srovnání s trupem, mnohem méně vody (srov. WAHL 1981; BOHNERT et al. 1998). Příspěvek tělesného tuku k celkové tepelné bilanci je v tomto případě, ve srovnání s tepelnou energií dodanou palivem, zanedbatelný. Druhý mechanismus je založen na knotovém efektu. Rozhodujícím z hlediska tepelné bilance je obsah tělesného tuku. V tomto případě se spalují především partie bohaté na tuk (trup), části těla s nízkým obsahem tuku (např. končetiny) se spalují méně intenzivně. Množství dodaného paliva je velmi malé a intenzita plamene je rozdělena nerovnoměrně (apendikulární části těla jsou vystaveny ohni v menší míře). Tento mechanismus zřejmě převládal u kremací pravěkých.

Končetiny

Tělo bývá v tzv. „boxerské poloze“ (Obr. 16): horní končetiny jsou přitaheny k tělu a ohnuté v loktech a v zápěstích, rovněž dolní končetiny bývají lehce ohnuty v kyčelních a kolenních kloubech – mohutnější flexory mají převahu nad extenzory; vlivem smrštění zádového a šíjového svalstva bývá hlava zakloněna a hrudník se vypíná vpřed (KNOBLOCH 1958, 237; PROKOP 1966, 142; TESAŘ 1985, 624).

Mrtvolky bývají do rakve uloženy převážně s rukama sepnutými nad břichem. Působením vysoké teploty dochází k odpaření vody, následkem čehož se stahují svaly a šlachy. To vyvolá pomalé nadzvednutí paží v ramenním kloubu, mnohdy až



Obr. 16. „Boxerská“ poloha těla. A. Výlitek dutiny po těle z Pompejí, B. Forezní případ (PROKOP 1966).

nad hlavu; řídkěji se paže ohýbají ještě v lokti. Velmi zřídka se vzpruží celá horní polovina těla. Zůstávají-li ruce ještě ve spojení, odpadají postupně prstní články, potom metakarpy, částečně už podélně popraskané, a nakonec karpální kosti. Někdy může ruka odpadnout vcelku a rozpadá se až následně. Kostí předloktí se oddělí v loketním kloubu až když nezůstávají zachovány žádné svalové a vazivové spoje. Dlouho zůstává připojený v ramenním kloubu humerus. Rozpad nohy probíhá v podobném pořadí, dokud nezůstává připojen k pánvi pouze femur. Také nohy se mnohdy mírně zvedají, často natažené. Oblast krku a lopatek a oblast pánve jsou bohaté na dlouho perzistující měkké tkáně, a proto se obtížně spalují (WAHL 1981).

5.2.2. Pohřby neúplně spálených těl

Různé stupně působení ohně na lidské tělo lze klasifikovat podle Crow –Glassmanovy stupnice (GLASSMANN – CROW 1996):

CGS 1. Poškození těla odpovídá spíše působení kouře, stopy ohně se nijak neprojeví na skeletu.

CGS 2. Tělo vykazuje různé stupně spálení, mohou chybět některé části rukou a nohou.

CGS 3. Převážná část končetin chybí, hlava je přítomna, ale je značně poškozena ohněm.

CGS 4. Rozsáhlá destrukce ohněm, lebka je fragmentární a je oddělena od těla. Některé části paží a/nebo nohou mohou být stále připojeny k zuhelnatělému trupu.

CGS 5. Kremace. Pozůstatky jsou vysoce fragmentární, roztroušené a neúplné. Přítomny jsou pouze nepatrné zbytky tkání, nebo tyto zcela chybí.

S případy pohřbů neúplně spálených těl se můžeme v ojedinělých případech setkat také v archeologickém materiálu (Tab. 12; Obr. 14):

Endingen (KRAMER – BUHMANN 1979)

V hrobě 103 na raněstředověkém pohřebišti v Endingu v Bavorsku byl zjištěn skelet ležící na břiše ve středu 1,65 m dlouhé a 0,80 m široké rakve či hrobové komory. Hrob neobsahoval žádné milodary. Lebce chyběla levá část, celá obličejová část a levá paže. Obě nohy byly spáleny až na pahýly stehenních kostí. Stopy ohně byly zjištěny i na zbytku lebky a levé lopatce. Ostatní části těla nebyly ohněm zasaženy. Ve výplni jámy nebyly nalezeny žádné stopy ohně ani spálené zbytky. Pohřbený jedinec byl tedy spálen mimo hrobovou jámu a poté do ní uložen na břicho. Protože skelet je nerovnoměrně a asymetricky spálen, nemůže jít, podle autorů, o důsledek upálení.

Mecly (LIČKA 1971; CHOCHOL 1971)

V sídlištní jámě byla zjištěna neúplná, nerovnoměrně ohořelá kostra v mírně skrčené poloze na pravém boku. Chybějící části kostry (mozkowna, části končetin) se našly více nebo méně spálené v popelovité vrstvě na dně jámy. Pozůstatky sem byly společně s popelem přemístěny až na pahýly. M. LIČKA (1971) a J. CHOCHOL (1971) interpretují tento nález jako doklad rituálních praktik, zahrnující rozbíjení lebky a uražení částí končetin, k němuž mohlo dojít až po spálení těla. K této interpretaci je však možno uvést některé vážné výhrady. K fragmentaci lebky a končetin není třeba artificální zásah: ke vzniku fraktur lebeční klenby může dojít spontánně působením vysoké teploty již za poměrně krátkou dobu (cca 20 min.), pouze k frakturám spodiny lebeční, chráněné zevnějšku silným pokryvem měkkých tkání a zevnitř hmotou mozku dochází zcela výjimečně (BOHNERT et al. 1997; POPE – SMITH 2004). Obtížnější je interpretace zjištěné fraktury mandibuly a maxily; ani zde ovšem nelze postmortální zásah zcela vyloučit. K poškození dolních končetin, jako je tomu u zmíněného nálezu, může také dojít zcela samovolně: lze je pozorovat u pozůstatků osob, které zahynuly

při požárech (např. ROMANOV – IGNATĚNKO 1973). Pahýly bývají pokryty zbytky měkkých tkání, konce často vypadají jakoby odseknuté, amputované. Zda k fraktuře došlo před nebo až v důsledku působení ohně, by bylo možno rozlišit pouze podrobným zkoumáním (BACHMEŤJEV 1990). U pozůstatků ze Mcel snad lze, podle náznaku prohnutí krční páteře a polohy zbytků dolních končetin, uvažovat o „boxerské poloze“. Nelze vyloučit, že mohlo jít o pohřeb jedince, který zahynul při požáru.

Kostra s dolními končetinami opálenými po kolena byla zjištěna také na vrcholně středověkém hřbitově v Šoldove na Slovensku (PIFFL 1953, 56). Bližší informace týkající se tohoto nálezu však nebyly publikovány.

5.2.3. Zachovalost jednotlivých částí skeletu v žárových hrobech

Čerstvá kost je komplexní materiál zahrnující vlhkost, krev a kostní dřev (s vysokou koncentrací tuku). Plameny pozorované v kontaktu s kostí při experimentálním studiu knotového efektu byly fluktuující a turbulentní. Takovéto plameny způsobují velmi vysokou teplotu v redukční (s nedostatkem kyslíku) atmosféře a poté hned nízkou v momentě, kdy vyšlehnu z kosti, vystavující horký povrch chladnému, na kyslík bohatému vzduchu. Za těchto podmínek lze očekávat štěpení na vlhkost bohatého povrchu kosti, stejně jako hoření tuku uvnitř kosti. Tento efekt nelze pozorovat na kostech, které byly vysušeny už před hořením. Tyto podmínky jsou také velmi odlišné od stálého ohně (tj. za přítomnosti vysoké teploty a konstantních oxidačních podmínek), kterému jsou vystavena těla v moderních krematoriích. Není proto žádným překvapením, že činnost knotového efektu může docházet i k mnohem výraznější fragmentaci jinak masivních kostí, než je obvyklé u pozůstatků z moderních krematorií (DE HAAN – NURBAKSH 2001).

Na vzhledu kostí se proto zpravidla projevuje i to, zda byly spalovány se svalovinou, zda šlo o čerstvě preparované kosti nebo o kosti suché (THURMAN – WILLMORE 1980–81; UBELAKER 1978, 35–36; UBELAKER 1991): spalované suché kosti vykazují popraskání povrchu a podélné štěpení, na čerstvé kosti a kosti obalené tkání se objevují příčné praskliny, nepravidelné podélné štěpení a deformace. Na tento faktor je nutno brát zřetel při interpretaci a zejména při zobecňování výsledků z kremačních experimentů.

Dalšími faktory ovlivňujícími fragmentaci spálených kostí jsou např. hašení doutnající hranice vodou, vybírání pozůstatků z žároviště, manipulace s nimi (drcení, ukládání do urny), způsob jejich uložení (v urně nebo v jamce) a v neposlední řadě též exkavace a manipulace s pohřbem po exkavaci (STLOUKAL 1968; MCKINLEY 1994b).

Lebka

Dokonale spálená lamina externa a nedokonale spálená lamina interna je projevem ochlazování vnitřní části lebky mozkovou hmotou, zatímco vnější část byla přímo vystavena ohni. Různé smrštění způsobené rozdílnou teplotou, obvykle vyústí k oddělení obou lamin v diploe, jak se lamina externa odlupuje z klenby v důsledku smršťování a deformace indukované teplem (POPE – SMITH 2004). Neúplné spálení některých temporálních fragmentů dokládá, že hmota temporálních svalů může do určité míry poskytovat lebce ochranu před ohněm. Relativně dobré zachování obličejových partií může svědčit o poloze mrtvého na kremační hranici v poloze na zádech během kremace (WINKLER 1992), podobně jako silně přepálená kost týlní (MALINOWSKI 1965). Pokud kremační proces v mnohem větší míře postihl superiorní (čelní a temenní kosti) a anteriorní (maxilla, anteriorní části mandibuly, korunky zubů) kosti lebky a inferiorní a posteriorní (basální partie týlní kosti, posteriorní

Tab. 12. Srovnání některých nálezů neúplně spálených kosterních pozůstatků.

Lokalita	Mcely (LIČKA 1971; CHOCHOL 1971)	Erdingen (KRAMER – BUHMANN 1979)	Forenzní případ (požár) (ROMANOV – IGNATĚNKO 1973)
Datování	únětická kultura	merovejské období	recent
Jedinec	muž 40–45 let	žena (?) adultus–maturus	muž dospělý
Hlava	lebka fragmentární, zcela karbonizovány jsou temenní kosti, větší část pravé čelní kosti a horní část týlní kosti, stopy ohně jsou patrné na zbytku týlní kosti, na processus mastoideus a na zbytku processus zygomaticus pravé spánkové kosti. Pravá jařmová kost je silně karbonizována.	chybí levá polovina a celá obličejová část lebky, na zbytku zjištěny stopy ohně	zcela chybí
Trup	beze stop ohně	zachován, podrobnosti neuvedeny	chybí horní třetina hrudníku
Horní končetiny	na zbytku proximální hlavičky humeru stopy ohně, distální konec je spálený. Zlomky ulny radia, karpálních kostí a prstních článků jsou zcela karbonizovány, ojediněle i vyžihány.	levá paže chybí, na distálním konci pravého humeru stopy působení ohně	zcela chybí
Dolní končetiny	ohněm zasaženy distální části femurů, bérce a vlastní nohy	spáleny, zachovány pouze pahýly stehenních kostí	zachovány pouze pahýly stehenních kostí (pravá do úrovně horní třetiny, levá do úrovně horních dvou třetin stehna)
Stupeň spálení těla (Glassman – Crow)	CGS 3	CGS 3	CGS 4

části spánkových kostí) jsou zachovány v lepším stavu, naznačuje to kremační polohu, kdy hlava leží týlem na zemi a anteriorní a superiorní partie jsou více vystaveny kremačnímu ohni (REINHARD – FINK 1994).

