

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 skletizace 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 obyčejně 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).

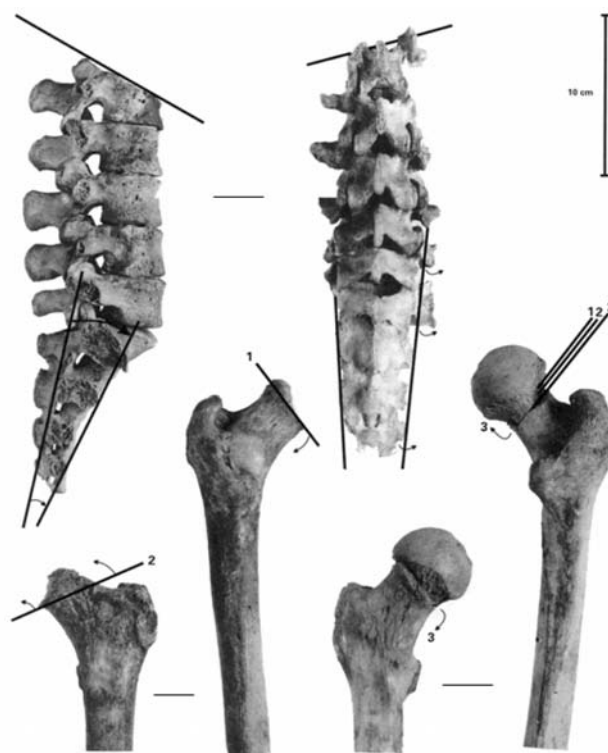
Tyto případy již vyžadovaly úpravu známou jako „*mos teutonicus*“. Těla byla zbavena vnitřností, rozčtvrcena a maso odstraněno vařením těl ve vodě, víně či vinném octu. Měkké části byly pohřbeny na místě, kosti byly na další cestu zabaleny do zvířecí kůže. *Mos teutonicus* byl používán také pro transport na kratší vzdálenosti, zvláště v případech, kdy se počítalo s delším časovým úsekem mezi úmrtím a pohřbem. 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 Königslutteru 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 (roztříštěné), 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 kostře 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 (patrné 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 kosti (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 poréznicích (MOLLESON 1981). Důsledkem degradace a vymývání kolagenu z kosti 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 asparagové (BADA et al. 1989).

Pozůstatky císaře Lothara I. († 1137) vykazovaly vyšší hodnotu poměru D/L forem kyseliny asparagové, 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 asparagové 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?).