Trup

Mezi axiálními prvky skeletu bývá většina spálena nekompletně, s výjimkou anteriorních fragmentů žeber a clavicul, které bývají často spáleny zcela. Obratle vykazují nekompletní spálení obratlových těl a destrukci jemnějších obratlových oblouků. Že těla byla pálena ležící v poloze na zádech, s většinou paliva nad tělem objasňuje kompletní spálení anteriorních prvků, zatímco posteriorní elementy, jako jsou lopatky a obratle, byly spáleny neúplně. C. Wells (WELLS 1960) předpokládá, že nález velmi slabě spálené spina scapulae u jinak dokonale spálené lopatky svědčí nejspíš o uložení mrtvolky těsně nad zemí, nebo přímo na zemi s hranicí navršenou nad ní. O této poloze může dále svědčit také málo poškozené os sacrum oproti silně poškozenému acetabulu a slabě spálení processus spinosi hrudních a bederních obratlů oproti silně spáleným obratlovým tělům.

Končetiny

Apendikulární skelet může vykazovat různý stupeň spálení. Diafýzy jsou často zcela spáleny, zatímco epifýzy jsou spáleny neúplně. To je důsledek pokrytí kloubů ligamenty a synoviálními váčky, které chránily kloub před působením kremačního ohně. Nejmenšímu přepálení mohou podléhat distální partie horních i dolních končetin, pokud se původně nacházely v místech, kde bylo působení ohně slabší, např. na okrajích kremační hranice (MALINOWSKI – JÓZWIAK-MALINOWSKA 1963). Analogickou situaci může indikovat také přítomnost nepřepálených prstních článků mezi pozůstatky (MALINOWSKI 1965).

Experimenty však prokázaly různou intenzitu spalování v různých částech hranice ještě před jejím zhroucením. Rozdíly ve stupni spálení některých kostí se stíraly od okamžiku, kdy se většina hranice přeměnila ve žhavý popel. Zuhelnatění mohly uniknout kosti, které během zhroucení hranice odpadly a dostaly se mimo žároviště. Nelze však vyloučit možnost, že průběh kremace byl kontrolovaný a tyto fragmenty těla byly vráceny zpět do ohně (PIONTEK 1976).

Míru fragmentace kremačních pozůstatků lze blíže specifikovat stanovením distribuce průměrných lineárních rozměrů kostních úlomků v pohřbu. Kvantifikaci kosterních pozůstatků lze provést stanovením jejich hmotnosti nebo objemu a srovnáním s referenčními hodnotami, získanými z moderních kremací (DOKLÁDAL 1999; FOJTÍK 2003). Reprezentativnost žárových pozůstatků lze odhadnout sledováním zastoupení různých částí těla nebo typických anatomických útvarů v pohřbu (FOJTÍK 2003).

5.2.4. Tepelné změny kostní tkáně a odhad teploty kremace

Intenzitu působení ohně a teplotu při kremaci lze velmi zhruba odhadnout podle stupně přepálení kostí (DOKLÁDAL 1999; HERRMANN et al. 1990; CHOCHOL 1971). Během spalování kostí dochází k řadě procesů, které se odrážejí i ve změnách mechanických vlastností kostí (THOMPSON 2004) (Tab. 13):

Tab. 13 Tepelné změny kostní tkáně (THOMPSON 2004).

Fáze transformace	Projev	Rozmezí teplot (°C)
Dehydratace	praskliny, ztráta hmotnosti	100–600
Dekompozice	změna barvy, ztráta hmotnosti, snížení mechanické pevnosti, změna porozity	300–800
Inverze	zvětšení rozměru krystalů	500–1000
Fúze	vzrůst mechanické pevnosti, redukce velikosti, zvětšení rozměru krystalů, změny porozity	> 700

Při teplotách kolem 300 – 400 °C dochází ke zvýšení vzájemného poměru uhlíku a dusíku (C/N) v kosti (BRAIN – SILLEN 1988) a ke snížení poměru glycinu a glutamové kyseliny (Gly/Glu), reprezentující poměr mezi kolagenovou (Gly) a nekolagenovou (Glu) proteinovou složkou kosti (TAYLOR et al. 1995).

Zahřátím kosti do 700 °C (kritická teplota) dochází ke ztrátě krystalické vody a rekrystalizaci; nad 600 °C také dochází k úniku CO₂. Konverzi vzniká pyrofosfát (molární Ca/P < 1,5), který se od asi 800 °C váže s „hydroxyapatitem“ (molární Ca/P > 1,5) na whitlockit (molární Ca/P ~ 1,5). Whitlockit (β-trikalciumpfosfát) je charakteristickou součástí minerálu spálených kostí a lze jej jednoduše prokázat rentgenostrukturální analýzou. Z pouhého zjištění whitlockitu v kostním minerálu však ještě nelze činit žádné závěry o působení vysoké teploty na kost, protože může za vhodných podmínek (např. přítomnosti hořčíku) vznikat i v nespálených kostech. Změny minerální fáze mají za následek změny struktury a fyzikálních vlastností kosti. Experimentálně bylo pro kost zjištěno minimum mechanické pevnosti při teplotě 400 °C, potom pevnost vzrůstá a při 800 °C dosahuje více než dvojnásobek počáteční hodnoty. To je způsobeno sintrací kosti při teplotách nad 700–800 °C, kdy dochází k fúzi krystalů kostního minerálu. Lamelární struktura kosti ustupuje homogenní struktuře, ztavení krystalů podmiňuje zmenšení objemu a to vede k charakteristickému smršťování kostí vystavených působení tepla (HERRMANN et al. 1990, 257–265; DOKLÁDAL 1999, 33–35).

Mezi spálenými pozůstatky z hromadného hrobu vězňů z podzemní tovary v dole Richard v hoře Radobýlu u Litoměřic (koncem 2. světové války se zde vyráběly součásti střel V1 a V2) byly nalezeny kostní zlomky spečené v jeden celek s hřebíky z prken, na nichž byly mrtvolky zasouvány do ohniště krematoria (FETTER 1963).

Přechodná fáze mezi lamelární stavbou a homogenní strukturou je charakteristická velmi malou mechanickou pevností, získávají „křídovitý charakter“. Tyto změny v krystalické struktuře kosti vedou ke snížení rozpustnosti kosti (HERRMANN et al. 1990, 259–260; DOKLÁDAL 1999, 33–35). Lepší zachování žárových pozůstatků ve srovnání s kostrovými bývá zjišťováno i v archeologických nálezech (srov. např. JÍLKOVÁ 1958).

V praxi se stupeň přepálení určuje ze zbarvení kostí. V USA se používá dělení podle R. S. Babyho a W. H. Birkbyho (REINHARD – FINK 1994), ve střední Evropě nejčastěji dělení podle J. Chochola (DOKLÁDAL 1999) (Tab. 14).

Tab. 14. Kategorizace stupňů přepálení kosti

	Baby & Birkby	Chochol
1.	normální kost	nedokonalé spálení
2.	neúplně spálené a začouzené kosti	zčásti nedokonalé spálení
3.	úplně spálené, kalcinované kosti	dokonalé spálení
4.	porcelanizované kosti	dokonalé až křídovité spálení
5.	křídovité kosti	křídovité spálení

Kategorie 1 a 2 indikují spíše nízkou teplotu, kategorie 4 a 5 teplotu vysokou. Tmavé zbarvení kostí může být dvojího druhu (HERRMANN 1972b): primární (vzniká z organické složky kosti) a sekundární (z uhlíku vnikajícího do kosti druhotně). Někteří autoři (SHIPMAN et al. 1984) doporučují k charakterizaci zbarvení kosti využívat Munsellovu barevnou škálu.

Další možností se jeví sledování mikromorfologie kostí a zubů (např. SHIPMAN et al. 1984) a také použití fyzikálních metod, jako jsou IR-spektrometrie, termická analýza a rentgenová difrakční analýza (např. FOJTÍK – HLOŽEK 2002). Jejich využití k charakterizaci teplotních změn kostní tkáně však považují někteří autoři (STINER et al. 1995) pro archeologický materiál za nepřilíš vhodné. Naopak jako užitečná metoda se jeví elektronová mikroskopie (SHIPMAN et al. 1984).

Sledováním zeleného zbarvení a natavených zbytků skla a bronzu na různých partiích skeletu lze odhadnout původní rozložení artefaktů na těle (KÜHL 1987; MCKINLEY 1994a). Natavené zbytky bronzu zjistila I. KÜHL (1987) pouze na kostech přepálených do běla. Malý průřez natavených částic kovu svědčí o tom, že bronz byl už v roztaveném stavu. Totéž dokládá výskyt dokládá bronzu na okrajích lomu kostí nebo na jejich vnitřní straně.

5.2.5. Poloha těla při spalování

Odhad původní polohy mrtvého např. na kremační hranici, jak již bylo uvedeno, lze, alespoň podle některých autorů (WELLS 1960; HERRMANN 1972a; WINKLER 1992), zjistit na archeologickém materiálu sledováním rozdílů v přepálení jednotlivých některých kostí skeletu, především kosti týlní, obratlů a lopatek. Nedostatečné spálení té které části skeletu je důsledkem omezeného přístupu kyslíku ke kosti během spalování díky specifickému uložení pozůstatků.

Na lužické nekropoli v Biernatkach (pow. Śrem) bylo u dospělých jedinců v řadě případů možno pozorovat silnější přepálení kostí buď levé nebo pravé, přední nebo zadní strany těla. Tato strana těla musela být nejsilněji vystavena působení ohně hořící hranice (MALINOWSKI – JÓZWIAK-MALINOWSKA 1963). Analogickou závislost stupně spálení na uložení mrtvol v kremační peci konstatovali pro moderní kremace M. DOKLÁDAL (1999, 51) a C. WELLS (1960).

Analýzy spálených kostí z různých archeologických lokalit ovšem ukazují, že v jednotlivých hrobech s různou frekvencí

vystupují zuhelnatělé kostní fragmenty pocházející z různých partií skeletu. Objevily se případy, kdy byly některé hrudní obratle zcela přepálené, zatímco jiné pouze zuhelnatělé, a podobným způsobem byly spálené také další části skeletu, např. lebka, pánev či dlouhé kosti. To je hlavní důvod, proč jsou někteří autoři (např. PIONTEK 1976) k podobným interpretacím skeptičtí. M. DOKLÁDAL (1999, 51) soudí, že takové rozdíly v zachovalosti mezi kostmi téhož jedince připadají v úvahu hlavně u kremací s teplotou spalování nižší než 500 °C, kdy nebývalo dosahováno ve všech částech kostí stejnoměrné teploty. Obdobné rozdíly ve stupni přepálení pozůstatků téhož jedince jsou známy také z forenzní praxe, kde ukazují na spalování skeletu společně s měkkými tkáněmi na otevřeném ohni. Obecně vykazují pozůstatky spalované s měkkými tkáněmi větší variabilitu projevů působení ohně než spalované suché kosti (UBELAKER 1991).

Určitým východiskem při hodnocení žárového ritu snad může být vyhodnocení údajů o zachovalosti a stupni přepálení kostí na velkých sériích žárových hrobů (FOJTÍK 2003). To umožňuje odstranit náhodné faktory, např. povětrnostní vlivy během kremace (STLOUKAL 1968). Velmi užitečné by mohlo být také využití multivariačních metod např. podobným způsobem, jaký použili M. SHANKS a Ch. TILLEY (1982) pro analýzu pozůstatků z osáří. Tafonomické studium žárových pozůstatků ovšem vyžaduje velmi detailní popis dochovaných kosterních zbytků, který však v současnosti nebývá zpravidla publikován. Většina posudků, akcentující především hledisko morfologické nebo paleodemografické, je pro tafonomické výzkumy jen velmi omezeně použitelná, protože obvykle neobsahuje detailní výčet a popis veškerého dochovaného materiálu. Vhodných publikovaných posudků je k dispozici velice málo a týkají se spíše ojedinelých hrobů (např. WINKLER 1992).

6. METODY PROSPEKCE, EXKAVACE A ODBĚRU VZORKŮ VE FORENZNÍ ARCHEOLOGII

Metody lokalizace a exkavace kosterních pozůstatků, propracované v moderní – především anglosaské – archeologii, mohou být často s úspěchem využity i ve forenzni praxi. Hlavní motivací je získání maxima informací o oběti i místě uložení pozůstatků, které mohou být často klíčové pro identifikaci oběti či usvědčení pachatele. Kromě lokalizace a exkavace pohřbených pozůstatků je náplní práce forezních archeologů též shromažďování pozůstatků rozptýlených na povrchu (např. z těl zanechaných na povrchu, rozrušených a roztahaných zvěř) (NAWROCKI 1996a).

6.1. LOKALIZACE HROBŮ

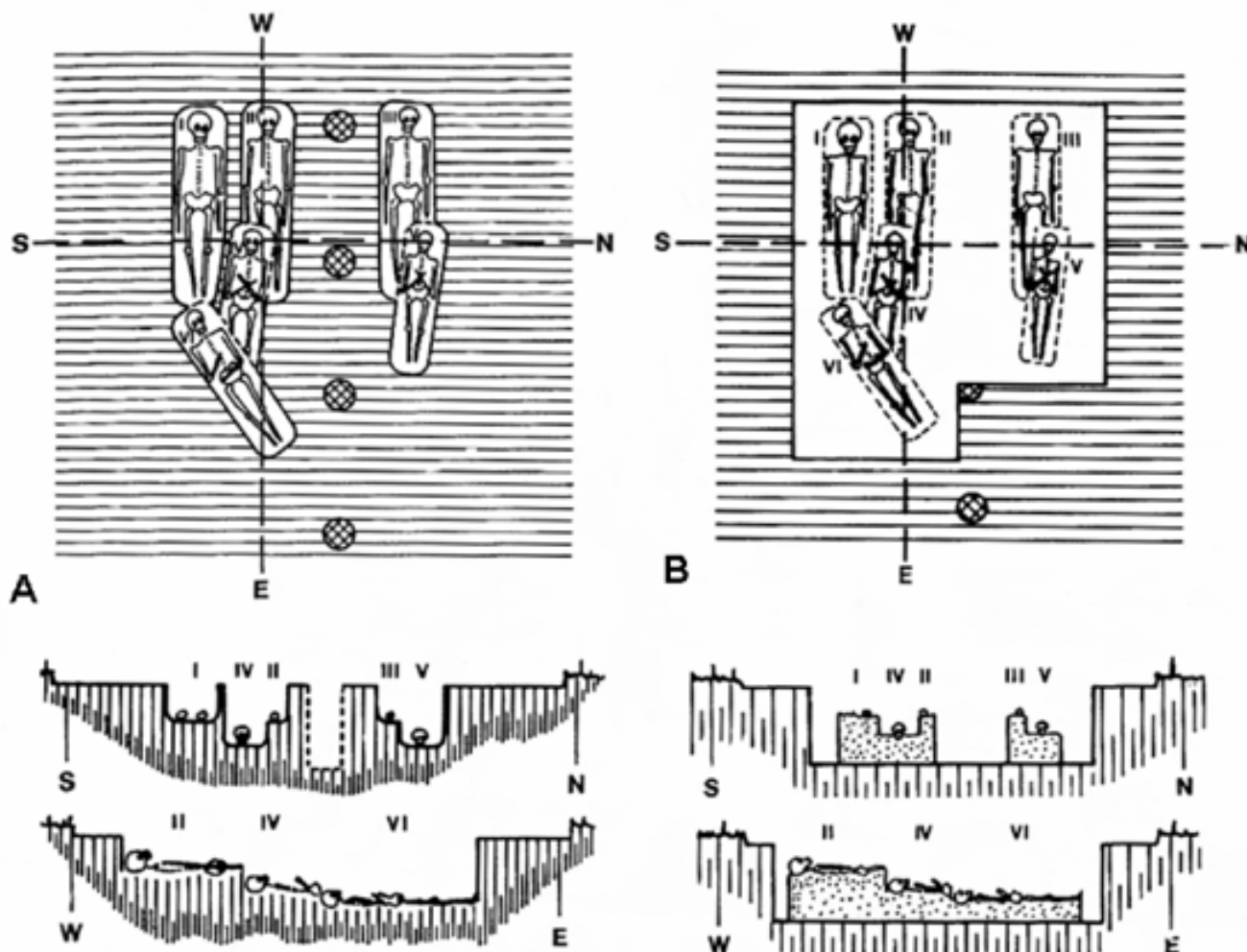
Většinu forezních nálezů tvoří náhodné nálezy pohřbených pozůstatků, bez předchozí informace, či podezření, o jejich při-

tomnosti. Pokud nejsou pozůstatky zcela přemístěny z místa původního uložení, je třeba využít archeologických postupů (BOYD 1979).

Často je k dispozici informace či domněnka, že se pohřbené tělo může nacházet v určité širší oblasti. V takovémto případě je třeba pozůstatky nejprve lokalizovat. K tomuto účelu je v kriminalistice využívána řada postupů (viz DAVENPORT et al. 1992), zčásti aplikovatelných a aplikovaných také v archeologii.

Letecké snímkování je v současnosti jednou z nejvyužívanějších metod archeologické prospekce, především pro pátrání na rozsáhlých plochách. Bývá využíváno také v kriminalistické praxi.

Geofyzikální metody. Ve forenzni a archeologické praxi se uplatňují metoda magnetometrická, elektroodporová a georadar (BUCK 2003). Ke geofyzikálním metodám lze počítat také použití detektorů kovů.



Obr. 17 Metody exkavace kosterních pozůstatků: A stratigrafická, B Møller-Christensenova (KUNTER 1988).

Magnetometrické metody: ve forenzní praxi při pátrání po pozůstatcích obětí zločinu (NOBES 2000), v archeologii byla použita např. při výzkumu pravěkých a středověkých pohřebišť (KŘIVÁNEK 1998, 191–194; HAŠEK – MĚŘÍNSKÝ 1991, 135–138) nebo nekropole z 18.–19. století v USA (KING et al. 1993).

Elektroodporové měření: v archeologii hledání pozůstatků morového hřbitova v Kielu (HESSBERG 1966) či lokalizace hrobů na novověkých nekropolích v USA (ELLWOOD 1990)

Georadar (Ground penetrating radar, GPR): ve forenzní praxi při pátrání po pozůstatcích obětí zločinu (NOBES 2000), výzkumu hřbitova z 18.–19. století v USA (KING et al. 1993), lokalizace pohřebišť obětí epidemie španělské chřipky (1918) v Norsku (DAVIS 2000).

Infračervené snímkování a termovize umožňují, na základě odlišných ztrát tepla mezi povrchem narušeného a nenarušeného sedimentu, identifikovat zásahy do terénu. Může také zachytit teplo vznikající při rozkladu mrtvol. Termovize nebo infračervené snímkování se také využívá v kombinaci s leteckou prospekcií.

Speciálně vycvičení *psi*, schopní detekovat rozkladné produkty těla, dokážou zjistit pohřbené lidské pozůstatky i po 170 letech od uložení. Kromě pohřbů mohou být psi využiti i při hledání pozůstatků těla, rozptýlených na větší geografické rozloze (KOMAR 1999). Nověji lze k detekci plyných zplodin rozkladu využít také metod *laserové spektroskopie* (RUFFELL 2002).

Poměrně účinným nástrojem při hledání lidských pozůstatků na malých rozlohách je pedologická vzorkovací tyč. Při jejímž použití sice hrozí možnost poškození pozůstatků či hrobové výbavy, umožňuje však aplikaci chemických metod (OWSLEY 1995). Pro stanovení fosfátu byly také vypracovány postupy, umožňující provedení analýzy přímo v terénu (ROTTLANDER 1970; EIDT 1977; KLAMM et al. 1998).

Ve forenzní praxi je při pátrání po ukrytých pozůstatcích nutno sledovat ještě další indikátory (NAWROCKI 1996a):

1. Narušený půdní povrch s odlišnou texturou, hustotou a/ nebo zbarvením než okolní půda. Ke sledování těchto změn lze využít i pedologickou vzorkovací tyč.

2. Terénní deprese.

3. Kumulace hlíny, kamení, vegetace nebo kletí. Větve mohou vykazovat stopy po řezání.

4. Omezené plochy s neobvyklým růstem rostlin, v rozmezí od totální absence rostlinstva až po hojnou čerstvě narostlou vegetaci, vyšší a zelenější než okolní porost. V některých případech se mohou projevit i rozdíly v druhové skladbě. Vegetační příznaky umožňují identifikovat zásah do původního ekosystému i po několika letech.

5. Částečně pohřbené oblečení, plachty nebo koberce, případně výskyt jiných artefaktů. Občas lze najít také části kostry, které byly vyhrabány zvěři (psi, lišky, divoká prasata).

6.2. EXKAVACE

Povrch terénu by měl být pečlivě začištěn tak, aby bylo možno vidět obrysy hrobové jámy a poté je zdokumentovat. Extrémní péči je třeba věnovat zachování přesných kontur hrobové jámy a polohy neporušených pozůstatků zvláště, pokud byla část pohřbu při objevu poškozena (BOYD 1979). Ve většině případů

bývá nejprve odkryta lebka (BASS – BIRKBY 1978; KUNTER 1988). K odhadu polohy skeletu je následně nutné najít další „body“ na skeletu, např. kolenní či loketní kloub, pánev, apod. je však nutno odstranit co nejméně hlíny za skeletu, aby nedošlo k jeho poškození. Následné odkrytí skeletu se provádí od kraniální části ke kaudální: nejprve se začistí centrální část kostry (hrudník, břišní a pánevní oblast), aby se zamezilo zanášení hlínou již odkrytých partií. Při preparaci končetin se postupuje od proximální části k distální. Kostí nohy a ruky se začišťují naposled.

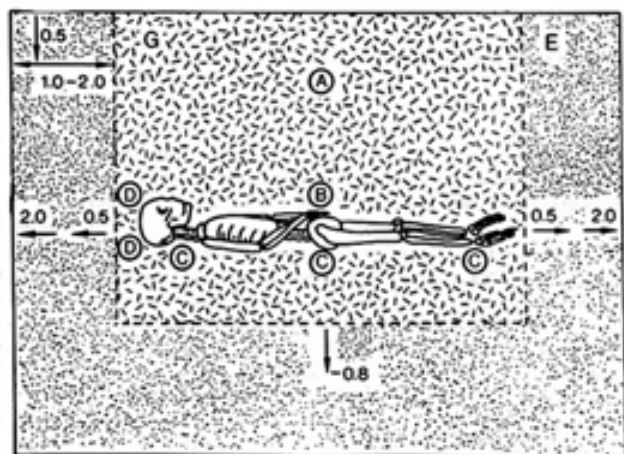
Při klasické stratigrafické metodě (Obr. 17 A) je hrobová výplň postupně odstraňována po umělých vrstvách – plánech (KUNTER 1988; SPENNEMANN – FRANKE 1995). Pro exhumace pozůstatků na hřbitovech doporučují D. H. R. SPENNEMANN a B. FRANKE (1995) tloušťku umělé vrstvy cca 0,45 cm, pro náhodné nálezy 4–6 palců (BOYD 1979). Pro pravěké hroby doporučuje M. KUNTER (1988) tloušťku umělé vrstvy 10–20 cm, P. RATHZ (1996) tloušťku 7,5 cm. Pomalá a pečlivá exkavace tohoto materiálu může odhalit na stěnách jámy stopy po nástroji, původně použitému k vyhloubení jámy – např. zakřivenou či rovnou čepel (BOYD 1979), případně další stopy, např. otisky bot. Výhody stratigrafické metody jsou lepší zachování hrobového kontextu in situ a lepší kontrola exkavačního procesu; metoda také umožňuje lepší porozumění procesu tvorby hrobu. Její hlavní nevýhodou je omezený přístup k pozůstatkům (TULLER – ĐURIĆ 2006).

V některých případech se po odkrytí skeletů odstraňuje rostlý terén kolem hrobové výplně (Møler-Christensenova metoda) (Obr. 17 B). Kostry tak zůstávají na bloku zeminy a je tak umožněna pečlivá preparace pozůstatků; metoda je ovšem časově dosti náročná a její užití může způsobit ztrátu některých kulturně-historických informací, např. o konstrukci hrobu. Výhodou této metody je lepší přístup k tělu (tělům) a snadnější pořizování dokumentace, nevýhodou je nedostatečná dokumentace stěn hrobové jámy (dochovávají se jen v mapové formě, nelze provést její fotografickou dokumentaci, nelze zachytit stopy nástrojů na stěnách (TULLER – ĐURIĆ 2006).

Při preparaci určitých partií kostry je třeba věnovat zvýšenou pozornost také nálezům ojedinělých reliktů skeletu, měkkých částí a patologických změn (HERRMANN et al. 1990, 26–28) (Tab. 15).