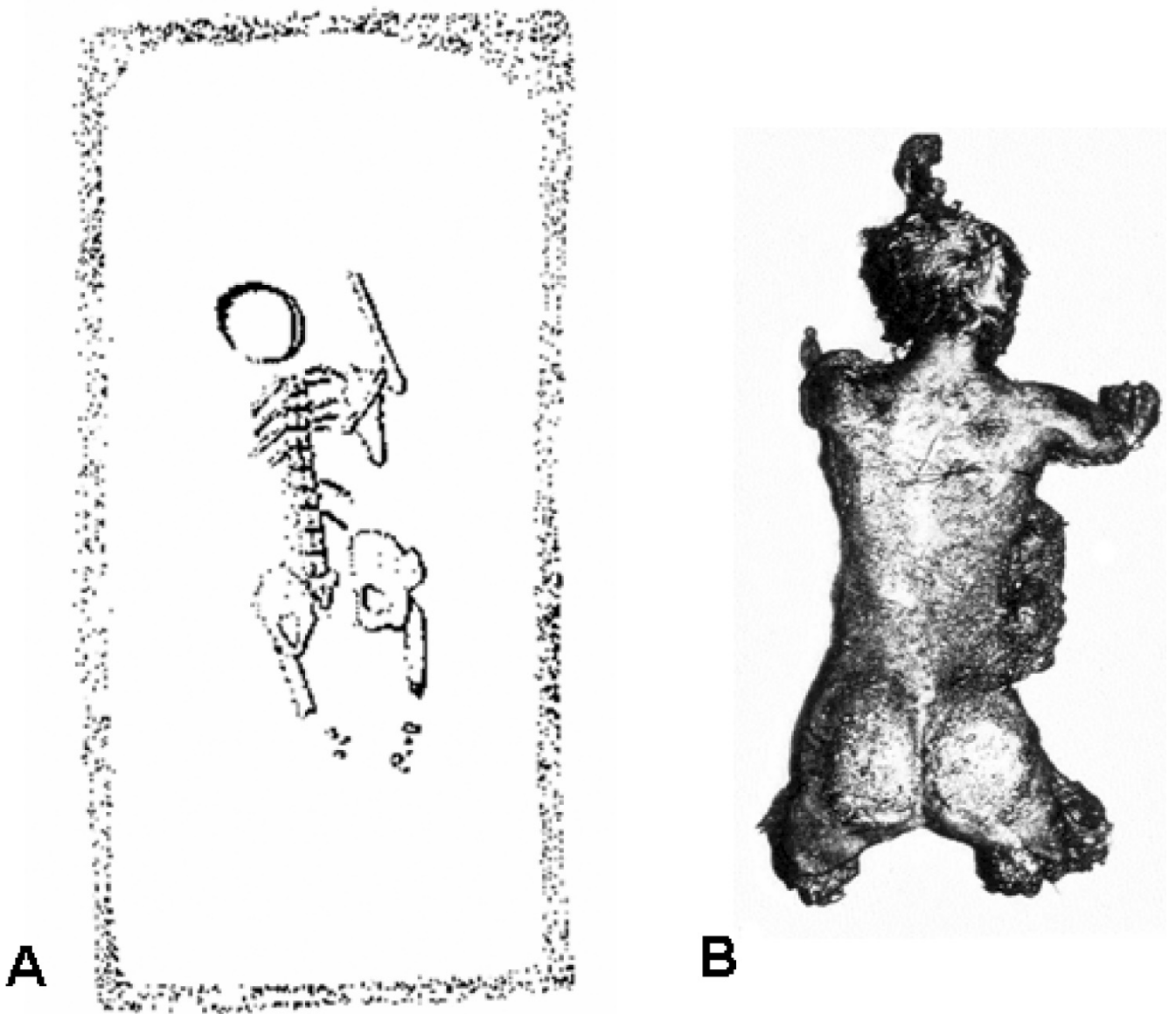
Lebka

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 vyhrěznutí 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. forezní 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 podlehla 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 křemáčnických 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
pľíce	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).



A



B

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 obězných 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 přitážené 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).

Mrtvoly 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. Forenzní případ (PROKOP 1966).

nad hlavu; řidčeji 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 Endingenu 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.

Mcely (LIČKA 1971; CHOCHOL 1971)

V sídlištní jámě byla zjištěna neúplná, nerovnoměrně ohořelá kostra v mírně skrčené poloze na pravém boku. Chybějící části kostry (mozkova, části končetin) se našly více nebo méně spálené v popelovité vrstvě na dně jámy. Pozůstatky sem byly společně s popelem přemístěny z žároviště. M. LIČKA (1971) a J. CHOCHOL (1971) interpretují tento nález jako doklad rituálních praktik, zahrnující rozbití 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 umělého zásahu: 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 (BACHMETĚV 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. Takovéhle plameny způsobují velmi vysokou teplotu v redukční (s nedostatkem kyslíku) atmosféře a poté hned nízkou v momentě, kdy vyšlehnou 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 činností 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	Mcery (LIČKA 1971; CHOCHOL 1971)	Erdingen (KRAMER – BUHMANN 1979)	Forezní 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, ojedinele 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 vložkami, 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. Rozdíl 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 žárovíště. 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. Konverzí 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-trikalciumfosfát) 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 kostí 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 věžňů z podzemní továrny v dole Richard v hoře Radobýlu u Litoměřic (koncem 2. světové války se zde vyráběly součásti stíhel 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 nepříliš 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 ojedinělých hrobů (např. WINKLER 1992).