Významné jsou i nálezy součástí oděvu a ozdob. Korálky a šperky se nejčastěji nacházejí v oblasti hlavy, krku a hrudníku, náramky, resp. prsteny na zápěstí, resp. prstních člancích. Součásti oděvu lze často najít v pánevní oblasti. Vhodné je sledovat též skvrny po kovových předmětech na kostech (BASS – BIRKBY 1978). Totálně zkorodované železné předměty, např. hřebíky z rakve, lze zjistit přímo v průběhu exkavace hrobu měřením magnetické susceptibilitity hrobové výplně (KŘIVÁNEK 1998, 191–192).

V případech, kdy se předpokládá využití chemické analýzy kostí, je nezbytný odběr vzorků půdy. Pro archeologický materiál lze využít schéma navržené B. HERRMANEM et al. (1990, 28) (Obr.18). Odebírají se vzorky z oblasti nad tělem (A), oblasti bezprostředně nad skeletem a z oblastí mezi jednotlivými částmi skeletu (B), z oblasti bezprostředně pod skeletem (C), z oblasti pod a nad lebkou (D). Kontrolní vzorky se odebírají (ve smyslu vyznačených šipek) z okolního podloží (E). V některých případech je vhodné odebrat vzorky sedimentu z těsné blízkosti kostí (zejména dlouhých); pokud se zachovala



Obr. 18. Schéma odběru půdních vzorků (HERRMANN et al. 1990).

rakev nebo její zbytky, je třeba také odebrat vzorky sedimentu uvnitř i vně rakve (VAN DER VOORT 1982).

Poněkud speciálnější metodiku vyžaduje odběr vzorků při exhumaci za účelem toxikologického vyšetření (MUELLER 1975, 716–718). Při odběru vzorků je nezbytné předcházet jejich kontaminaci (zvláště v případě vzorků určených pro analýzu DNA nebo ^{14}C). V případě špatně zachovaných kostí je nezbytné vzorky kostí odebrat ještě před vlastní konzervací skeletu.

V případě prázdných hrobových jam (kenotafy, hroby se zcela rozloženými skelety) se odebírají vzorky ve čtvercové síti – optimální je rozměr 5 x 5 cm (ROTTLÄNDER 1970) z posledního plána nade dnem (ERNÉE 2000; TUREK – MAJER 1999). Vzorky lze také odebírat z profilu (případně ze vzorku půdy z pedologické vzorkovací tyče) z přirozených vrstev nebo umělých vrstev tloušťky 2–6 cm (NÚNEZ 1975). Doporučuje se stejným způsobem (nebo použitím pedologické vzorkovací tyče) provést hloubkové profilování fosfátu i v rostlém terénu, který nebyl porušen při hloubení hrobové jámy (VAN DER VOORT 1982).

Odběr vzorků půdy je nezbytný také pro paleobotanické, paleozoologické a parazitologické vyšetření (Obr. 19):

Tab. 15 Drobné relikty lidských pozůstatků (HERRMANN et al. 1990).

Oblast	Relikt	Vzhled
Lebka	Vlasy	
	Zbytky mozku	Hnědá až černá barva, velikosti pěsti, zvrásněný povrch, v lebce; lze snadno zaměnit za sediment
Krk (obratle 3–4)	Jazylka	
Obratle 4–6	Osifikovaná štítná chrupavka	Tenkostěnný, porézní útvar fragilní, osifikované jen okrajové partie
Hrudník	Osifikovaná tuberkulózní ložiska	Subklavikulárně uložené, dutá tělíska až velikosti ořechu, z nepravidelných, zesíťovaných trabekul
	Osifikované žeberní chrupavky	Mediánně uložené, úzce proužkované, kostěné útvary s vrásčitým povrchem a nepravidelným ohraničením, příležitostně s perforací
	Osifikovaná pohrudnice (“Panzerpleura”)	Až centimetr tlustá, protáhlá, až velikosti dlaně ploténka nepravidelného okraje
	Cysty echinokoka	Útvary až velikosti lískového ořechu, pokryté silnou vápenatou krustou
Bederní oblast (Th12–L3)	Ledvinové kameny	Štěrk nebo kompaktní kus pevné konzistence, členitý, až velikosti vejce
Velká a malá pánev	Fetální kosti	
Malá pánev	Ledvinové kameny	Štěrk nebo kompaktní kus pevné konzistence, velikost až vlašského ořechu
	Chlupy ohanbí	
Volné končetiny, zejména klouby	Osifikované paraosální hematomy	Porézní až kompaktní osifikace
	Paraosální, zejména paraartikulární, kalcifikace jako důsledek paraplegie	Ploché, nad hlavici kosti zaoblené osifikace nepravidelného povrchu

1. kontrolní vzorek sedimentu z těsného kontaktu s kostí (horní nebo dolní končetiny) pro pylovou analýzu (30 cm³)
2. kontrolní vzorek výplně hrobové jámy (30 cm³) pro pylovou analýzu
3. vzorek sedimentu z těsného kontaktu s křížovou kostí (1–2 cm nad kostí) a z výplně foramina sacralia pro pylovou analýzu
4. vzorek sedimentu z těsného kontaktu ala ossis ilii pro pylovou analýzu
5. vzorek sedimentu výplně nosní dutiny lebky pro pylovou analýzu
6. vzorek z pánevní oblasti nad 3. bederním obratlem pro analýzu makrozbytků
7. kontrolní vzorek hrobové výplně pro analýzu makrozbytků (2 litry)

Pyly ze vzorků sedimentu z oblasti pánve reprezentují původní obsah trávicího traktu (BERG 2002; REINHARD et al. 1992). Vzorkovací schéma na obr. 20 lze využít také v archeoparazitologickém vzorkování (REINHARD et al. 1992). Vzorky sedimentu z nosní dutiny jsou nezbytné pro odhad ročního období úmrtí jedince (SZIBOR et al. 1998). Puparia much, použitelná k témuž účelu, lze najít hlavně na povrchu kostí, zejm. lebky, v lebečních dutinách (např. očníce, nosní dutina), v míšním kanálu a v místě dutiny břišní (GILBERT – BASS 1968; HERRMANN et al. 1990, 25).

Během exkavace bývají v hrobové výplni zjišťovány makroskopické pozůstatky rostlin (vzorky z pánevní oblasti reprezentují obsah trávicího ústrojí), hmyzu a drobných obratlovců a zbytky dřeva.

V neposlední řadě je nezbytné odebrat vzorky půdy z vrstev výplně i z podloží pro pedologickou charakteristiku. Vzorkování se provádí jak před exkavací pomocí pedologické vzorkovací tyče, tak následně během exkavace.

Vykopanou zeminu je nutno prosívat, nejlépe přes síta: ¼ palce mesh (BOYD 1979; NAWROCKI 1996b).

6.3. DESKRIPTACE A DOKUMENTACE

Ještě před vlastní exkavací je třeba rozměřit zkoumanou plochu do čtvercové sítě (doporučuje se 3 x 3 m; NAWROCKI 1996b) a provést fotografickou a kresebnou dokumentaci místa nálezu, včetně fotografií z výšky a z různých úhlů.

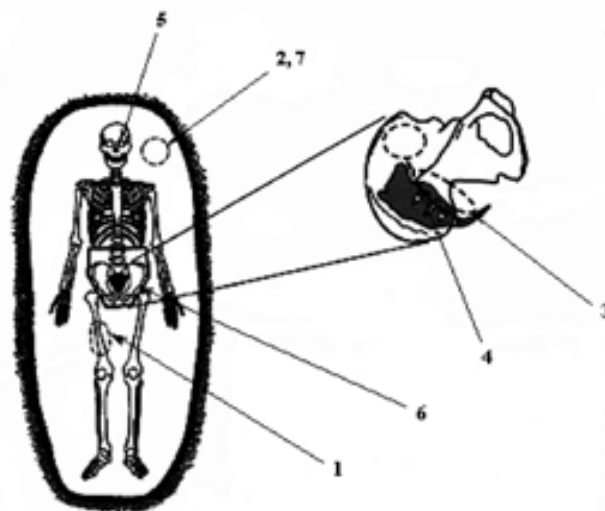
Každou fázi exhumace je nutno detailně dokumentovat. Kresebná dokumentace se provádí v měřítku 1:10 (KUNTER 1988). Doporučuje se kresebně i fotograficky dokumentovat různé fáze odkryvu hrobu, nejlépe každé planum a profily hrobové výplně (zpravidla příčný profil ve střední části hrobové jámy). Zbarvení, texturu, strukturu a další vlastnosti přirozených vrstev hrobové výplně je nutno zdokumentovat způsobem běžným v archeologické pedologii (viz. KAMPFMEYER 1986; REED et al. 2000). Kromě toho se doporučuje charakterizovat stratigrafii rostlého terénu v místech neporušených výkopem hrobové jámy (NAWROCKI 1996a). K rozlišení nezřetelných stratigrafických vrstev či obrysů hrobové jámy lze využít infračervené snímkování (REICHSTEIN 1974; WENDEL – HAMANN 1983).

Sledují se rozměry hrobové jámy, rakve (pokud se zachovala) a orientace hrobové jámy a skeletu. Pro unifikovanou deskripci je vhodné použití různých druhů formulářů. Nezbytné je dokumentovat i stopy druhotných zásahů (vykrádání hrobů, činnost živočichů), rakev a její součásti, milodary vně a uvnitř

rakve, součásti oděvu a šperky vzhledem k poloze jednotlivých částí skeletu. Sleduje se také dekompozice těla – stav zachování jednotlivých typů tkání (kůže, vlasy, nehty, svalstvo, vazivo, chrupavky, zuby, kosti) a anatomických skupin (hlava a krk, ramenní pletenec a loket, předloktí, dolní končetiny, ruce, záda, pánevní pletenec a stehno, bérce, nohy) a artikulace jednotlivých součástí skeletu (SPENNEMANN – FRANKE 1995). K dokumentaci hrobových nálezů lze rovněž využít fluorescenční kosterních pozůstatků v UV světle, kterou je možno přímo v terénu fotograficky zachytit. Metodu je možné použít k „zviditelnění“ špatně zachovaných skeletů (RITCHIE – PUGH 1963) i „siluet“ (BRONGERS 1965–1966).

Na skeletu je ještě v terénu vhodné provést některá měření, jako jsou šířka mezi acromiony, největší vzdálenost mezi hřebeny pánevních kostí, délka páteřního sloupce, výška meziobratlových mezer (HERRMANN et al. 1990, 36). Výhodné je také přímo v terénu měřit délky dlouhých kostí, zvláště, jedná-li se o pozůstatky, které již podlehly mírné dekompozici (stupně 2 a 3 podle klasifikace GORDON – BUIKSTRA 1981) a jejichž délku nelze po rozpadu epifýz již určit. Hodnotu délky těla lze pro skelety v natažené poloze také odhadnout přímo v terénu jako vzdálenost mezi vertexem (nejvyšším místem na klenbě temenních kostí) a nejspodnějším místem (hrbolem) na kosti patní (KURTH 1953; HERRMANN et al. 1990, 36). Tuto metodu měření použili např. V. HRUBÝ (1955, 369) nebo D. FROLÍKOVÁ-KALISZOVÁ (1999). Délku natažené kostry v hrobě lze také velmi zhruba aproximovat vypočtenou výškou těla a naopak: diference mezi výškou postavy a délkou těla je do určité míry eliminována absencí měkkých tkání u archeologických skeletů (KURTH 1953).

Někteří autoři (HERRMANN et al. 1990; ČECH – ČERNÝ 1996; DUDAY 2005) doporučují provádět také nivelaci jednotlivých částí skeletu a součástí hrobové výbavy (postupy viz. např. HERRMANN et al. 1990, 39–40; HYNIE – NOVOTNÝ 1955). Na kostře se nivelují nejvyšší bod lebky, klíční kosti, sternum, oba acromiony, bederní obratle, spina iliaca anterior superior obou kyčelních kostí, tuberculum pubicum obou kostí



Obr. 19. Schéma paleobotanického vzorkování hrobů se skelety v dorsálním dekubitu (BERG 2002, upraveno a doplněno).

stydých, hřbet/ploska obou rukou/nohou, pravé a levé střední žebro, distální a proximální konce všech dlouhých kostí.

6.4. VYZVEDNUTÍ POZŮSTATKŮ

Žádná kost či artefakt by neměly být odebrány, dokud není pečlivě odkryt a zdokumentován celý hrob. Po vyzdvižení pozůstatků je hrob třeba znovu nafotografovat a půda pod tělem by měla být pečlivě prozkoumána, vhodné je užití detektoru kovů (BASS – BIRKBY 1978).

Metody vyzvednutí, uložení, transportu a konzervace kosterních pozůstatků jsou podrobně popsány v antropologické literatuře (UBELAKER 1978; HERRMANN et al. 1990; DOKLÁDAL 1999). Ve speciálních případech je možné použít metodu vyzvednutí pozůstatků *in situ* zalitím do sádry (MOUCHA 1958; UBELAKER 1978, 36–39; HERRMANN et al. 1990, 43–45, 265–266). Průzkum takto vyzvednutého hrobového celku je možno provádět také nedestruktivními metodami, např. rentgenem nebo počítačovou tomografií (HERRMANN et al. 1990, 207–213; CCHEM et al. 2004).

7. LITERATURA

- ARAI, H. 1990: The environmental analysis of archaeological sites, *Trends in Analytical Chemistry* 9, 213–216.
- ATURALIYA, S. – LUKASEWYCZ, A. 1999: Experimental forensic and bioanthropological aspects of soft tissue taphonomy: 1. Factors influencing postmortem tissue desiccation rate, *Journal of Forensic Sciences* 44, 893–896.
- BADA, J. L. – HERRMANN, B. – PAYAN, I. L. – MANN, E. H. 1989: Amino acid racemization in bone and the boiling of the German Emperor Lothar I, *Applied Geochemistry* 4, 325–327.
- BACHMAN, C. H. – ELLIS, E. H. 1965: Fluorescence of bone, *Nature* 206, 1328–1331.
- BACHMEŤJEV, V. I. 1990: Razrušenije dlinnoj trubčatoj kosti pri kombinirovannom mehaničeskom i termičeskom vozdejsťvijach, *Suděbno-medicinskaja ekspertiza* 31 (1), 19–20.
- BARKER, H. 1950: Unusual phosphatic material in the Sutton Hoo ship burial, *Nature* 166, 348.
- BARTLETT, R. J. – JAMES, B. R. 1995: System for categorizing soil redox status by chemical field testing, *Geoderma* 68, 211–218.
- BASS, W. M. – BIRKBY, W. H. 1978: Exhumation: the method could make the difference, *FBI Law Enforcement Bulletin* 47, 6–11.
- BASSETT, E. J., KEITH, M. S., ARMELAGOS, G. J., MARTIN D. L., VILLANUEVA A. R. 1980: Tetracycline-labelled human bone from ancient Sudanese Nubia (A.D. 350), *Science* 209, 1532–1534.
- BEARD, L. – HILLIARD, J. – AKRIDGE, G. 2000: Historical and chemical traces of an Ozark cemetery for enslaved African-Americans: a study of silhouette burials in Benton County, Arkansas, *North American Archaeologist*, 21, 323–349.
- BEHRENSMEYER, A. K. 1978: Taphonomic and ecologic information from bone weathering, *Paleobiology* 4, 150–162.
- BEILNER, T. – GRUPE, G. 1996: Beraubungsspuren auf menschlichen Skelettfunden des merowingerzeitlichen Reihengräberfeldes von Wenigumstadt (Ldkr. Aschaffenburg), *Archäologisches Korrespondenzblatt* 26, 213–217.
- BELL, L. S. – SKINNER, M. F. – JONES, S. J. 1996: The speed of post mortem change to the human skeleton and its taphonomic significance, *Forensic Science International* 82, 129–140.
- BENECKE, M. 1998: Spontaneous human combustion. Thoughts of a forensic biologist, *Skeptical Inquirer* 22, 47–51.
- BERG, S. 1982: Die Bedeutung der Rechtsmedizin für die Archäologie, *Beiträge zur gerichtlichen Medizin* 40, 287–296.
- BETHELL, P. H. – CARVER, M. O. H. 1987: Detection and enhancement of decayed inhumations at Sutton Hoo, In: Boddington, A. – Garland, A. N. – Janaway, R. C. (ed.): *Death, Decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science*, 10–21. Manchester.
- BETHELL, P. H. 1989: Chemical analysis of shadow burials, In: Roberts, Ch. A. – Lee, F. – Bintliff, J. (ed.): *Burial Archaeology: Current Research, Methods and Developments*, BAR British Series 211, 205–213. Oxford.
- BODDINGTON, A. 1987: Chaos, disturbance and decay in an Anglo-Saxon cemetery, In: Boddington, A. – Garland, A. N. – Janaway, R. C. (ed.): *Death, Decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science*, 27–42. Manchester.
- BÖHM, J. 1941: *Kronika objeveného věku*, Praha.
- BOHNERT, M. – ROST, T. – FALLER-MARQUARDT, M. – ROPOHL, D. – POLLAK, S. 1997: Fractures of the base of the skull in charred bodies – post-mortem heat injuries or signs of mechanical traumatism? *Forensic Science International* 87, 55–62.
- BOHNERT, M. – ROST, T. – POLLAK, S. 1998: The degree of destruction of human bodies in relation to the duration of fire, *Forensic Science International* 95, 11–21.
- BORKOVSKÝ, I. 1948: Pohřebiště obchodníků z doby knížecí v Praze I, *Slavia Antiqua* 1, 460–484.
- BORKOVSKÝ, I. 1961: Hrob čís. 12 z pohřebiště v Bartolomějské ulici v Praze I, *Sborník Československé společnosti archeologické při ČSAV* 1, 11–15.
- BORKOVSKÝ, I. 1975: Svatojiřská bazilika a klášter na Pražském hradě, *Monumenta archaeologica XVIII*. Praha.
- BOYD, R. M. 1979: Buried body cases, *FBI Law Enforcement Bulletin* 48, 1–7.
- BRAIN, C. K. – SILLEN, A. 1988: Evidence from the Swartkrans cave for the earliest use of fire, *Nature* 336, 464–466.
- BREUNING-MADSEN, H. – HOLST, M. K. – RASMUSSEN, M. – ELBERLING, B. 2003: Preservation within log coffins before and after barrow construction, *Journal of Archaeological Science* 30, 343–350.
- BRONGERS, J. A. 1965–66: Ultraviolet fluorescence photography of a soil silhouette of an interred corpse, *Berichten van de Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek* 15–16, 227–228.
- BROTHWELL, D. 1987: Decay and disorder in the York Jew-bury skeletons, In: Boddington, A. – Garland, A. N. – Janaway, R. C. (ed.): *Death, Decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science*, 22–26. Manchester.
- BROŽEK, J. 1965: Human body composition: models, methods, application, *Anthropologie* 3, 3–19.
- BUCK, S. C. 2003: Searching for graves using geophysical technology: field tests with ground penetrating radar, magnetometry and electrical resistivity, *Journal of Forensic Science* 48, 5–11.

- BUDINSKÝ-KRIČKA, V. – TOČÍK, A. 1991: Šebastovce. Gräberfeld aus der Zeit der awarischen Reiches. Katalog. Nitra.
- BURIAN, V. 1992: Osudy tělesných pozůstatků olomouckého biskupa Františka kardinála z Ditrichštejna, *Vlastivědný věstník moravský* 44, 330–343.
- CCHEM, R. K. – VENKATESH, S. K. – WANG, S.-CH. – WONG, K.-M. – RÜHLI, F. J. – SIEW, E. P. Y. – LATINIS, K. – POTTIER, CH. 2004: Multislice computed tomography of two 2000-year-old skeletons in a soil matrix from Angkor, Cambodia, *Canadian Association of Radiologists Journal* 55, 235–241.
- CENGEL, P. 2000: Vplyv dlhých období na zmeny v materiáloch. In: *Trendy technického vzdelávania 2000*, 108–111. Olomouc.
- COX, M. – BELL, L. 1999: Recovery of human skeletal elements from a recent UK murder inquiry: preservational signatures, *Journal of Forensic Sciences* 44, 945–950.
- CROWTHER, J. 2002: The experimental earthwork at Wareham, Dorset after 33 years: retention and leaching of phosphate released in the decomposition of buried bone, *Journal of Archaeological Science* 29, 405–411.
- CZARNETZKI, A. – ROTTLÄNDER, R. 1973: Archäochemische Untersuchung von Farbspuren an Knochen, *Archäologisches Korrespondenzblatt* 3, 379.
- ČECH, P. – ČERNÝ, V. 1996: Nové možnosti studia pohřebního ritu na příkladu únětických hrobů z Konobříží, okr. Most, *Archeologické rozhledy* 47, 35–55.
- ČERNÝ, V. 1994: Výpovědní hodnota epipaleolitických souborů Taforalt a Afalou-bou-Rhummel z hlediska paleoepidemiologie. In: Novotný, V. – Drozdová, E. (Ed.): *Současná česká antropologie*, 97–102. Brno.
- ČERNÝ, V. 1995: Význam tafonomických procesů při studiu pohřebního ritu, *Archeologické rozhledy* 47, 301–313.
- ČIHÁK, R. 1987: *Anatomie I*. Praha.
- ČIŽMÁŘ, M. – GEISLER, M. 1991: Nová archeologická svědectví o bitvě u Slavkova, *Vlastivědný věstník moravský* 43, 10–15.
- ČIŽMÁŘ, M. – GEISLEROVÁ, K. – RAKOVSKÝ, I. 1985: Pohřebiště z doby stěhování národů ve Strachotíně, *Památky archeologické* 76, 285–307.
- DAVENPORT, G. C. – FRANCE, D. L. – GRIFFIN, T. J. – SWANBURG, J. G. – LINDEMANN, J. W. – TRANUNELL, V. – ARMBRUST, C. T. – KONDRATEIFF, B. – NELSON, A. – CASTELLANO, K. – HOPKINS, D. 1992: A multidisciplinary approach to the detection of clandestine graves, *Journal of Forensic Sciences* 37, 1445–14458.
- DAVIES, G. R. – POLLARD, A. M. 1988: Organic residues in an Anglo-Saxon grave, In: Slater, E. A. – Tate, J. O. (ed.): *Science and Archaeology Glasgow 1987*, British Archaeological Reports (British Series) 196, 391 – 402. Oxford.
- DAVIS, J. L. – HEGINBOTTOM, J. A. – ANNAN, A. P. – DANIELS, R. S. – BERDAL, B. P. – BERGAN, T. – DUNCAN, K. E. – LEWIN, P. K. – OXFORD, J. S. – ROBERTS, N. – SKEHEL, J. J. – SMITH, CH. R. 2000: Ground penetrating radar surveys to locate 1918 Spanish flu victims in permafrost, *Journal of Forensic Sciences* 45, 68–76.
- DE HAAN, J. D. – NURBAKSH, S. 2001: Sustained combustion of an animal carcass and its implications for the consumption of human bodies in fire, *Journal of Forensic Sciences* 46, 1076–1081.
- DENT, B. B. – FORBES, S. L. – STUART, B. H. 2004: Review of human decomposition processes in soil, *Environmental Geology* 45, 576–585.
- DIECK, A. 1974: Postmortale Lageveränderungen in vor- und frühgeschichtlichen Gräbern, *Archäologisches Korrespondenzblatt* 4, 277–283.
- DOKLÁDAL, M. 1999: Morfologie spálených kostí. Význam pro identifikaci osob, *Sborník prací Lékařské fakulty* 113. Brno.
- DOSTÁL, B. 1962: Pravěké pohřebiště u Lanžhota na Moravě (únětické, laténské a slovanské hroby), *Sborník prací Filozofické fakulty brněnské university E* 7, 9–31.
- DRANCOURT, M. – ABOUDHARAM, G. – SIGNOLI, M. – DUTOUR, O. – RAOULT, D. 1998: Detection of 400-year-old *Yersinia pestis* DNA in human dental pulp: An approach to the diagnosis of ancient septicemia, *Proceedings of the National Academy of Science of the USA* 95, 12637–12640.
- DROZDOVÁ, E. – PETRÁSKOVÁ, J. 2001: Antropologický rozbor kosterních pozůstatků hraběte Josefa Františka Dietrichsteina a knížete Leopolda Ignáce Dietrichsteina, In: *Ve službách archeologie II. Přírodovědné metody v archeologii a antropologii*, 45–70. Brno.
- DUDAY, H. 2005 : L'archéothanatologie ou l'archéologie de la mort, In: Dutour, O. – Hublin, J.-J. – Vandermeersch, B. (Ed.): *Objets et méthodes en paléanthropologie*, 153–215. Paris.
- DUDAY, H. – COURTAUD, P. – CRUBEZY, E. – SELLIER, P. – TILLIER, A. M. 1990: L'anthropologie „de terrain“: reconnaissance et interprétation des gestes funéraires, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 2, 29–50.
- DVOŘÁK, J. 1998: Kosterní pozůstatky prvních Přemyslovců na Pražském hradě, In: *Ve službách archeologie. Sborník k 60. narozeninám RNDr. Vladimíra Haška, DrSc.*, 79–83. Brno.
- EIDT, R. C. 1977: Detection and examination of anthrosols by phosphate analysis, *Science* 197, 1327–1333.
- ELLWOOD, B. B. 1990: Electrical resistivity surveys in two historical cemeteries in Northeast Texas: a method for delineating unidentified burial shafts, *Historical Archaeology* 24, 91–98.
- ERNÉE, M. 2000: Hroby únětické kultury z Prahy 9 – Miškovice (Příspěvek k diskusi o smysluplnosti zkoumání “dalších” únětických hrobů), In: Čech, P. – Dobeš, M. (ed.): *Sborník Miroslavu Buchvaldkovi*, 71–76. Praha – Most.
- FARSWAN, Y. S. – NAUTIYAL, V. 1997: Investigation of phosphorus enrichment in the burial soil of Kumaun, Mid-Central India, *Journal of Archaeological Science* 24, 251–258.
- FETTER, V. 1963: Antropologická analýza spálených lidských pozůstatků, *Kriminalistický sborník* 7, 228–236.
- FIEDLER, S. – GRAW, M. 2003: Decomposition of buried corpses, with special reference to the formation of adipocere, *Naturwissenschaften* 90, 291–300.
- FILLEY, T. R. – BLANCHETTE, R. A. – SIMPSON, E. – FOGEL, M. L. 2001: Nitrogen cycling by wood decomposing

- soft-rot fungi in the „King Midas tomb“, Gordion, Turkey, *Proceedings of the National Academy of Science of the USA* 98, 13346–13350.
- FOJTÍK, P. 2003: Spálené lidské pozůstatky jako archeologický pramen. (K netradičním možnostem studia pohřebního ritu mladší a pozdní doby bronzové), Diplomová práce, ÚAM FFMU Brno.
- FOJTÍK, P. – HLOŽEK, M. 2002: Možnosti aplikace přírodovědných analýz při zkoumání kremačních pozůstatků z pravěkých hrobů a pohřebišť, *Archeologické rozhledy* 54, 700–704.
- FOJTÍK, P. – PROKEŠ, L. v tisku: Pohřby těhotných žen a fenomén posmrtného „porodu v rakvi“. Nález z Prostějova, Okružní ulice, v archeologických analogiích a medicínských souvislostech, *Pravěk NŘ* 14.
- FORBES, S. L. – STUART, B. H. – DENT, B. B. 2002: The identification of adipocere in grave soil, *Forensic Science International* 127, 225–230.
- FROLÍKOVÁ-KALISZOVÁ, D. 1999: Mladohradištní pohřebiště v Drahanovicích (okr. Olomouc), *Archeologické rozhledy* 60, 317–334.
- GANSWINDT, M. – EHRlich, E. – KLOSTERMANN, P. – TROIKE, W.-G. – SCHNEIDER, W. 2003: Bone finds: a challenge to forensic science, *Legal Medicine* 5, S382–S385.
- GILBERT, B. M. – BASS, W. M. 1967: Seasonal dating of burials from the presence of fly pupae, *American Antiquity* 32, 534–535.
- GLASSMAN, D. M. – CROW, R. M. 1996: Standardization model for describing the extent of burn injury to human remains, *Journal of Forensic Sciences* 41, 152–154.
- GORDON, C. C. – BUIKSTRA, J.E. 1981: Soil pH, bone preservation and sampling bias at mortuary sites, *American Antiquity* 46, 566–571.
- GRALLA, G. 1970: Zmumifikowane szczątki ludzkie z XVIII wieku ze Starej Dobrzyicy w powiecie łobeskim, *Przegląd Antropologiczny* 36, 205 – 214.
- GROMB, S. – LAVIGNE, X. – KERAUTRET, G. – GROSLE-
RON-GROS, N. – DABADIE, P. 2000: Spontaneous human combustion: a sometimes incomprehensible phenomenon, *Journal of Clinical Forensic Medicine* 7, 29–31.
- GRUPE, G. 1984: Verteilungsmuster von Skelettelementen in neolithischen Kollektivgräbern als Ergebnis natürlicher Dekompositionsphänomene, *Archäologisches Korrespondenzblatt* 14, 141–143.
- HACKETT, C. J. 1981: Microscopical focal destructions (tunnels) in exhumed human bones, *Medicine, Science and the Law* 21, 243–265.
- HAŠEK, V. – MĚŘÍNSKÝ, Z. 1991: Geofyzikální metody v archeologii na Moravě. Brno.
- HAWKINS, D. 1990: The Black Death and the new London cemeteries of 1348, *Antiquity* 64, 637–642.
- HENDERSON, J. 1987: Factors determining the state of preservation of human remains, In: Boddington, A. – Garland, A. N. – Janaway, R. C. (ed.): *Death, decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science*, 43–54. Manchester.
- HERRMANN, B. 1972a: Zur Lage des Leichnams auf dem Scheiterhaufen, *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie* 64, 80–89.
- HERRMANN, B. 1972b: Zur Beurteilung von Kohlenstoffverfärbungen bei Leichenbränden, *Ausgrabungen und Funde* 17, 275–277.
- HERRMANN, B. – NEWSELY, H. 1982: Dekompositionsvorgänge des Knochens unter langer Liegezeit. 1. Die mineralische Phase, *Anthropologischer Anzeiger* 40, 19–31.
- HERRMANN, B. – RÖTTING, H. 1986: Menschliche Skeletteile aus mittelalterlichen Kloaken, *Archäologisches Korrespondenzblatt* 16, 485–487.
- HERRMANN, B. – GRUPE, G. – HUMMEL, S. – PIEPENBRINK, H. – SCHUTKOWSKI, H. 1990: *Prähistorische Anthropologie. Leitfaden der Feld- und Labormethoden*. Berlin.
- HESSBERG, H. 1966: Über die Anwendbarkeit der Wiederstandskartierung zur Lokalisation von Skelettfunden, *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie* 57, 299–310.
- HILL, A. 1979: Butchery and natural disarticulation: an investigatory technique, *American Antiquity* 44, 739–744.
- HOMOLKA, J. 1971: *Klinická biochemie*. Praha.
- HOPKINS, D. W. – WILTSHIRE, P. E. J. – TURNER, B. D. 2000: Microbial characteristics of soils from graves: an investigation at the interface of soil microbiology and forensic science, *Applied Soil Ecology* 14, 283–288.
- HRUBÝ, V. 1955: Staré Město. Velkomoravské pohřebiště „Na Valách“, *Monumenta archaeologica* III. Praha.
- HRUBÝ, V. 1970: Slovanské pohřby na márách, *Sborník Národního muzea v Praze A* 24, 49–53.
- HUCHET, J.-B. 1996: L'archéontomologie funéraire: une approche originale dans l'interprétation des sépultures, *Bulletin et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 8, 299–311.
- HUNTER, J. R. 1994: Forensic archaeology in Britain, *Antiquity* 68, 758–769.
- HYNIE, K. – NOVOTNÝ, B. 1955: Zhotovení přesného vrstevnicového plánu objektů s malými výškovými rozdíly, *Archeologické rozhledy* 7, 521–524.
- CHOCHOL, J. 1954: Slovanská trepanace z Moravan u Pardubic, *Archeologické rozhledy* 6, 635–636, 647.
- CHOCHOL, J. 1956: Anthropologický rozbor lidských pozůstatků ze žárových hrobů, In: *Referáty o pracovních výsledcích československých archeologů za rok 1955*, 16–27. Liblice.
- CHOCHOL, J. 1967: Kostrové pozůstatky „vampyrů“ z Radomyšle, *Archeologické rozhledy* 19, 489–499.
- CHOCHOL, J. 1971: Antropologický posudek o tělesném pozůstatku ze Mceel, *Archeologické rozhledy* 23, 679–682.
- JACHAU, K. – KRAUSE, D. 2002: Späte Leichenerscheinungen, *Rechtsmedizin* 12, 175–186.
- JAKOB, H. 1955: Begräbnisstättenforschung und Phosphatmethode. An Beispiel eines karolingisches Reihengräberfeldes, *Homo* 6, 49–52.
- JANAWAY, R. C. 1987: The preservation of organic materials in association with metal artifacts deposited in inhumation graves, In: Boddington, A. – Garland, A. N. – Janaway, R. C. (ed.): *Death, decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science*, 127 – 148. Manchester.
- JÍLKOVÁ, E. 1958: Nejstarší a nejmladší horizont západočeské mohylové keramiky na pohřebišti v Plzni-Nové Hospodě, *Památky archeologické* 49, 312–347.

- JUNGWIRTH, J. – WINKLER, E.-M. 1979: Anthropologische Befund der Skelette von Cimburgis von Masowien, Margarete von Österreich und Herzog Leopold VI. aus den Fürstengräbern in Stift Lillienfeld, Niederösterreich, Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien 109, 9–19.
- KALTENBACH, A. 1970: Entomologischer Befund zu den postmortalen Veränderungen am neolithischen Skelett aus Grab 1 von Mauer bei Wien, Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien 100, 110.
- KAMENECKIJ, I. S. 1986: Kod dlja opisanija pogrebal'nogo obrjada (časť vtoraja), In: Archeologičeskie otkrytija na no-vostrojkach. Drevnosti severnogo Kavkaza (Materialy rabot Severokavkazskoj ekspedicii) 1, 136 – 194. Moskva.
- KAMPPFMEYER, U. 1986: Archäologie und bodenkundliche Dokumentation, Archäologische Informationen 9, 127–134.
- KIJEWSKI, H. – KIJEWSKI, S. 1975: Die Bedeutung der Tetracyclinfluorochromierung für die Identifizierung von Skelettfunden, Beiträge zur gerichtlichen Medizin 33, 264–268.
- KING, J. A. – BEVAN, B. W. – HURRY, R. J. 1993: The reliability of geophysical surveys at historic-period cemeteries: an example from the Plains cemetery, Mechanicsville, Maryland, Historical Archaeology 27, 4–16.
- KLAMM, M. – WEBER, T. – WUNDERLICH, CH.-H. 1998: Zur Phosphatmethode in der Archäologie – Reflektometrische Bestimmung von Phosphat auf archäologischen Grabungen, Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte 80, 305–323.
- KNOBLOCH, E. 1958: Lékařská kriminalistika. Praha.
- KOMAR, D. 1999: The use of cadaver dogs in locating scattered, scavenged human remains: preliminary field test results, Journal of Forensic Sciences 44, 405–408.
- KOON, H. E. C. – NICHOLSON, R. A. – COLLINS, M. J. 2003: A practical approach to the identification of low temperature heated bone using TEM, Journal of Archaeological Science 30, 1393–1399.
- KORENJAKO, V. A. 1984: K metodike izučeniya pogrebenij so skorčennymi skeletami, Sovetskaja archeologija 3, 5–17.
- KRAMER, W. – BUHMANN, D. 1979: Zwei merowingenzzeitliche Sonderbestattungen aus Südbaden, Archäologisches Korrespondenzblatt 9, 443–449.
- KRUŽA, T. 1946: Mineralogický výzkum Slovácka. Uh. hradišťský okres. Sborník velehradský 14, 41–53.
- KRUŽA, T. 1948: Hromadný nález brushitu na kostrách v kryté ivančického kostela, In: Zprávy ivančické farnosti (leden), reprint in: Minerál 4, 1996, 23–25.
- KŘIVÁNEK, R. 1998: Příklady využití geofyzikálních metod při průzkumu i výzkumu různých typů archeologických lokalit v Čechách, In: Ve službách archeologie. Sborník k 60. narozeninám RNDr. Vladimíra Haška, DrSc., 177–197. Brno.
- KUČERA, C. 1927: Pokusy o tlení kostí, Biologické spisy Vysoké školy zvěrolékařské VI/5. Brno.
- KUČKIN, V. A. 1967: Zachoroněnije Ivana Groznogo i ruskij pogrebal'nyj obrjad, Sovetskaja archeologija 1, 289–295.
- KÜHL, I. 1987: Der Informationswert von Bronzeoxydverfärbungen, Bronzeschmelzen und nichtmetallischen Schmelzrückständen aus meist laténezeitlichen Brandbestattungen, Acta praehistorica et archaeologica 19, 93–109.
- KUNTER, M. 1988: Bergung und Restauration von Skelettmaterial aus Körperbestattungen. In: Knußmann, R. (Ed.): Anthropologie. Handbuch der Vergleichenden Biologie des Menschen, Band I/1, 551–571. Berlin.
- KURTH, G. 1953: Grablängenmessung bei Gestrecktbestattungen als Ergänzung anthropometrischer Körperhöhenbestimmung, Germania 31, 1–7.
- LACROIX, A. 1897: Sur le minéral cristallisé formé dans un cercueil de plomb aux dépens d'un cadaver, Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences 124, 419–422.
- LEE, C. F. – OSCARSON, D. W. – CHEUNG, S. C. H. 1986: The preservation of a cadaver by a clay sealant: implications for the disposal of nuclear fuel waste, Nuclear and Chemical Waste Management 6, 65–69.
- LEONARDI, G. – MIGLAVACCA, M. – NARDI, S. 1999: Soil phosphorus analysis as an integrative tool for recognizing buried ancient ploughsoils, Journal of Archaeological Science 26, 343–352.
- LEONETTI, G. – SIGNOLI, M. – PELISSIER, A. L. – CHAMPSAUR, P. – HERSHKOWITZ, I. – BRUNET, CH. – DUTOUR, O. 1997: Evidence of pin implantation as a means of verifying death during the Great Plague of Marseilles (1722), Journal of Forensic Sciences 42, 744–748.
- LIČKA, M. 1971: Kostrový pohřeb v ůnětické sídlištní jámě ze Mcel (o. Nymburk). (Příspěvek k poznání pohřebního ritu ve starší době bronzové), Archeologické rozhledy 23, 669–679.
- LINFORD, N. T. 2004: Magnetic ghosts: mineral magnetic measurements on Roman and Anglo-Saxon graves, Archaeological Prospection 11, 167–180.
- LORENCOVÁ, A. – BENEŠ, J. – PODBORSKÝ, V. 1987: Těšetice – Kyjovice III. ůnětické pohřebiště v Těšeticích – Vinohradech. Brno.
- LÖTTERLE, J. – SCHMIERL, G. – SCHELLMANN, B. 1982: Einfluß der Bodenart auf die Leichendekomposition bei langen Liegezeiten, Beiträge zur gerichtlichen Medizin 40, 197–201.
- LUDIKOVSKÝ, K. – SNÁŠIL, R. 1974: Mladohradištní pohřebiště ve Velkých Hostěrádkách (o. Břeclav), Studie Archeologického ústavu ČSAV v Brně II/4. Praha.
- MALINOWSKI, A. 1965: Badania pochówków ciałałpalnych z cmentarzyska ludności okresu lateńskiego w Wichrowicach, pow. Włocławek, Fontes Archaeologici Posnaninenses 16, 126–138.
- MALINOWSKI, A. – JÓZWIAK-MALINOWSKA, A. 1963: Badania pochówków ciałałpalnych z cmentarzyska ludności łużyckiej Biernatkach, pow. Śrem, Fontes Archaeologici Posnaninenses 14, 112–127.
- MANN, R. W. – FEATHER, M. E. – TUMOSA, Ch. S. – HOLLAND, T. D. – SCHNEIDER, K. N. 1998: A blue encrustation found on skeletal remains of Americans missing in action in Vietnam, Forensic Science International 97, 79–86.
- MANT, A. K. 1987: Knowledge acquired from post-War exhumations. In: Boddington, A. – Garland, A. N. – Janaway, R. C. (ed.): Death, decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science, 65–78. Manchester.
- MAREŠOVÁ, K. 1983: Uherské Hradiště – Sady. Staroslovanské pohřebiště na Horních Kotvicích. Praha.

- MARCHENKO, M. I. 2001: Medicolegal relevance of cadaver entomofauna for the determination of the time since death, *Forensic Science International* 120, 89–109.
- MARLAR, R. A. – LEONARD, B. L. – BILLMAN, B. R. – LAMBERT, P. M. – MARLAR, J. E. 2000: Biochemical evidence of cannibalism at a prehistoric Puebloan site in Southwestern Colorado, *Nature* 407, 74–78.
- MASTROLORENZO, G. – PETRONE, P. P. – PAGANO, M. – INCORONATO, A. – BAXTER, P. J. – CANZANELLA, A. – FATTORE, L. 2001: Herculaneum victims of Vesuvius in AD 79, *Nature* 410, 769–770.
- MATIEGKA, J. 1919: Antropologický posudek o ostatcích ctih. Mlady, *Památky archeologické* 31, 104–106.
- MATIEGKA, J. 1934: O hnilobě kostí, *Anthropologie* 12, 220–225.
- MATIEGKA, J. – MALÝ, J. 1934: Tělesná povaha Albrechta z Valdštejna, vévody frýdlantského, a jeho první choti Lukrecie Nekšovy z Landeku, *Anthropologica IV*. Praha.
- MCKINLEY, J. I. 1994a: A pyre and grave goods in British cremation burials; have we missed something? *Antiquity* 68, 132–134.
- MCKINLEY, J. I. 1994b: Bone fragment size in British cremation Burials and its implications for pyre technology and ritual, *Journal of Archaeological Science* 21, 339–342.
- MĚŘÍNSKÝ, Z. 1985: Velkomoravské kostrové pohřebišťe ve Velkých Bílovicích. (K problematice venkovských pohřebišť 9.–10. stol. na Moravě), *Studie Archeologického ústavu ČSAV v Brně XII*. Praha.
- MĚŘÍNSKÝ, Z. – UNGER, J. 1990: Velkomoravské kostrové pohřebišťe u Morkůvek (okr. Břeclav). In: *Pravěké a slovan-ské osídlení Moravy*, 364–401. Brno.
- MOLIN, G. – SALVIULO, G. – GUERRIERO, P. 2002: A crystal-chemical study remains found in the tomb of Giuseppe Tartini (1692–1770), *Archaeometry* 44, 107–116.
- MOLLESON, T. 1981: The relative dating of bones from Quaternary chambered cairn, Orkney, *Antiquity* 55, 127–129.
- MOLLESON, T. – WILLIAMS, C. T. – CRESSEY, G. – DIN, V. K. 1998: Radiographically opaque bones from lead-lined coffins at Christ Church, Spitalfields, London – an extreme example of bone diagenesis, *Bulletin de la Societé Geologique de France* 169, 425–432.
- MONESTIER, M. 1998: *Historie trestu smrti*. Praha.
- MOUCHA, V. 1958: Vyjímání nálezů in situ v sádrových obalech, *Archeologické rozhledy* 10, 425–428.
- MUELLER, B. 1975: *Gerichtliche Medizin*. Berlin – Heidelberg – New York.
- MYERS, T. P. – VOORHIES, M. R. – CORNER, R. G. 1980: Spiral fractures and bone pseudotools at paleontological sites, *American Antiquity* 45, 483–490.
- NAWROCKI, S. P. 1996a: An Outline of Forensic Archaeology, In: <http://archlab.uindy.edu/Nawrocki1996b.html>
- NAWROCKI, S. P. 1996b: Forensic Archeology Protocol, In: <http://archlab.uindy.edu/Nawrocki1996d.html>
- NELSON, A. J. 1998: Wandering bones: archaeology, forensic science and Moche burial practice, *International Journal of Osteoarchaeology* 8, 192–212.
- NOBES, D. C. 2000: The search for “Yvonne”: a case example of the delineation of a grave using near-surface geophysical methods, *Journal of Forensic Sciences* 45, 715–721.
- NOVÁČEK, R. 1940: Brushit na kostech z vykopávek na Levém Hradci, *Věda přírodní* 20, 33–35.
- NOVOTNÝ, B. 1967: Výzvednutí pozůstatků maršála Raduita de Souches, obránce Brna proti Švédům, In: *Přehled výzkumů 1966*, 56–57. Brno.
- NÚÑEZ, M. 1975: Phosphorus determination of the graves of Kilteri in Vantaa, Southern Finland, *Suomen Museo* 82, 18–25.
- OHLSON, G. 1968: A method of measurement and the use of terminology in a report on human skeleton posture, *Acta Archaeologica* 39, 255–261.
- ORTNER, D. J. – VON ENDT, D. W. – ROBINSON, M. S. 1972: The effect of temperature on protein decay in bone: its significance in nitrogen dating of archaeological specimens, *American Antiquity* 37, 514–520.
- OWSLEY, D. W. 1995: Techniques for locating burials, with emphasis on the probe, *Journal of Forensic Sciences* 40, 735–740.
- PANOVA, T. D. 1987: Sredněvekovej pogrebal'nyj obrjad po materialam nekropolja Archangel'skogo sobora Moskovskogo Kremlja, *Sovětskaja archeologija* 4, 110–121.
- PELIKÁN, J. B. 1954: Chemický posudek k výzkumu v Brodčích n. J. v roce 1953, *Památky archeologické* 45, 324–328.
- PFEIFFER, S. – MILNE, S. – STEVENSON, R. M. 1998: The natural decomposition of adipocere, *Journal of Forensic Sciences* 43, 368–370.
- PIEPENBRINK, H. 1986: Two examples of biogenous dead bone decomposition and their consequences for taphonomic interpretation, *Journal of Archaeological Science* 13, 417–430.
- PIEPENBRINK, H. 1989: Examples of chemical changes during fossilization, *Applied Geochemistry* 4, 273–280.
- PIFFL, A. 1953: Pohreby vo vreciach na Šoldove, *Príroda a spoločnosť* 2, 50–57.
- PIFFL, A. 1972: Nález kostry ženy v Bratislave – Zuckerman- dli, *Časopis Moravského musea, vědy společenské* 57, 255–262.
- PIONTEK, J. 1976: Proces kremacji i jego wpływ na morfologię kości w świetle wyników badań eksperymentalnych, *Archeologia Polski* 21, 247–277.
- POPE, E. J. – SMITH, O. C. 2004: Identification of traumatic injury in burned cranial bone: an experimental approach, *Journal of Forensic Sciences* 49, 431–440.
- PROKOP, O. 1966: *Forensische Medizin*. Berlin.
- RAJCHL, R. 1987: Orientace slovanských pohřebišť na jižní Moravě, *Říše hvězd* 68, 170–174.
- RATHZ, P. 1996: Reconstructing stratigraphy within burials: the use of planum method, In: *Interpreting Stratigraphy* 8, 36–38. York.
- REED, S. – BAILEY, N. – ONOKPISE, O. 2000: Soil Science for Archeologists, In: <http://www.cr.nps.gov/seac/soiltext1-1.pdf>
- REICHSTEIN, J. 1974: Schwarz-Weiß-Infrarotphotographie als Hilfsmittel für die Analyse schwer beobachtbarer Befunde, *Offa* 31, 108–25.
- REINHARD, K. J. – FINK, T. M. 1994: Cremation in southwestern North America: aspects of taphonomy that affect pathological analysis, *Journal of Archaeological Science* 21, 597–605.

- REINHARD, K. J. – GEIB, P. R. – CALLAHAN, M. M. – HEVLY, R. H. 1992: Discovery of colon contents in a skeletonized burial: soil sampling for dietary remains, *Journal of Archaeological Science* 19, 697–705.
- RENTOUL, E. – SMITH, H. 1973: *Glaister's Medical Jurisprudence and Toxicology*. Edinburgh – London.
- RITCHIE, P. R. – PUGH, J. 1963: Ultra-violet radiation and excavation, *Antiquity* 37, 259–263.
- ROBERTS, S. J. – SMITH, C. I. – MILLARD, A. – COLLINS, M. J. 2002: The taphonomy of cooked bone: characterizing boiling and its physico-chemical effects, *Archaeometry* 44, 485–494.
- RODRIGUEZ, W. C. – BASS, W. M. 1985: Decomposition of buried bodies and methods that may aid in their location, *Journal of Forensic Sciences* 30, 836–852.
- ROMANOV, V. I. – IGNATĚNKO, A. P. 1973: Někotoryje osobnosti povreždění kostej koněčnosti vznikajuščeho pri obuglivanii trupov, *Suděbno-medicinskaja ekspertiza* 18 (2), 49–50.
- ROTTLÄNDER, R. 1970: Chemische Bodenuntersuchung für den Archäologen, *Informationsblätter zu Nachbarwissenschaften der Ur- und Frühgeschichte* 1 (Chemie 1), 1–20.
- RUBEŽANSKIJ, A. F. 1962: K ustanoveniu davnosti zachoroněnja trupov, *Suděbno-medicinskaja ekspertiza* 7 (1), 29–30.
- RUBEŽANSKIJ, A. F. – BORODATYJ, V. I. 1971: Ustanovlenije po archeologičeskim kostnym ostankam raznovremennosti pogrebenija, *Suděbno-medicinskaja ekspertiza* 16 (3), 14–16.
- RUBEŽANSKIJ, A. F. – OČAPOVSKIJ, V. S. 1962: K vozmožnosti ustanovenija vremeni smerti putěm opredělenija nasekomych i ich ostankov, najděnych na skeletirovanom trupe, *Suděbno-medicinskaja ekspertiza* 7 (1), 50–52.
- RUFFELL, A. 2002: Remote detection and identification of organic remains: an assessment of archaeological potential, *Archaeological Prospection* 9, 115–122.
- SÄNGER, K. 1991: Entomologischer Befund der Fraßspuren am Skelett 1 der Siedlungsgrube von Kettlasbrunn, *Archaeologia Austriaca* 75, 97.
- SANTARSIERO, A. – MINELLI, L. – CUTILLI, D. – CAPPILLO, G. 2000: Hygienic aspects related to burials, *Microchemical Journal* 67, 135–139.
- SEKANINA, J. 1935: Nález brushitu na kostech ze Starého Bítova ve Vranovské přehradě, *Spisy vydávané Přírodovědeckou fakultou MU* 220. Brno.
- SEKANINA, J. 1937: Über zwei neue Phosphatvorkommen in Mähren, *Spisy vydávané Přírodovědeckou fakultou MU* 231. Brno.
- SHANKS, M. – TILLEY, CH. 1982: Ideology, symbolic power and ritual communication: a reinterpretation of Neolithic mortuary practices. In: Hodder, I. (ed.): *Symbolic and Structural Archaeology*, 129–154. Cambridge.
- SHIPMAN, P. – FOSTER, G. – SCHOENINGER, M. 1984: Burnt bones and teeth: an experimental study of color, morphology, crystal structure and shrinkage, *Journal of Archaeological Science* 11, 307–325.
- SCHROEDER, H. – KLOTZBACH, H. – PÜSCHEL, K. 2003: Insects' colonization of human corpses in warm and cold season, *Legal Medicine* 5, S372–S374.
- SCHROEDER, H. – KLOTZBACH, H. – OESTERHELWEG, L. – PÜSCHEL, K. 2002: Larder beetles (Coleoptera, Dermestidae) as an accelerating factor for decomposing of a human corpse, *Forensic Science International* 127, 231–236.
- SIEGLER-EISENBERG, B. 1985: Forensic research: expanding the concept of applied archaeology, *American Antiquity* 50, 650–655.
- SLÁDEK, V. – KAVÁNOVÁ, B. 2003: Statistické hodnocení tafonomických, osteoarcheologických a antropologických parametrů pohřebiště u 12. kostela v Mikulčicích. In: Profantová, N. – Kavánová, B. (ed.): *Mikulčice – pohřebiště u 6. a 12. kostela*, 435–459. Brno.
- SMOLJANINOV, V. M. 1982: *Suděbnaja medicina*. Moskva.
- SPENNEMANN, D. R. H. – FRANKE, B. 1995: Archaeological techniques for exhumations: a unique data source for crime scene investigation, *Forensic Science International* 74, 5–15.
- STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ, D. 1993a: Neue Erkenntnisse zur Dekomposition menschlicher Skelette am Beispiel des frühmittelalterlichen Gräberfeldes von Borovce, *Slowakei, Prähistorische Zeitschrift* 2, 242–263.
- STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ, D. 1993b: Interpretationsmöglichkeiten der Skelettdekomposition in der Archäologie. In: *Actes du XII^e Congrès International des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques*. Bratislava, 1–7 September 1991, 66–71. Bratislava.
- STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ, D. – FABIŠ, M. – THURZO, M. – KORYTÁROVÁ, O. – REINPRECHT, L. 1994: Absolútna dekompozícia na pohrebiskách – prvé výsledky experimentov v Borovciach, *Slovenská archeológia* 42, 187–208.
- STINER, M. C. 2002: On *in situ* attrition and vertebrate body part profiles, *Journal of Archaeological Science* 29, 979–991.
- STINER, M. C. – KUHN, S. L. – WEINER, S. – BAR-YOSEF, O. 1995: Differential burning, recrystallization, and fragmentation of archaeological bone, *Journal of Archaeological Science* 22, 223–237.
- STOJANOWSKI, CH. M. – SEIDEMANN, R. M. – DORAN, G. H. 2002: Differential skeletal preservation at Windover Pond: causes and consequences, *American Journal of Physical Anthropology* 119, 15–26.
- STLOUKAL, M. 1968: Problematika antropologického rozboru žárových pohřbů (Výzkum pohřebiště v Moravičanech), *Archeologické rozhledy* 20, 330–347.
- STOYE, K. 1950: Die Anwendung der Phosphatmethode auf einem mittelalterlichen Friedhof, *Jahresschrift Halle* 34, 180–184.
- STUHLÍK, S. 1990: Die sekundäre Eingriffe in den Gräbern der Úněticer Kultur, *Anthropologie* 28, 159–167.
- SVOBODA, J. A. 2003: Paleolit a mezolit: Pohřební ritus, *Panorama biologické a sociokulturní antropologie* 19. Brno.
- SZIBOR, R. – SCHUBERT, C. – SCHÖNING, R. – KRAUSE, D. – WENDT, U. 1998: Pollen analysis reveals murder season, *Nature* 395, 449–450.
- TAKATORI, T. 2001: The mechanism of human adipocere formation, *Legal Medicine* 3, 193–204.
- TAYLOR, R. E. – HARE, P. E. – WHITE, T. D. 1995: Geochemical criteria for thermal alteration of bone, *Journal of Archaeological Science* 22, 115–119.

- TESAŘ, J. 1985: Soudní lékařství. Praha.
- THOMPSON, T.J.U. 2004: Recent advances in the study of burned bone and their implications for forensic anthropology, *Forensic Science International* 146S, S203 – S205.
- THURMAN, M. D. – WILLMORE, L. J. 1980–81: A replicative cremation experiment, *North American Archaeologist* 2, 275–283.
- TOOTS, H. 1965: Sequence of disarticulation in mammalian skeletons, *Contributions to Geology* 4, 37–39.
- TULLER, H. 2001: *Dirty Secrets: Blood Protein and VFA Analysis of Soil from Execution and Grave Sites in the Former Yugoslavia*, A Thesis, LSU CTD Collection, Louisiana State University, In: <http://etd.lsu.edu:8085/docs/available/etd-0131102-125405/unrestricted/dirtysecrets.pdf>
- TULLER, H. – ĐURIĆ, M. 2006: Keeping the pieces together: comparison of mass grave excavation methodology, *Forensic Science International* 156, 192–200.
- TUREK, J. – MAJER, A. 1999: Příklad aplikace fosfátové půdní analýzy na pohřebním nález v Tišicích (okr. Mělník), *Archeologie ve středních Čechách* 3, 205–212.
- TYLER, G. 2002: Phosphorus fractions in grassland soils. *Chemosphere* 48, 343–349
- UBELAKER, D. H. 1978: Human Skeletal Remains. Excavation, Analysis, Interpretation. Chicago.
- UBELAKER, D. H. 1991: Perimortem and postmortem modification of human bone. Lessons from forensic anthropology, *Anthropologie* 29, 171–174.
- UBELAKER, D. H. – ADAMS, B. J. 1995: Differentiation of perimortem and postmortem trauma using taphonomic indicators, *Journal of Forensic Sciences* 40, 509–512.
- ULRICH, F. – MALÝ, J. 1933: Luminiscence kostí a příbuzných neústrojných hmot v ultravioletovém světle, *Anthropologie* 11, 227–231.
- UNGER, J. 2002: Pohřební ritus a zacházení s těly zemřelých v českých zemích (s analogiemi jinde v Evropě) v 1.–16. století, *Panoráma biologické a sociokulturní antropologie* 9. Brno.
- UNGER, J. – KOŠTUŘÍK, P. – STUHLÍK, S. – OPRAVIL, E. 1980: Pohřebnice – Klášterka, Studie Archeologického ústavu ČSAV v Brně VIII/2. Praha.
- VAN DER VOORT, W. J. M. 1982: Phosphate determinations of a cemetery in the Wageningen Eng, the Netherlands, *Berichten van de Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek* 32, 139–145.
- VASS, A. A. 2001: Beyond the grave – understanding human decomposition, *Microbiology Today* 28, 190–192.
- VASS, A. A. – BASS, W. M. – WOLT, J. D. – FOSS, J. E. – AMMONS, J. T. 1992: Time since death determinations of human cadavers using soil solution, *Journal of Forensic Sciences* 37, 1236–1253.
- VEPŘEK, J. 1943–44: Nový nález brushitu, *Věda přírodní* 22, 87.
- VERANO, J. W. 1997: Human skeletal remains from Tomb 1, Sipán (Lambayeque river valley, Peru) and their social implications, *Antiquity* 71, 670–682.
- VLČEK, E. 1997: Nejstarší Přemyslovci. Atlas kosterních pozůstatků prvních sedmi historicky známých generací Přemyslovců. Praha.
- WANG, Q. – ODLYHA, M. – COHEN, N. S. 2000: Thermal analyses of selected soil samples from tombs at the Tianma-Qucun site, Shanxi, China, *Thermochimica Acta* 365, 189–195.
- WAHL, J. 1981: Beobachtungen zur Verbrennung menschlicher Leichname. Über die Vergleichbarkeit moderner Kremationen mit prähistorischen Leichenbränden, *Archäologisches Korrespondenzblatt* 11, 271–279.
- WALDHAUSER, J. – BUDINSKÝ, P. – STRÁNSKÁ, P. – VELEMÍNSKÁ, J. – TUREK, J. – HOLODŇÁK, P. 1999: Jak se kopou keltské hroby. Praha.
- WALDRON, T. 1987: The relative survival of the human skeleton: implications for palaeopathology. In: Boddington, A. – Garland, A. N. – Janaway, R. C. (Ed.): *Death, Decay and Reconstruction. Approaches to Archaeology and Forensic Science*, 55–64. Manchester.
- WALKER, P. L. – JOHNSON, J. R. – LAMBERT, P. M. 1988: Age and sex biases in the preservation of human skeletal remains, *American Journal of Physical Anthropology* 76, 183–188.
- WEISS-KREJCI, E. 2001: Restless corpses: 'secondary burial' in the Babenberg and Habsburg dynasties, *Antiquity* 75, 769–780.
- WELLS, C. 1960: A study of cremation, *Antiquity* 34, 29–37.
- WENDEL, M. – HAMANN, K. 1983: Spezialphotographie in der archäologischen Feldforschung. In: Horst, F. (Hrsg.): *Bodendenkmalpflege und archäologische Forschung*, 113–117. Berlin.
- WESER, U. – KAUP, Y. – ETSPÜLER, H. – KOLLER, J. – BAUMER, U. 1998: Embalming in the Old Kingdom of pharaonic Egypt, *Analytical Chemistry* 70, 511A–516A.
- WILLEY, P. – GALLOWAY, A. – SNYDER, L. 1997: Bone mineral density and survival of elements and element portions in the bones of the Crow Creek massacre victims, *American Journal of Physical Anthropology* 104, 513–528.
- WINKLER, E.-M. 1992: Urnenfeldzeitliche Leichenbrände aus Sommerein, Niederösterreich, *Archaeologia Austriaca* 31, 113–120.
- WINKLER, E.-M. – GROSSSCHMIDT, K. – PLENK, H. Jr. – URSCHITZ, M. 1987: Zur Entstehung von grubenförmigen Läsionen an Gruftskeletten, *Fundberichte aus Österreich* 26, 179–185.
- ŽUKOV, A. A. 1984: Raschožděnije kostěj čerepa po švam pri gnilostnom izmeněni trupa, *Suděbno-medicinskaja ekspertiza* 27 (4), 52.

